

Schadstoffmonitoring in Vögeln des Wattenmeeres

Belastung der Eier von Flußseeschwalben und Austernfischern mit Umweltchemikalien

Als Umweltchemikalien werden solche Stoffe bezeichnet, die nicht natürlichen Ursprungs sind (z.B. Organohalogene) bzw. aufgrund anthropogener Ursachen in unnatürlich hohen Konzentrationen auftreten (Schwermetalle). Diese Verbindungen sind auf biologischem Wege kaum abbaubar, sind deshalb meist hochgiftig und reichern sich mit aufsteigender Nahrungskette zunehmend in Organismen an (Bioakkumulation). Als Arten, die dem Menschen vergleichbar am Ende der Nahrungskette stehen, reagieren Küstenvögel sehr empfindlich auf Verunreinigungen mariner Ökosysteme mit Umweltchemikalien.

Die wohl wichtigsten Klassen umweltrelevanter Schadstoffe sind chlororganische Verbindungen und Schwermetalle. Vertreter beider Gruppen gelangen auch heute noch in die Umwelt bzw. belasten diese trotz teilweise langjähriger Verbotes nachhaltig. Von den Stätten der Produktion, der Anwendung oder der Deponierung gelangen Chemikalien über die Atmosphäre oder mit dem Oberflächenwasser in die Nordsee und das Wattenmeer.

Als Gebiet, das unter direktem Einfluß der großen mitteleuropäischen Flüsse Rhein, Elbe und Weser steht, ist das Wattenmeer nach wie vor ein mit Schadstoffen hochbelastetes Ökosystem.

In den siebziger Jahren häuften sich die Meldungen über verheerende Auswirkungen des Einsatzes von Pestiziden wie DDT, Aldrin, Dieldrin oder Endrin auf die Populationen von

Greif- und Küstenvögeln. 1981 begann das Institut für Vogelforschung Vogelwarte Helgoland (IfV), Wilhelmshaven, systematische und kontinuierliche Untersuchungen von Schadstoffrückständen in Küstenvogeleiern des Wattenmeeres.

Monitoring seit 1986

Bis heute werden seit 1986 jährlich Eier ausgewählter Küstenvögel auf ihren Gehalt an chlororganischen Verbindungen und Quecksilber untersucht. Die Analysen erfolgten zunächst in Zusammenarbeit mit dem Chemischen Institut der Tierärztlichen Hochschule Hannover und seit 1995 in Kooperation mit dem Institut für Technisch-Wissenschaftliche Innovation (ITI) der Fachhochschule Wilhelmshaven.

Neben dem Schwermetall Quecksilber konzentrieren sich die Analysen auf Polychlorierte Biphenyle (PCB) und Hexachlorbenzol (HCB). Die Anwendung dieser Chemikalien ist in manchen Einsatzbereichen in Deutschland zwar mittlerweile verboten (s.u.), jedoch können sie als Industriechemikalien weiterhin in die Umwelt gelangen. So wird HCB als Bestandteil von Pestiziden nicht mehr eingesetzt, entsteht aber weiterhin als Nebenprodukt in der Chlorchemie. Ebenso ist jegliche Nutzung von PCB untersagt (frühere Einsatzbereiche: hydraulische Flüssigkeiten, Weichmacher in Kunststoffen, Bestandteil von Transformatoren etc.), jedoch entweichen sie auch heute noch

aus Industrieabfällen, Mülldeponien und ähnlichen Quellen. Eine landwirtschaftliche Anwendung von Quecksilberverbindungen (früher Bestandteil von Fungiziden) findet heute nicht mehr statt, sehr wohl aber der Einsatz beispielsweise im Bereich der Elektronik.

Untersucht werden darüber hinaus Rückstände des Insektizids Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), dessen Anwendung in Ost- und Westeuropa in der Vergangenheit sehr unterschiedlich reglementiert wurde, und des in bestimmter Form (γ -HCH = Lindan) ebenfalls insektiziden und bis heute eingesetzten Hechachlorcyclohexans (HCH).

Die Untersuchungen werden vornehmlich an zwei für das Wattenmeer typischen Vogelarten (Austernfischer *Haematopus ostralegus* und Flußseeschwalbe *Sterna hirundo*) vorgenommen. Dazu werden in jeder Brutseason einige Eier aus repräsentativen Brutgebieten der gesamten Nordseeküste entnommen (Abb. 1). Austernfischer wie Flußseeschwalben sind relativ häufige und weit verbreitete Brutvögel der Küste. Sie unterscheiden sich jedoch grundsätzlich in ihrer Ökologie: Flußseeschwalben sind hauptsächlich Fisch fressende Langstreckenzieher, die erst unmittelbar vor Brutbeginn im Wattenmeer aus ihren westafrikanischen Überwinterungsgebieten zurückkehren. Austernfischer dagegen überwintern größtenteils im Wattenmeer und ernähren sich dort in erster Linie von Organismen des

Wattbodens (Muscheln, Ringelwürmer).

