© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Die Bedeutung des Wassers für die Verbreitung körperfremder Substanzen

H. AN DER LAN

Unter körperfremden Substanzen meine ich erstens solche, die ubiquitär vorhanden sind, aber durch den Zivilisationsfortschritt in unnatürlichen Mengen angereichert und dadurch zu einer Gefahr für die belebte Welt werden. Zweitens verstehe ich darunter jene Stoffe, die als neu synthetisierte und bisher in der Natur unbekannte Verbindungen in unsere Umwelt gelangen. Zur ersten Gruppe gehören zum Beispiel Blei und Quecksilber, zur zweiten die vielen Verbindungen aus dem Sektor Pflanzenschutz oder Detergentien.

Für eine Verteilung und Verfrachtung dieser Stoffe kommt dem Wasser eine hervorragende Rolle zu, dem Süßwasser sowohl als auch dem Meerwasser. Es ist gleichgültig, ob es sich um im Wasser lösliche Verbindungen handelt oder um unlösliche, in beiden Fällen sorgt Wasser, vielfach über den Umweg seiner Organismenwelt, für eine allgemeine Verbreitung.

Ubiquitäre Substanzen

Blei Blei und seine Verbindungen sind in der Natur überall vorhanden. Durch den allgemeinen technischen Fortschritt ist im Lauf der Jahrzehnte aber eine Anreicherung von Blei eingetreten, die gegenwärtig innerhalb der Industrielandschaften, also der hochzivilisierten Gebiete, zu einer akuten Gefahr wird. Durch die einschlägige Industrie gelangt dieses Metall über Abwässer in Flüsse und in die Meere. Nach vorsichtigen Berechnungen des amerikanischen Geochemikers Patterson sind es auf unserer Nordhalbkugel zirka 500.000 Tonnen jährlich, die in die Ozeane gelangen. Daher weisen die oberflächlichen Schichten des Atlantiks zum Beispiel unnatürlich hohe Bleimengen auf. In stets zunehmendem Maß gelangt Blei durch das verbleite Benzin über die motorischen Abgase in die Umgebung und wird durch Niederschläge ebenfalls stehenden und fließenden Gewässern zugeführt. Welche Mengen Blei durch Auspuffgase frei

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

werden, mögen folgende Zahlen verdeutlichen: Ein Liter Benzin enthält 200 bis 600 mg Blei. Von diesen gelangen 50 bis 70% über den Auspuff in die Umgebung. Nimmt man einen Durchschnittswert von 400 mg/l und rechnet man mit 50%, die freigesetzt werden, so gelangen bei einem Benzinverbrauch von 10 Liter auf 100 km durch ein Fahrzeug 2 g Blei in die Atmosphäre. Bei 1000 Fahrzeugen sind es schon 2 kg! Allein für die Bundesrepublik Deutschland hat man 1968 einen Bleiausstoß durch Vergaserbrennstoffe von über 5000 Tonnen jährlich errechnet. Es entzieht sich noch unserer Kenntnis, ob und in welchen Größenordnungen durch die Lebewelt des Wassers dieses Metall in den biologischen Stoffkreislauf eintritt und dadurch vermehrt an höhere Organismen weitergegeben werden kann. Da die marine pflanzliche und tierische Welt immer mehr in den Blickpunkt einer Nahrungsbasis für die künftige Weltbevölkerung in Betracht gezogen wird, kommt der Klärung solcher Fragen besondere Bedeutung zu.

Radioaktive Substanzen Das gleiche gilt für die Anreicherung dieser Stoffe. Die gesamte Organismenwelt ist auf die natürliche Radioaktivität unserer Erde seit Millionen Jahren eingespielt. In den letzten Jahrzehnten aber kommen durch die technisch-wissenschaftliche Entwicklung vermehrt radioaktive Elemente über die Atmosphäre oder durch Abwässer in alle Gewässerarten und in die Meere. Es handelt sich um Strontium 90, Cäsium 137, Zirkon, Zink, Chrom und radioaktives Kobalt, die zum Beispiel im indischen Ozean in Mengen vorhanden sind, die von den Wissenschaftlern als bedenklich angesehen werden („Universitas" 1968). Vor allem deshalb, da wir noch keine Aussage darüber machen können, wie die marine Basisnahrung auf eine unnatürliche Zunahme radioaktiven Materials reagiert und was dies, wie ich es schon für das Blei angedeutet habe, für den gesamten Stoffkreislauf dieses Lebensraumes für Folgen nach sich zieht.

