

Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen zur Entwicklungshilfe und ein Modell zur ökologischen Regeneration des Toten Meeres mit Energiegewinnung

Marine freshwater spot management (MFSM) for economic aid and a
model for the ecological regeneration of the Dead Sea with power winning

Dem AA und BME (Berlin) als Anregung/Chance zum Beirut-Event (04. 08. 20)

von

Dieter Ortlam, Bremen*)

mit 3 Abb.

Erst-Publikation: 2006; Fassung: 08/2020 (Copyright, alle Recht vorbehalten)

Schlagwörter: Grundwasser-Ressourcen, DGH-Effekt, Speleologie, Schärfe und Dynamik der Süß-/Salzwassergrenze, Halokline, Süßwasserröhren/-kanäle, freshwater current pipes (= FCP), onshore freshwater spots (= OFS), marine Süßwasserquellen, marine freshwater spots (= MFS), Wasserbilanz, Wasserbewirtschaftung, Marine Geo-Hydrologie (= MGH), edaphische Geo-Mimikrie, Libanon, Tripoli, Chekka, marine Süßwasserquellen, Libanon-Gebirge, Anti-Libanon-Gebirge, Kalk-Karst, Bekaa- (Bika) Ebene, Al-Litani, Syrien, See Genezareth, Israel, Jerusalem, Westbank, Jordanien, Jordan, Jordan-Graben, Totes Meer, Meeresspiegel-Absenkung, Hydrokline, Halokline, Fingering-Effekt, Erdfälle, Salzsäulen, Ökologie, Regeneration, Pipeline, Mittelmeerwasser-Zuleitung, Energie-Erzeugung, Kali-Gewinnung, Dead Sea Project for Freedom, Süßwasser-Gewinnung, Beregnungsbewässerung, Win-Win-Win-Effekte.

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 und genutzt werden. Mineral- und Thermalwasser-Austritte beruhen weltweit auf dem DGH-Effekt. Die Süß-/Salzwassergrenze (= Halokline) 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 (= OFS, onshore freshwater spots) ist über die Ausbildung von Süßwasserröhren im nacheiszeitlichen Geschehen des gewaltigen Meeresspiegelanstieges 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. Als Beispiel kommen die marinen Karstquellen bei Chekka/Tripoli vor der libanesischen Küste mit einem Süßwasserpotential von 3 Mrd m³/a zur Exploitation in Frage.

Der Wasserspiegel des Toten Meeres (Israel/Jordanien) sank durch den geringeren Süßwasser-Zufluss des Jordans in den letzten 60 Jahren drastisch um 40m ab. Durch den dadurch verstärkten Süßwasser-Zufluss von den Flanken des Jordan-Grabens bildeten sich infolge des DGH-Effektes zahlreiche Erdfall-Felder und Salzsäulen im Randbereich des Toten Meeres

aus. Daraus ergaben sich erhebliche Einschränkungen und finanzielle Belastungen für die Bebaubarkeit und die touristische Nutzung. Durch Zuleitung von Mittelmeerwasser mittels einer (auch unterirdischen) Pipeline von etwa 70km Länge könnte eine Regeneration des Toten Meeres auf das alte Spiegelniveau von 390m unter NN eingeleitet werden – unter gleichzeitiger Nutzung des Zuleitungswassers als Energie-Lieferant. Daraus könnte eine jährliche Strommenge von 4.900 GWh (= 4,9 TWh) erzielt werden – entsprechend dem Ertrag von einem großen Kernkraftwerk. Die friedensstiftende Aufteilung der Erträge dieses ökologischen Projektes an die beteiligten Anliegerländer Israel, Palästina und Jordanien könnte als Nukleus für einen Friedensprozess im Nahen Osten fungieren, wobei auch die Gewinnung von Grundwasser aus dem Zuleitungstunnel für Trink- und Brauchwasser-Zwecke nicht unbedeutend sein könnte.

Abstract: Now, we are able to declare the thickness and the configuration of all the freshwater deposits on land with the DGH-effect (= dynamic equilibrium of two fluids). There, the discovery, the interpretation and the exploitation of the biggest freshwater deposits in central Europe are possible between the rivers Weser/Aller and Elbe. All the mineral and the hot spots of the world are due to the DGH-effect. The boundary between the fresh- and the salt-water (= halocline) is configured very sharp either in porous aquifers nor in solid and carstic aquifers. The penetration of different mineralized fluids is carried out very slowly in the rivers (e. g. Rio Negro/Amazonas) and the sea (Amazonas), too. Many onshore freshwater spots are now discovered with their high potential due to the rising of seawater level since the last ice age (17.000 y B.P.) and many freshwater pipes towards the sea. The high deficit in the world water balance can now be declared by the numerous submarine freshwater spots. Therefore, new big freshwater resources can be discovered and exploited sustainably along the coasts of the earth. The big submarine carstic freshwater spots (V: ~3 Mrd. m³/y) – coming from the high Libanon Mountains -- at the libanese coast in front of Chekka/Tripoli (Eastern Mediterranean) are able to exploit on land. The seawater level of the Dead Sea (Israel/Jordan) dropped down since 60 years about 40m depending from the minor freshwater input (e. g. river Jordan). By the increasing flow of freshwater along the flanks of the Jordan Graben many sinkholes and saltwater pillars were developed along the coast of the Dead Sea by the DGH-effect. Now, there are many increasing problems by non-using of buildings, roads and touristic possibilities. By a drilling pipeline of 70 km length the salty water of the Mediterranean Sea are able to rise up the recent level of the Dead Sea (~435m below sea level) to the origin level at 390m below sea level – by using the high potential of ~400m for winning of electric power. (= 4.900 GWh/y = 4,9 TWh/y). These electric outputs should be distributed to the three countries Israel, Palestine and Jordan as a **Dead Sea Project for Freedom**. The using of freshwater aquifers along the proposed pipeline is possible, too.

