

# **Bewirtschaftung mariner Süßwasserquellen zur Entwicklungshilfe und ein Modell zur ökologischen/ökonomischen Regeneration des Toten Meeres mit Energiegewinnung**

Marine freshwater spot management (MFSM) for ecologic/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:** 09/2021 (**Copyright, alle Recht vorbehalten**)

**Schlagwörter:** Grundwasser-Ressourcen, DGH-Effekt, Speleologie, Schärfe und Dynamik der Süß-/Salzwassergrenze, Halokline, Süßwasserröhren/-kanäle, freshwater current pipes (= FCP), oneshore 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, Hirem, Irem, Tell el Hamam, 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, oneshore 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 m<sup>3</sup>/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/ökonomischen 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. m<sup>3</sup>/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 déclarées dans les bilances 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 carstiques 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 carstiques prendent 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 fünf 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 Süßwasser-Auflast 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 Tiefanges 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, so dass eine hochragende Versalzung der verschiedenen Grundwasserleiter leider nur vorgetäuscht wurde (= edaphische Geo-Mimikrie, hiermit), was dann statistisch von WAGER (1956 und 1957) zur falschen Salzverteilung führte.. 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 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 in Kalkar/Nordrhein-Westfalen und bei der Wiederaufbereitungsanlage von 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 immer zu beobachtenden Dynamik (= Jojo-Effekt) 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 Aquifere. 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 Kaliabwässer-Belastung 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 Tiden-Einfluss 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 Süßwasser-führender Schmelzwasserabfluss bewegt sich als Süßwasserfahne etwa 20 km unvermischt nach Norden, bevor die durch Feinst-Teile 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 („Senotes“, 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 Fetttage auf einer (trüben)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 mit der endemischen Ausbildung Trichterbecher-Stalagtiten beschrieben (ARTE 2020). In Poren- und Kluft-Grundwasserleitern ist die Ausbildung von Haloklinen evident (ORTLAM 1982) und 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 scharf abgegrenzten 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 1m 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; die onshore-Süßwasserquellen vor der Küste Yucatans (= Wasseraugen, Ojos del Agua; ARTE 2020); der große Perastikos-Süßwasser-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 im Mittelmeer verschwindet (ORTLAM 2000). Dieses -- relativ einfach -- zu Trink- und Brauchwasser aufzubereitende Grundwasser stellt auf Süßwasser-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 abgeklärten Abwässer. Die in Europa an sehr 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 bei höherer Ionenführung des geförerten Grundwassers 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. zum Nachdenken), u. a. **Beregnungsmaßnahmen nur noch während der Nacht amtlich 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 Seewasserschichtzucht 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 Süßwasserlinie 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 hoch-potente Süßwasservorkommen (ca 1Mio  $\text{m}^3/\text{a}$ ) 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). Die marinen Süßwasserquellen (MFS) dürften an den Küsten unserer Erde zahlreicher sein, als dies bisher angenommen wird (SCHWERDTFEGER 1981, MOOSDORF & OEHLER 2017).

