

# Klassifizierung mariner, brackiger und limnischer Grundwasserbiotope

SIEGFRIED HUSMANN

*Limnologische Flußstation des Max-Planck-Institutes für Limnologie, Schlitz*

**ABSTRACT:** Classification of marine, brackish and limnic groundwater biotopes. The oligohaline groundwater of marine beaches („Küstengrundwasser“; REMANE) represents an ecological zone of contact between limnic and marine groundwater biotopes. In the „Küstengrundwasser“ and in all other brackish, marine and limnic interstitial waters there are two principal ecological factors: darkness and dimension of interstitial volume. These ecological conditions suggest a comprehensive classification of limnic, brackish and marine groundwater biotopes (except saline subterranean inland waters). Freshwater subterranean biotopes are classified in regard to the nature of the substrate containing groundwater, and the nature of contact with surface waters. The classification of subterranean biotopes influenced by marine conditions is based on the same factors plus salinity of the interstitial water. The “Venice system” for classification of brackish water is considered to be of limited value. In general, brackish subterranean waters should only be classified as: oligohaline, mesohaline or polyhaline thalassopsammal. The usefulness of the “Venice system” classification is limited to marine-influenced groundwater biotopes with an extremely stable salinity.

## EINLEITUNG

Die von REMANE & SCHULZ (1935) als „Küstengrundwasser“ gekennzeichnete subterrane Brackwasserregion nimmt für die marine und limnische Hydroökologie eine ganz besondere Stellung als „ökologischer Grenzscharfbereich“ (SCHWABE & KLINGE 1960) zwischen den Bioregionen der unterirdischen Meeres- und Süßwasserfauna ein.

Dieses Zerfließen limnischer und mariner Lebensbereichsgrenzen tritt insbesondere in wasserchemischen Befunden zutage. Auch durch die bisher bekannte ökologische Verteilung einiger Grundwassertiere wird das Küstengrundwasser als Übergangsbereich vom marinen zum limnischen Interstitial gekennzeichnet, denn es gibt eine ganze Reihe limnischer Subterranorganismen, die ohne Zweifel der Meeresfauna entstammen und die ganz sicher in früheren geologischen Zeiten auf ihrer besiedlungsgeschichtlichen Wanderung dem Salinitätsgefälle des Küstengrundwassers ins binnenländische Grundwasser hinein zu folgen vermochten (z. B. *Marinella*, *Troglochaetus*, *Microparasellus*, *Microcerberus*).

Bei der Erforschung des im Untergrund von Meeresküsten ziehenden Subterrannwassers begegnen sich also in diesem unterirdischen Grenzbereich zwischen Süß- und

Meerwasser ganz verschiedene Forschungsrichtungen der Marin- und Limnoökologie: Wasserchemie, zoologische Systematik, Ökologie, Besiedlungsgeschichte. Jede dieser besonderen Arbeitsrichtungen verhält sich jeweils zu den genannten übrigen Wissenszweigen mehr oder weniger wie ein Hauptarbeitsgebiet zum fachlichen Grenzgebiet.

Zur Förderung einer für alle Seiten fruchtbaren Zusammenarbeit unter diesen obengenannten Arbeitsrichtungen erscheint es daher an der Zeit, den ökologischen Kontakt zwischen marinen und limnischen Grundwasserbiotopen auch in Gestalt einer entsprechend umfassenden Klassifikation zum Ausdruck zu bringen, durch die marine und limnische Subterrانبiotope zu einer ökologischen Großeinheit verknüpft werden, deren Zusammenhang dadurch gegeben ist, daß die mesopsammalen limnischen und marinen Küstenbereiche von zwei übereinstimmenden ökologischen Hauptfaktoren einheitlich geprägt werden: von intergranularer Engräumigkeit und Lichtlosigkeit.

#### DIE KLASSIFIZIERUNG LIMNISCHER SUBTERRANBIOTOPE

Der Anfang zu einer Typologie der Gesamtheit mariner, brackiger und limnischer Grundwasserbiotope liegt praktisch bereits in Gestalt einer ökologischen Gliederung des limnischen Grundwassers vor (HUSMANN 1966, 1967), zumal dabei der brackige subterrane Grenzunschärfebereich des binnenländischen Grundwassers wenigstens andeutungsweise Berücksichtigung findet.