Résumé: L'épaisseur et la configuration de toutes les nappes phréatiques subterraines sont déclarées à l'aide d'effet de DGH (= équilibre plongeant des deux fluides avec une minéralisation différente). Ainsi la découverte des nappes phréatiques plus grandes sont déclarée et usée en Europe centrale dans la région des fleuves Weser/Aller et d'Elbe (Allemagne nord). Toutes les sources d'eau thermales et minéralisées du monde dépendent d'effet de DGH. La frontière très exacte des eaux douces et salinées (= halocline) est développée dans toutes les nappes poreuses, solides et karstiques. Le mélange des eaux minéralisées différentes se termine très lentement dans les eaux de la surface dans une rivière (p. e. Rio Negro/Amazonas) ou dans la mer (p. e. Amazonas). La plupart des sources d'eau douce marine (= OFS, onshore freshwater spots) sont cachées jusqu'à présent par des courants d'eau souterraine à cause de la montée du niveau de la mer. Les grandes déficits („trous“) peuvent être déclarées dans les bilans des eaux du monde par des embouchures des

eaux douces submarines. La découverte et l'exploitation des eaux douces submarines sont maintenant très importantes, spécialement dans les paysages secs du monde. Les grandes sources submarines karstiques indiquent l'exploitation au rivage de la Méditerranée libanese près de Chekka/Tripolis au nord de Beirut, par exemple.

La surface actuelle de la mer Morte (Israel/Jourdainie) descendit à cause de l'accès diminué de l'eau douce de la fleuve Jourdain depuis 60 années avec une hauteur de 40m. À cause de l'accès très forte des eaux douces souterraines, venant des côtes du fossé Jourdain, beaucoup des colonnes salinées et des dolines karstiques prendrent place le long des côtes de la mer Morte par l'effet de DGH. Beaucoup des restrictions et des chargements monétaires s'ensuivent de l'usage touristique, pour les bâtiments et des auto-routes en Israel et en Jourdainie. La régénération écologique de la la mer Morte (**1950** surface originale: -390m NN) pouvait préparer par un canal de dérivation souterrain des eaux salinées de la Méditerranée avec une longueur de 70km – usant l'inclinaison (>400m) pour une production d'électricité. La production annuelle d'électricité peut atteindre une quantité de 4.900 GWh (= 4,9 Twh). L'énergie gagnée pouvait distribuée sous les pays de la la mer Morte (Israel, Jourdainie, Palestine) pour un procès du temps de paix dans la région Levante. On peut aussi gagner des eaux douces pour boire et irriguer à travers du canal de dérivation souterrain.

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 & GHIJEN** (1888-89) sowie **HERZBERG** (1901) als **DGH**-Effekt (ORTLAM 1989, ORTLAM & SAUER 1993) benannten Vorgänge zum Tauchgleichgewicht **nicht miteinander 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 (erweitertes „Archimedisches Prinzip“: Wasser-Verdrängung eines getauchten Körpers in einer Wanne). In seiner großen Tragweite wurde der DGH-Effekt 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 im Binnenland völlig unbekannt, obwohl sämtliche Mineral- und Thermalwasser-Quellaustritte nach dem DGH-Effekt funktionieren (z. B. Baden-Baden, Wiesbaden, Aachen, tiefer Malmkarst unter dem süddeutschen Molasse-Becken, Karlsbad/Tschechien, Tamina-Schlucht bei Bad Ragaz/Schweiz, Druskininkai/Litauen, Ras Mohamed am östlichen Golf von Suez/Ägypten, Totes Meer/Israel-Jordanien, Kaligandaki-Schlucht/West-Nepal, Yanbaijing/Tibet u. a.) und plötzliche Salzwasseraufbrüche aus der Tiefe durch künstliche Reduzierung der Süßwasserauflast immer öfters vorkommen (z. B. See Genezareth/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 unterschiedlichen Tiefganges 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 wissenschaftlicher 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/Kreide 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 und von WAGER ausgewerteten Grundwasserproben stammten überwiegend von Erdölbohrungen an hoch-aufragender Flanken norddeutscher Salinare (ehemaliges Reichsbohrprogramm), die direkt Salzwasser von den Salzstocktops in die unmittelbare Umgebung abgeben, sodass eine hochragende Versalzung der tieferen Grundwasserleiter nur vorgetäuscht wurde (= edaphische Geo-Mimikrie, hiermit). Somit war der Grundstein für die Entdeckung der größten zusammenhängenden Grundwasserspeicherstätte Europas gelegt (>180Mrd m³ Grundwasservolumen, mögliche regenerierbare Jahresentnahmemenge >120Mio m³). 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 Jeezel-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 Süßwasser-Auflast 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 in 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 Aquifers. 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 Süßwasser-führenden 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 Abwasser-belasteten 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 Süßwasser-Konvektionswalze 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 Trübstoff-beladenen 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):

“Das vom Regen gespeiste Süßwasserreservoir der Halbinsel Yucatán schwimmt auf dem Salzwasser der Karibik wie ein Fettag 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 als Sprungschicht (= **Halokline**; Süß-/Salzwasser-Grenze) bezeichnet. Sie wird durch die Speleologen auf der ganzen Welt in den offenen Karst-Grundwasserleitern beobachtet und beschrieben. In Poren- und Kluft-Grundwasserleitern ist die Ausbildung von Haloklinen evident (ORTLAM 1982) immer wieder messerscharf anzutreffen.

Fazit: Unterschiedlich mineralisierte Phasen sind selbst in bewegten Oberflächengewässern nur langsam mischbar, in sandig-kiesigen Poren-, Kluft- und Karst-Grundwasserleitern 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 Karst-Grundwasserleitern 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 Entdecker-Zeiten unbekannte Inseln passierten und ihre zur Neige gehenden Süßwasservorräte wieder aufzufüllen hatten, aber keinen direkten Süßwasserzufluss ins Meer ausfindig machen konnten, so grub man nicht etwa im Inselinnern sondern an der obersten Strandwasser-Linie 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 aufgrund des DGH-Effektes scharf an das Salzwasser des Meeres an und konnte daher am (sandigen) Strand relativ leicht ergraben werden. Die wilden Pferde auf der Dünen-Insel Sable Island im Atlantischen Ozean vor der Küste von Nova Scotia/Canada wissen intuitiv um den DGH-Effekt und graben am Strand bis in tiefe Löcher, um an lebenswichtiges Süßwasser zu gelangen, falls die üblichen Tränken (= Grundwasser-Blänken) im Binnenland ausgetrocknet sind.

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 (ORTLAM 2017); die zahlreichen Karstquellen an der östlichen Adriaküste und des Balkans; der große Perastikos-Quelltopf westlich Rethymnion (Kreta) mit einer Jahresquellschüttung von (!) >100Mio m³ 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, Levante KOHOUT 1966, SCHWERDTFEGGER 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 in Europa an heißen Tagen oft zu beobachtende **Beregnungsbewässerung** in der Landwirtschaft ist aufgrund der hohen Verdunstungs- und Evapotranspirationsrate auch in unseren Breiten (Europa) **während des Tages** (= hohe Verdunstungsverluste) 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 und aus ökologischen Gründen von den zuständigen Behörden endlich verboten werden, um Grundwasservorräte (vor allem fossile) zu schonen und nachhaltiger zu bewirtschaften. Für die zuständigen Genehmigungsbehörden gibt es hierbei noch viel Luft nach oben, u. a. Beregnungsmaßnahmen nur noch während der Nacht zu gestatten.