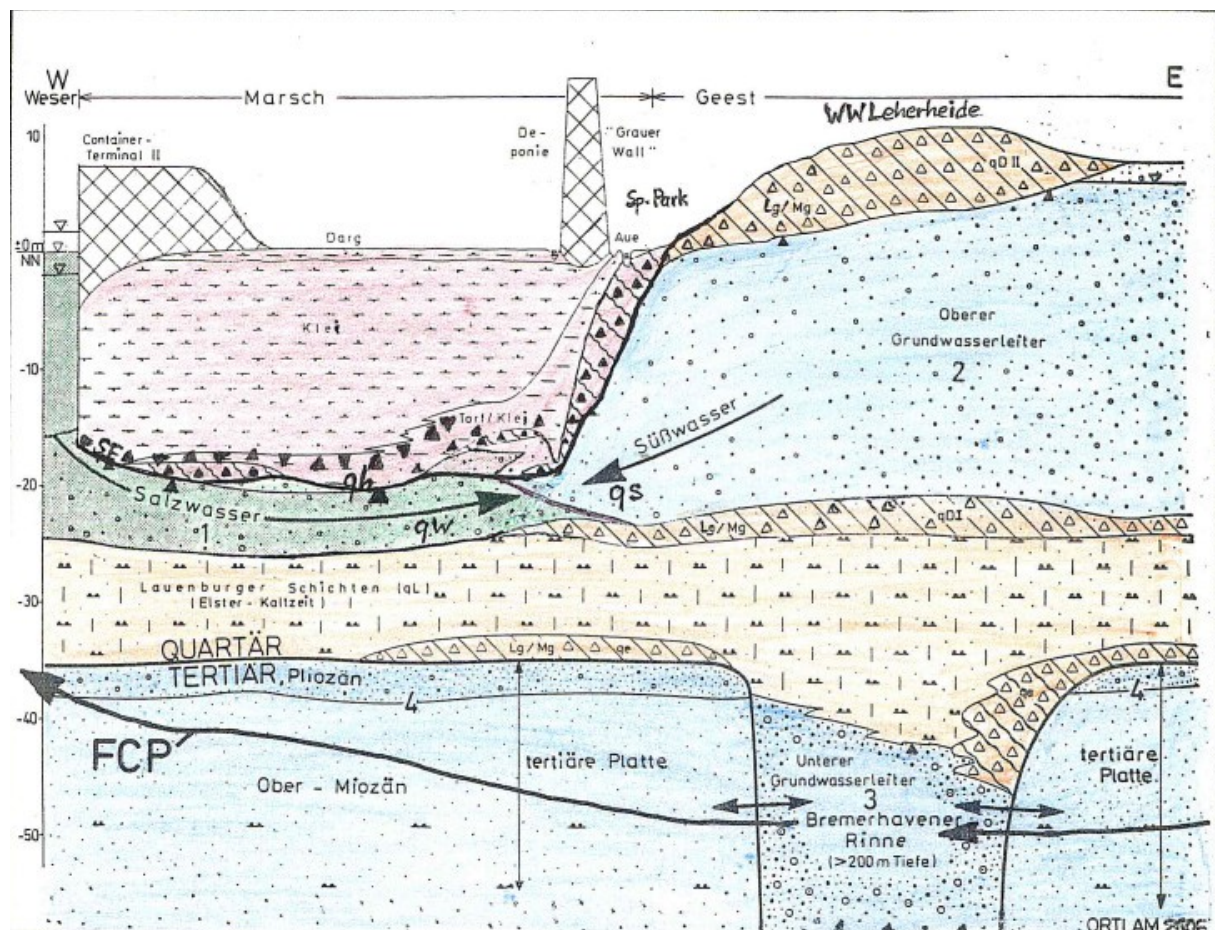


Abb. 1: Schematischer hydrogeologisch-geochemischer Schnitt durch Bremerhaven mit Meerwasser-Intrusion im oberen Grundwasserleiter und einer Süßwasser-Ablaufröhre (= freshwater current pipe, FCP) des unteren Grundwasserleiters im Fischereihafen-Gebiet (St. Petrus-Brunnen) zur Nordsee (nach ORTLAM 2017, 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 zuerst **dreiseitigen** Begrenzung mit intrudierendem Meerwasser und später sekundär zur Ausbildung von Süßwasserröhren (**freshwater pipes, FP**, hiermit) d. h. einer **allseitigen** Begrenzung mit intrudierendem Meerwasser um die Süßwasser-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 wie z. B. die jeweiligen Süßwasser-Karstaustritte an der Küste der Insel Madre de Dios (Süd-Chile) durch französische Speleologen belegen (ARTE/FRANCE 2019) durch Färbversuche belegen.

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,



drehen 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 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.

