



2.9 Versalzung von Gewässern

HEIKE ZIMMERMANN-TIMM

Salinization of inland waters: It is caused by natural factors (e.g. the type of soil in the catchment areas, atmospheric deposition and climate) and by anthropogenic activities (e.g. agriculture and mining). Some consequences are the increase of salt content as well as the enrichment of single toxic ions. Aquatic organisms are adapted to freshwater, marine and brackish environments; they use different energy-consuming mechanisms to regulate the ion concentrations. With an increase in salinization the number of organisms increases but there is a decrease in diversity. Extremely salted environments are dominated by micro-organisms; this is the reason why we find in these environments relatively short food chains, low turnover rates and differences in matter flux. Nutrient-rich environments with low oxygen concentrations result. Investigations of salted rivers showed that desalinization is possible if the causes of the salinization are halted - this means in many cases the implementation of technical developments (e.g. irrigation in agriculture; leaching procedures in mining). Freshwater is the most important resource for live and deficiencies can result in economic and social conflicts.

Sämtliche Binnengewässer der Erde, dazu gehören auch salzreiche Binnengewässer, bedecken weniger als 2% Oberfläche, also etwa $2,5\text{--}2,8 \times 10^6$ km² (MEYBECK 1995). Die darin enthaltene Wassermenge beträgt etwa $2,8 \times 10^5$ km³; sie ist ungleichmäßig über die Kontinente verteilt.

Der Untergrund des Einzugsgebietes mit Karbonat oder Silikat, die atmosphärische Deposition und das Klima wirken auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Das Klima ist die wichtigste natürliche Einflussgröße. Das zeigt sich in niederschlagsreichen Regionen und bei hohen Temperaturen ebenso deutlich wie in semi-ariden Gebieten. Unter humiden Klimabedingungen übersteigt der Niederschlag die Verdunstung. Folglich kommt es dort zu einer ständigen »Verdünnung« der durch Verdunstung angereicherten Salze. Im ariden Klima ist dagegen die Verdunstung größer, Wasser wird »eingeeengt« es kommt zur Aufsalzung. Daneben kann sich die Konzentration der Ionen im Wasser als Folge anthropogener Einträge vergrößern. Zu »Anomalien« des Salzgehalts kann es aber auch in Braungewässern kommen durch die Bindung der Kationen an Huminstoffe sowie in küstennahen Seen durch Eintrag von Gisch und Salz aus dem Meerwasser.

Manche Binnengewässer sind salziger als das Meer. Organismen, die an diese – aus menschlicher Sicht – extremen Umweltbedingungen angepasst sind, werden je nach ihrem Salzbedürfnis als gemäßigt bis extrem halophil – salzliebend – bezeichnet, wobei das Ausmaß der Halotoleranz zusätzlich auf das Spektrum der potentiell erschließbaren Lebensräume Einfluss nimmt. Wenn auch auffällige makroskopische Standorte wie Salzseen, salzhaltige Quellen, Meerwassersalinen eher selten sind, so ist doch zu bedenken, dass nach geologischen Befunden saline Gewässer einst sehr große Gebiete bedeckten und die Evolution halotoleranter und halophiler Organismen begünstigt haben. Salzhaltige Standorte und halophile Organismen hat man insofern bisher zu Unrecht vergleichsweise wenig beachtet.

Salzgehalt

Der Salzgehalt, auch Salinität genannt, ergibt sich aus der Summe der im Wasser gelösten Ionen - den Kationen Natrium (Na⁺), Kalium (K⁺), Magnesium (Mg²⁺), Calcium (Ca²⁺) sowie den Anionen Chlorid (Cl⁻), Sulfat (SO₄²⁻), Karbonat (CO₃²⁻). Binnengewässer weisen ein sehr breites Konzentrationsspektrum von wenigen Mil-

ligramm Salz pro Liter bis hin zu fast 1.000.000 Milligramm Salz je Liter Wasser auf. Der globale Mittelwert liegt bei 120 Milligramm (WETZEL 1983). Als Süßwasser werden Gewässer bezeichnet, die einen Abdampfrückstand von weniger als 1000 Milligramm pro Liter haben. Ein Maß für die Salinität ist auch die elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]. Mit zunehmendem Salzgehalt werden Binnengewässer als oligo-, meso- oder polyhalin eingestuft, als euhalin, wenn ihr Salzgehalt dem des Meeres entspricht, als hyperhalin, wenn er den des Meeres übersteigt. Tab.2.9-1 gibt eine Übersicht nach drei etwas unterschiedlichen Klassifizierungen.