Aktuelle Belastung der Eier

Die durch die Niedersächsische Wattenmeerstiftung, Hannover, ermöglichten aktuellen Untersuchungen bestätigen ein seit Jahren bekanntes Verteilungsmuster der Chemikalienrückstände in den Eiern der genannten

Vogelarten (vgl. BECKER et al. 1985a, 1985b). Den größten Anteil der Schadstoffbelastung stellen heute die Industriechemikalien PCB und Quecksilber. Die zumindest in Westeuropa seit rund 20 Jahren verbotenen Pestizide wie DDT sowie selbst das auch gegenwärtig noch angewandte HCH sind dagegen vergleichsweise gering konzentriert (Abb. 2). Mit bestimmten Ausnahmen (s.u.) werden für beide untersuchten Arten die höchsten Schadstoffkonzentrationen meist in den an der Elbmündung und auf Trischen gesammelten Eiern gefunden, während die Proben Norderoogs am niedrigsten belastet sind (Abb. 2). Dieses räumliche Verteilungsmuster verdeutlicht eindrucksvoll die Bedeutung der Elbe als wichtigste Eintragsquelle der analysierten Schadstoffe im Bereich der deutschen Nordseeküste: Das über die Elbe ins Wattenmeer einfließende verunreinigte Wasser schwenkt mit den vorherrschenden Strömungen des Wassers der Deutschen Bucht vornehmlich in nordöstliche und nördliche Richtungen. Mit zunehmender Verdünnung der Schadstofffracht im Wasser und in den Organismen des Nahrungsnetzes nimmt die Kontamination der Eier von der Elbmündung über Trischen bis nach Norderoog ab. Die hinsichtlich der Belastung der Eier intermediäre Stellung der westlich der Elbmündung gelegenen Brutgebiete deutet auf weitere Einträge durch Weser und Ems hin, die jedoch im Vergleich zur Elbe offenbar von relativ geringer Bedeutung sind. Allerdings wurden gerade 1997 in am Dollart gesammelten Austernfischereiern ungewöhnlich hohe PCB-Gehalte gefun-

den, die auf jüngere PCB-Einträge über die Ems hindeuten (vgl. BECKER et al. 1998).

Neben den räumlichen Unterschieden der Kontamination treten auch Unterschiede zwischen den Arten in Erscheinung (Abb. 2): In vielen der untersuchten Gebiete sind die Eier der Flußseeschwalbe höher belastet als die des Austernfischers. Dieses Phänomen ist auf die eingangs bereits angesprochene unterschiedliche Ökologie der beiden Arten zurückzuführen. Da den Flußseeschwalben nach einem langen Heimzug kaum Reserven zur Verfügung stehen, müssen sie die gesamte zur Eiproduktion benötigte Biomasse in kürzester Zeit unmittelbar nach der Ankunft im Wattenmeer aufnehmen. Das geschieht während der Phase der sog. Balzfütterungen, in der die Männchen den weiblichen Tieren große Mengen an Fisch zuführen (WENDELN und BECKER 1996). Mit der Nahrung werden Schadstoffe aufgenommen, die direkt in das Ei abgegeben werden. Außerdem gehört die bevorzugte Nahrung der Flußseeschwalben selbst zu den relativ hoch belasteten Organismen des Wattenmeeres: Aufgrund ihres hohen Fettgehaltes und ihrer Position auf relativ hoher Stufe des Nahrungsnetzes akkumulieren Fische die fettlöslichen Schadstoffe PCB, DDT und HCB stärker als Wirbellose des Wattbodens, die ihrerseits die Hauptnahrung des Austernfischers darstellen (GOSS-CUSTARD 1996, MATTIG et al. 1997). Entsprechend der jeweiligen Nahrungspräferenzen unterscheiden sich deshalb die Schadstoffrückstände in Eiern unterschiedlicher Vogelarten.

Ein weiterer ernährungsökologischer Unterschied zwischen den beiden untersuchten Arten besteht darin, daß Austernfischer im Gegensatz zu Flußseeschwalben den schadstoffbelasteten Gewässern unter bestimmten Bedingungen ausweichen müssen. In Meeresbuchten und in den Mündungsgebieten der Flüsse sind die trockenfallenden Wattflächen zu klein, um Austernfischern ausreichend Nahrung zu bieten. Die Individuen dieser Lebens-

räume weichen deshalb auf binnendeichs angrenzendes Feuchtgrünland aus, wo sie sich ergänzend von Bodenbewesen ernähren. Diese Nahrungsobjekte sind im Vergleich zu Organismen des Wattes relativ gering belastet. Aus diesem Verhalten ergibt sich, daß die Spitzenstellung der Elbe hinsichtlich der Schadstoffbelastung der Eier beim Austernfischer deutlich geringer ausgeprägt ist als bei der Flußseeschwalbe (Abb. 2).

