

# Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen zur Entwicklungshilfe

Marine freshwater spot management (MFSM, hiermit)

von  
Dieter Ortlam, Bremen

**Erst-Publikation:** 2006 ; **Fassung:** 09/2017 (Copyright, alle Recht vorbehalten)

**Schlagwörter:** Grundwasser-Ressourcen, DGH-Effekt, Schärfe und Dynamik der Süß-/Salzwassergrenze, Süßwasserröhren/-kanäle, marine Süßwasserquellen, Wasserbilanz, Wasserbewirtschaftung, Marine Geo-Hydrologie (= MGH), edaphische Geo-Mimikrie.

**Kurzfassung:** Mit Hilfe des DGH-Effektes (dynamisches Tauchgleichgewicht zweier unterschiedlich mineralisierter flüssiger Phasen) lassen sich die Mächtigkeit und Konfiguration von allen Grundwasserspeicherstätten auf Land erklären. So konnte die Entdeckung der größten zusammenhängenden Grundwasserspeicherstätte Europas zwischen Elbe und Weser/Aller abschließend interpretiert werden. Mineral- und Thermalwasser-Austritte beruhen weltweit auf dem DGH-Effekt. Die Süß-/Salzwassergrenze ist nicht nur in Porengrundwasserleitern, sondern auch in Kluft- und Karst-Grundwasserleitern messerscharf ausgebildet. Selbst in stark bewegten Oberflächengewässern (Flüsse und Meer) vollzieht sich die Vermischung unterschiedlich mineralisierter Wässer äußerst träge. Die Vielzahl mariner Süßwasserquellen ist über die Ausbildung von Süßwasserröhren im nacheiszeitlichen Geschehen des gewaltigen Meerwasserspiegelanstieges bisher nahezu im Verborgenen geblieben. Dadurch lassen sich die erheblichen Defizite („Löcher“) in der Wasserbilanz vieler Länder durch erhebliche marine Grundwassereinträge erklären. Dies führt weltweit zur Erschließung großer Süßwasserressourcen – vor allem in den trockenen Ländern, die es nachhaltig zu entdecken und zu bewirtschaften gilt.

## 1. Einleitung

Seit mehr als drei Jahrzehnten beschäftigt sich der Autor mit den dynamischen Vorgängen im Bereich der Süß-/ Salzwassergrenze an Land. Dieser zu Ehren der Entdecker **DRABBE & GHIJZEN** (1887/89) sowie **HERZBERG** (1901) als **DGH-Effekt** (**ORTLAM** 1989, **ORTLAM & SAUER** 1993) benannten Vorgänge zum Tauchgleichgewicht nicht mischbarer flüssiger Phasen im Grundwasserbereich der Festländer ( einschließlich Inseln ) besitzen weltweite Bedeutung. Als physikalische Gesetzmäßigkeit wurde dies zuerst von dem Griechen **ARCHIMEDES** (Syrakus/ Sizilien, 285-212 n. Chr.) am Tauchgleichgewicht zwischen einer festen und einer flüssigen Phase entdeckt („Archimedisches Prinzip“). In ihrer Tragweite wurde sie bisher nur wenig erkannt, wie der Autor bei seinen weltweit geführten Diskussionen immer wieder erfahren musste. Sowohl im umfangreichen Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (**WGBU** 1997) als auch in den jüngsten Ausführungen zur Wasserbewirtschaftung der Erde (**BMZ** 1999) fehlt ein Hinweis auf den weltweit wichtigen und gültigen Aspekt des DGH-Effektes. Meistens ist diese wichtige physikalische Beziehung völlig unbekannt, obwohl sämtliche Mineral- und Thermalwasser-Quellaustritte nach dem DGH-Effekt funktionieren (z. B. Baden-Baden, Wiesbaden, Aachen, Karlsbad, Tamina-Schlucht bei Bad Ragaz/Schweiz, Druskininkai/Litauen, östlicher Golf von Suez/Ägypten, Totes Meer/Israel-Jordanien, Kaligandaki/West-Nepal) und plötzliche Salzwasseraufbrüche aus der Tiefe durch künstliche

Reduzierung der Süßwasserauflast immer öfters vorkommen (z. B. See Genesareth/Israel), wie ich mich weltweit überzeugen konnte. Schließlich lässt sich die Aussage treffen, dass – aufgrund der ungleichen Verteilung von Land (29,2 Flächen%) zu Meer (70,8 Flächen%) und des höheren spezifischen Gewichtes des Meer- bzw. Tiefenwassers – die Kontinente als große Inseln im Welt-Ozean mit mehr oder weniger ausgedehnten Süßwasserlinsen betrachtet werden können, die dem DGH-Effekt unterliegen.