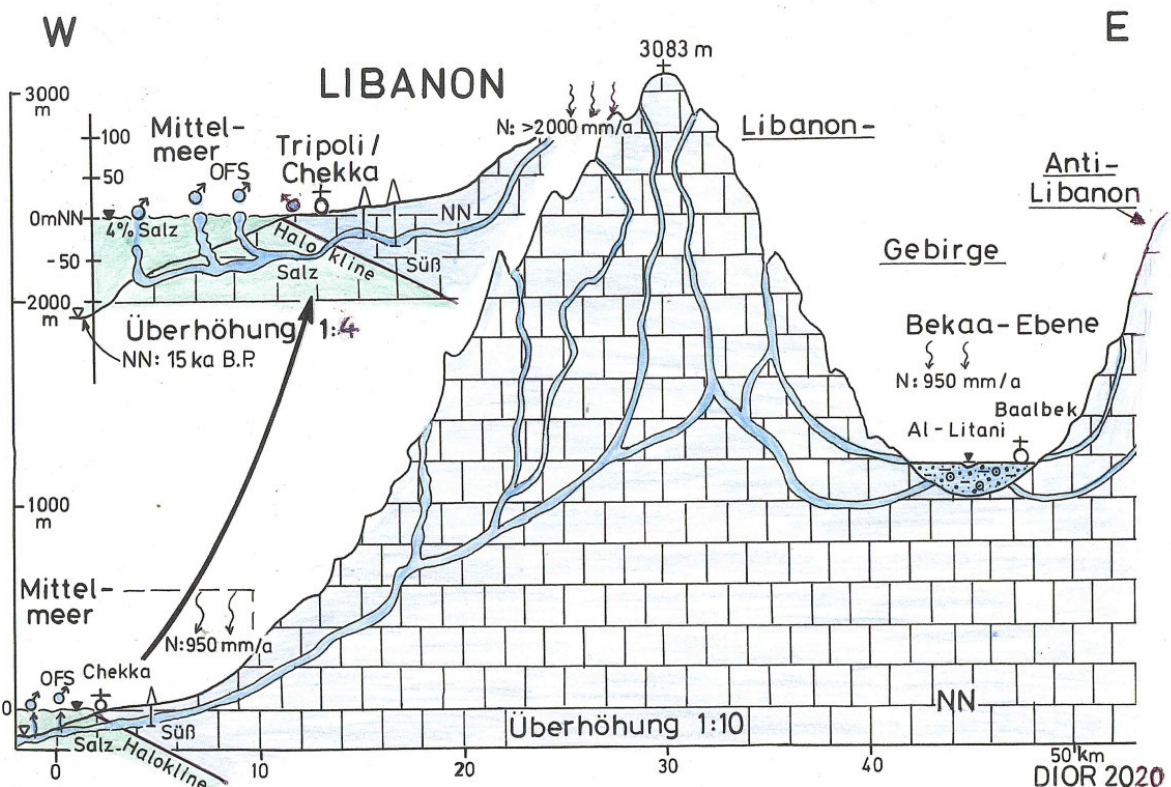


Abb. 2: Schematischer geohydrologischer Schnitt vom Mittelmeer – mit den onshore freshwater spots (= OFS = „Chekka-Quellen“) – durch den Kalk-Karst des Libanon- und Anti-Libanon-Gebirges mit der fruchtbaren Bekaa (Bika)-Ebene, entwässert durch den Al-Litani-Fluß. Mögliche Bohrpunkte in den landseitigen (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 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>/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 exploittieren (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 im Nahen Osten 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 und ökologischer 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. Ökologisch-ökonomische Regeneration des Toten Meeres

Das Tote Meer liegt zwischen Israel im Westen und Jordanien im Osten im Bereich des tektonisch noch aktiven, Erdbeben gefährdeten Jordan-Graben mit seinen paläo- und mesozoischen Festgesteinsflanken (Abb. 3). Die Sohle des Jordan-Grabens – bestehend aus känozoischen Lockergesteinen mit Salinar-Ablagerungen – senkt sich von Norden nach Süden zunehmend ab, so dass sich im Südabschnitt das Tote Meer als abflussloser Endsee mit einer ursprünglichen Seefläche von 16.950km<sup>2</sup> (um 70a n. Chr., nach PLINIUS d. Ä.) als Rest des nacheiszeitlichen Lisan-Sees zwischen dem See Genezareth und dem Toten Meer) im Laufe des Holozäns ausbilden konnte (PICARD 1965 und 1970, BENDER 1968 und 1982). Dabei lag die Spiegelfläche des Toten Meeres zur Zeitenwende (= Christi Geburt) noch deutlich höher, nämlich bei ~250m unter NN. Die Sohle des Toten Meeres erreicht heute schließlich eine Tiefe von ~730m unter NN. Mit seinen erheblichen Salzgehalten zwischen 10% im Norden (Jordan-Zulauf) und >30% im Süden wird das Tote Meer (geochemische Vormacht mit **K-**, **Mg-**, **Ca-**, **Cl-**, **CO<sub>4</sub>-**, **SO<sub>4</sub>-**, **J-** und **Br-Ionen**) im wesentlichen vom (stark reduzierten) Süßwasser-Zufluss des Jordans von Norden und von einigen Quellzuflüssen aus den begleitenden Bergflanken gespeist, so dass etwa bis zum Jahre 1950 diese Süßwasser-Zufuhr (bis 1,3 Mrd. m<sup>3</sup>/a; STANHILL 1994) den erheblichen Verdunstungsverlust im Bereich des Toten Meeres von ~1.100mm/a (= >1,1m/a, bei einem Gebietsniederschlag von ~80mm/a; SALAMEH & UDLUFT 1985) pro Jahr kaum ausgleichen konnte. Dabei pendelte sich der Meerwasser-Spiegel damals (1950 ohne Süßwasser-Entnahme aus dem See Genezareth) bei etwa 390m unter NN ein: bei einer damaligen Fläche des Toten Meeres von ~1.500km<sup>2</sup> ein (Stand: 1950), der damals tiefste begehbarere 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 Süßwasser-Führung (im Jahre 2019 nur noch ~50 Mio m<sup>3</sup>/a; d. h. ~4% des ursprünglichen Jordan-Zuflusses) – bedingt durch die diversen erheblichen Süßwasserabzweigungen von ~96% nach Israel (u. a. direkt vom See Genezareth durch eine israelische Pipeline „National Water Carrier“ nach Süden zur Negev-Wüste) und in Jordanien zur örtlichen landwirtschaftlichen Bewässerung. Der See Genezareth wurde durch die verstärkte Süßwasser-Entnahme bereits um 4m bereits abgesenkt, so dass nicht nur der Jordan-Wasserabfluss minimiert, sondern auch der Salzwasser-Aufstieg in den See-Untergrund des Toten Meeres durch den DGH-Effekt provoziert wurde („Schwarze Linie“).