Langzeittrends

Von kurzfristigen Abweichungen abgesehen nimmt die Schadstoffbelastung der Eier seit Beginn der Untersuchungen kontinuierlich ab. Das gilt nicht nur für die in Abbildung 3 exemplarisch dargestellten Konzentrationen von PCB und Quecksilber in auf Trischen gesammelten Eiern, sondern für alle untersuchten Gebiete und für alle Chemikalien mit Ausnahme des HCH.

Die umweltpolitischen Bemühungen der vergangenen Jahre scheinen damit erfolgreich gewesen zu sein: Die Produktions- bzw. Anwendungsverbote von DDT, PCB, HCB und quecksilberhaltiger Saatgutbeizmittel Anfang der siebziger (DDT) bis Ende der achtziger Jahre (PCB, DDT in der DDR), die Stilllegung von Industriestandorten in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung sowie eine verbesserte Behandlung industrieller Abwässer hatten eine abnehmende Belastung der Nordseezuflüsse zur Folge (z.B. HAARICH 1996, KLUGE und VACK 1996). Diese abnehmende Belastung hat sich offenbar bis auf die Endglieder der marinen Nahrungskette übertragen.

Eine Ausnahme bildet jedoch das Lindan (γ -HCH), das bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt als Insektizid in Holz- und Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden darf. Für diese Substanz können im Bereich des Wattenmeeres stagnierende bzw. sogar zunehmende Konzentrationen in Vogeleiern nachgewiesen werden, allerdings auf sehr

niedrigem Niveau (BECKER et al. 1998).

Biologische Effekte

Die Gefährdung der Küstenvögel durch Umweltchemikalien liegt in erster Linie in der oberhalb gewisser Konzentrationen direkt oder indirekt tödlichen Wirkung der Fremdstoffe insbesondere auf die Nachkommen der Brutvögel begründet. Die Schadstoffe werden durch den weiblichen Vogel mit der Nahrung aufgenommen und beeinflussen die Eiproduktion bzw. werden in das Ei abgegeben und können das Absterben des Embryos verursachen. Eine seit langem bekannte Schädigung ist z.B. die durch DDE (ein Stoffwechselprodukt des DDT) hervorgerufene Dünnschaligkeit der Eier. Umweltchemikalien beeinträchtigen damit die Reproduktivität der Vögel: In gewissen Konzentrationen verhindern sie das Ausschlüpfen der Brut, der Bruterfolg der Vögel ist mangelhaft. Auf längere Sicht ist damit der Fortbestand der Population gefährdet.

Noch in den achtziger Jahren gehörten die Brutvögel der deutschen Nordseeküste zu den am höchsten mit Schadstoffen belasteten der Welt. Die in den Eiern der Vögel gefundenen Schadstoffkonzentrationen bewegten sich im Bereich bruterfolgsgefährdender Schwellenwerte (BECKER et al. 1993). Demgegenüber kann nach derzeitigem Kenntnisstand heute davon ausgegangen werden, daß Einflüsse der untersuchten Schadstoffe auf den Bruterfolg der Vögel nicht mehr existieren.

Ausblick

Dennoch gibt die heutige Situation keineswegs Anlaß zur endgültigen Entwarnung. So ist nicht mit Sicherheit davon auszugehen, daß die Schadstoffe in ihren heutigen Konzentrationen keine negativen Effekte mehr auf

die Vögel und andere Organismen des Ökosystems ausüben. Die Wirkungen der einzelnen chemischen Verbindungen sind bisher nicht an einer ausreichend großen Anzahl von Küstenvogelarten untersucht worden. Viele neuere Umweltchemikalien können aus methodischen Gründen derzeit noch nicht einmal nachgewiesen werden. Darüber hinaus gibt es Beispiele dafür, daß selbst schwach konzentrierte Einzelkomponenten in Chemikaliengemischen einander in ihrer Toxizität verstärken. Auch über derartige Wechselwirkungen liegen keine für das Wattenmeer relevanten Untersuchungen vor.

Trotz vieler offensichtlich erfolgreicher umweltpolitischer Maßnahmen (s.o.) besteht eine latente Gefahr der Kontamination der Umwelt im allgemeinen und des Wattenmeeres bzw. der Nordsee im Besonderen. So zeigen die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse, daß Produktions- und Anwendungsverbote beispielsweise von PCB nicht gleichbedeutend sind mit deren Verschwinden.

