

Marine Geohydrologie

DGH-Effekt und marine Süßwasserquellen

(Beispiele an Nord- und Ostsee)

Ortlam, D.*

Erst-Publikation: 2005 (Copyright, alle Rechte vorbehalten)

Bereits im Jahre 1887 entdeckten die beiden Holländer DRABBE und GHIJBEN auf der Suche nach Süßwasser unter Amsterdam (Niederlande) das labile Tauchgleichgewicht zwischen dem leichten Süßwasser und dem im tieferen Untergrund vorhandenen schweren Salzwasser der intrudierenden Nordsee. Dieses auf dem bekannten Archimedischen Prinzip aufbauenden System zweier nicht mischbarer Flüssigkeitsphasen wurde dann vom Deutschen HERZBERG im Jahre 1901 im Bereich aller Ostfriesischen Inseln (Deutsche Nordseeküste) durch entsprechende hydrogeologische Untersuchungen im Zeitabschnitt 1885-1889 mathematisch-physikalisch genau erfasst ($H_2 = 37 \times H_1$) und beschrieben (Abb. 1). Zu Ehren dieser drei bedeutender Forscher wurde diese **auf der ganzen Welt** zu beobachtende Beziehung als DGH-Effekt in die Literatur eingeführt (ORTLAM 1989, ORTLAM & SAUER 1993, 1996, 1999, ORTLAM 2000):

Bei einer (Nordsee-)Meerwasserkonzentration von 2,9% Gesamtsalzgehalt, entsprechend einem spezifischen Gewicht von $\sim 1,027\text{g/cm}^3$, ergibt sich ein Verhältnis von 1:37, d. h. bei einer Süßwasserspiegel-Auflast von 1m +NN ergibt eine Eintauchtiefe der Süßwasserlinse von 37m –NN. Das bedeutet ein Anstieg der in Porengrundwasserleitern sehr scharf gezogenen Süß-/ Salzwasser-Grenze von 37m nach oben als Folge einer Absenkung des Süßwasserspiegels um nur 1m. Im östlichen Mittelmeer mit seinem höheren Salzgehalt von 3,5% (spezifisches Gewicht von $\sim 1,033\text{g/cm}^3$) ergäbe sich ein entsprechender Anstieg der Grenze um 30m.

Bei Brackwasserverhältnissen wie z. B. in der westlichen Ostsee mit etwa 1,4% Gesamtsalzgehalt (spezifisches Gewicht von $\sim 1,013\text{g/cm}^3$) würde die Süß-/Salzwasser-Grenze aber um 75m ansteigen. Dieses Spiel lässt sich aber bei zunehmender Verdünnung der unterliegenden schweren Phase nur solange fortsetzen, bis -- bei einsetzender Diffusion und Mischung der beiden Phasen -- sich keine scharfe Süß-/Salzwasser-Grenze mehr ausbilden kann, d. h. das Tauchgleichgewicht der beiden Flüssigkeitsphasen kommt dann nicht mehr zum Tragen. Wo genau diese Konzentrationsgrenze zur beginnenden Diffusion liegt, ist bis heute noch nicht erkundet und harret noch auf eine Lösung.

Wahrscheinlich beginnt der kritische Bereich bei einem Gesamtsalzgehalt von $<1\%$ (spezifisches Gewicht von $<1,008\text{g/cm}^3$), wobei dann **kein** DGH-Effekt mehr zu beobachten sein wird.

In der nacheiszeitlichen Abschmelzphase lag der Ozeanspiegel bei $\sim 125\text{m} -\text{NN}$ und stellte somit das allgemeine Welt-Vorflutniveau dar, auf das alle Süßwasserzuflüsse von der Landseite ausgerichtet waren. Der Grundwasserabfluss kam aber in den glazialen Regionen erst in Gang, als sich die tiefreichenden Permafrostböden (bis 300m Tiefe) im frühen Holozän auflösten. Als dies geschah, gab es an den damals tiefer liegenden Küstenlinien sowohl Süßwasser-Strandquellen als auch Meerwasser-Intrusionen ins Binnenland. Dieser **Fingering-Effekt** (hiermit) setzte sich dann bei weiter steigendem Meeresspiegel fort, unter Beibehalt der Lokationen der bisherigen Süßwasserquellen.

Während an Festgesteinsküsten gewaltige, submarine Kluft- und Karstquellaustritte seit langem, z. B. im Mittelmeer-Raum, bekannt sind (SCHWERDTFEGER 1981) und z. T. genutzt werden, sind die submarinen Quellaustritte an Lockergesteinsküsten kaum recherchiert. Im Bereich der deutschen Nordseeküste sind solche strandnahen Süßwasserquellen bei direktem Geestkontakt mit der Küste vor allem bei Ebbe zu beobachten, wie dies vor allem bei Duhnen-Sahlenburg W Cuxhaven bei hohen Grundwasserspiegelständen der direkt angrenzenden (Altenwalder) Geest der Fall ist (Abb. 2).