Dadurch kommt es zusehends zu direkten Salzwassereintrüben von unten (= DGH-Effekt nach ORTLAM 1989 und 2000) und in den letzten Jahrzehnten zusehends zu einem vermehrt drastischen Absinken des Spiegels des Toten Meeres um  $>1,5\text{m}$  pro Jahr auf heute  $\sim 430\text{m}$  unter NN (Jahr 2020), also insgesamt um  $40\text{m}$  seit Mitte des vorigen Jahrhunderts. Dies ist nun heute (2020) der tiefste, begehbare Punkt auf unserer Erdoberfläche, ein trauriger Rekord zum erheblichen Nachteil für die Ökologie und Ökonomie des Toten Meeres und seiner Umgebung!

Die Fläche des heutigen Toten Meeres ist zwischenzeitlich geteilt in einen größeren Nordabschnitt und einen wesentlich kleineren Südabschnitt mit einer Barriere dazwischen (= klassische OCHSENIUS-Barre). Sie nähert sich nun rasant einer Gesamt-Meeressfläche von  $\sim 500\text{km}^2$  an und ruft somit so erheblich ökologische und ökonomische **unwiderbringliche** Auswirkungen hervor, dass zwischenzeitlich großer Handlungsbedarf zum Stopp der negativen Vorgänge und zur Regeneration des Toten Meeres anstehen. Seit Mitte des letzten Jahrhunderts hat das Tote Meer insgesamt ein (geschätztes) Wasser-Volumen von  $\sim 40\text{Mrd m}^3$  Auflast verloren ( $1.500-500\text{km}^2 = 1.000\text{km}^2 \times 40\text{m}$  Absenkung; STANHILL 1994). Dieser dramatische Verlauf ist nur noch mit der Absenkung und Verkleinerung des Aral-Sees (Kasachstan/Usbekistan) durch die drastische Reduzierung der beiden dortigen Hauptzuflüsse Syr-Darja und Amu-Darja für die Bewässerung der riesigen Baumwollfelder von Kasachstan, Usbekistan und Turkmenistan mit ihren dramatischen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen zu vergleichen.