Als junger Geologe wurde der Autor Mitte der 60-er Jahre mit der großen Aufgabe betraut, im Zuge der Erkundung neuer Grundwasserspeicherstätten in Nord-Niedersachsen (Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne „Obere und Untere Elbe“ sowie „Nördlich der Aller“) quartäre und tertiäre Schichtenfolgen unbekannter Zusammensetzung mit Hilfe tieferer Bohrungen in der Lüneburger Heide und in der Görde zu erforschen. Dabei wurde ihm zuvor von den Vorgesetzten freundlich mitgeteilt, dass aufgrund bereits vorliegender Erkenntnisse eine Bohrerkundung tiefer als 100m nicht angebracht sei, weil der Salzgehalt mit der Tiefe dann rasch zunehmen würde (WAGER 1956, 1957). Mit jugendlicher Unbekümmertheit, Naivität und Neugier setzte ich mich über diese Ansichten hinweg und bohrte die Schichtenfolge der ersten 11 Bohrungen (1966: WR 1-11) südlich von Hamburg in Abstimmung mit den flexibel denkenden und vertrauensvollen Auftraggebern (ehemaliges Wasserwirtschaftsamt Lüneburg und Hamburger Wasserwerke) und einem ebenso mutigen Vorgesetzten solange ab, bis keine Grundwasserleiter mehr zu erwarten waren (tonig/schluffige Vierlande-Stufe und Alttertiär als Grundwassersohle). Zur großen Überraschung ergaben dann die diversen geophysikalischen Bohrlochmessungen (GRL, RES, SP u. a.) und die sich daran anschließenden chemischen Grundwasseranalysen ausgedehnte Süßwasservorkommen bis in große Tiefen (>400m u. GOF = unter Geländeoberfläche) von überwiegend hervorragender Wasserqualität, die die bisherige Auffassung einer ab 100m Tiefe beginnenden Grundwasser-Versalzung eindeutig widerlegte. Eine Erklärung für diese statistische Auswertung sämtlich vorhandener Grundwasseranalysen war bald gefunden: die tiefer als 100m u. GOF gewonnenen Grundwasserproben stammten überwiegend von Erdölbohrungen an hochaufragender Flanken norddeutscher Salinare, die direkt Salzwasser von den Salzstocktops in die unmittelbare Umgebung abgeben, sodass eine hochragende Versalzung der tieferen Grundwasserleiter nur vorgetäuscht wurde (=edaphische Geomimikrie, hiermit).

Somit war der Grundstein für die Entdeckung der größten zusammenhängenden Grundwasserspeicherstätte Europas gelegt (>180Mrd m<sup>3</sup> Grundwasservolumen, mögliche regenerierbare Jahresentnahmemenge >120Mio m<sup>3</sup>). Eine Erklärung für dieses überraschende Phänomen mächtiger mit Süßwasser erfüllter Aquifers konnte damals interessanterweise noch niemand geben. Erst als die Bohrungen von den morphologisch hochgelegenen Gebieten der Lüneburger Heide und der Görde (>100m NN) nach Osten in die morphologisch tiefgelegenen Gebiete der Jeetzel-Niederung (<15m NN) vorankamen, erreichte das tief liegende Salzwasser Bereiche bis dicht unter der Erdoberfläche (Typ „Elbe-Ilmenau“ nach HAHN 1975). So konnte ich bereits (!) Ende der 60-er Jahre große und hoch-reichende Salzwasser-Extrusionsbereiche über dem Salzstock „Gorleben“ feststellen, bedingt durch die Perforation tertiärer und quartärer Tonschichten im Bereich einer tiefen pleistozänen Rinne („Gorlebener Rinne“, ORTLAM & VIERHUFF 1978) und den durch die geringe Süßwasserauflast hervorgerufenen Anstieg der Süß-/ Salzwassergrenze (DGH-Effekt im Treppenhaus-Leakage-System). Diese grundlegenden fachlichen Erkenntnisse, die damals schriftlich niedergelegt wurden (ORTLAM 1970 und 1972), fanden jedoch bei der (politischen) Auswahl des Salzstockes „Gorleben“ als Erkundungsstandort für das geplante Atommüll-Endlager hochradioaktiver Stoffe keine Beachtung, was nun dem Steuerzahler teuer zu stehen kommt (wie z. B. beim Schneller Brüter Kalkar/Nordrhein-Westfalen und bei der Wiederaufbereitungsanlage Wackersdorf/Bayern).