Dabei entstehen in den strandnahen Dünenstränden regelrechte Süßwasser-Eruptionskrater und -rinnen -- unter Freilegung von etwaigen Schlickauflagerungen durch den starken artesischen Quell-Auftrieb. Diese flachen Süßwasserquellen (= onshore freshwater spots, OFS nach ORTLAM 2000) sind in ihrer Genese jünger einzustufen als die wesentlich älteren und tiefer liegenden, marinen Süßwasserquellen (= submarine freshwater spots, SFS, hiermit) am Grunde der heutigen Nordsee. Letztere werden durch lange Süßwasserablaufrohre (freshwater current pipes, FCP nach ORTLAM 2000, 2001) aus den nahen Geest-Grundwasserleitern gespeist. Eine solche Süßwasserablaufrohre mit einer in den 80er Jahren getesteten Förder-Kapazität von $>1\text{ Mio m}^3/\text{a}$ wurde im Fischereihafen von Bremerhaven Mitte der 80er Jahre entdeckt (Abb. 3).

Diese Entdeckung ließ auf ein großräumig angelegtes Fingering-System (hiermit) an der Deutschen Nordseeküste zwischen landseitig intrudierendem Nordseewasser und der gegenläufigen Bewegung des zur Nordsee auslaufenden Geest-Grundwassers schließen. Einige (warme) marine

Süßwasserquellen wurden danach auf Infrarotfotos der DLR (Oberpfaffenhofen) in der winterlich-kalten Nordsee bereits ausgemacht. Eine genaue Lokalisation mit einem Schiff steht aber noch aus. Auch im Bereich der westlichen Ostsee konnten bereits submarine Süßwasserquellen z. B. in der Eckernförder Bucht nachgewiesen werden (BOHRMANN & SAUTER 1999, SCHLÜTER et al. 2004). Dabei wurden mit Hilfe von Unterwasserfahrzeugen bis zu 300m lange Süßwasseraustrittsstellen erkundet (= pockmarks nach BOHRMANN & SAUTER 1999), die i. d. R. mit Methan-Emanationen verbunden sind. Der berechnete Süßwasser-Eintrag bewegt sich zwischen 4 Mio und 57 Mio m³/a, wobei der letzte Wert in Bezug auf die Größe der landseitigen Grundwasserneubildung wahrscheinlich zu hoch gegriffen scheint und entsprechend überprüft werden sollte. Die in den bisherigen hydrologischen Lehrbüchern vertretene Ansicht, dass >90% des landseitig gebildeten Süßwassers über die Flusssysteme in die Meere verbracht werden, entspricht sehr wahrscheinlich nicht den hydrogeologischen Realitäten an den verschiedenen Fest- und Lockergesteinsküsten unserer Erde. Es ist mit einem erheblich höheren submarinen Süßwasser-Austrag von >30% zu rechnen, der allerdings noch im Rahmen des neuen Fachgebietes „**Marine Geohydrologie**“ (= Lehre von allen submarinen Süßwassertransfers) zu erforschen ist. Dabei sollte diese Erkundung vor allem in den semiariden bis ariden Küstenabschnitten unserer Erde zukünftig eine bedeutende Rolle spielen, um neue Grundwasser-Ressourcen für die Nutzung von Trink- und Brauchwasser zu erschließen: ein wichtiger Beitrag zur Friedensforschung unter dem Aspekt der zunehmenden Weltbevölkerung und den zunehmenden Verteilungskämpfen nach Wasser.