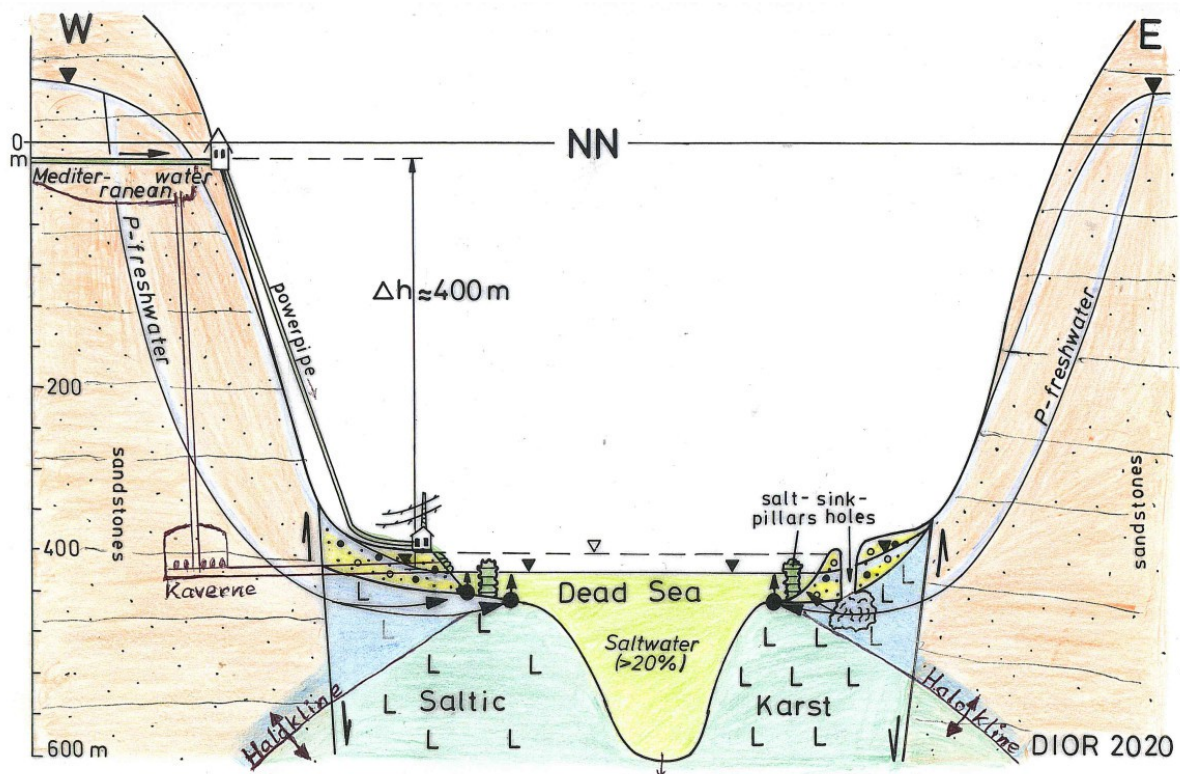


Abb. 3: Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch das nördliche Tote Meer und den Auswirkungen der drastischen Meeresspiegelabsenkung seit 1950 mit verstärkten Erdfällen (onshore) und Salzsäulen (offshore) durch den DGH-Effekt. Modell für die ökologische Regeneration des Toten Meeres mithilfe einer 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 (20-35% Salzgehalt) für verschiedene Zwecke (u. a. auch medizinisch für Psoriasis) zu nutzen. Durch den zunehmenden Meeresspiegel-Abstieg rückte die Uferlinie des Toten Meeres jedoch immer weiter in die Ferne von den bestehenden Hotelbauten ab, so dass die Touristen zwischenzeitlich z. T. weite Strecken (>2km in Engedi) zurücklegen müssen, um nur an wenigen Stellen zum Baden ins Tote Meer zu gelangen.

Bedingt durch den erheblichen Meeresspiegel-Abstieg setzte aber von den Talflanken des Jordan-Grabens – vorerst ziemlich unbemerkt --ein verstärkter Süßwasser-Zufluss unterirdisch in die stark verkarstungsfähigen Sedimente des Toten Meer mit Süßwasserquellen bis in 30m Tiefe ein (Abb. 3; ZDF 2015) und verstärkte den bereits bestehenden DGH-Effekt (ORTLAM 1989 und 2000) an den beiden westlich und östlich ausgebildeten 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 in Sumer/Babylonien) im damaligen Nordostbereich des Toten Meeres erwähnt (Hirem-Irem, Tell el Hamam) und auch vom biblischen ABRAHAM wahrgenommen (ALTES TESTAMENT).

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 durch Salzlösungen kam. Der ohnehin zur Verkarstung neigende saline Lockergesteins-Untergrund des Jordan-Grabens wurde dabei so stark gelöst, dass in zunehmendem Maße ein Gürtel von tiefen Erdfällen entstand und ganze Häuser, Hotels und Straßenabschnitte in den nun verstärkt entstehenden, tiefen Dolinen (u. a. mit Verletzten) verschwanden. Bisher konnten >6000 Dolinen (= sinkholes) im Randbereich des Toten Meeres kartiert werden und >500 Dolinen brechen jedes Jahr unwiderbringlich 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 entlang des Toten Meeres war daher aus Sicherheitsgründen angesagt, so dass nicht nur der aufstrebende Tourismus zwischenzeitlich drastisch eingeschränkt werden musste (Defizit im Jahre 2020: >30 Mio €), sondern auch die industrielle Salzgewinnung (Pottasche, Kalium-Salze, Kalzium-Salze, Magnesium-Salze und Jod-/Brom-Salze) im südlichen Abschnitt des Toten Meeres durch die Abschnürung vom Nordteil des Toten Meeres davon negativ betroffen sind (>2 Mrd. € Wertschöpfung für Jordanien und Israel).