Quecksilber Auch Quecksilber ist auf unserer Erde vorhanden und bildete, solange der Mensch für eine unnatürliche Anreicherung keinen Anlaß gab, nie eine Gefahr. Durch die Quecksilber verarbeitende Industrie gelangt dieses Element über verschiedene Wege in die Umgbung, auch in stehende und fließende Gewässer. Durch quecksilberhaltige Pflanzenschutzmittel (Saatgutbeizen) wird für eine weitere Verbreitung und Anreicherung dieses Metalls gesorgt. Es hat sich in den letzten Jahren herausgestellt, daß manche Wasserorganismen unseres limnischen Lebensraumes, vorwiegend im Wasser lebende Insektenlarven, relativ hohe Mengen Quecksilber speichern können (Johnels 1967). Diese Organismen werden von Fischen gefressen, in denen sich das Quecksilber anreichert. Dadurch ergab sich in jüngster Zeit, daß Fische aus zahlreichen schwedischen Seen und Flüssen nicht zum Verkauf kommen durften. Fische werden zu Trägern dieses für Warmblüter gefährlichen Metalles, ohne

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

selbst Schaden zu nehmen, weil Quecksilber eine für den Fisch ungiftige Eiweißverbindung eingeht. Quecksilber tritt also in den biologischen Stoffkreislauf, in den Biocyclus ein! Die Tatsache, daß Quecksilber im Seeadler des Ostseegebietes in der Größenordnung von 50 mg/kg nachgewiesen wurde, zeigt, daß dieses Element über den Biocyclus schon den Weg zu höheren Wirbeltieren gefunden hat (RAUTAVAARA 1969).

Cancerogene Kohlenwasserstoffe Diese Verbindungen kommen in der Natur vor, traten aber erst durch die industrielle Entwicklung in den Vordergrund des Interesses und bilden heute teilweise eine Gefährdung des Menschen. Durch zahlreiche Industriezweige und durch die Abgase motorisierter Fahrzeuge werden verschiedene krebserregende Substanzen in unsere nähere und weitere Umgebung gebracht. Durch Niederschläge werden sie vom Gras, vom Laub der Bäume und von den Straßenoberflächen weggeschwemmt und finden den Weg in die verschiedensten Gewässerarten. Auch über die Atmosphäre gelangen sie dorthin. Durch den Zivilisationsfortschritt erfolgt eine Anreicherung dieser Verbindungen, vor allem in den stehenden Gewässern. Da cancerogene Verbindungen eine Affinität zu Ölen und Fetten haben, genau wie die später zu besprechenden chlorierten Kohlenwasserstoffe innerhalb der Pflanzenschutzmittel, nehmen sie aus dem Wasser den Weg in Planktonorganismen (ELSTER u. a. 1963). Zur Zeit läßt sich noch nicht sagen, was dies für den biologischen Stoffkreislauf bedeutet.