Bei der erwähnten ökologischen Aufgliederung der subterranean Gewässer des Binnenlandes wurde die Beschaffenheit der grundwasserführenden Gesteine als besonders markantes Kriterium gewertet, und zwar unter gleichzeitiger Beachtung des Grades der Abgeschlossenheit gegenüber zöologischen Einflüssen aus Oberflächengewässern. Zu einer solchen Klassifizierung der unterirdischen Binnengewässer wurde jeweils der zu bezeichnende Subterrانبiotop in Beziehung zu ganz bestimmten Oberflächengewässern gesetzt, von denen derartige Bio-Infiltrationen ausgehen, sofern nicht völlige „zöologische Isolation“ ein Charakteristikum des abzugrenzenden Lebensbereiches ist.

So wurde beispielsweise der Grundwasserstrom in Gebirgsbachschotterbetten – das Interstitialwasser des Ökosystems „Rhitron“ (ILLIES 1961) – als „Stygorhithron“ (HUSMANN 1966) benannt und die darin befindlichen Lückenbiotope der Subterranafauna als „Stygorhithropsammal“ und „Stygorhithropsephal“ hervorgehoben, während das interstitielle Grundwasser in Lockergesteinsbetten von Strömen des Tieflandes – das intergranulare Subterrannerwasser des Ökosystems „Potamon“ (ILLIES 1961) – als „Stygopotamon“ gekennzeichnet wurde; und zwar ebenfalls mit den beiden zugehörigen substratbedingten mikrokavernalen Biotopen: „Potamostygopsammal“ und „Potamostygopsephal“ (HUSMANN 1966).

Diese Lückenbiotope in Fließgewässer-Schotterbetten werden von Mischbiozöosen aus stygobionten, stygophilen und stygoxen Süßwassertieren besiedelt, während in den von Oberflächengewässern völlig zöologisch isolierten Grundwasserbiotopen des Binnenlandes ausschließlich stygobionte Faunenelemente leben. Diese von Gewässern der Erdoberfläche abgeschlossenen unterirdischen Lebensstätten wurden als Kernzone des „Ökoregnums Stygon“ hervorgehoben und als „Eustygon“ gekennzeichnet, und