Da der Jordan weiterhin mit <4% der natürlichen Süßwasserführung das Verdunstungsdefizit im Bereich des Toten Meeres in zunehmendem Maße weitaus nicht ausgleichen wird, kommt es zwangsläufig zu einem verstärkten Meeresspiegel-Abfall und einer verstärkten Dolinen-Bildung in einer immer breiteren Aureole um das Tote Meer. Um diesen Problemen begegnen zu können, wurde bereits an eine Zuleitung von Meerwasser („Friedenskanal“) von Süden aus dem Golf von Aquaba des Roten Meeres zum Südteil des Toten Meeres (Leitungsdistanz: ~300km) zur Sicherung der Salz-Gewinnung und zur Süßwassergewinnung im Südteil des Toten Meeres erwogen, jedoch aus wirtschaftlichen, ökologischen und politischen Gründen inzwischen nicht mehr weiter verfolgt (ASMAR & ERGENZINGER 2002; ASMAR 2003; GAVRIELI, BEIN & OREN 2005). Außerdem war eine entsprechende Entsalzungsanlage zur Trinkwassergewinnung in Aquaba (Jordanien) für den Raum Amman geplant, jedoch die Rückführung der übersalzenen Sole in den den Südteil des Toten Meeres als auch in den Nordteil des Roten Meeres mit seinem (noch) intakten Korallenwachstums aus ökologischen Gründen vorerst gestoppt.

In Anlehnung an eine frühere, **sehr gute private Projektstudie** (WENDT & KELM 1975) ergäbe sich nun aber – unter Berücksichtigung der bisherigen unwiderbringlichen

Schadensbilder im Bereich des Toten Meeres – eine andere Variante zur ökologischen und ökonomischen Regeneration des gesamten Toten Meeres, in dem eine entsprechend dimensionierte Zuleitung von geochemisch besserem Mittelmeerwasser (mit geringerem Sulfat-Gehalt als im Roten Meer-Wasser!) bei einem Salzgehalt bis 4% mit Hilfe einer ~67km langen – aber deutlich kürzeren – Bohr-Pipeline geplant wird. Diese Zuleitung zum Toten Meer beginnt mit einem 7km langen beginnenden Freiluftkanal von Westen (Ashdod) nach Osten über Bethlehem (südlich von Jerusalem) per Bohrtunnel im natürlichen Gefälle (~1‰) und endet unterirdisch an einem Speicherbecken am Nordwestrand des Toten Meeres nach WENDT & KELM (1975, siehe dort Abb. 1 bis 3) z. B. im Nahal Quidron (oder südlich davon), wobei der Durchmesser bis ~10m (z. B. mit einer HERRENKNECHT-Tunnel-Bohrmaschine, Schwana/Deutschland) bei einer Wassermenge von 300m<sup>3</sup>/sec dimensioniert werden sollte. Dadurch könnte nicht nur das jährliche Wasserbilanz-Defizit im Toten Meer von >2 Mrd m<sup>3</sup>/a (bei einer ursprünglichen Seeﬂäche von ~1.500km<sup>2</sup> im Jahre 1950 und einer heutigen von ~500km<sup>2</sup> sowie einer örtlichen Verdunstungsrate von >2.000mm/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 Spiegel des Toten Meeres von 430m unter NN -- von bis zu 360m 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 ~300m<sup>3</sup>/sec über ein Wasserschloss bzw. ein Speicherbecken bei ~70m unter NN (Zuleitungsrohrgefälle 1:1.000 = 1‰) am Ostabfall zum Toten Meer mit geringerer Seismizität, um den ursprünglichen Seewasserspiegel von 390m unter NN baldmöglichst (~10 Jahre) wieder anzupeilen und gleichzeitig eine **sehr flexible** Energie-Gewinnung (Spitzenstrom-Erzeugung u. a.) durchführen zu können (= umgekehrter Batterie-Effekt durch den Bau eines 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 (Terrorismus u. a.) z. B. per Stausee im oberen Quidron-Tal zu prüfen. Die Aggressivität des durchgeleiteten Mittelmeer-Wassers in Bezug auf den Francis-Turbinen-Verschleiß dürfte im Rahmen des Baues neuer Schiffsantriebe (u. a. Propeller) zwischenzeitlich metallurgisch gelöst sein.