Versalzung, Ursachen und Probleme

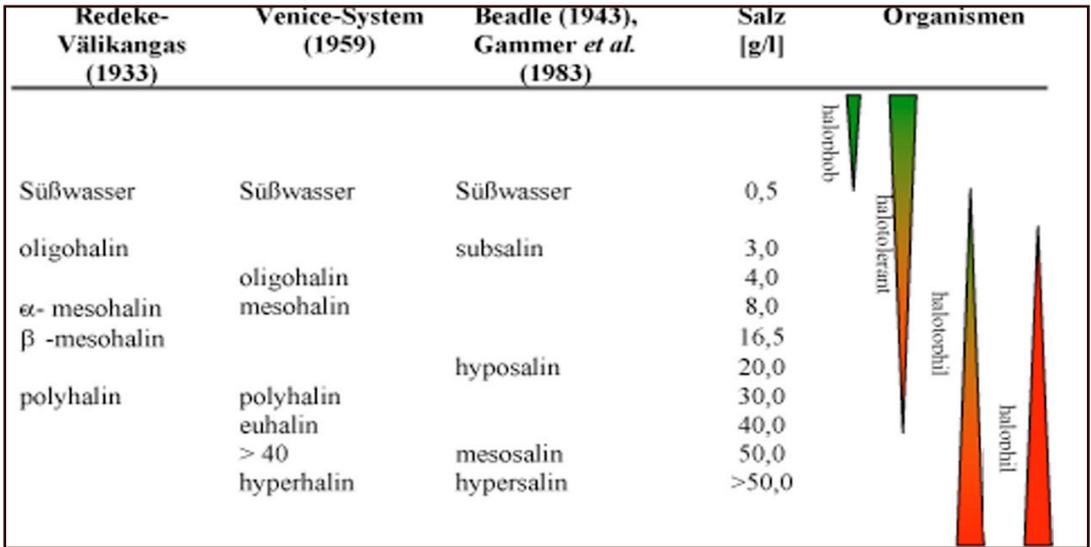
Unter Versalzung versteht man einen Anstieg der Salinität auf Grund natürlicher oder anthropogener Einflüsse. Nach TOWNSEND & HILDREW (1994) sowie PICKET & WHITE (1985) handelt es sich hierbei um eine Störung, die eine Veränderung der Umweltbedingungen und damit einhergehend eine Veränderung der biologischen

Lebensgemeinschaft bedingt.

Die Versalzung von stehenden und fließenden Gewässern kann, wie anfangs gesagt, natürlich oder auch anthropogen begründet sein:

- Einleitung von Abwässern, beispielsweise Bergbauabwässern, aus chlorid- und sulfathaltigen Nebengesteinen oder Abwässern von Kommunen, Industrie und Landwirtschaft
- Bewässerung in Trockengebieten zur landwirtschaftlichen Nutzung, dem ein Lösen der Salze aus dem Boden folgen kann,
- Ersatz flachwurzelter Steppenpflanzen durch tiefwurzeln Kulturpflanzen, wobei Salze an die Oberfläche gelangen können (WILLIAMS 1987),
- Fehlen / Verkleinern von Zu- und Abfluss,
- Klimatische Veränderungen gekoppelt mit einer erhöhten Verdunstung und geringeren Niederschlägen,
- Schwefeleinträge über SO_2 aus fossilen Brennstoffen und
- Tausalze (MgCl_2)

Tab. 2.9-1: Klassifizierung von Binnengewässern nach ihrem Salzgehalt (nach HAMMER 1986). Die Abbildungen am rechten Rand zeigen die Salzgehalte in g/l an den oberen Grenzen der jeweiligen Kategorien.