Durch meine geowissenschaftliche Tätigkeiten in der Freien Hansestadt Bremen seit 1974 wurde ich sodann stetig mit der Versalzung des tieferen und flacheren Untergrundes konfrontiert. Die stets zu beobachtenden Dynamik (= Jojo-Effekte) der Süß-/Salzwassergrenze bei Grundwasserabsenkungen und Pumpversuchen im morphologisch tief liegenden Bremer Becken (<3m NN) ließen gewisse physikalische Gesetzmäßigkeiten erkennen. Daraufhin wurde die Dynamik dieser Grenze empirisch im Bereich des durchgehend verfilterten oberen Grundwasserleiters untersucht (nördlich der Universität Bremen und in der Pannlake/Hollerland). Die Auflast des süßen Grundwassers wurde dabei durch den Absenktrichter eines Pumpversuches bzw. durch den natürlichen Jahresgang der Grundwasserdruckspiegelfläche variiert, um das lokale Tauchgleichgewicht zwischen Süß- und dem darunter liegenden Salzwasser zu verändern (ORTLAM 1982, ORTLAM & SAUER 1996). Vor diesen empirischen Versuchen gab es umfangreiche Diskussionen mit Fachkollegen über die Mächtigkeit der Süß-/ Salzwassergrenzfläche in sandig-kiesigen Aquiferen. Die Ausbildung einer 1m bis 10m mächtigen Diffusionszone wurde hierbei von den einzelnen Fachkollegen vorausgesagt, so dass eine exakte Festlegung und Messung dieser Grenze mit Hilfe des elektrischen Widerstandes kaum möglich gewesen wäre. Bei den darauffolgenden Feld-Messungen ergab sich jedoch eine erstaunlich scharfe Grenze unter 10cm, was nicht erwartet wurde. Auch bei einer künstlichen Störung dieser Grenzzone (z. B. durch Spülbohrvorgänge) stellte sich die ursprüngliche Grenzscharfe in kürzester Zeit wieder ein (ORTLAM 1982, ORTLAM & SAUER 1996).

Selbst in einem fließenden Oberflächengewässer lassen sich verschieden mineralisierte Wässer nur langsam miteinander mischen. Bei der Einmündung der süßwasserführenden Fulda (mit geringerer Wasserführung) in die ehemals stark mineralisierte Werra (mit der Kaliabwasserbelastung der Kaliindustrie von Hessen/ Thüringen) erfolgte die totale Durchmischung der beiden Wasserkörper – trotz mehrerer Flussmäander – erst nach mehr als 10km Fließstrecke (ARGE Weser, eigene Beobachtungen).

Eine ähnliche Beobachtung lässt sich umgekehrt bei der Einmündung der Abwasserbelasteten Süßwasserfahne der Elbe in die Nordsee vor Cuxhaven machen: trotz Tideeinfluss im Wattenmeer der Nordfriesischen Inseln und der Brandungsvorgänge in der Deutschen Bucht erfolgt eine direkte Verströmung der Abwasser-belasteten Süßwasserkonvektionswalze nach Norden bis vor die Westküste der Insel Sylt (1987: freundliche mündliche Mitteilung von Prof. Dr. G. KRAUSE, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven).

Ein drittes Beispiel lässt sich am Kong-Oscars-Fjord in Nordost-Grönland beobachten. Ein von den Staunings-Bergen (Scoresby-Land) in den Fjord einfließender süßer Schmelzwasserabfluss bewegt sich als Süßwasserfahne etwa 20 km unvermischt nach Norden, bevor die durch Feinstteile weißlich getönte (getracerte) Schmelzwasserfahne sich allmählich im offenen Meerwasser des Fjord-Einganges auflöst (LÜTHY & PETERSEN 1978:115). Auch beim Zusammenfluss des Rio Negro in den trübstoffbeladenen Amazonas ist die Begrenzung beider Wasserkörper sehr scharf, und erst nach einer längeren Fließstrecke erfolgt eine Durchmischung durch Verwirbelung beider Süßwassermassen.

Ein letztes Beispiel wird von untermeerisch endenden Karsthöhlen-Systemen („Xenotes“, die Quellen der Maya) an der NE-Küste der Halbinsel Yucatán/Mexico von Höhlentauchern geschildert (GERRARD, LOCKWOOD, PROHASKA & ROMBERG 1999:62):

“Das vom Regen gespeiste Süßwasserreservoir der Halbinsel Yucatán schwimmt auf dem Salzwasser der Karibik wie ein Fettauage auf einer Suppe. Die Grenze zwischen Süß- und Salzwasser ist messerscharf. Wenn man darauf zuschwimmt, meint man, vor sich einen zweiten Wasserspiegel zu haben.“

Diese trennscharfe Spiegelfläche zwischen zwei sich nicht mischbaren Wasserkörpern (= Fluide) wird auch als Sprungschicht bezeichnet.

**Fazit:** Unterschiedlich mineralisierte Phasen sind selbst in bewegten Oberflächengewässern nur langsam mischbar, in sandig-kiesigen Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleitern dagegen kaum. Der Begriff der Konzentrationsfahne ist aus dieser neuen Sichtweise mehr als berechtigt und konkret anwendbar, z. B. auch bei Grundwasser-Emissionsfahnen von Altlasten. Als praktisches Beispiel für ausgedehnte und persistente Salzwasser-Konzentrationsfahnen von etwa 10 bis 15km Länge können auch die geochemischen Verhältnisse im oberen Grundwasserleiter des Holler- und Blocklandes auf der rechten Weserseite und des Ober- und Niedervielandes auf der linken Weserseite von Bremen dienen (ORTLAM 1989, ORTLAM & SAUER 1993). Die Süß-/Salzwassergrenze ist in Poren-, Kluft- und sogar in tiefen Karstgrundwasserleitern messerscharf ausgebildet, wobei das spezifisch leichtere Süßwasser immer auf dem schwereren Salzwasser schwimmt und ein Tauchgleichgewicht mit ihm einnimmt, dem DGH-Effekt.