Neu synthetisierte, persistente Verbindungen

Darunter sind vor allem jene gemeint, die mit der Einführung des modernen chemischen Pflanzenschutzes, im Sinne synthetisch hergestellter Verbindungen, seit der Entdeckung der insektiziden Eigenschaften des DDT im Jahre 1939, eine bedeutende Rolle in unserer Umwelt spielen. Sie gelangen durch die landwirtschaftliche Praxis in die Umgebung und viele unter ihnen zeichnen sich durch eine unglaublich hohe Persistenz aus. Sie sind kaum oder nur schwer abbaubar. Von ihrem Verhalten in der belebten und unbelebten Umwelt wußte man seinerzeit nichts. Man hat sich darüber auch zunächst keine Gedanken gemacht. Erst in den letzten 10 bis 15 Jahren mehrten sich warnende Stimmen. Sie gipfelten allgemein darin, daß viele der neuen Verbindungen ökologisch, allgemein biologisch, veterinär- und humanmedizinisch gesehen, untragbar sind (AN DER LAN 1965, 1966, 1967, 1969, 1969 a, EICHLER 1965, 1967, RISEBROUGH 1967, 1968, SCHUPHAN 1963, 1964, WELLENSTEIN 1964, WOODWELL 1967, WURSTER 1968, um nur die wichtigste Literatur anzuführen). Die persistenten Verbindungen gehören vorwiegend den chlorierten Kohlenwasserstoffen an, unter denen DDT, Aldrin und Endrin

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

allgemein bekannt sind. Sie sind praktisch wasserunlöslich, trotzdem aber spielt Wasser hinsichtlich der Verteilung dieser Stoffe eine hervorragende Rolle, wobei Mikroorganismen mit beteiligt sind, vorwiegend jene des limnischen und marinen Planktons.

Pflanzenschutzmittel der eben genannten Gruppe bleiben viele Jahre im Boden, teilweise 10 und mehr Jahre und können unter bestimmten Voraussetzungen auch 20 Jahre und darüber erhalten bleiben. Es ist im allgemeinen gleichgültig, wohin in der Praxis diese Mittel ausgebracht werden, es gibt zahlreiche Möglichkeiten, daß Wasser sie übernehmen kann. Wasser erhält sie außerdem durch industrielle Abwässer und zusätzlich aus der Atmosphäre. Fließgewässer transportieren sie weiter in stehende Gewässer oder in die Meere. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß diese Stoffe nur so lange im Wasser verweilen, wie keine Mikroorganismen vorhanden sind. Eine Haupteigenschaft aller chlorierten Kohlenwasserstoffe ist ihre hohe Affinität zu Fetten, Ölen, Wachsen und fettähnlichen Verbindungen, wie Lipoiden. Da pflanzliche und tierische Mikroorganismen diese reichlich aufweisen, so dringen sie rasch in diese ein. Wurden zum Beispiel Pflanzenschutzmittel dieser Stoffklasse auf die Wasseroberfläche von Seen gebracht (durch Windverfrachtung oder bei forstlichen Großeinsätzen vom Flugzeug aus), so waren schon wenige Tage nachher diese Mittel im Wasser nicht mehr nachweisbar. Das Plankton hatte sie an sich gerissen. Genau das gleiche gilt für die Meere. Es ist noch nicht bekannt, wie groß die Menge an stabilen Pflanzenschutzmitteln ist, die jährlich auf unserer Nordhalbkugel durch die Flüsse den Meeren zugeführt wird. Meeresströmungen verfrachten diese Mittel und das Plankton übernimmt sie.

Das Plankton ist die Basisnahrung für jede Art höheren Lebens, im Süß- und Meerwasser. Von ihm nehmen die verschiedensten Nahrungsketten ihren Anfang. In ihren einzelnen Gliedern erfolgt eine kontinuierliche Anreicherung der chlorierten Kohlenwasserstoffe, bis bei Endgliedern weit über den Toleranzwerten liegende Mengen nachweisbar sind (Einzelheiten darüber in der schon angegebenen Literatur).