Diese Pipeline lässt sich aber **auch multifunktional** für weitere Zwecke betreiben (u. a. Süßwasser-Gewinnung aus den zerklüfteten kretazischen Sandsteinen der „Westbank“ für Palästina und die Negev-Wüste, parallele Durchfahrt-Nutzung, Verlegung anderer multifunktionaler Leitungen, Stromgewinnung durch Nacht-Speicherung, thermisches Kraftwerk mit angeschlossener Meerwasserentsalzung, Nutzung des kalten Mittelmeer-Wassers aus entsprechender Tiefe zur Kühlung von Kraftanlagen), 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 – **bisher ohne Berücksichtigung der relativ gut Bohr-fähigen kretazischen Gesteine unter Mit-Nutzung der angetroffenen Süßwasser-Vorkommen** (WENDT & KELM 1975 wähten noch die damalige Tunnel-Bohrstrecke fälschlicherweise noch **oberhalb** des heutigen Grundwasserspiegels) – aus den bekannten politischen Situationen nicht verwirklicht worden. Dies könnte sich aber schlagartig ändern (siehe die gerade stattgefundene Sprengstoff-Explosion in Beirut/Libanon im August 2020), falls die heutigen Gegner im Nahen Osten ihre gemeinsame geschichtliche Vergangenheit ins Auge fassen (ORTLAM 2008) und daraus ihre Konsequenzen ziehen wollen. Die nutzbaren Süßwasser- und Energievorräte in dieser Region werden nämlich immer knapper und lassen sich am besten zum Wohle aller gemeinsam 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 (bei ~1.000km<sup>2</sup> Meeresfläche):**

**Verdunstungsvolumen:  $Q = 1.000\text{km}^2 \times 1,1\text{m}$  (METZGER et al. 1998) =  $1.100 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{a} = 1,1 \text{ Mrd m}^3/\text{a}$  (Jordan-Defizit seit 1950; STANHILL 1994) =  $35 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Eine Steigerung auf einen Wert von bis zu  $300\text{m}^3/\text{sec}$  ist primär anzupfeilen Bohrtunnel-Durchmesser: ~10m), um weiteren irreversiblen ökologischen und ökonomischen Schäden am Toten Meer frühzeitig (innerhalb von 10 Jahren) zu begegnen. Nach dieser ersten Push-Phase lassen sich dann – durch die entsprechend gewonnenen praktischen Erfahrungswerte (u. a. Kompatibilität der Hydrochemie der Wässer des Toten Meeres mit dem des Mittelmeeres) bei Einstellung des ökologisch und ökonomisch gewünschten Spiegels des Toten Meeres – die Zufluss-Menge aus dem Mittelmeer entsprechend flexibel regulieren.**

### **Energiegewinnung (Abb. 3):**

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

**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 mit Spitzenstrom-Gewinnung)**

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 (Stand: 1950 mit 390m unter NN) 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 von den beidseitigen Flanken des Jordan-Grabens durch die zentripetale Verschiebung der unterirdischen Haloklinen in nicht verkarstungsfähige Gesteine wird gestoppt (Abb. 3), so dass die verheerenden Erdfall-Erscheinungen zurückgehen und letztendlich gestoppt werden (Beachtung des DGH-Effektes);

– das ursprüngliche ökologische und ökonomische Umfeld des Toten Meeres wird wiederhergestellt (Tourismus, Stopp der Dolinen-Bildung u. a.);

– eine ökonomische Salzgewinnung im Südteil des Toten Meeres wäre weiterhin gewährleistet und geochemisch durch Probe-Einspülungen von Mittelmeerwasser auch farblich beherrschbar;

– darüber hinaus können so erhebliche Energiemengen über den Zulauf der Mittelmeer-Pipeline gewonnen werden, dass ein Großteil der Anrainer-Länder Israel, Jordanien und die Palästina-Westbank) mit Strom versorgt werden könnte. Die erreichbare Energiemenge würde gegenüber der Projektstudie mit 300 MW installierter Leistung (WENDT & KELM 1975) in der ersten Push-Phase mit >700 MW mindestens verdoppelt werden;

-- außerdem sind beim Durchbohren der Mittelmeer-Pipeline durch die gut bohrfähigen (kretazischen) Aquifere des Westjordanlandes (= „Westbank“, vor 1974: Trans-Jordanien) mit der nachhaltigen Erschließung der dortigen erheblichen Süßwasser-Vorkommen bei einem örtlichen Gebietsniederschlag bis 700mm/a zu rechnen (= Drain-Funktion der Bohrtunnel-