Tab. 2.9-2: Zusammensetzung von Süß- und Meerwasser. Die Kationen und Anionen sind in Ionenäquivalenten dargestellt (nach UHLMANN & HORN 2001).

Süßwasser				Meerwasser			
Kationen		Anionen		Kationen		Anionen	
Ca^{2+}	63,5	HCO_3^-	73,9	Ca^{2+}	3,4	HCO_3^-	0,4
Mg^{2+}	17,4	SO_4^{2-}	16,0	Mg^{2+}	17,6	SO_4^{2-}	9,3
Na^+	15,7	Cl^-	10,1	Na^+	77,3	Cl^-	90,3
K^+	3,4	CO_3^{2-}	0	K^+	1,6	CO_3^{2-}	0

Hinsichtlich Gesamtsalzgehalt und Ionenkomposition existiert in den Binnengewässern eine große Vielfalt. Die in Tab. 2.9-2 angegebenen Zahlen stellen nur Mittelwerte dar. Im Gegensatz dazu zeichnet sich das Meerwasser durch eine relative Konstanz aus; dominierende Ionen sind hier Natrium und Chlorid (Tab. 2.9-2). Eine meerwasserähnliche Ionenzusammensetzung wird als thalassisch, eine unähnliche als athalassisch bezeichnet.

Problematisch für die Gewässerbewohner erweisen sich häufig Veränderungen der Salzlast auf Grund schwankender Zuflüsse. Damit ist die Inkonstanz der Salinität vieler Süßgewässer im Vergleich zum marinen Lebensraum ein sehr großes Problem für die Organismen. Die Wirkung des Salzes beruht auf der Erhöhung des osmotischen Druckes und auch auf der Toxizität einzelner Ionen wie beispielsweise der des Kaliums.

Biologische Wirkung der Versalzung und Anpassung der Organismen

Die oben angeführten Ionen sind zu den »konservativen« Substanzen zu rechnen, die von den Organismen nicht oder im Vergleich zum Angebot in nur geringen Mengen benötigt werden. Um im aquatischen Lebensraum existieren zu können, müssen Lebewesen über die Fähigkeit verfügen, Unterschiede in der Ionenkonzentration von Körperflüssigkeit und Umgebungswasser auszugleichen oder innerhalb eines gewissen Bereichs einigermaßen konstant zu halten. Dabei werden folgende physiologische Typen von Organismen unterschieden:

- Poikilosmotische Organismen, Meerwasserbewohner – Ionenkonzentration der Körperflüssigkeit passt sich dem Umgebungswasser an
- Hypertonische Organismen, Süß- und Brackwasserbewohner – Ionenkonzentration über der des Umgebungswassers
- Hypotonische Organismen, Bewohner hypersaliner Lebensräume – Ionenkonzentration unterhalb der des Umgebungswassers

Die Regulation der Konzentration der Körperflüssigkeit ist ein lebenswichtiger und oft energieaufwendiger Prozess. Der Regulationsaufwand steigt mit zunehmendem Salzgehalt an und er hat großen Einfluss auf die aquatische Biozönose. Eine Veränderung der Salinität des Umgebungswassers greift im Ökosystem auf verschiedenen Ebenen, sie betrifft das Individuum und die Population in ihrer Existenz, ihrer Generationszeit und Reproduktionsfähigkeit sowie die gesamte Lebensgemeinschaft in ihrer Komplexität und Funktionsweise. Salzreiche Gewässer führen zu artenarmen, aber individuenreichen Lebensgemeinschaften – hin-

sichtlich der Individuendichte können auf Artniveau betrachtet häufig Extremwerte erreicht werden. Mit zunehmender Salzkonzentration kommt es zum Ausfall von Arten und einer Zunahme salzresistenter Formen. Süßwasserorganismen können daher manchmal durch Einwanderer aus dem Brackwasser und dem Meer ersetzt werden. Häufig dominieren im salzigen Lebensraum Bakterien und einzellige Organismen über mehrzelligen Organisationsformen.