Wie das pflanzliche Plankton hinsichtlich seines eigenen Stoffwechsels auf das Vorhandensein derartiger Verbindungen reagiert, ist noch nicht vollkommen geklärt. Es wurden Angaben gemacht, wonach die Assimilisationsleistung mariner Algen stark herabgesetzt sei. Wie sich das auf den biologischen Stoffkreislauf auswirken wird, ist zur Zeit nur vermutbar. Derartigen Zusammenhängen ist erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken, bevor es zu spät ist. Es darf auch nicht vergessen werden, daß absterbendes Plankton und absterbende höhere Organismen nach ihrem Tod diese persistenten Stoffe neuerlich dem Wasser übergeben oder eine beträchtliche Anreicherung im Benthosbereich erfolgt.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Innerhalb der Pflanzenschutzmittel ist auch Herbiziden besondere Aufmerksamkeit zu schenken (Mittel gegen unerwünschte Pflanzen), da einzelne unter ihnen im Wasser eine hohe Stabilität erkennen lassen, und zwar dann, wenn eine bakterielle Zersetzungstätigkeit fehlt oder stark vermindert ist. Dies ist zum Beispiel im Grundwasser der Fall. In diesem Biotop können dann sehr lange biologische Halbwertszeiten gegeben sein, da hier tiefe Temperaturen herrschen und eine bakterielle Tätigkeit stark vermindert ist oder überhaupt fehlen kann. Für eine Temperatur von 20 Grad, ohne biologische Abbauprozesse, sind bei neueren Herbiziden Halbwertszeiten errechnet worden, die zwischen 9 und 116 Jahren liegen (HANCE 1967).

Detergentien

Diese Stoffgruppe belastet viele Gewässerarten, einschließlich des Grundwassers, wenn es sich um nicht oder schwer abbaubare Verbindungen handelt. Es sind die oberflächenaktiven Wasch- und Reinigungsmittel. Auf Grund ihrer besonderen physiko-chemischen Eigenschaften gelangen sie mit Hilfe des Wasser so gut wie überall hin, auch ihre Umwandlungsprodukte. Sie werden an biologische Oberflächen herangebracht oder gelangen in das Innere von Organismen. Substanzen, die in pflanzliches oder tierisches Gewebe nicht oder nur schwer eindringen können, werden durch Detergentien „mitgenommen" Im Wasser inaktive Verbindungen vermögen über Detergentien Organismen in einer uns zur Zeit noch ungenügend bekannten Art und Weise zu beeinflussen. Einiges ist darüber bekannt, aber es klaffen noch große Lücken. Sie scheinen vor allem dort auf, wo es sich um Interaktionen der Stoffe selbst oder ihrer Abbauprodukte handelt und über die Rolle des Wassers bei diesen Vorgängen. Wahrscheinlich wirken oberflächenaktive Stoffe auch auf die physiko-chemischen Eigenschaften des Wassers in sehr verschiedener Weise ein, vielleicht durch Veränderung des molekularen Zustandes. Man bedenke in diesem Zusammenhang: Wasser ist nicht nur H_2O. So ist zum Beispiel die Möglichkeit des Wassers, Sauerstoff aufzunehmen, durch das Vorhandensein von Detergentien reduziert.

Zusammenfassung

Wir stehen vor einer Vielfalt von Fragezeichen. Unsere zivilisierte Gesellschaft geht mit dem Wasser um, als wäre es das Unwichtigste der Welt. Genau das Gegenteil ist der Fall. Wir übergeben dem Wasser eine Menge verschieden-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

artigster Stoffe und Verbindungen, ohne zu wissen, was sie für den biologischen Stoffkreislauf bedeuten. Man gibt sich damit zufrieden, diese Substanzen loszuwerden oder sie aus der Nähe des Menschen wegzuschaffen. Was weiter geschieht, interessiert nicht. Ich verweise nochmals auf radioaktive Isotope, die das Wasser mit sich führt und auf eine bereits beachtliche Anreicherung in manchen Meeresgebieten. Was wir im Hinblck auf Wasser, unser Lebenselement Nummer eins, dringend benötigen, ist Grundlagenforschung und nochmals Grundlagenforschung, vor allem im Hinblick auf die vielfältigen Möglichkeiten von Interaktionen. Es bleibt nicht bei der Vielfalt von Elementen und Verbindungen, sondern es entstehen unter Umständen durch die Umwandlungs- und Abbauprodukte, in Wechselwirkung mit der belebten und unbelebten Umwelt, vollkommen neue Produkte. Wenn diesen Fragen nicht sofort nachgegangen wird, so ist es fraglich, ob es in der Zukunft überhaupt noch möglich sein wird, die auf uns zukommenden äußerst komplexen Probleme zu bewältigen.