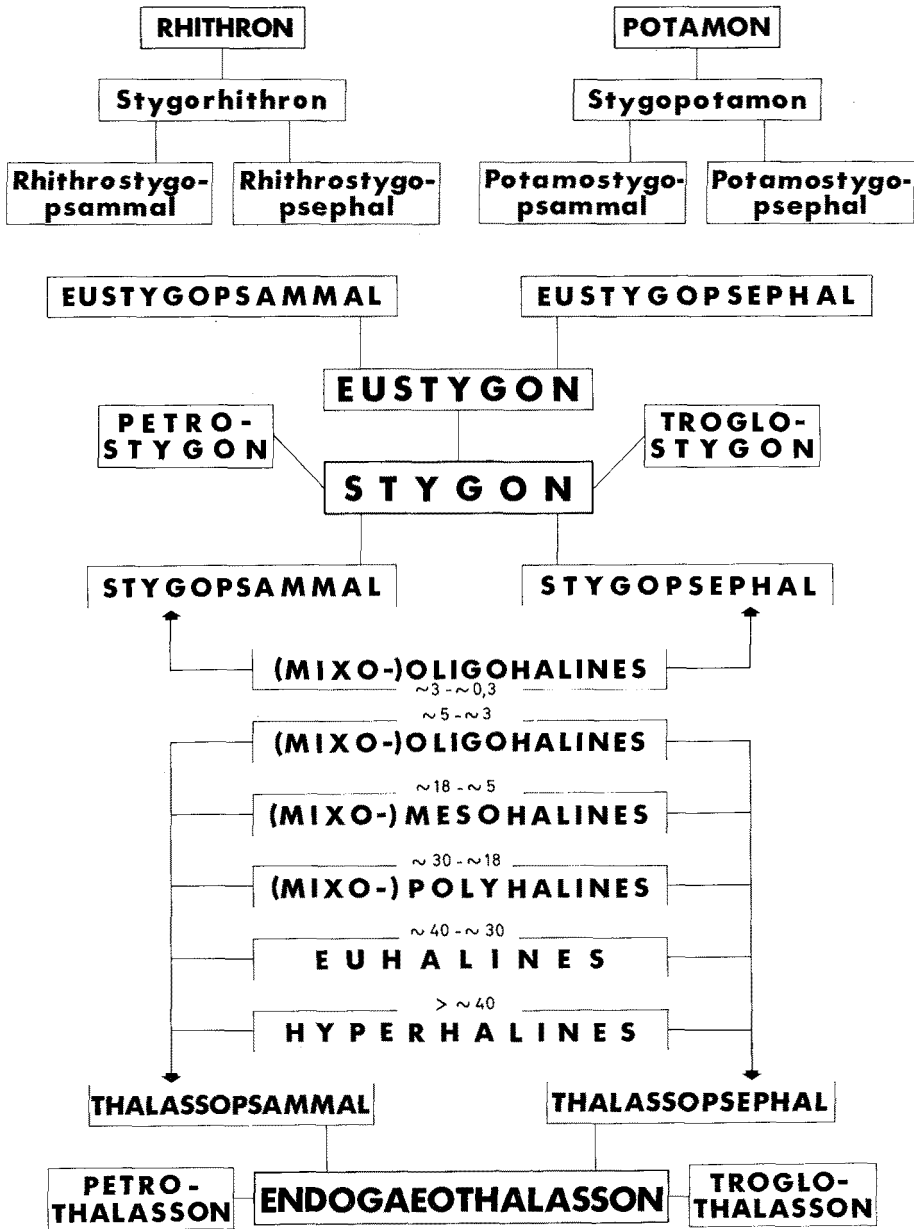


Abb. 1: Klassifikation mariner, brackiger und limnischer Grundwasserbiotope

zwar ebenfalls unter besonderer Berücksichtigung psammitischer und psephitischer Bereiche, des „Eustygopsammal“ und des „Eustygopsephal“. Hinsichtlich der charakteristischen ökologischen Gegebenheiten dieser limnischen Subterranbiotope muß in dieser

gedrängten Übersicht auf die an anderer Stelle erfolgte spezielle Bearbeitung (HUSMANN 1966) verwiesen werden; das ökologische Gefüge der obengenannten binnländischen Grundwasserbiotope geht aus der Abbildung 1 hervor.

#### DIE KLASSIFIZIERUNG BRACKIGER UND MARINER GRUNDWASSERBIOTOPE

Für alle von Meerwasser beeinflussten ober- und unterirdischen Biotope bietet sich ganz naturgemäß der jeweilige Salzgehalt als Kriterium ökologischer Gegebenheiten an. Daher wurde auch dieses eindrucksvolle Phänomen von mehreren Autoren zur Klassifikation des Brackwassers herangezogen (BROCKMANN 1940, BRUNELLI 1933, DAHL 1956, EKMAN 1953, HEIDEN 1902, HILTERMANN 1949, KINNE 1957, KOLBE 1927, OYE 1920, REDEKE 1922, 1933; REMANE 1934, SCHLIENZ 1923, VÄLLIKANGAS 1926, WILLER 1925). In der 1959 als „Venedig-System“ bekanntgegebenen Brackwasser-Klassifizierung wird die Salinität als einziger ökologischer Faktor zu einer Abgrenzung brackiger Lebensbereiche herangezogen (vgl. „Final Resolution“ in: Symposium on the classification of brackish waters, 1959, pp. 243–245).

DEN HARTOG (1964) widerspricht in sehr überzeugender Weise diesem Unterfangen, einen einzigen ökologischen Faktor für ein umfassendes System der Brackwasserbiotope heranzuziehen. DEN HARTOG weist insbesondere auch auf die ökologische Instabilität einer ganzen Reihe von Brackwasserbiotopen hin, die mehr oder weniger ein „fortwährendes Konfliktgebiet zwischen Meerwasser und Süßwasser“ darstellen. Der genannte Autor stellt demgemäß in seinem typologischen System folgende Brackwasserlebensräume – auf Grund der darin herrschenden besonderen Lebenserscheinungen – nebeneinander: Brackmeere, Flußmündungen in einem gezeitenlosen Meer, Ästuare, Schockbiotope, supralitorale Tümpel, lagunäre und abgeschlossene Brackwässer, Gezeitenzonen, Küstengrundwasser.