Schrifttum

- BOHRMANN; G. & SAUTER; E. J. (1999): Süße Quellen in der Ostsee. – GEO, **1999/9**:158-162.
- DRABBE, J. & GHIJBEN, W. B.(1887): Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. – Tijdschr. v. h. kon. Inst. v. Ing., **1888/89**:8-22.
- EDMUNDS, W. M. & MILNE, C. J. (2001): Paleowaters in Coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene. – Geol. Soc. Spec. Publ. **189**, 344 S..
- HERZBERG, A. (1901): Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder. – Schilling's Journal f. Gasbeleuchtung u. verwandte Beleuchtungsarten sow. f. Wasserversorgung, **44/45**:815-819/842-844.
- ORTLAM, D. (1989): Geologie, Schwermetalle und Salzwasserfronten im Untergrund von Bremen und ihre Auswirkungen. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1989/8**:489-512.
- ORTLAM, D. (2000): Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen. – gwf Wa.-Abw., **141/12**:865-873.
- ORTLAM, D. (2001): Geowissenschaftliche Erkenntnisse über den Untergrund Bremerhavens in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. – Brem. Jb., **80**:181-197.
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1993): Atlas der Geochemischen Grundwasserkartierung Bremen und Erläuterungen. – 29 S., 60 Ktn.
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1999): Geochemische Grundwasser-Kartierung in einem urbanem Raum am Beispiel der Stadt Bremen. – Arbeitsh. Wasser, 1999/1:1-26, 24 Ktn. (eingestampft vom NLFb).
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1996): Geogene and anthropogene salinization phenomenon in the groundwater of Bremen (Northern Germany). – SWIM 1996, SGU-Rapp. o. medd., **87**:207-216.
- SCHLÜTER, M., & SAUTER, E. J., ANDERSEN, C. E. & DAHLGAARD, H., DANDO, P. R. (2004): Spatial distribution and budget for submarine groundwater discharge in Eckernförde Bay (Western Baltic Sea). – Limnol. Oceanogr., **2004**:45-55.
- SCHWERDTFEGGER, B. (1981): On the occurrence of submarine fresh-water discharges. – Geol. Jb. **C 29**:231-240.
- SONREL, L. (1880): Le fond de la mer. – 4. Aufl., 320 S..

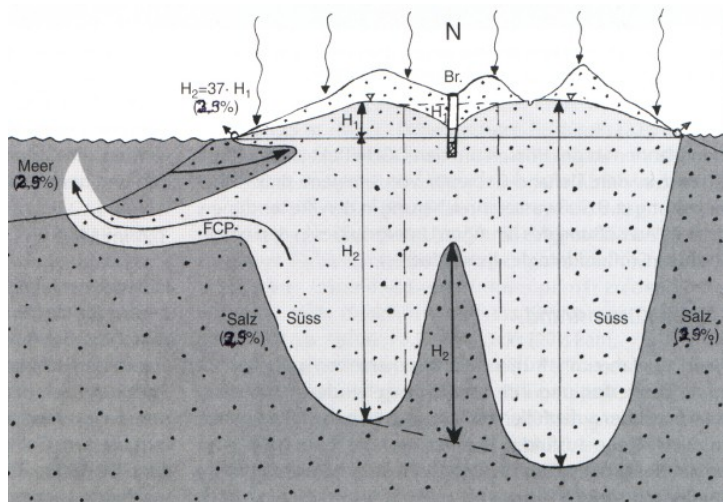


Abb. 1: Auswirkungen des DGH-Effektes im Untergrund einer Meeresinsel bzw. eines Kontinents mit Strandquelle und Süßwasserablauffröhre (=FCP) mit Meeresquelle (submarine freshwater spot=SFS).