LITERATUR

AN DER LAN, H. (1965): Auswirkungen und Probleme der Gewässerverunreinigung durch Pflanzenschutzmittel. — Wasser und Abwasser, Bd. 1965, 85—99.

— (1966): The present situation of toxicology in the field of crop protection. — Residue Reviews, 15, 31—43.

— (1967): Biologische Probleme durch die Chemisierung unserer Umwelt. — Universitas, 22, 579—588.

— (1969): Braucht die heutige Zivilisation eine Umwelt-Toxikologie? — Hippokrates, 40, 308—314.

— (1969): Schädigungsmöglichkeiten der Nachkommenschaft durch Pflanzenschutzmittel bei Warmblütern. — Zentralbl. Bakter., Parasitenkd., Infektionskrankh. u. Hygiene, I Orig. 210, 234—240.

EICHLER, W. (1965) Biologische Gefahren der Chemisierung unserer Umwelt durch Insektizide und die Verantwortung des Biologen. — Biol. Rundschau, 3, 227—241.

— (1967): Die augenblickliche Problematik der Insektizidanwendung. — Schr. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien, 107, 97—136.

ELSTER, H. J., LEHN, H., LOSSNITZER, H., KNORR, M., PÖPEL, F. (1963): Bodensee-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. — F. Steiner-Verlag, Wiesbaden.

HANCE, R. J. Zersetzung von Herbiziden im Boden durch nichtbiologische chemische Prozesse. — J. Sci. Food Agric., 18, 544—547.

JOHNELS, A. G., WESTERMARK, T., BERG, W., PERSSON, P. I., SJÖSTRAND, B. (1967): Pike (Esox lucius L.) and some other aquatic organisms in Sweden as indicators of mercury contamination in the environment. — Oikos (Kbh.), 18, 323—333.

RAUTAVAARA, T. (1969): Pestizide — was kann noch toleriert werden. — Vitalstoffe — Zivilisationskrankheiten, 14, 81—82.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

RISEBROUGH, R. W., MENZEL, D. B., MARTIN, D. J., OLCOTT, H. S. (1967): DDT Residues in Pacific Sea Birds: a Persistant Insecticide in Marine Food Chains. — Nature, 216, 589—590.

RISEBROUGH, R. H., HUGGETT, R. J., GRIFFIN, J. J., GOLDBERG, E. D. (1968): Pesticides: Transatlantic Movements in the Northeast Trades. — Science, 159, 3820, 1233—1235.

SCHUPHAN, W. H. (1963): Aktuelle Pflanzenschutzprobleme in ihrer möglichen Auswirkung auf die Gesundheit von Tier und Mensch im Spiegel lebensmittelrechtlicher Bestimmungen. — Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabilis, 2, 337.

— (1964): Pflanzenschutz, Landschaftsschutz, Menschenschutz. Moderne Probleme um den biologischen Wert der Nahrungs- und Futterpflanzen. — Kosmos, 60, 489—508.

Universitas, 1968, 23, 883.

WELLENSTEIN, G. (1964): Die Chemotherapie in Land- und Forstwirtschaft. Erfolge, Problematik und Gefahren. — Schriftenr. Forstl. Abtlg. Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg i. Br., 4.

WOODWELL, G. M. (1967): Toxic Substances and Ecological Cycles. — Scient. American, 216, 24.

WURSTER, C. F. Jr., MEYER, A. S. (1968): DDT Residues and Declining Reproduction in the Bermuda Petrell. — Science, 159, 3818, 979—981.

DISKUSSION

SONNTAG: Seit wann werden die Untersuchungen an den Pinguinen in der Antarktis und über die Radioaktivität im Indischen Ozean durchgeführt? Wenn es sich um eine einmalige oder kurzfristige Untersuchung handelt, sagt sie nicht darüber aus, daß nicht schon immer diese vom Vortragenden erwähnten Stoffe sowohl in den Pinguinen als auch im Indischen Ozean vorhanden waren.