Procaryonten, Organismen ohne echten Zellkern, sind im Süßwasser und auch in hypersalinen Gewässern verbreitet. Es gibt Formen, die im Salzwasser leben, die im Süßwasser vorkommen und solche die im Bereich starker Salzschwankungen leben, indem sie beispielsweise durch die Absonderung von Ectoin und Betain an diesen Lebensraum adaptiert sind. Gerade bei den Bakterien zeichnet sich jedoch häufig ab, dass deren Vorhandensein nicht unbedingt mit der für diese normalerweise typische Aktivität verbunden ist. Die Nitrifikation ist ein Beispiel für einen Abbauprozess, der mit steigender Salinität zurückgeht, obgleich man viele Nitrifikanten im Gewässer nachweisen kann.

Bei den Eucaryonten, Pflanzen und Tieren mit echtem Zellkern und starker Kompartimentierung durch Membranen, sind Pflanzen und Tiere zu unterscheiden. Innerhalb der Pflanzen wurden die Algen und hier vor allem die Kieselalgen (Diatomeen) besonders gut untersucht. Diese reagieren auf Änderungen der Salzkonzentration – bereits ab 100 Milligramm Chlorid je Liter – mit einem Wechsel der Artenzusammensetzung. Indikatorarten für den Salzgehalt lassen sich einteilen in halophobe Arten – Süßwasseranzeiger – und halophile Arten – Salzwasseranzeiger. Unter den in Salzwässern vorkommenden Arten unterscheidet man zwischen mesohaloben Formen, die einen mäßig versalzten Lebensraum bevorzugen und polyhaloben Formen, die unter extrem versalzten Bedingungen leben können. Höhere Pflanzen reagieren auf Veränderungen der Salzkonzentration sehr viel empfindlicher. *Elodea canadensis* beispielsweise reduziert schon bei 100 Milligramm Chlorid je Liter die Photosynthesenettoproduktion. Toxisch wirken auf die höheren Pflanzen vor allem Magnesium- und Kaliumchlorid (NOBEL & KOHLER 1978). Auch der Wasserhahnenfuß, *Ranunculus fluvitans*, geht mit zunehmender Salzbelastung zurück.

Bei den tierischen Organismen hängt die Salztoleranz ähnlich wie bei den Pflanzen von der Organisationsform ab. Auch hier scheinen die einzelligen Lebewesen (Protozoen) sehr viel toleranter zu sein als die Vielzeller. Die kritische Verbreitungsgrenze liegt bei 5.000 Milligramm Chlorid je Liter Wasser. Besonders gut sind unter den Einzellern die Ciliaten untersucht;

vor allem die freischwimmenden Formen eignen sich als Indikatoren, indem sie in fünf Toleranzklassen die Salzlast aufzeigen. Die vielzelligen Organismen unter den Tieren reagieren sehr sensibel auf Salzbelastungen – Schwämme, Moostierchen und Muscheln sind beispielsweise Organismen, die bei Salzbelastungen völlig verschwinden. Mehrere Fischarten wie diadrome Fischarten gelten als relativ salzunempfindlich; das sind Fischarten, die Laichwanderungen ins Süßwasser (Lachs, Meerforelle) oder umgekehrt vom Süßwasser zum Meer (z.B. Aal) durchführen. Auch Barsche wie *Tilapia* werden als resistent eingestuft.

Salzreiche Lebensräume

Stehende Gewässer - Seen und Lacken

Natürliche Salzseen entstehen als Endseen oder vulkanische Seen in Verbindung mit salzführenden geologischen Schichten über dem Grundwasser, die beim Austrocknen sogenannte Salzpflannen hinterlassen. Ihre Salzkonzentration ist vom Eintrag der Zuflüsse und dem Klima, Niederschlag und Verdunstung, abhängig.