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 Seewasserrückgewinnung 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 Salzwassereintritt erfolgte. Durch eine ^{14}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 hoch-potente Süßwasservorkommen (ca 1Mio m^3/a) als allseitig von Salzwasser begrenzte Süßwasserablauffröhre (freshwater current pipe, FCP, hiermit) des Geest-Grundwassers 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 (SCHWERDTFEGER 1981, MOOSDORF & OEHLER 2017).

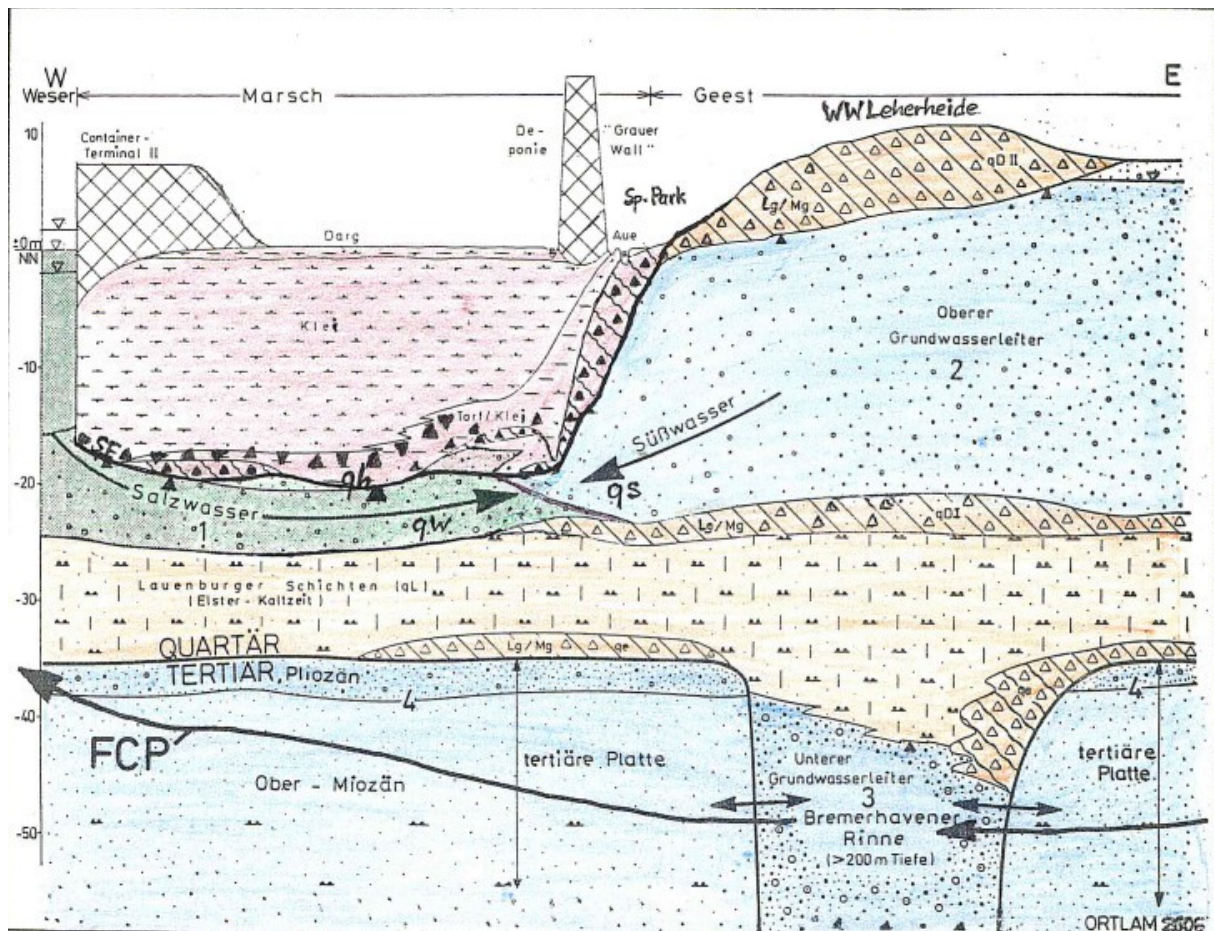


Abb. 1: Schematischer hydrogeologisch-geochemischer Schnitt durch Bremerhaven mit Meerwasser-Intrusion im oberen Grundwasserleiter und einer Süßwasser-Ablauffröhre (= freshwater current pipe, FCP) des unteren Grundwasserleiters im Fischereihafen-Gebiet (St. Petrus-Brunnen) zur Nordsee (nach ORTLAM 2017, dort Abb. 6).

So schilderte mir Thor HEYERDAHL (damals Teneriffa/Kanaren) in den 90er Jahren zahlreiche Vorkommen von marinen Süßwasserquellen an den Meeresküsten der Erde, ebenso wie diese von SONREL (1868-80) weltweit für die Segler beschrieben wurden. Beim tiefen Meeresspiegelniveau am Ende der letzten Kaltzeit (Weichsel-Kaltzeit ca 120m unter NN, FAIRBANKS 1989) und der Auflösung der tief-reichenden 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 – Grundwasserabstroms zu den Vorflutern bzw. zum damaligen Meeresspiegelniveau von etwa 60m unter NN (ca. 10.000a B. P., FAIRBANKS 1989) kam. Der in zahlreichen tief-reichenden Peilrohren von Nordwest-Deutschland gemessene Temperaturverlauf zeigt zumindest bis in 400m u. GOF (= Tiefe unter Geländeoberfläche) einen ganz anormalen Temperaturgradienten auf, nämlich (!) 0,5 bis 1,5°K/100m, was eine sehr ungewöhnlich niedrige Gradiente 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), so dass der Einfluss der Kleinen Eiszeit (1350-1850 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 um die Röhrenachse. Die Menge des nun kanalisierten Süßwasserabstroms zum Meer dürfte sich jedoch zugunsten der Fluß-Ästuar 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. viele Karstgebiete des Mittelmeeres und der Halbinsel Yucatán/Mexico, Blue Hole/Belize). 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 durch Abholzung der Oster-Insel tauchten die Einwohner vor der Meeresküste mit Ähren-gefüllten, Steine-beschwerten und abgedeckelten Kürbis-Behältern bis zur submarinen Süßwasserquelle hinab, 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 mit praktischen Ergänzungen vom Verfasser).