## 2. Marine Süßwasserquellen

### 2.1. Am Küstenstrand

Wenn Seefahrer in früheren Entdeckerzeiten unbekannte Inseln passierten und ihre zur Neige gehenden Süßwasservorräte wieder aufzufüllen hatten, aber keinen Süßwasserzufluss ins Meer ausfindig machen konnten, so grub man nicht etwa im Inselinnern sondern an der obersten Strandwasserlinie nach (süßem) Grundwasser (SONREL 1880 und 1961: freundliche mündliche Mitteilung von Prof. Dr. K. KREJCI-GRAF, Frankfurt/M.). Dort grenzt nämlich die Süßwasserlinse der Insel scharf an das Salzwasser des Meeres an und konnte daher am (sandigen) Strand relativ leicht ergraben werden. Oft lassen sich jedoch auch unterschiedlich stark schüttende Süßwasserquellen (onshore freshwater spots, OFS, hiermit) beobachten wie z. B. die Süßwasserquellen am (Geest-) Sandstrand von Duhnen/Sahlenburg bei Cuxhaven; die zahlreichen Karstquellen an der östlichen Adriaküste und des Balkans; der große Perastikos-Quellentopf westlich Rethymnion (Kreta) mit einer Jahresquellschüttung von (!) >100Mio m<sup>3</sup> Süßwasser, das umgehend über den Strand ins Mittelmeer abläuft und somit unwiederbringlich und ungenutzt verschwindet (ORTLAM 2000). Dieses -- relativ einfach -- zu Trink- und Brauchwasser aufzubereitende Grundwasser stellt auf Quellwasser-armen Inseln und Ländern der heißen Zonen (z. B. Zypern, Süd-Spanien, Balearen, Kanaren, Golfstaaten, KOHOUT 1966, SCWERDTFEGER 1981) ein großes volkswirtschaftliches Potential dar und sollte daher entsprechend genutzt werden z. B. als Trink- und Brauchwasser für eine nachhaltige d. h. minimierende Bewässerung, auch der geklärten Abwässer. Die an heißen Tagen oft zu beobachtende Beregnungsbewässerung in der Landwirtschaft ist aufgrund der hohen Verdunstungs- und Evapotranspirationsrate auch in unseren Breiten wenig sinnvoll und kann in semiariden bis ariden Gebieten zu erheblichen Salzbelastungen der Böden führen (z. B. Ägypten, Libyen, Syrien), so dass diese bald unbrauchbar werden. Diese hydrologisch und bodenkundlich wenig zweckmäßige Dauer- Beregnungsbewässerung sollte während des Tages ganz aufgegeben werden, um Grundwasservorräte (vor allem fossile) zu schonen und nachhaltiger zu bewirtschaften.

### 2.2. Im Meer

In den 90-er Jahren wurde im Fischereihafenbereich Bremerhavens (an der Einmündung der Weser in die Nordsee) eine Aufschluss-Bohrung zur Auffindung von Salzwasser für eine Seewasserfischzucht niedergebracht (St. Petrusbrunnen). Statt des nach dem damaligen Kenntnisstand zu erwartenden Salzwassers wurde in diesem von Meerwasser intrudierten Gebiet völlig überraschend eine Süßwasserzone bis 150m Tiefe angetroffen. Durch einen (2-Wochen-) Langzeitpumpversuch konnte eine ursprünglich vermutete Süßwasserlinse

ausgeschlossen werden, da kein Salzwassereinbruch erfolgte. Durch eine  $^{14}\text{C}$ -Analyse wurde das Alter des Grundwassers auf etwa 6.000a bestimmt (freundliche Mitteilung von Prof. Dr. M. GEYH, N.L.f.B., Hannover), was mit den bisherigen Grundwasseraltersdatierungen der östlich angrenzenden Wulsdorfer Geest übereinstimmte. Daher lag es nahe, dieses überraschend entdeckte und hochpotente Süßwasservorkommen (ca 1Mio  $\text{m}^3/\text{a}$ ) als allseitig von Salzwasser begrenzte Süßwasserablauföhre (freshwater pipe, FP, hiermit) des Geestgrundwassers in Richtung auf die Nordsee zu interpretieren. Irgendwo am Grunde der Nordsee sind dann Süßwasserquellen (marine freshwater spots, MFS, hiermit) nicht unerheblichen Ausmaßes zu erwarten, die dann unwiederbringlich und ungenutzt das Süßwasser des Landes ins Meer abführen. Die große Zahl weit in die Nordsee einlaufender pleistozäner Rinnen (KUSTER & MEYER 1979, ORTLAM 1993) lässt einen erheblichen, direkten Grundwasserabfluss über marine Süßwasserquellen erahnen.