In manchen Seen ist das Tiefenwasser (Hypolimnion) nicht nur thermisch isoliert durch das Metalimnion, sondern auch chemisch. In diesem Falle weist es einen höheren Salzgehalt auf, der zum Beispiel auf das Einleiten von schwerem salzreichen Wasser zurückzuführen ist. Der dadurch bedingte Dichtegradient ist oftmals größer als der thermische und verhindert ganzjährig eine vollständige Durchmischung (Vollzirkulation) des Wasserkörpers. Solche als meromiktische Seen bezeichnete Gewässer weisen eine nicht durchmischte Wasserschicht – ein Monimolimnion – auf, das auf Grund der fehlenden Zirkulation häufig einen Ort erhöhter Nährstoffkonzentrationen, aber eines geringen Sauerstoffgehaltes oder gar Sauerstoffmangels darstellt.

Salzlacken oder Sodalacken, wie sie beispielsweise im Osten Österreichs im Seewinkel aber auch in Ungarn sowie Asien und Ostafrika vorkommen, enthalten auf Grund salzhaltiger Sedimente große Mengen an Natriumkarbonat (Soda), sie werden von Regen und/oder Grundwasser gespeist und unterliegen damit saisonalen Veränderungen. Als seichte Mulden, 30 bis 50 cm tief, können solche ohne Grundwasseranbindung austrocknen, und es bedarf starker Niederschläge um sie wieder aufzufüllen. Im Seewinkel weisen Weiße Lacken mit hohem Sodaanteilen kaum Pflanzenwuchs und viele Schwebpartikel auf; die Schwarzen Lacken, die stark bewachsen sind, enthalten organisches Material und kaum Soda.

Ein gutes Beispiel für anthropogen bedingte Versalzung ist die Entwicklung des Aralsees, eines durch die Flüsse Amu-Darja und Syr-Darja gespeisten End-

sees, der bis 1960 mit 68.000 km² der viertgrößte Binnensee der Erde war. Seit 1960 hat sich die Fläche des einstmaligen 65 Meter tiefen Aralsees von 35.000 km² auf knapp 21.000 km² verringert; der Salzgehalt übersteigt inzwischen das 2,4 fache des Meerwassers. Auf Grund der zunehmenden Verlandung besteht der See heute aus zwei Teilen, dem südlichen Großen Aralsee und dem nördlichen Kleinen Aralsee. Die Veränderung des Aralsees ergibt sich aus dem Abzweigen von Wasser der Zuflüsse für Bewässerungszwecke, um die seit 1960 stark erweiterte Baumwoll-, Gemüse-, Weizen- und Reisproduktion zu fördern. Große Teile des Aralsees waren flach (mittlere Tiefe betrug 16 Meter), so dass das Ausbleiben der Zuflüsse sehr rasch zu einem starken Rückgang der Seefläche führte. Durch Verdunstung entstand über dem See eine Dunstglocke, die den Steppewinden Einhalt bot. Ihr Verschwinden bedingte eine Verschärfung des kontinentalen Klimas mit heißeren Sommern und kälteren Wintern. Vom ausgetrockneten Seeboden werden jedes Jahr bis zu 100 Mio. Tonnen salzhaltiger Staub aufgewirbelt und durch Staubstürme in der Region verteilt. Das größte Problem der Region ergibt sich aus der Tatsache, dass aus den salzhaltigen Böden Salz aus den tieferen Bodenschichten an die Oberfläche gelangt, so dass auch die Böden im zunehmenden Maße versalzen. Daraus wiederum ergeben sich starke Ertragsrückgänge im Ackerbau. Die zunehmende Versalzung des Seewassers bedingte ein Fischersterben und damit den Niedergang der Fischerei. Ehemalige Hafenzentren, Bade- und Uferorte liegen heute mitten in der Wüste, mehr als 100 km von der früheren Uferlinie entfernt. Nach dem Rückzug der Wasserlinie bleibt eine Salz- und Staubwüste, die durch jahrzehntelange hohe Einträge an künstlichen Düngemitteln, Herbiziden, Pestiziden und anderen Schadstoffen zudem hoch Gesundheit gefährdend ist. Politische Strukturen sowie Eigeninteressen der Nutzer des Amu-Darja-Wassers (Afghanistan, Usbekistan, Turkmenistan) verhindern wasserwirtschaftliche Vereinbarungen, so dass die Regionen im Unterlauf des Amu-Darja insbesondere in trockenen Zeiten von Wasserknappheit betroffen sind. Man versucht die Probleme der Aralseeregion in den Griff zu bekommen, indem beispielsweise 1997 von der kasachischen Regierung ein Deich zwischen beiden Seen aufgeschüttet wurde, um ein Eindringen des Salzwassers in den nördlichen Teil zu verhindern. Der Wasserspiegel beginnt im nördlichen See bereits wieder zu steigen und damit geht der Salzgehalt zurück. Gleichzeitig versucht man das Bewässerungssystem des Syr-Darja effektiver zu gestalten, um wieder einen größeren Zufluss sicher zu stellen. Für den südlichen Aralsee scheint sich keine Rettungsmaßnahme abzuzeichnen.