Röhre 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 neuen Forschungserkenntnissen nach dem DGH-Effekt (ORTLAM 1989) angepasst werden. Primär wäre die 70km lange Tunnel-Trasse aber geowissenschaftlich und bautechnisch mit 70 Aufschluss- und zusätzlich 30 Verdichtungs-Bohrungen zu erkunden. Schließlich liegen im durchbohrten Gebirge Jahresniederschläge bis zu 700mm vor, die ein ansehnliches Grundwasser-Vorkommen zur Folge haben, das auf dem tieferen 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;
- die Mittelmeer-Variante (~70km) ist gegenüber dem (offenen) „Friedenskanal“ vom Roten Meer/Golf von Aquaba mit ~300km Länge nicht nur deutlich kürzer, sondern auch weniger Terrorismus-gefährdet und dürfte hydrochemisch eher kompatibel sein als die Zuleitung von Rotem Meerwasser mit Sulfat-Vormacht.
- die heutige Horizontal-Bohrtechnik lässt erheblich schnellere Bauzeiten beim vorliegenden geologischen Substrat (überwiegend kretazische Schichten) und der entsprechenden Logistik zu. Außerdem könnte an tektonischen Verwerfungen die bohrtechnisch günstigsten geologischen Schichten nachgefahren werden – unter Nutzung des allgemeinen Gefälles der Tunnel-Röhre mit vorübergehenden vertikalen Abweichungen (Siphonen).
- das zugeführte und aus entsprechender Meerestiefe entnommene (kühle) Mittelmeerwasser kann nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren (Heber-Verfahren) auch für Kühlzwecke in den vorhandenen Kraft-Anlagen der Negev-Wüste genutzt werden, bevor es in das Ober-(Speicher-)Becken der Kavernen-Anlage an der Westflanke des Toten Meeres geleitet wird.
- Vermeidung der Zunahme der seismischen Aktivitäten im Toten Meer-Graben durch die zunehmende Entlastung von >40 Mrd. m<sup>3</sup> (1950 bis 2020) von Meerwasser durch die künstliche drastische Absenkung des Spiegels des Toten Meeres.

Die vorstehende (vorläufige) Aufzählung der ins Auge springenden Win-Win-Effekte könnte nun Anlass sein, dieses Frieden-stiftende Projekt endlich anzugehen, zumal die entsprechende Horizontal-Bohrtechnik zwischenzeitlich soweit entwickelt wurde, dass bei Einsatz von zwei aufeinander zuarbeitenden Tunnel-Bohrmaschinen die Bohrzeit auf weniger als 10 Jahre für die 67km lange Tunnelstrecke absolviert werden kann (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Dr. PETERS, Firma Herrenknecht/Schwanau). Gleichzeitig kann der 7km lange Zuleitungskanal vom Mittelmeer (Bereich Ashdod) erstellt werden. Der bisher konzipierte 300km lange Friedenskanal vom Roten Meer zum südlichen Teil des Toten Meeres ist dagegen mit erheblich größeren ökologischen und ökonomischen sowie zeitlichen Unwägbarkeiten belastet und kann summarisch nicht die oben aufgelisteten Win-Win-Effekte vorweisen.

### 3. Literatur

ARTE/France (2019): The Saving of the Dead Sea (Die Rettung des Toten Meeres). – TV-Dokumentation, Strasbourg.



- ARTE/France (2019): Höhlenforschungen auf der Insel Madre de Dios (Süd-Chile). – TV-Dokumentation, Strasbourg.
- ARTE (2020): Die Senoten von Yucatan. – TV-Dokumentation, Strasbourg.
- 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 Resources, **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. & GHIJZEN, 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.
- 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.
- GAVRIELI, I., BEIN, A. & OREN, A. (2005): The expected 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.,
- 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., (Wiss. Buchgesellschaft) Darmstadt.
- 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 (Hrsg.): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland (1978/79):90-159, viele Abb. u. Ktn., Boppard (DFG).
- LÜTHY, W. & PETERSEN, H. (1978): Grönland, 131 S., Köln.
- METZGER, J., NIED, M., CORSMIEIER, U., KLEFFMANN, J. & KOTTMEIER, C. (2018): Dead Sea evaporation by eddy covariance measurements vs. aerodynamic, energy budget, Priestley-Taylor, and Penman estimates. – Hydrol. Earth Syst. Sci., **22**:1135-1155, 7 figs., 6 tab., (EGU) München
- 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](http://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](http://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), (BEB, 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 Nitrat-Verteilung 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.
- SALAMEH, E. & EL-NASER, H. (1999): Does the actual drop in Dead Sea level reflect the development of water sources within its drainage basin? – Acta, Hydrochem. Hydrobiol., **27**:5-11, Abb., New Jersey.
- 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).
- STANHILL, G. (1994) : Changes in the rate of evaporation from the Dead Sea. – Intern. Journ. Climatol., **14**:465-471, Abb., New Jersey.
- 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.
- WORLD BANK (2014): Water Conveyance Study. Environmental and Social Assessment (ESA Report). – Washington.
- ZDF (2015): Wilde Schönheiten – Jordanien. – TV-Dokumentation, Mainz.

---

**\*) Autorenadresse und Copyright:** Dir. u. Prof. Dr. Dieter ORTLAM; Dipl.-Geologe, ehemaliger Leiter des Amtes f. Bodenforschung Bremen (N. L. f. B., 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.