Solche submarinen Quellaustritte werden am Grunde der Ostsee auch von Wissenschaftlern des GEOMAR (Kiel) vermutet und konnten bereits am Grunde der Eckernförder Bucht nachgewiesen werden (BOHRMANN & SAUTER 1999:160). Die marinen Süßwasserquellen (MFS) dürften an den Küsten unserer Erde zahlreicher sein, als dies bisher angenommen wird. So schilderte mir Thor HEYERDAHL (Teneriffa/Kanaren) zahlreiche Vorkommen von marinen Süßwasserquellen an den Meeresküsten der Erde, ebenso wie diese von SONREL (1868-80) weltweit für Segler beschrieben werden. Beim tiefen Meeresspiegelniveau am Ende der letzten Kaltzeit (ca 125m–NN, FAIRBANKS 1989) und der Auflösung der tiefreichenden Permafrostböden (>500m u. GOF, ORTLAM & VIERHUFF 1978) der nördlichen Breiten waren die Abflussverhältnisse der Süßwassertransfers vom Land zum Meer auf ein wesentlich tieferes Meeresvorflutniveau als heute eingestellt, nachdem es zu einem Neubeginn des – bisher gefrorenen – Grundwasserabstromes zu den Vorflutern bzw. zum damaligen Meeresspiegelniveau von etwa 60m –NN (ca. 10000a v. h., FAIRBANKS 1989) kam. Der in zahlreichen tiefreichenden Peilrohren von Nordwest-Deutschland gemessene Temperaturverlauf zeigt zumindest bis in 400m u. GOF (Tiefe) einen ganz anormalen Temperaturgradienten auf, nämlich (!) 0,5 bis 1,5°K/100m, was sehr ungewöhnlich ist. Der normale Temperaturgradient in Mitteleuropa beträgt etwa 3°K/100m, so dass die hier gemessenen Werte um das Zwei- bis Vierfache „unterkühlt“ sind d. h. noch kaltzeitliche (Rest-) Temperaturen aufweisen. Die besonders niedrigen Temperatur-Gradienten (um 0,5° K/100m) lassen sich bezeichnenderweise überwiegend in den tiefen pleistozänen Rinnensystemen (ORTLAM 1970, ORTLAM & VIERHUFF 1978) beobachten, während im Bereich der tertiären Platten überwiegend Werte zwischen 1.0° und 1.5°K/100m gemessen werden. Es liegen also vergleichbare geothermische Verhältnisse wie in einigen Bereichen Nordamerikas vor (POLLACK & CHAPMAN 1993), sodass der Einfluss der Kleinen Eiszeit (1500-1850 n. Chr.) in Bohrtiefen über 35-60m u. GOF bis in (!)>350m Tiefe überall zu beobachten ist.

Durch den drastischen holozänen Meeresspiegelanstieg (FAIRBANKS 1989) erfolgte eine dezidierte Salzwasserintrusion vom Meer in den örtlichen Küstenuntergrund, abhängig von den jeweiligen Druckverhältnissen des zum Meer abströmenden Süßwassers und der Permeabilität des Untergrundes. So konnte das flächenhaft intrudierende Meerwasser letztendlich den Süßwasserabfluss nur kanalisieren jedoch nicht unterbinden. Dabei kam es primär zur Ausbildung von Süßwasserkanälen (**freshwater channels, FC**, hiermit) d. h. einer dreiseitigen Begrenzung mit intrudierendem Meerwasser und erst sekundär zur Ausbildung von Süßwasserröhren (**freshwater pipes, FP**, hiermit) d. h. einer allseitigen Begrenzung mit intrudierendem Meerwasser in der Röhrenachse. Die Menge des nun kanalisierten Süßwasserabstromes zum Meer dürfte sich jedoch zugunsten der Flußästuare verschoben haben, da der Druck des Süßwasserabflusses zum Meer hier am größten ist.

Das ehemals tiefliegende Meeresspiegelniveau ist auch der Grund, warum heute so viele Karsthöhlen weit unter dem heutigen Meeresspiegel enden und in ihnen Tropfsteingebilde