Fließgewässer – Flüsse und Ästuar

Fließgewässer haben einen natürlichen Salzgehalt, der im Wesentlichen durch Boden und Klima über Niederschlag und Verdunstung geprägt ist. Im Mündungsbereich der Flüsse, in den Ästuaren, steigt der Salzgehalt meistens vehement an und bedingt in Abhängigkeit des Flutstromes einerseits und des Oberwasserabflusses andererseits den Salzgehalt dieses durch die Gezeiten beeinflussten Mündungsbereiches. In diesem Übergangsbereich können sich vor allem hypertensive Organismen behaupten – limnische und marine Formen, die über einen engen ökologischen Toleranzbereich verfügen, sterben in Folge des veränderten Salzgehaltes ab. Dies kann verbunden mit der langen Verweilzeit des Wasserkörpers im ästuarinen Lebensraum während der warmen Sommermonate zu Sauerstoffdefiziten führen.

Anthropogene Versalzung am Beispiel der Werra-/Weser-Region (Deutschland) ist auf die Abwässer der Kaliindustrie zurückzuführen. Vor allem nach 1968 wurden als eine Folge des direkten Einleitens von salzreichen Abwässern im Fluss erhöhte Salzkonzentrationen nachgewiesen – bis zu 40 Gramm Chlorid je Liter Wasser. Daraus ergab sich eine Artenverarmung der Flussfauna und -flora. Diese wurde verstärkt durch die in den Abfallsalzen gegebene »unharmonische« Ionenzusammensetzung, die auf Grund eines zu hohen K^+ oder Mg^{2+} Gehaltes toxisch wirkt, und den oft starken Konzentrationsschwankungen infolge von unregelmäßigen Einleitungen. In manchen stark versalzten Gebieten hatten sich Meeres- und Brackwasserorganismen wie beispielsweise *Gammarus tigrinus* (Flohkrebs), *Enteromorpha intestinalis* (Grünalge) und *Chaetoceros mülleri* (Kieselalge) ausgebreitet. Geänderte technische Maßnahmen sowie Betriebsstilllegungen führten Ende der 1990er Jahre zu einer Reduktion der Salzlast. Inzwischen nehmen vielerorts die Süßwasserorganismen wieder zu und man kann eine zunehmende Artenvielfalt bemerken.

Nahrungsgefüge

Mit zunehmender Salzbelastung kommt es zum Ausfall von Arten, und entsprechend weniger komplex und kurz geschlossen ist das Nahrungsgefüge – das heißt Salzseen weichen in ihrem Nahrungsgefüge vom Normaltyp ab.

Sodaseen, beispielsweise der Nakuru See in Kenia, umfassen als Primärproduzenten fast ausschließlich die Blaualge *Spirulina platensis*. Diese Alge ist in dem sehr flachen See für den Kleinen Flamingo (*Phoenicomaias minor*), der dort in riesigen Schwärmen auftritt und die Nahrung mit dem Schnabel abseht, ein ausgezeichnetes Futter. Der Flamingo teilt sich die Nahrung zu gleichen

Teilen mit einem Buntbarsch (*Tilapia oreochromis*). Alle weiteren Konsumenten der Primärproduktion sind von geringer Bedeutung. Da dieser Fisch die Algen ebenfalls direkt aufnimmt sind hier die nicht häufigen Nahrungsketten Algen - Fische und Algen -Vögel vertreten.