Im Küstengrundwasser, das ja ganz im Mittelpunkt unserer Betrachtungen steht, wirken außer der Salinität noch zwei ökologisch besonders prägende Schwerpunktfaktoren, die auch für das Limno-Interstitial sandiger und kiesiger Ablagerungen von entscheidender ökologischer Bedeutung sind: das Ausmaß der Mikrokavernengeräumigkeit und die interstitielle Dunkelheit (vgl. 272). Da die kavernale Dunkelheit bezeichnend für alle grundwasserführenden Biotope ist, muß sie als Faktor für unseren Gliederungsversuch außer acht gelassen werden. Eine Kombination von Salinitätsgrad und räumlicher Kavernenbeschaffenheit (Mesopsammal, Meseopsephal; vgl. p. 272) würde aber für die Klassifizierung der marin beeinflussten Interstitialgewässer lockergesteiniger Küstenregionen einen weitem Schritt im Sinne von DEN HARTOG (siehe oben), REMANE und KINNE (vgl. Diskussion im Anschluß an den Vortrag DEN HARTOG 1964) bedeuten, insbesondere, wenn auch noch – neben Substrat und Salinität – das oben erwähnte „Typologische System der Brackgewässer“ (DEN HARTOG 1964) zur ökologischen Kennzeichnung mit herangezogen wird, was in gewissen Fällen ganz entsprechend dem Verfahren bei limnischen Grundwasserbiotopen geschehen kann (vgl. p. 276). Darauf wird nach dem Versuch zurückzukommen sein, mit Hilfe des „Meisterfaktors“ Salinität – in Anlehnung an das „Venedig-System“ ein typologisches Grund-

schema zur Einteilung marin beeinflusster Grundwässer zu entwerfen, dem nach Möglichkeit durch Hinzuziehung weiterer biotopprägender Faktoren ein Teil der von DEN HARTOG (1964) und KINNE (vgl. Diskussion in DEN HARTOG 1964) mit Recht geforderten Flexibilität verliehen werden kann.

Unter den durch einen ganz bestimmten Salzgehalt gekennzeichneten Brackwasserzonen des „Venedig-Systems“ (vgl. p. 274) verdient die (mixo-)oligohaline Region (5 bis 0,5 ‰ S) gerade in diesem Zusammenhang eine ganz besondere Bedeutung, insofern nämlich, als es sich hier um jenen Ökobereich handelt, in dem der relativ geringe Salzgehalt mit größer werdender Entfernung vom Meer bis zu einem Grenzwert ( $\sim 0,5$  ‰) schwinden kann, bei dessen Unterschreitung das betreffende Wasser nicht mehr als brackig, sondern bereits als limnisch zu bezeichnen ist. Diese eindeutige Definition des ökologischen Grenzbereiches der marinen Lebensräume zum Süßwasser hin ist ein für unser Anliegen besonders bedeutsames Verdienst der Übereinkunft von Venedig. Denn in der (mixo-)oligohalinen Zone liegt ja schließlich – wasserchemisch greifbar – die „ökologische Nahtlinie“, von der „Endogaeolimnon“ und „Endogaeothalasson“ zusammengefügt werden (vgl. Abb. 1).

Ganz naturgemäß läßt sich nun aber eine (mixo-)oligohaline Zone nicht nur von der Meeresökologie her, sondern ebenso berechtigt auch seitens der Limnologie als eine durch geringen Salzgehalt gekennzeichnete ökologische Übergangsregion hervorheben, in der sich ebenfalls die eigenen Grenzen sozusagen verlieren.

Während also vom „Endogaeothalasson“ aus gesehen die (mixo-)oligohaline Zone zum extremen Salzgehaltsschwund-Gürtel wird, der zum Süßwasser hin (bei  $\sim 0,5$  ‰) den Ökobereich des Thalasson abgrenzt, kann diese nur schwach brackige Zwischenzone ebenso wohlbegründet dem Süßwasser als Grenzgürtel zugeordnet werden, in dem sich ganz allmählich – zur Meeresküste hin – ein zunächst nur ganz geringer und küstenwärts bis zu 5 ‰ S ansteigender schwacher Gehalt des Wassers an Meeressalzen bemerkbar macht.

Als (mixo-)oligohalinen Grenzbereich des Ökoregnums „Stygon“ könnte man also durchaus die gesamte mit diesem Namen belegte Ökozone (5 bis 0,5 ‰ S) – in strikter Anlehnung an das „Venedig-System“ – kennzeichnen, sofern man nicht geneigt sein sollte, die dabei sich ergebende störende Überlappung der Grenzgürtel von Endogaeothalasson und Endogaeolimnon (= „Stygon“) vermeiden zu wollen.