Nach einer stichprobenartigen Auswertung von Luftbild- und Satellitenaufnahmen in ausgewählten Spektral-Bereichen zeigt sich in vielen Küstenbereichen der Erde eine

erhebliche Transfer-Rate von kaltem oder warmen Binnen-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, wie dies zum wiederholten Male von MOOSDORF & OEHLER (2017) als Neuigkeit verkündet wird, ohne bereits bestehende Erkenntnisse (u. a. zum neuen Forschungsbereich **der Marinen Geohydrologie**) zu würdigen.

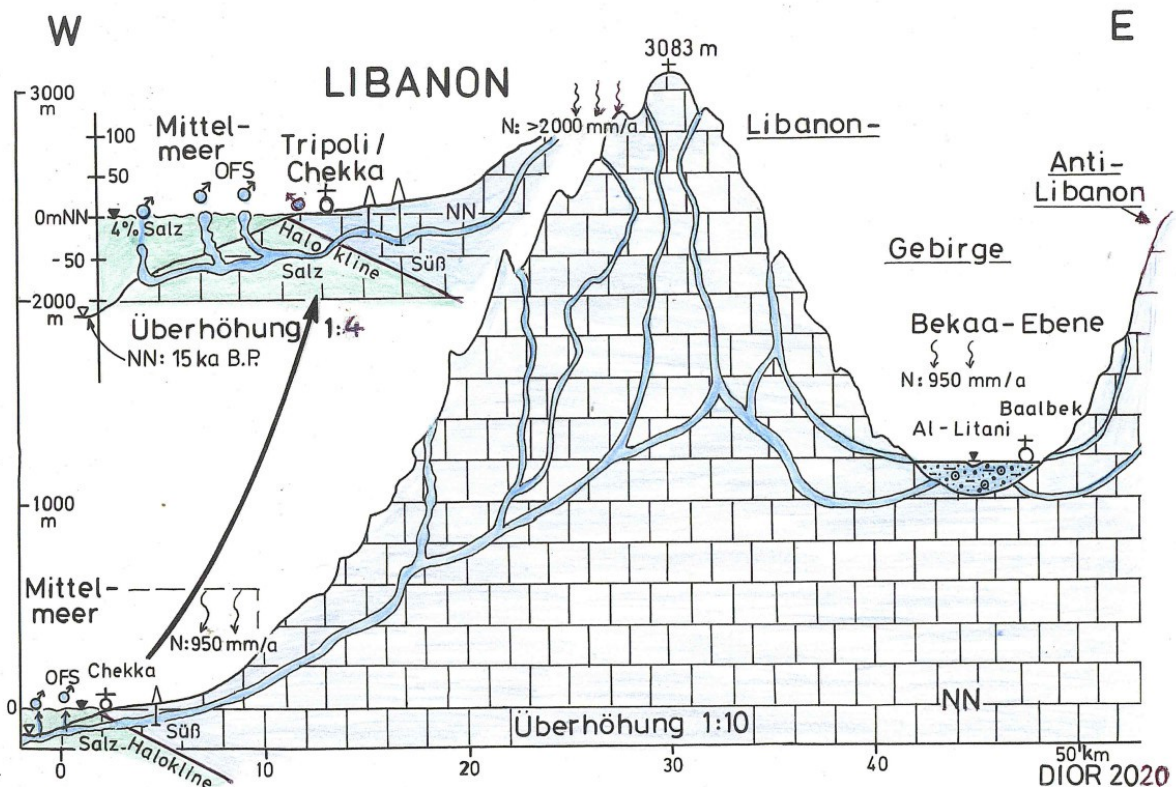


Abb. 2: Schematischer geohydrologischer Schnitt vom Mittelmeer – mit den onshore freshwater spots (= OFS = Chekka-Quellen) – durch den Kalk-Karst des Libanon- und Anti-Libanon-Gebirges mit der fruchtbaren Bekaa (Bika)-Ebene, entwässert durch den Al-Litani-Fluß. Mögliche Bohrpunkte in den landseitigen (noch zu detektierenden) Karst-Gerinnen mit Süßwasser-Führung.

Hierbei kommt den gewaltigen, bis zu 100m tiefen, submarinen Süßwasserquellen (= onshore freshwater spots = OFS) an der östlichen Mittelmeerküste vor den Städten Chekka und Tripoli (Nord-Libanon) eine große geopolitische Bedeutung zu (Abb. 1). Bedingt durch die starken Niederschläge (N) von >2000mm/a im >3000 m hohen und heute relativ unbewaldeten Libanon-Gebirge versickert dort nahezu alles Wasser in den stark verkarsteten Untergrund des kalkigen Libanon-Gebirges mit geringer Bodenauflage (= Bodenerosion durch die bekannte Schiffbau-Entwaldung der Phönizier in der Antike). Ein Teil dieses Karst-Grundwassers tritt nach Osten in die fruchtbare Bekaa (Bika)-Ebene – zwischen Libanon- und Anti-Libanon-Gebirge gelegen – aus (N: 950mm/a), der größere Anteil fließt jedoch nahezu ungenutzt nach Westen unter die Küstenebene zwischen Chekka und Tripoli ins östliche Mittelmeer ab. Somit ist deren Süßwasser-Nutzung beim submarinen Quellaustritt durch den bekannten Venturi-/ Wasserstrahlpumpen-Effekt (= seitliche Zumischung mit stark salzigem Mittelmeerwasser von 4% Salzgehalt) endgültig verloren (Abb. 1), wie dies praktisch-negative Beispiele an der