In stark salzigen natriumchloridhaltigen Seen, wie im Great Salt Lake, Utah (USA), und in Salinen ist die Lebensgemeinschaft vorwiegend auf Bakterien, die Geißelalge *Dunaliella salina* und den bis zu 15 mm großen Salinenkrebs *Artemia* beschränkt. Auch hier liegt wiederum ein sehr einfaches Nahrungsgefüge vor, ähnlich wie bei den Sodalacken in der österreichisch-ungarischen Tiefebene.

Regeneration versalzter Gewässer nach Reduktion der Salzlast

Die Regeneration versalzter Gewässer nach Rückgang der Salzlast ist möglich. Sie erfolgt aber relativ langsam über Jahre hinweg und hängt von der Wassererneuerungszeit ab – je kürzer diese ist, um so schneller kommt es zur Reduktion der Salzlast. Somit ist in Fließgewässern im Vergleich zu Seen ein Ausfließen in kürzerer Zeit zu erwarten. Davon abgesehen sind Fließgewässer dadurch begünstigt, dass Organismen aus unbeeinflussten Flussabschnitten, zum Beispiel oberhalb der Salzeinleitung, über die Organismendrift oder aktive Wanderung stets nachgeliefert werden und somit rasch eine Besiedlung des Flusses stattfinden kann.

Schlussbetrachtung

Die Zunahme der Weltbevölkerung sowie die Zunahme des Lebensstandards werden die sozialen Konflikte um das Medium Wasser erhöhen. Daher ist ein sorgfältiger Umgang mit dieser Ressource auf verschiedenen Ebenen notwendig – im Haushalt, in der Landwirtschaft und in der Industrie. Wohlüberlegter und maßvoller Einsatz werden an Bedeutung gewinnen müssen und damit einhergehend sind technische Entwicklungen wie beispielsweise in der landwirtschaftlichen Produktionstechnik, aber auch im Bergbau bei Laugungsverfahren oder der Lagerung von Abraum erforderlich. Reversibel scheint der Zustand der von der Kaliindustrie verunreinigten Gewässer im Wesereinzugsgebiet, aber am Beispiel des Aralsees wird uns klar, dass die Versalzung auch irreversible Zustände bedingen kann, die sich nicht nur im Verlust biologischer Vielfalt und Funktionsfähigkeit äußern, sondern auch eine Vielzahl unvorhersehbarer sozialer Konflikte nach sich ziehen.

Literatur

- HAMMER U. T. (1986): Saline lake ecosystems of the world. Junk, The Hague Boston. 632 pp.
- MEYBECK M. (1995): Global distribution of lakes. In: Allerman, D.M. & J.R. Imboden (Hrsg.), Physics and chemistry of lakes. Springer Verlag, 2nd ed, Berlin. 1-35.
- PICKETT S. T. A. & P. S. WHITE (1985): The Ecology of Natural Disturbance as Patch Dynamics. New York, Academic Press. 472 pp.
- NOBEL W. & A. KOHLER (1978): Die Wirkung der Salzbelastung auf submerse Weichwasser-Makrophyten unter Laborbedingungen.- Verh. Ges. Ökol. (Kiel): 273-279.
- TOWNSEND C. R. & A. G. HILDREW (1994): Species traits in relations to a habitat template for river systems. Freshw. Biol. 31: 265-275.
- UHLMANN D. & W. HORN (2001): Hydrobiologie der Binnengewässer.- UTB Verlag Stuttgart. 528 pp.
- WETZEL R. G. (1983): Limnology 2. Aufl.- Saunders Comp., Philadelphia. 763 pp.
- WILLIAMS D. D. (1987): The ecology of temporary waters .- Croom Helm and Timber Press, Portland OR , USA. 205 pp.
- WILLIAMS W. D. (1996): The largest, highest and lowest lakes of the world: Saline lakes.- Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 61-79.

*PD Dr. Heike Zimmermann-Timm
GRADE - Goethe Graduate Academy
Goethe University Frankfurt/Main
Im SOLITÄR, Riedbergplatz 1 - 60438 Frankfurt
zimmermann-timm@grade.uni-frankfurt.de*