weit unter dem rezenten Meeresniveau auftreten (z. B. Karstgebiete des Mittelmeeres und der Halbinsel Yucatán/Mexico). Auch im Küstenbereich der Osterinsel/SE-Pazifik gab es nach mündlicher Überlieferung in voreuropäischer Zeit (vor 1700 n. Chr.) marine Süßwasserquellen, als die Insel noch stark bewaldet war und höhere Niederschläge aufwies. Wegen der nachfolgenden Trinkwasserknappheit tauchten die Einwohner vor der Meeresküste mit Ähren-gefüllten, Steine-beschwerten und abgedeckelten Kürbisbehältern bis zur submarinen Süßwasserquelle ab, drehten die Öffnung des Gefäßes über dem Quellaustritt nach unten, befüllten das Gefäß mit dem spezifisch leichteren Süßwasser unter Verdrängung des darin sich befindlichen und mit Ähren getracerten Salzwassers, tauchten dann mit dem abgedeckelten Gefäß auf und brachten das Trinkwasser an Land (freundliche schriftliche Mitteilung von Thor HEYERDAHL, Kanaren, mit Ergänzungen vom Verfasser). Nach einer stichprobenartigen Auswertung von Luftbild- und Satellitenaufnahmen in ausgewählten Spektral-Bereichen zeigt sich in vielen Küstenbereichen eine erhebliche Transfer-Rate von kaltem oder warmen Grundwasser in ein relativ wärmeres bzw. kälteres Meer. Diese Beobachtung lässt einen wesentlich höheren Austrag von (süßem) Grundwasser vom Land zum Meer vermuten, der landseitig (noch) nicht genutzt wird und daher eine erhebliche Süßwasser-Ressource darstellt.

Hierbei kommt den gewaltigen submarinen Süßwasserquellen an der östlichen Mittelmeerküste vor der Stadt Tripolis(Nord-Libanon) eine große geopolitische Bedeutung zu. Bedingt durch die hohen Niederschläge im >3000 m hohen und relativ unbewaldeten Libanon-Gebirge versickert dort nahezu alles Wasser in den Untergrund. Ein Teil dieses Karstgrundwassers tritt nach Osten in die fruchtbare Bekaa-Ebene – zwischen Libanon- und Anti-Libanon gelegen -- aus, der größere Anteil fließt jedoch nahezu ungenutzt nach Westen unter die Küstenebene bei Tripolis ins östliche Mittelmeer ab und ist beim submarinen Quellaustritt mit dem Wasserstrahlpumpen-Effekt (= Vermischung mit stark salzigem Mittelmeerwasser) dann zur Süßwassernutzung verloren. Immerhin können die zahlreichen submarinen Quellaustritte im küstennahen Bereich vor Tripolis (Chekka-Quellen) **auf eine Gesamtmenge von ~3 Mrd m<sup>3</sup>/a** abgeschätzt werden. Eine gewaltige Menge, wenn man den jährlichen rezenten Trinkwasserbedarf von Deutschland in Höhe von ~3,5 Mrd m<sup>3</sup> gegenüberstellt. Hier bietet sich im Zuge der Entwicklungshilfe und zur Befriedung der nach Trinkwasser dürstenden Ländern des vorderen Orients (Libanon, Syrien, Israel, Palästina, Jordanien) eine geeignete Verwendung und Exploration dieses gewaltigen und ungenutzten Süßwasserschatzes an, um diesen im Küstenbereich zu exploitieren und per Pipelines in die verschiedenen Nutzerländer und -orte zu versenden. Eine größere Win-Win-Situation kann man sich für alle Beteiligten dieses möglichen Großprojektes nicht vorstellen. Außerdem wäre dies eine Möglichkeit, heutige und zukünftige Verteilungskämpfe um Trink- und Brauchwasser zu vermeiden (z. B. Palästina/Israel/Jordanien) und ein Völker-übergreifendes Wasser-Bewirtschaftungssystem zu installieren (ORTLAM 2000). Diese Möglichkeiten bestünden auch bei allen nordafrikanischen Ländern am südlichen Mittelmeer-Rand, wo die gewaltigen, aber fossilen Grundwasservorkommen der Sahara sich unterirdisch als marine Süßwasserquellen ins Mittelmeer schleichend, diskret und ungenutzt entleeren und damit beim Übertritt ins Meer verloren sind. Das große und teure Süßwasser-Pipeline-Projekt vom Süden Libyens nach Norden hätte – besser hydrogeologisch durchdacht – wesentlich kostengünstiger gestaltet werden können.

Bisher herrscht allgemein die Ansicht vor, dass >90% des landseitig gebildeten Grundwassers über Flussmündungen in das Weltmeer übergehen, bevor der hydrologische Kreislauf des Wassers mit der Meeresverdunstung wieder beginnt (LIEBSCHER 1979). Aufgrund der vorliegenden Erkundungen könnte sich dieser Prozentsatz in Zukunft erheblich auf einen (geschätzten) Wert von ~ 70% reduzieren, vor allem in Karst-Bereichen der Erde. Das heißt, dass etwa ein Drittel der bisher unbekanntem Süßwassertransfers vom Land zum Meer über untermeerische, schleichende Süßwasseraustritte bewerkstelligt werden. Diese Erkenntnisse