französischen Mittelmeerküste vor Menton in der Vergangenheit aufzeigten. Immerhin können die zahlreichen submarinen Quellaustritte im küstennahen Bereich vor Tripoli (Chekka-Quellen) **auf eine Gesamtmenge von ~3 Mrd m³/a** abgeschätzt werden. Eine gewaltige Menge, wenn man den jährlichen, rezenten Trinkwasserbedarf von Deutschland in Höhe von ~3,5 Mrd m³/a gegenüberstellt. **Hier bietet sich im Zuge der deutschen und europäischen Entwicklungshilfe und zur Befriedung der nach Trinkwasser dürstenden Ländern des vorderen Orients (Libanon, Syrien, Israel, Palästina, Jordanien) eine geeignete Verwendung und Exploration durch eine zweckmäßige, landseitige Erkundung** – jenseits der Halokline (= Salz-/Süßwasser-Grenze) – dieses gewaltigen und ungenutzten Süßwasserschatzes an, um diesen im libanesischen Küstenbereich als Süßwasser zu exploitiieren (Abb. 2 mit möglicher Bohrpunkt-Erkundung mittels geophysikalischer Methoden) und dann per Pipelines in die verschiedenen Nutzerländer und -orte des Vorderen Orients 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. Libanon/Syrien/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 Libyens von Süden 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 die Weltmeere übergehen, bevor der hydrologische Kreislauf des Wassers mit der Meeresverdunstung wieder beginnt (LIEBSCHER 1979). Aufgrund der vorliegenden Erkundungen könnte sich dieser Prozentsatz in Zukunft jedoch 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 OFS (= offshore freshwater spots) interpretiert werden können.

Wären nun diese Bohr- und Transferpunkte an den Küsten genau bekannt, dann könnte an den jeweiligen Küstenabschnitten durch landseitige Erkundungsbohrungen der Süßwasserröhren im Karst-Untergrund der von oben nicht sichtbare Süßwasser-Abstrom erfasst und – entsprechend nach geeigneter Filtration – für Trink- und Brauchwasser-Zwecke 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, so dass 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 Sibiriens 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 GEOHYDROLOGIE**“ (MGH, hiermit, nach ORTLAM 2000) sind daher gefragt und sollten baldmöglichst umgesetzt werden. Dabei wäre jedoch auf eine gut abgestimmte Zusammenarbeit zwischen den 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. Ökologische Regeneration des Toten Meeres

Das Tote Meer liegt zwischen Israel im Westen und Jordanien im Osten im Bereich des tektonisch noch aktiven Jordan-Graben mit seinen paläo- und mesozoischen Festgesteinsflanken (Abb. 3). Die Sohle des Jordan-Grabens – bestehend aus känozoischen Lockergesteinen mit Salinarablagerungen – senkt sich von Norden nach Süden zunehmend ab, so dass sich im Südabschnitt das Tote Meer als abflussloser Endsee mit einer ursprünglichen Seefläche von 16.950km² (um 70a n. Chr., nach PLINIUS d. Ä.) im Laufe des Holozäns ausbilden konnte (PICARD 1965 und 1970, BENDER 1968 und 1982). Dabei lag die Spiegelfläche des Toten Meeres zur Zeitenwende noch deutlich höher bei ~250m unter NN. Die Sohle des Toten Meeres erreicht heute schließlich eine Tiefe von ~750m unter NN. Mit seinen erheblichen Salzgehalten zwischen 10% im Norden und >30% im Süden wird das Tote Meer im wesentlichen vom Süßwasser-Zufluß des Jordans von Norden und von einigen marginalen Quellzuflüssen der Bergflanken gespeist, so dass etwa bis zum Jahre 1950 diese Wasser-Zufuhr (= 1,25 Mrd. m³/a) den erheblichen Verdunstungsverlust im Toten Meer von >1.000mm/a (= 1m/a, bei einem jährlichen Gebietsniederschlag von <80mm, SALAMEH & UDLUFT 1985) pro Jahr ausgleichen konnte. Dabei pendelte sich der Meerwasser-Spiegel bei etwa 390m unter NN ein, der damals (1950) tiefste begehbare Punkt auf unserer Erdoberfläche im 20. Jahrhundert. Im Laufe der letzten Jahrzehnte verlor der Jordan – der wichtigste Zufluss zum Toten Meer – jedoch so erheblich an seiner Wasser-Führung (im Jahre 2019 nur noch 200 Mio m³/a) – bedingt durch die diversen Süßwasserabzweigungen nach Israel (u. a. vom See Genezareth durch eine israelische Pipeline nach Süden) und in Jordanien zur landwirtschaftlichen Bewässerung. Dadurch kommt es in den letzten Jahrzehnten zusehends zu einem Absinken des Spiegels des Toten Meeres um >1m pro Jahr auf heute (Jahr 2020) ~435m unter NN, also insgesamt um 45m seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Dies ist nun heute (2020) der tiefste, begehbare Punkt auf unserer Erdoberfläche.