Diese gegenseitige Überschneidung der limnischen und marinen Grenzunschärfbereiche könnte ganz einfach durch die Festlegung einer ökologischen Nahtlinie, wie sie oben schon erwähnt wurde, vermieden werden. Wenn bei solchem Verfahren die ökologische Naht zwischen Endogaeothalasson und Stygon durch Zuerkennung eines charakteristischen Salzgehaltes des Wassers von  $\sim 3$  ‰ gelegt wird (Abb. 1), so wird darin zunächst nur eine Diskussionsgrundlage gesehen und somit eine durchaus nach der einen oder anderen Seite hin verschiebbare Ausgangsbasis für unser Vorhaben, die naturgegebene ökologische Verknüpfung von Endogaeothalasson und Endogaeolimnon klassifizierend zum Ausdruck zu bringen, und zwar mittels Kombination von Angaben über Salzgehalt des unterirdischen Wassers und der Beschaffenheit der grundwasserführenden Gesteine.

Unter den von Grundwasser erfüllten Gesteinsablagerungen nehmen die sandigen Aufschüttungen der Meeresküsten hinsichtlich der Weite ihrer regionalen Aus-

dehnung eine geradezu landschaftsprägende Stellung ein; und daher umfaßt ja auch der Begriff „Küstengrundwasser“ im engeren Sinne nur das intergranulare Wasser sandig-kiesiger Kontinentalränder. Im Untergrund dieser sandigen Meeresküsten werden durch unsere oben näher charakterisierte ökologische Nahtlinie die Grenzzonen der limnischen und marinen Grundwässer verbunden, zu deren Kennzeichnung auf Grund von Salinität des Interstitialwassers und Beschaffenheit des durchströmten Substrates die Benennungen (Mixo-)oligohalines Stygopsammal und (Mixo-)oligohalines Thalassopsammal vorgeschlagen seien (vgl. Abb. 1).

Während sich nun zum Binnenlande hin — wie oben schon im einzelnen ausgeführt wurde — die weitere ökologische Aufgliederung der grundwasserführenden Sandlückensysteme auf der Basis einer nominellen Verflechtung von grundwasserführendem Substrat und ökologischer Beziehung zu Gewässern der Erdoberfläche vollziehen läßt (vgl. Abb. 1), bildet auf der anderen Seite unserer ökologischen Naht — zum hochgradig marinen Grundwasser hin — weiter die Heranziehung der Faktoren Substrat und Salinität Grundlage der hier vorzuschlagenden Klassifizierungsweise. Folgt man also in Anlehnung an das Venedig-System dem weiteren Anstieg der Salzhaltigkeit des Intergranularwassers, so ergeben sich sinngemäß folgende Kennzeichnungen für die nacheinander hervorzuhebenden mesopsammalen Biozonen: (Mixo-)mesohalines Thalassopsammal, (Mixo-)polyhalines Thalassopsammal, Euhalines Thalassopsammal und Hyperhalines Thalassopsammal.

Die jeweiligen Salinitätsamplituden dieser Biozonen entsprechen den betreffenden Angaben im „Venedig-System“; sie gehen auch aus Abbildung 1 hervor.

Das gilt ebenso für die entsprechenden Zonen in kiesigen (mesopsephalen) grundwasserführenden Küstenbereichen: (Mixo-)oligohalines Thalassopsephal und (Mixo-)mesohalines Thalassopsephal bis hin zum hyperhalinen Thalassopsephal.

Sinngemäß läßt sich auch eine entsprechende ökologische Stufenfolge innerhalb des grundwasserführenden Lebensraumes in Felsspalten und Zwischenraumsystemen ungerollter Gesteinstrümmer kennzeichnen: (Mixo-)oligohalines Petrostygion, (Mixo-)oligohalines Petrothalasson und weiter, wie in Abbildung 1 dargestellt, bis zum Hyperhalinen Petrothalasson.

Für die Gewässer in den Makrokavernen von weiträumigen Felshöhlen ergibt sich der Vorschlag: (Mixo-)oligohalines Troglostygion, (Mixo-)oligohalines Troglothalasson, (Mixo-)mesohalines Troglothalasson und weiter sinngemäß wie oben bis zur hyperhalinen Zone dieses Ökosystems.