werfen nun ein ganz neues Licht auf den Verbleib von etwa 100mm Niederschlag in der aufgestellten Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland („Löcher“ nach KELLER 1980), die nun als direkter Süßwasser-Transfer via FP's interpretiert werden können. Wären nun diese Transferpunkte an den Küsten genau bekannt, dann könnte an den jeweiligen Küstenabschnitten durch landseitige Erkundungsbohrungen der FP's (Süßwasserröhren) der nicht sichtbare Süßwasserabstrom erfasst und entsprechend genutzt werden. Mit einem weltweiten Forschungsprogramm zur marinen Süßwasserbewirtschaftung ließe sich diesem Defizit zunehmend Abhilfe schaffen, um der stetig sich vergrößernden Wassernot auf unserer Erde wirksamer zu begegnen (UNEP, Geo 2000). Diese Erkundungen wären eine ertragreiche Investition in wahrlich **Konflikt-verhindernde und Frieden-stiftende Maßnahmen** für die Zukunft der Menschheit. Wahrscheinlich gibt es genügend vor Ort nutzbare Süßwasservorräte auf unserer Erde. Sie sind nur ungleich verteilt, sodass entsprechende Ideen zur Exploration, Exploitation und Verteilung der Grundwasserressourcen massiv eingebracht werden müssen. Mit Pessimismus und unkorrekten Vorstellungen zum festländischen Wasserhaushalt der Erde (u. a. sollen angeblich 20% der flüssigen Süßwasservorräte der Erde sich im tiefen Baikalsee befinden, was aber keineswegs nachvollziehbar ist) kommt die Wissenschaft nicht weiter. Insofern sind die Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WGBU 1998) an die Bundesregierung, insbesondere die Punkte 6 (weltweite Süßwasserbilanzierung) und 7 (weltweite Süßwasserökosystem-Kartierung) vordringlich zu beachten und zu bedienen. Einer integrierten Wasserressourcen-Bewirtschaftung der Süßwasservorräte der Erde ist daher oberste Priorität einzuräumen (BMZ 1999). Zukunftsweisende Innovationen auf dem nun neuen Forschungs- und Lehrgebiet der „**MARINEN GEO-HYDROLOGIE**“ (MGH, hiermit, nach ORTLAM 2000) sind daher gefragt und sollten baldmöglichst umgesetzt werden. Dabei wäre jedoch auf eine gut abgestimmte Zusammenarbeit zwischen den relevanten natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen -- gepaart mit dem lokalen Wissen von Fachleuten -- zu achten, um langfristig ein optimales und auch nachhaltiges Ergebnis zu erzielen (Rio-Konvention von 1992), wobei eine Partizipation der betroffenen Bevölkerung eine Grundvoraussetzung wäre.

### 3. Literatur

- BMZ (1999): Materialien Wasser –Konflikte lösen, Zukunft gestalten. - Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 99, 179 S., 8 Abb., 3 Tab., Bonn.
- BOHRMANN, G. & SAUTER, E. (1999): Süße Quellen in der Ostsee. - GEO 9/1999:158-162, 5 Abb., Hamburg.
- DRABBE, J. & GHIJZEN, W. B. (1887/89): Nota in Verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam.-. Tijdschr. v. h. kon. Inst. v. Ing. 1889:8-22, 11 Abb. auf 2 Taf., s 'Gravenhage.
- FAIRBANKS, R. G. (1989): A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation.- Nature, 34/342:637-642, 6 figs., London.
- GERRARD, S., LOCKWOOD, C. C., PROHASKA, R. & ROMBERG, J. (1999): Tauchfahrt in ein Märchenland.-- Höhlen in Yucatán.- GEO, 1999/2:48-64, zahlreiche Abb., Hamburg.
- HAHN, J. (1975): Mechanism of groundwater salinization in areas of unconsolidated rocks.- Int. Training Seminar geosc. stud. and the potential of natural environment, H 5 h, Hannover.
- HERZBERG, A. (1901): Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder. - SCHILLING's Journal f. Gasbeleuchtung u. Verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserversorgung, XLIV/44/45:815-819/842-844, 1 Abb., München.