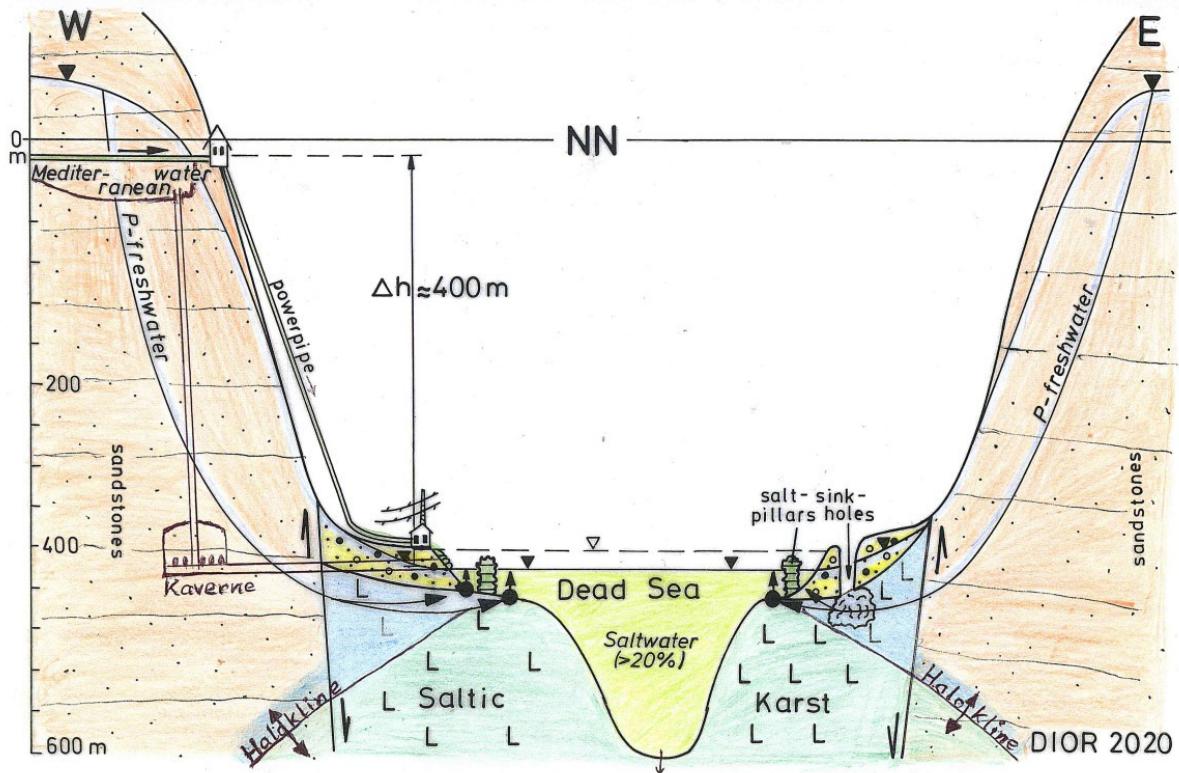


Abb. 3: Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch das nördliche Tote Meer und den Auswirkungen der drastischen Meeresspiegelabsenkung seit 1950 mit Erdfällen (onshore) und Salzsäulen (offshore) durch den DGH-Effekt. Modell für die ökologische Regeneration des Toten Meeres mithilfe einer Zuleitung von Mittelmeerwasser (Trasse: Ashdod-Süd-Jerusalem-Totes Meer) auch zur Energie- und Süßwasser-Gewinnung.

Das Tote Meer entwickelte sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts touristisch sehr stark u. a. mit vielen Hotel-Unterkünften an seinen nördlichen Bade-Stränden, um die stark erhöhte Salinität (10-30% Salzgehalt) für verschiedene Zwecke (u. a. auch medizinisch) zu nutzen. Durch den zunehmenden Meeresspiegel-Abstieg rückte die Uferlinie des Toten Meeres jedoch immer weiter in die Ferne, so dass die Touristen zwischenzeitlich z. T. weite Strecken (>2km) zurücklegen müssen, um zum Baden ins Tote Meer zu gelangen. Bedingt durch den erheblichen Meeresspiegel-Abstieg setzte aber von den Talflanken des Jordan-Grabens – vorerst unbemerkt --ein verstärkter Süßwasser-Zufluß unterirdisch in die stark verkarstungsfähigen Sedimente des Toten Meer mit Süßwasserquellen bis in 30m Tiefe ein (Abb. 3; ARTE/ZDF 2015) und verstärkte den bereits bestehenden DGH-Effekt (ORTLAM 1989 und 2000) an den beiden westlichen und östlichen Haloklinen (SALAMEH & UDLUFT 1985) so erheblich, dass es am See-Ufer zur Ausbildung von bis 5m hohen Salzsäulen im Bereich der Süßwasser-Austritte kam (Abb. 3). Diese wurden bereits im Alten Testament der Bibel beim Untergang von Sodom und Gomorrha (29. 06. 3123 v. Chr.; Impakt-Ereignis nach einer Keilschrift-Datierung) im Nordbereich des Toten Meeres erwähnt und auch von Abraham wahrgenommen. Darüber hinaus rief die unterirdische Passage des Süßwassers per Fingering-Effekt (ORTLAM 2017) so vielfältige und erhebliche Verkarstungserscheinungen im Randbereich des Toten Meeres hervor, dass es zur Ausbildung unterirdischer Hohlräume kam. Der ohnehin zur Verkarstung neigende saline Lockergesteins-Untergrund des Jordan-Grabens wurde dabei so stark gelöst, dass in zunehmendem Maße viele tiefe Erdfälle entstanden und ganze Häuser, Hotels und

Straßenabschnitte in den nun verstärkt entstehenden, tiefen Dolinen (u. a. mit Verletzten und Toten) verschwanden. Bisher konnten >6000 Dolinen/sinkholes kartiert werden und >100 Dolinen brechen jedes Jahr neu ein, wobei Dolinen-Durchmesser bis zu 50m und Tiefen bis 60m erreicht werden (freundliche Mitteilung von Dr. Gidon BAER/GSI Jerusalem, NOF et al. 2013). Eine weiträumige Sperrung dieser Gebiete war daher aus Sicherheitsgründen angesagt, so dass nicht nur der Tourismus drastisch eingeschränkt werden musste, sondern auch die Salzgewinnung (Natrium-Salze, Kalium-Salze, Magnesium-Salze und Jod-/Brom-Salze) im südlichen Abschnitt des Toten Meeres durch die Abschnürung vom Nordteil des Toten Meeres davon betroffen war.

Da der Jordan weiterhin mit <15% der natürlichen Wasserführung das Verdunstungsdefizit im Bereich des Toten Meeres in zunehmendem Maße nicht ausgleichen wird, kommt es zwangsläufig zu einem verstärkten Meeresspiegel-Abfall und einer verstärkten Dolinen-Bildung in der Zukunft. Um diesen Problemen begegnen zu können, wurde bereits an eine Zuleitung von Meerwasser von Süden aus dem Golf von Aquaba des Roten Meeres zum Südteil des Toten Meeres (Leitungsdistanz: 300km) zur Sicherung der Salz-Gewinnung im Südteil erwogen, jedoch aus wirtschaftlichen und politischen Gründen inzwischen nicht weiter verfolgt (ASMAR & ERGENZINGER 2002; ASMAR 2003; GAVRIELI, BEIN & OREN 2005).