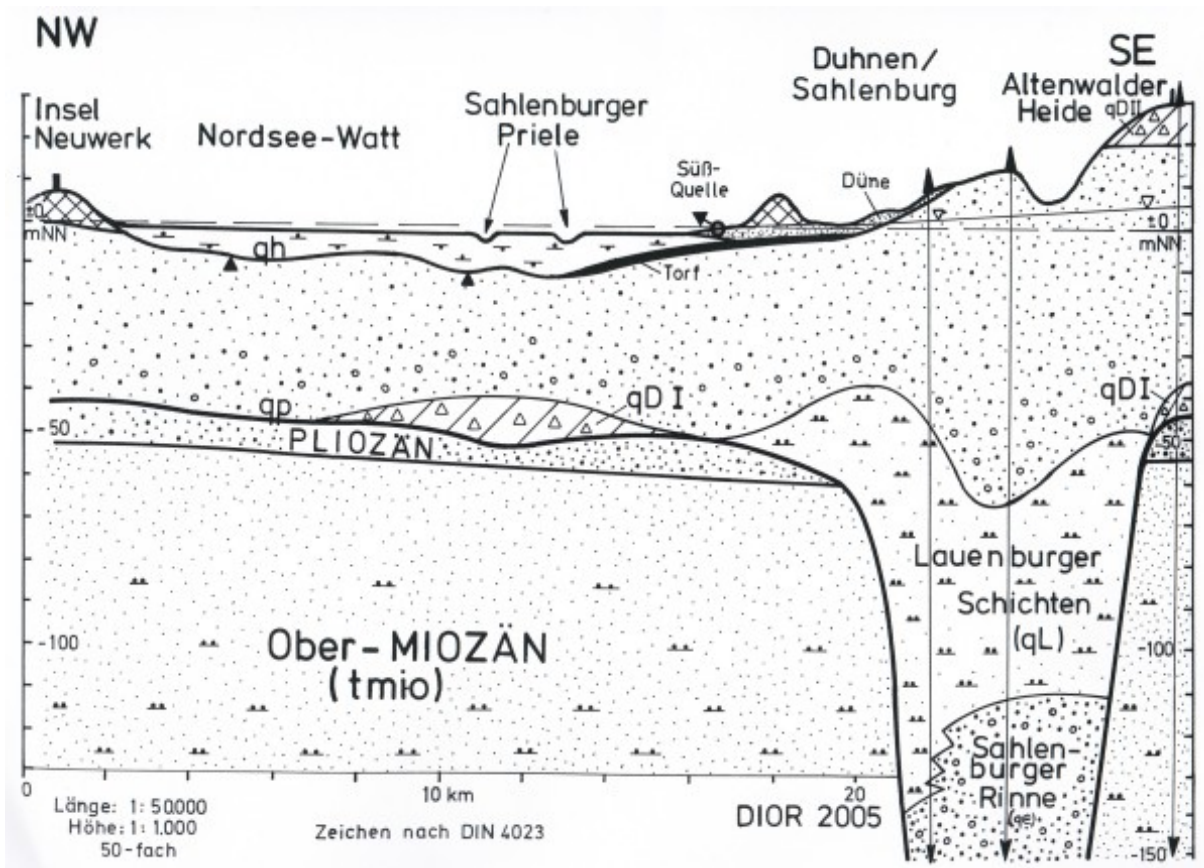


Abb. 2: Hydrogeologische Schnitt Insel Neuwerk--Altenwalder Heide mit Strand-Süßwasserquellen bei Duhnen/Sahlenburg W Cuxhaven.

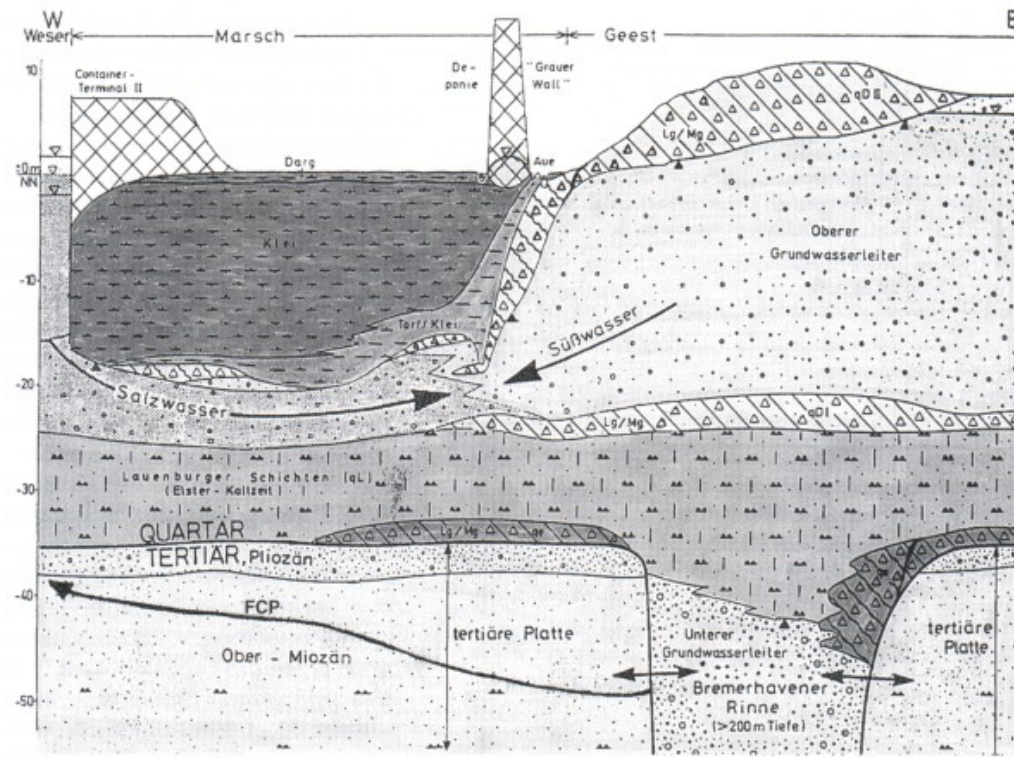


Abb. 3:
Hydrogeologischer Schnitt Bremerhaven mit Nordseewasser-Intrusion im oberen Grundwasserleiter und einer Süßwasserablauffröhre (freshwater current pipe=FCP) im unteren Grundwasserleiter (halbschematische Darstellung).

Erst-Publikation: 2005; Fassung: 07/2011.

* Adresse des Autors und Copyright: Dir. und Prof. Dr. Dieter ORTLAM, P.O.B. 102701, D-28027 Bremen.