- KELLER, R. (1980): Hydrologie. - Erträge d. Forschung, 143, 148 S., 21 Abb., 12 Tab., Darmstadt (Wiss. Buchgesellschaft).
- KUSTER, H. & MEYER K. D. (1979): Glaziäre Rinnen im mittleren und nordöstlichen Niedersachsen. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 29:135-156, 5 Abb., 3 Tab., 1 Kt., Hannover.
- KOHOUT, F. A. (1966): Submarine Springs. – A neglected phenomenon of coastal hydrology. – Symp. Hydr. Water Resources Developm., pp. 391-413, 13 figs., Ankara.
- LIEBSCHER, H. J. (1979): Abfluss. - (In:) R. KELLER: Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland (1978/79):90-159, viele Abb. u. Ktn., Boppard (DFG).
- LÜTHY, W. & PETERSEN, H. (1978): Grönland, 131 S., Köln.
- ORTLAM, D. (1970): Der Aufbau pleistozäner Rinnen in der Lüneburger Heide (Vortrag DEUQUA-Tag. Kiel 29. 09. 1970).- Eiszeitalter u. Gegenwart, 21:185-186, Öhringen.
- ORTLAM, D. (1972): Ergebnisse der Grundwasser-Explorationsarbeiten im Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanungsraum „Obere Elbe“, Zeitabschnitt 1966 bis 1971.- (Unveröff.) Bericht NLFb, 26 S., 134 Anl., Hannover (Archiv NLFb).
- ORTLAM, D. (1980): Neue Erkenntnisse über den geologischen Untergrund Bremens in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. - Jb. Wittheit zu Bremen, 24:221-237, 12 Abb., Bremen.
- ORTLAM, D. (1982): Durchführung hydrogeologisch-hydrochemischer Untersuchungen für den Bereich Horn-Lehe-West (Bremen). - (In:) Senator für das Bauwesen (Bremen), Landschaftsökologische Untersuchungen im Bereich Horn-Lehe-West, 10 S., 12 Abb, Bremen
- ORTLAM, D. (1984): Die geohydrologischen Verhältnisse im Hollerland (Bremen).- Abh. Naturw. Ver. zu Bremen, 40:155-164, 7 Abb., Bremen.
- ORTLAM, D. (1989): Geologie, Schwermetalle und Salzwasserfronten im Untergrund von Bremen und ihre Auswirkungen. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1989/8:489-512, 11 Abb., 3 Tab., Stuttgart.
- ORTLAM, D. (1993): Grundwasserversorgung, Hydrogeologie und Grundwasser-Faziesräume der Freien Hansestadt Bremen.- (In:) Trinkwasserversorgungsbericht des Landes Bremen:4-14, 4 Abb., Bremen (Senator f. Umweltschutz u. Stadtentwicklung).
- ORTLAM, D. (2000): Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen. – gwf, Wasser-Abwasser, **141**,12:865-873, 9 Abb., München.
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1993): Atlas der Geochemischen Grundwasserkartierung Bremen und Erläuterungen. - 29 S., 9 Abb., 60 Ktn. (pH-Wert, Gesamt-Eisen, Chloride, Sulfate und Magnesium im oberen Grundwasserleiter, 1:25000), Bremen (Bremer Entsorgungsbetriebe).
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1995): Das Grundwasser in Bremen – seine geogene Prägung und seine Beeinflussung durch Altlasten. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1995/6:336-354, 9 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- ORTLAM, D. & SAUER, M. (1996): Geogene and anthropogene salinization-phenomenons in the groundwater of Bremen (northern Germany).- SWIM 96, SGU-Rapp. o. medd., 87:207-216, 11 figs., Stockholm (Gotab).
- ORTLAM; D. & SAUER, M. (1999): Geochemische Grundwasser-Kartierung in einem urbanem Raum am Beispiel der Stadt Bremen – Calcium- und Nitratverteilung im oberen Grundwasserleiter. - Arbeitsh. Wasser, 1999/1, 27 S., 12 Abb., 24 Ktn. (Calcium und Nitrat, 1:25000), Hannover (NLFb).
- ORTLAM, D. & SCHNIER, H. (1981): Erdfälle und Salzwasseraufstieg in Bremen – Typbeispiel für Süßwasserdepressionsgebiete. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1981/4:236-256, 9 Abb., Stuttgart.
- ORTLAM, D. & VIERHUFF, H. (1978): Aspekte zur Geologie des höheren Känozoikums zwischen Elbe und Weser-Aller. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1978/7:408-426, 7 Abb., 1 Tab., Stuttgart.



- POLLACK, H. N. & CHAPMAN, D. S. (1993): Bodentemperatur und Klimawandel. - Spektrum d. Wissenschaft, 1993/8: 68-74, 6 Abb., Heidelberg.
- SCHWERDTFEGGER, B. C. (1981): On the occurrence of submarine fresh water discharge. - Geol. Jb., C29:231-240, 4 figs., Hannover.
- SONREL, L. (1880): Le fond de la mer.- 4. Aufl.,320 p., 93 vign., Paris (Hachette).
- WAGER, R. (1956): Zum Chemismus tieferer Grundwässer in einem Teil Nordwestdeutschlands. - Abh. IAH-Symp. Rom, 2:131-137, Gentbrügge.
- WAGER, R. (1957): Zur Grundwasserversalzung in Nordwestdeutschland. - Geol. Jb.,74:629-642, 2 Abb., Hannover.
- WGBU (1998): Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. - Jahresgutachten 1997 des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“, Kurzfassung, 20 S., Bremerhaven:
- 
- 

**Autorenadresse und Copyright:** Dir. u. Prof. Dr. Dieter ORTLAM; Dipl.-Geologe, ehemaliger Leiter des Amtes f. Bodenforschung Bremen (NLfB, Außenstelle Bremen), umweltpolitischer Sprecher d. AFB-Stadt- u. Landesverbandes in der Freien Hansestadt Bremen, Postfach 102701; D-28027 Bremen.