In Anlehnung an eine frühere, gute Projektstudie (WENDT & KELM 1975) ergäbe sich nun – unter Berücksichtigung der bisherigen Schadensbilder im Bereich des Toten Meeres – eine andere Variante zur ökologischen Regeneration des gesamten Toten Meeres, in dem eine entsprechend dimensionierte Zuleitung von Mittelmeerwasser mit einem Salzgehalt bis 4% mithilfe einer ~67km langen – aber deutlich kürzeren – Pipeline und einem 7km langen Freiluftkanal von Westen (Ashdod) nach Osten südlich Jerusalem im natürlichen Gefälle (~1‰) zu einem Speicherbecken am Nordwestrand des Toten Meeres nach WENDT & KELM (1975, dort Abb. 1 bis 3) gebaut wird, wobei der Durchmesser bis 10m (z. B. HERRENKNECHT-Tunnel-Bohrmaschine) bei einer Wassermenge von 300m³/sek dimensioniert werden sollte. Dadurch könnte nicht nur das jährliche Wasserbilanz-Defizit im Toten Meer von ~1 Mrd m³/a (bei einer ursprünglichen Seefläche von 1.400km² im Jahre 1950 und einer heutigen von 900km² im Jahre 2020 sowie einer örtlichen Verdunstungsrate von >1.000mm/a) ausgeglichen und die ehemalige Meerwasser-Spiegelhöhe von 390m unter NN wieder langfristig angepeilt, sondern auch das heutige Höhenpotential des Jordan-Grabens mit dem abgesenkten Toten Meeresspiegel (= 435m unter NN) von bis zu 370m zur Energie-Gewinnung für **alle Anrainer-Staaten** (Israel, Palästina und Jordanien) gemeinsam genutzt werden. Dabei ergäbe sich ein notwendiger Mittelmeerwasser-Zulauf (Pipeline-Durchmesser: ~10m) von ~300m³/sek über ein Wasserschloss bzw. ein Speicherbecken bei ~70m unter NN (Zuleitungsrohrgefälle 1:1.000 = 1‰), um den ursprünglichen Seewasserspiegel von 390m unter NN baldmöglichst (~10 Jahre) wieder anzupeilen und gleichzeitig eine **sehr flexible** Energie-Gewinnung durchführen zu können (= umgekehrter Batterie-Effekt durch den Bau des Pumpspeicher-Kraftwerkes mit einer Energie-Effizienz von ~80%). Alternativ zu einer Freiluft-Anlage wäre auch die Möglichkeit einer Kavernen-Bauweise am Westhang des Toten Meeres jenseits des tektonisch aktiven Toten Meer-Grabens vor allem aus Sicherheitsgründen zu prüfen. Die Aggressivität des durchgeleiteten Mittelmeerwassers in Bezug auf den Francis-Turbinen-Verschleiß dürfte allmählich im Rahmen des Baues neuer Schiffsantriebe (u. a. Propeller) zwischenzeitlich gelöst sein. Diese Pipeline lässt sich aber auch multifunktional für weitere Zwecke betreiben (u. a. Süßwasser-Gewinnung aus den oberkretazischen Sandsteinen der Westbank für Palästina, Durchfahrt-Nutzung, Verlegung anderer multifunktionaler Leitungen, Stromgewinnung durch Nacht-Speicherung, thermisches Kraftwerk mit angeschlossener Meerwasserentsalzung), so dass viele Win-Win-Effekte auch im politischen Bereich (u. a. Frieden-stiftende Wirkung zwischen den Anrainer-Staaten) daraus resultieren könnten. Diese Zulauf-Variante zum Toten

Meer ist zwar bereits schon früher einmal angedacht worden (u. a. BOURCART 1899; HERZL 1902), aber bis heute aus den bekannten politischen Situationen nicht verwirklicht worden. Dies könnte sich aber schlagartig (siehe die gerade stattgefundene Explosion in Beirut/Libanon) ändern, falls die heutigen Gegner im Nahen Osten ihre gemeinsame geschichtliche Vergangenheit ins Auge fassen (ORTLAM 2008) und daraus ihre Konsequenzen ziehen. Die nutzbaren Süßwasser- und Energievorräte in dieser Region werden nämlich immer knapper und lassen sich am besten gemeinsam zu bewirtschaften. Folgende Beispielrechnung kann dabei für eine jährliche Energiegewinnung für das o. g. „Dead Sea Project for Freedom“ aufgemacht werden:

Jährliche Verdunstungsverluste des Toten Meeres (1.000km² Meeresfläche):

Verdunstungsvolumen $Q = 1.000\text{km}^2 \times 1\text{m} = 1.000 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{a} = 1 \text{ Mrd m}^3/\text{a} = 63,5 \text{ m}^3/\text{sec}$. Bei einer leichten Anhebung des Toten Meer-Spiegels ergibt sich ein **Zuleitungsvolumen des Mittelmeerwassers von $>100\text{m}^3/\text{sec}$.** Eine Steigerung auf den dreifachen Wert ($= 300\text{m}^3/\text{a}$) ist **primär anzupfeilen, um weiteren irreversiblen ökologischen und volkswirtschaftlichen Schäden am Toten Meer frühzeitig (nach 10 Jahren) zu begegnen.**

Energiegewinnung (Abb. 3):

Leistung $N = \Theta (0,7) \times \rho (1,040 \text{ kg/m}^3, 4\text{-Mittelmeerwasser}) \times g (9,81 \text{ m/sec}^2) \times Q (300 \text{ m}^3/\text{sec}) \times H (360 \text{ m}) = 0,7 \text{ Mio KW} = 700 \text{ MW}$

Arbeit $A = N \times T = 700 \text{ MW} \times 7.000 \text{ Std.} = 4.900.000 \text{ MWh/a} = 4.900 \text{ GWh/a} = 4,9 \text{ TWh/a}$ (ohne ergänzende Pumpspeicher-Variante)

Somit ergeben sich viele Win-Win-Win-Effekte bei der Realisierung eines solchen völkerverbindenden Projektes im Nahen Osten mit nachhaltiger Frieden-stiftender Wirkung:

- der ursprüngliche Meeresspiegel des Toten Meeres wird (mittel- bis langfristig) wieder eingestellt, so dass der Tourismus bald wieder seine ursprüngliche Stellung erreichen kann;
- der starke seitliche Süßwasser-Eintrag ins Tote Meer durch die zentripetale Verschiebung der unterirdischen Haloklinen wird gestoppt (Abb. 3), so dass die verheerenden Erdfall-Erscheinungen zurückgehen werden;
- das ursprüngliche ökologische Umfeld des Toten Meeres wird wiederhergestellt;
- die Salzgewinnung im Südteil des Toten Meeres wäre weiterhin gewährleistet und geochemisch regelbar;
- darüber hinaus können so erhebliche Energiemengen über den Zulauf der Mittelmeer-Pipeline gewonnen werden, so dass ein Großteil der Anrainer-Länder mit Strom versorgt werden könnte. Die erreichbare Energiemenge könnte gegenüber der Projektstudie von WENDT & KELM (1975) mindestens verdreifacht werden;
- außerdem sind beim Durchbohren der Mittelmeer-Pipeline durch die(kretazischen) Aquifers des Westjordanlandes (= Westbank, vor 1974: Jordanien) mit der Erschließung erheblicher Süßwasser-Vorkommen zu rechnen (= Drainfunktion der Tunnelröhre mit exakter, nachhaltiger Steuerung der Grundwasserentnahme), deren gerechte Umverteilung dann auch vollzogen werden könnte (Negev-Wüste, Westbank, Jordanien). Insofern müssten die ursprünglich nicht sachgerechten Ausführungen zur Geohydrologie der Tunneltrasse von WENDT & KELM (1975, dort Abb. 6) erheblich den rezenten Forschungserkenntnissen nach dem DGH-Effekt (ORTLAM 1989) angepasst werden. Schließlich liegen im durchbohrten