Die ökologische Kennzeichnung von marinen und brackigen Subterrانبiotopen mit Hilfe von Salinität und grundwasserführendem Substrat läßt sich, wie schon angedeutet (vgl. p. 275) im Sinne von DEN HARTOG (1964) noch auf eine breitere Basis stellen, und zwar durch Einbeziehung der Beschaffenheit des den betreffenden unterirdischen Lebensraum beeinflussenden Oberflächengewässers, unter Anwendung eines Verfahrens also, wie es auch bei der Klassifizierung limnischer Grundwasserbiotope mit herangezogen wurde (vgl. p. 272). Beispiel: „Lagunäres mesohalines Thalassopsammal“. Die Bezeichnung „Oligohalines Thalassopsammal der Amazonas-mündung“ würde sogar einen noch umfassenderen Hinweis enthalten: Salinität, Substrat, zugehöriges Oberflächengewässer, Klimatyp.

## DIE KLASSIFIZIERUNG DER ÖKOLOGISCHEN GROSSEINHEIT GRUNDWASSER

Die beiden Teilbereiche des Großlebensraumes Grundwasser – der limnische und der marin beeinflusste – lassen sich, wie aus Abbildung 1 zu entnehmen ist, schon auf der Basis zweier ökologischer Hauptfaktoren – Salinität und Substratbeschaffenheit – zu einer ökologischen Ganzheit zusammenfügen und zusammenfassend klassifizieren.

Ein die natürlichen Verhältnisse ausreichend erfassendes derartiges Klassifizierungssystem erfordert noch zahlreiche gezielte Vorstöße in der von DEN HARTOG (1964) angegebenen Richtung, die aus Einzelbefunden heraus noch erheblich weiter gehen, als es hier nur anzudeuten versucht wurde. In den vorstehenden Ausführungen mußte es genügen, in mancher Hinsicht erst in theoretischen Erörterungen Zusammenhänge zu deuten. Das Ziel dieser Studie war es allein, den in erster Linie substratbedingten ökologischen Zusammenhang der Großeinheit limnischer, brackiger und mariner Grundwasserbiotope zunächst nur grob zu veranschaulichen und typologisch darzustellen, und zwar mittels einer entsprechenden Erweiterung des zuvor entworfenen Klassifizierungssystem binnenländischer Grundwässer (HUSMANN 1966). Der Blickpunkt, von dem aus diese Gesamtübersicht erfolgte, lag also im eigenen Arbeitsgebiet. Daher konnte es ganz sicher auch nicht unterbleiben, daß manche Zusammenhänge im marinen Nachbarbereich übersehen wurden. So läßt denn zweifellos, wie jeder „erste Schritt“, auch dieser Versuch eine Fülle von Problemen und Anregungen für die marine und limnische Subterranökologie zurück. Möge darin für beide Arbeitsrichtungen der Anlaß liegen, den hier nur begonnenen Brückenschlag zueinander zu vervollständigen.

### ZUSAMMENFASSUNG

1. Das „Küstengrundwasser“ stellt einen Übergangsbereich zwischen limnischen und marin beeinflussten Grundwasserbiotopen dar.
2. Im limnischen, brackigen und marinen Mesopsammal beziehungsweise Mesopsephal wirken dieselben ökologischen Hauptfaktoren: Lichtlosigkeit und Ausmaß der Kavernengeräumigkeit. Diese ökologische Gemeinsamkeit gibt Anlaß, eine Gliederung der limnischen Grundwasserbiotope (HUSMANN 1966) zu einer Typologie der Gesamtheit limnischer, brackiger und mariner Subterranbiotope zu erweitern.
3. Zur Gliederung der limnischen Grundwässer wird die Beschaffenheit des grundwasserführenden Substrates jeweils mit der Art und Weise zöologischer Einflüsse aus Oberflächengewässern, oder mit dem Fehlen derartiger Kontakte, in Beziehung gesetzt. Dabei ergeben sich die in Abbildung 1 genannten Bezeichnungen limnischer unterirdischer Biotope.
4. Für eine Typologie der marin beeinflussten Interstitialgewässer – „Thalassopsammal“, „Thalassopsephal“ – wird die Salinität des Interstitialwassers hinzugezogen.
5. Unter Berücksichtigung der Vorbehalte von DEN HARTOG (1964) wird dem „Venedig-System“ hierzu nur beschränkte Geeignetheit zuerkannt.
6. Eine Heranziehung des „Venedig-Systems“ beschränkt sich auf Grundwasserbiotope

der Meeresküste mit besonders ausgeprägter Stabilität der Salinität. Ein Beispiel für eine derartige Besonderheit gibt Abbildung 1.