AN DER LAN: Die in den Pinguinen nachgewiesenen chlorierten Kohlenwasserstoffe gab es früher nicht. Sie sind erst seit 1939 in die Umwelt gekommen. Bezüglich der Radioaktivität im Indischen Ozean wurde 1968 publiziert. Die in den Ozeanen festgestellten Werte liegen weit über den Normalwerten, besonders im Indischen Ozean.

FRANTZ: Die Akkumulation von Radioisotopen im Indischen Ozean und in anderen Oberflächengewässern ist vorwiegend auf die ausländischen Kernwaffenversuche (1945, 1957/58, 1961/62, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968) zurückzuführen. Im Indischen Ozean, der eine relativ hohe Temperatur aufweist und daher reich an Plankton, höheren Pflanzen und Tieren ist, wird vermutlich die Akkumulation durch immer wieder neu erfolgende Kernwaffenversuche in Salzen und Plankton über die Nährstoffkette aufrecht erhalten; daher dürften die Anreicherungen von Radioisotopen dort relativ groß sein.

LEITHE: Zink ist bekanntlich ein lebenswichtiges Spurenelement. Um welche Konzentrationen handelt es sich bei der beschriebenen Giftwirkung?

AN DER LAN: Das gleiche gilt für Kobalt, das ein außerordentlich lebenswichtiger Stoff ist. Ohne Kobalt würden wir sofort an einer Anämie zugrunde gehen. Manche Stoffe sind in Spuren unbedingt notwendig, in größeren Mengen aber richten sie Schäden an. In diesem Fall handelt es sich bei Zink nicht um Größen-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

mengen der Spurenelemente, sondern um höhere Mengen, die im Durchschnitt bei 10 mg/l Trinkwasser liegen.

MARSCHALL: Bei verzinkten Boilern bzw. Heißwasserbehältern schlägt ab 70 ° C nach Tödt das Potential um. Zink ist dann positiv und Eisen negativ. So geht Zink durch den Verbraucher – wenn auch in einzelnen Anlagen in kleinen, auf diverse Einheiten betrachtet jedoch in beträchtlichen Mengen – in das Abwasser (Kanal, Vorfluter). Dazu ist zu bedenken, daß bei der Aufheizung das Wasser alkalisch reagiert ($CaHCO_3 - CaCO_3$) und es zur Bildung von Zinkaten kommt. Warum werden nicht auch für hygienische Zwecke schwarze Boiler verwendet? Eisen überzieht sich auch mit Wasserstein. Bei verzinkten Boilern ist immer die Gefahr der Korrosion vorhanden. Diese Korrosionen sind reine galvanische Vorgänge und haben mit einer Sauerstoffkorrosion überhaupt nichts zu tun.

KIRSCHNER: Es sind heute zahlreiche verschiedenste Pflanzenschutzstoffe in Verwendung. Sind bei der Bedeutung der biologischen Akkumulation noch weitere Angaben über Stoffgruppen außer den chlorierten Kohlenwasserstoffen zu erhalten?

AN DER LAN: Bezüglich des Verhaltens anderer Stoffgruppen innerhalb des Stoffkreislaufes ist praktisch nichts bekannt.

OTTENDORFER: Werden in Österreich in der Zellstoffindustrie Phenylquecksilberverbindungen verwendet?

RASSLER: Es wird, glaube ich, im allgemeinen vermieden.

LIEPOLT: Sie sprachen davon, daß gewisse Vergiftungen an Fischen nachweisbar waren. Treten bei diesen Fischen auch Akkumulationen im Fleisch, in Schuppen oder in inneren Organen auf?

AN DER LAN: Soweit ich orientiert bin, ist noch nicht viel darüber publiziert worden. Die Akkumulation ist in der Muskulatur, im Fettgewebe und im Darmgewebe gegeben, sicher auch in der Leber.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Hannes AN DER LAN, Zoologisches Institut der Universität Innsbruck, Universitätsstraße 4, A-6020 Innsbruck.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: 1969

Autor(en)/Author(s): An der Lan Hannes

Artikel/Article: Die Bedeutung des Wassers für die Verbreitung körperfremder Substanzen 97-104