- Gebirge Jahresniederschläge bis zu 700mm vor, die ein ansehnliches Grundwasser-Vorkommen zur Folge hat, das auf Salzwasser ruht und durch eine scharfe Halokline im tieferen Untergrund vom leichten Süßwasser getrennt wird;
- Bei einer Kavernen-Bauweise wäre eine Nachtspeicherung in einem entsprechend dimensionierten Oberbecken zur Gewinnung von Spitzenstrom möglich;
 - Die Errichtung eines thermischen Kraftwerkes unter Nutzung des mineralisierten Zuleitungswassers wäre u. U. möglich;
 - Mit der anfallenden Abwärme wäre dann auch der Betrieb einer Meerwasser-Entsalzungsanlage zur Trink- und Brauchwasser-Versorgung in großem Stile möglich;

3. Literatur

- ARTE/ZDF (2015): Wilde Schönheiten – Jordanien. – TV-Dokumentation.
- BMZ (1999): Materialien Wasser –Konflikte lösen, Zukunft gestalten. - Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 99, 179 S., 8 Abb., 3 Tab., Bonn.
- ASMAR, B. N. (2003): The Science and Politics of the Dead Sea: Red Sea Canal or Pipeline. -- The Journal of Environment and Development, **12**,3:325-339, Abb.,
- ASMAR, B. N. & ERGENZINGER, P. (2002): Prediction of the Dead Sea-Red Sea Canal .-- Advances in Water Ressources, **25**,7:783-791, Abb.,
- BENDER, F. (1974): Explanatory Notes on the Geological Map of the Wadi Araba, Jordan. – Geol. Jb. B 10: 3-62, 14 Abb., 2 Tab., 3 geolog. Kt. (1:100.000), Hannover.
- BENDER, F. (1968): Geologie von Jordanien. -- Beitr. z. Region. Geol. d. Erde, **7**, 230 S., 173 Abb., 16 Tab., 1 Kte., (Borntraeger) Berlin/Stuttgart.
- BENDER, F. (1982): On the Evolution of the Wadi Araba.-Jordan Rift. – Geol. Jb., **B 45**:3-20, 9 figs., Hannover.
- BOHRMANN, G. & SAUTER, E. (1999): Süße Quellen in der Ostsee. - GEO **9/1999**:158-162, 5 Abb., Hamburg.
- DRABBE, J. & GHIJEN, W. B. (1888-89): Nota in Verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. -. Tijdschrift 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.
- GAVRIELI, I., BEIN, A. & OREN, A. (2005): The expectect Impact of the Peace Conduit Project (The Red Sea-Dead Sea Pipeline) on the Dead Sea. – Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, **10**,1:3-22, Abb.,
- 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 hydology. – Symp. Hydr. Water Ressources 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.
- MOOSDORF, N. & OEHLER, T. (2017): Societal use of fresh groundwater discharge: An overlooked water resource. – *Earth Science Reviews*, **171(2017)**:338-348, 5 figs, (Elsevier) Leiden.
- NOF, R. N., BAER, G., ZIV, A., RAZ, E., ATROZI, S. & SALVI, S. (2013): Sinkhole precursors along the Dead Sea (Israel) revealed by SAR interferometry. – *Geology*, **41,9**:1019-1022, London.
- 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, Hannover).
- 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, Bremen).
- ORTLAM, D. (2000): Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen. – *gwf, Wasser-Abwasser*, **141**,12:865-873, 9 Abb., München.
- ORTLAM, D. (2008): Punt und Ophir: das sagenhafte Goldland des Altertums. – Die 8 kategorischen Umwelt-V's, die Kontinentale und Marine Seidenstraße – Neue Überlegungen zur Herkunft der ägyptisch-arabischen Israeliten und der Übergang Poly-/Monotheismus. – 26 S., 8 Abb., Internet-Publikation unter www.dr-ortlam.de (mit laufenden Ergänzungen).
- ORTLAM, D. (2017): Marine Geohydrologie – der DGH-Effekt, marine Süßwasserquellen und die Mangroven-Genese. – 9 S., 6 Abb., Internet-Publikation unter www.dr-ortlam.de (mit laufenden Ergänzungen).
- 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, 1:25.000), (Bremer Entsorgungsbetriebe) Bremen.
- 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., (Gotab) Stockholm.
- 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, 1:25.000), 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.
- PICARD, L. (1965): Thoughts on the graben system in the Levant. – The World Rift System, Geological Survey of Canada, paper **66-14**:22-32, 2 figs., Ottawa.
- PICARD, L. (1970): On afro-arabian graben tectonics. – Geol. Rundschau, **59**,2:337-381, 15 figs., Stuttgart.
- PLINIUS d. Ä. (~70 n. Chr.): Naturalis historia. – 37 Bde.
- POLLACK, H. N. & CHAPMAN, D. S. (1993): Bodentemperatur und Klimawandel. - Spektrum d. Wissenschaft, **1993/8**: 68-74, 6 Abb., Heidelberg.
- SALAMEH, E. & UDLUFT, P. (1985): The Hydrodynamic Pattern of the Central Part of Jordan. – Geol. Jb., **C 38**:39-53, 6 Fig., 3 Tab., Hannover.
- SCHWERDTFEGGER, B. C. (1981): On the occurrence of submarine fresh water discharge. – Geol. Jb., **C 29**:231-240, 4 figs., Hannover.
- SONREL, L. (1880): Le fond de la mer.- 4. Aufl., 320 p., 93 vign., Paris (Hachette).
- UDLUFT, P. (1975) : Das tiefere Grundwasser zwischen Vindelicischem Rücken und Alpenrand. – Geol. Jb., **C 11**:3-29, 12 Abb., 1 Tab., Hannover.
- 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.
- WENDT, H. & KELM, W. (1975): Depressionskraftwerk am Toten Meer. – Eine Projektstudie. – Wasserwirtschaft, **65**,3:80-85, 12 Abb., Wiesbaden.
- 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) und (zeitweise) umweltpolitischer Sprecher des AFB-Stadt- u. Landesverbandes in der Freien Hansestadt Bremen, Weg zum Krähenberg 57 (bei Dinné); D-28201 Bremen.