7. Eine Kombination der vorgeschlagenen Bezeichnungen brackiger Interstitialgewässer mit dem „Typologischen System der Brackwässer“ (DEN HARTOG 1964) erscheint nach Möglichkeit angebracht. Beispiel: „Lagunäres (mixo-)oligohalines Thalassopsammal.“

#### ZITIERTE LITERATUR

- BROCKMANN, CHR., 1940. Diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen. *Westküste* **2**, 150–180.
- BRUNELLI, G., 1933. Ricerche sugli stagni litoranei. *Atti Accad. naz. Lincei R. (Cl. Sci. fis. mat. nat.)* **28**, 246–249.
- DAHL, E., 1956. Ecological salinity boundaries in poikilohaline waters. *Oikos* **7**, 1–21.
- EKMAN, S., 1953. Zoogeography of the sea. Sidgwick & Jackson, London, 417 pp.
- FINAL resolution of the symposium on the classification of brackish waters, 1959. *Archo Oceanogr. Limnol.* **11** (Suppl.), 243–245.
- HARTOG, C. DEN, 1964. Typologie des Brackwassers. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **10**, 377–390.
- HEIDEN, H., 1902. Die Diatomeen aus den postglazialen Ablagerungen des Warnemünder Hafens. *Mitt. großherz. mecklenb. geol. Landesanst.* **14**, 7–33.
- HILTERMANN, M., 1949. Klassifikation der natürlichen Brackwässer. *Erdöl Kohle* **2**, 4–8.
- HUSMANN, S., 1966. Versuch einer ökologischen Gliederung des interstitiellen Grundwassers in Lebensbereiche eigener Prägung. *Arch. Hydrobiol.* **62**, 231–268.
- 1967. Die ökologische Stellung der Höhlen- und Spaltengewässer innerhalb der subterranaquilen Lebensbereiche. *Int. J. Speleol.* **2**, 409–436.
- ILLIES, J., 1961. Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **46**, 205–213.
- KINNE, O., 1957. A programmatic study of comparative biology of marine and brackish-water animals. *Année biol.* **33**, 87–92.
- KOLBE, R. V., 1927. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberg Salzgebiets. G. Fischer, Jena, 146 pp. (*Pflanzenforschung* **7**.)
- OYE, P. VAN, 1920. Note sur les micro-organismes de l'eau saumâtre du Vieux Port de Batavia (Java). *Annls Biol. lacustre* **10**, 207–216.
- REDEKE, H. C., 1922. Zur Biologie der niederländischen Brackwassertypen. Ein Beitrag zur regionalen Limnologie. *Bijdr. Dierk.* **22**, 329–335.
- REMANE, A., 1934. Die Brackwasserfauna. *Verh. dt. Zool. Ges. (Zool. Anz. Suppl. Bd 7)* **36**, 34–74.
- & SCHULZ, E., 1935. Das Küstengrundwasser als Lebensraum. *Schrift. naturw. Ver. Schlesw.-Holst.* **10**, 399–408.
- SCHLIENZ, W., 1923. Verbreitung und Verbreitungsbedingungen der höheren Krebse im Mündungsgebiet der Elbe. *Arch. Hydrobiol.* **14**, 429–452.
- SCHWABE, G. H. & KLINGE, H., 1960. Gewässer und Boden als Forschungsgegenstand. *An. Edafol. Agrobiol.* **19**, 519–568.
- VÄLIKANGAS, I., 1926. Planktologische Untersuchungen im Hafengebiet von Helsingfors. I. Über das Plankton, insbesondere das Netz-Zooplankton des Sommerhalbjahres. *Acta zool. fenn.* **1**.
- WILLER, A., 1925. Studien über das Frische Haff. I. Die allgemeinen hydrographischen und biologischen Verhältnisse des Frischen Haffs. *Z. Fisch.* **23**, 317–349.