Die für den Austernfischer im Jahre 1997 am Dollart ermittelten erhöhten Konzentrationen (Abb. 2) deuten darauf hin, daß neuere PCB-Einträge über die Ems in die Nordsee stattgefunden haben. Darüber hinaus sind Ereignisse wie Sturmfluten, Frühjahrshochwässer der Flüsse, möglicherweise aber auch Baggerarbeiten im Bereich des Wattenmeeres geeignet, sedimentierte organisch gebundene Schadstoffe zu remobilisieren und damit der Nahrungskette wieder zuzuführen.

So führen BECKER et al. (1992) die im Jahre 1987 gefundenen erhöhten Schadstoffkonzentrationen in Eiern (vgl. Abb. 3) auf ein starkes Hochwasser der Elbe zurück. Die hohe Persistenz vieler Umweltchemikalien, d.h. deren Eigenschaft, sehr lange Zeit in der Umwelt zu überdauern, kann also dazu führen, daß auch bei eingestellter Produktion und Anwendung jederzeit kurzfristig eine neuerliche Kontamination der Organismen des Ökosystems erfolgen kann.

Langzeituntersuchungen

Räumlich-zeitliche Schwankungen der Schadstoffgehalte in Küstenvogeleiern stehen in engem Zusammenhang mit der Kontamination des Ökosystems Wattenmeer. Küstenvögel eignen sich deshalb hervorragend als sog. Indikatorarten, deren Belastung repräsentativ ist für das gesamte Ökosystem und dessen Lebewesen. Untersuchungen, die sich einzelner Arten als Zeiger für bestimmte Umweltgegebenheiten und Umweltveränderungen bedienen, werden als Biomonitoring bezeichnet. Durch den Vergleich aktueller Befunde eines solchen Monitorings mit langfristig erhobenen Datenreihen kann die Qualität von Umweltveränderungen abgeschätzt werden, gegebenenfalls können Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Ende der achtziger Jahre regte das IfV die Einrichtung eines solchen Instrumentes zur Überwachung der Belastungssituation des Nationalparks Wattenmeer und dessen außerordentlich arten- und individuenreicher Vogelwelt an (BECKER 1989, BECKER et al. 1992).

Die regelmäßigen Untersuchungen des IfV zum Schadstoffgehalt in Seevogeleiern gingen in das Projekt Schadstoffmonitoring mit Seevögeln im Wattenmeer auf. Dieses Projekt ist heute Grundlage für die Einbeziehung von Seevögeln in umfangreiche internationale Monitoringprogramme der Oslo and Paris Conventions (OSPAR) zur Überwachung der Schadstoffbelastung des Nordostatlantiks.

Nach einer Pilotstudie in den Niederlanden und Deutschland wurde durch die 8. Trilaterale Wattenmeerkonferenz Ende 1997 in Stade außerdem die zukünftige Umsetzung des Projektes in allen drei Wattenmeer-Anrainerstaaten beschlossen. Das Schadstoffmonitoring mit Seevögeln ist nunmehr etablierter Parameter höchster Priorität im Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP).

Das Schadstoffmonitoring-Projekt sieht vor, auch zukünftig jährlich die Belastung von Küstenvogeleiern aus

verschiedenen, für das gesamte Wattenmeer repräsentativen Brutgebieten zu analysieren. Durch den Vergleich dieser Werte mit längeren Zeitreihen, die dank der Messungen des IfV seit 1981 vorliegen (Abb. 3), soll eine Beurteilung der jeweils aktuellen Belastungssituation des Ökosystems und seiner Bewohner erfolgen.

Das Schadstoffmonitoring leistet damit einen wesentlichen Beitrag zum Schutz des Wattenmeeres, der letztlich auch den Menschen zugute kommt, die sich von Nordseefischen und -muscheln ernähren. Sein Beitrag zum Artenschutz allerdings könnte und sollte durch Umsetzung zusätzlicher Programme weiter optimiert werden. Wie oben ausgeführt, existieren für das Wattenmeer keine gesicherten Kenntnisse über die Effekte der Schadstoffbelastung auf die Reproduktion der Vögel. Potentielle Zusammenhänge zwischen der Schadstoffbelastung und den Populationsgrößen der Brutvogelarten können somit erst verspätet erkannt werden, nämlich dann, wenn eine Population bereits im Rückgang begriffen ist. Dieser Mangel könnte durch ein Bruterfolgsmonitoring behoben werden, dessen Praktikabilität im Rahmen eines TMAP-Pilotprojektes ebenfalls bereits nachgewiesen wurde (EXO et al. 1996, THYEN et al. 1998). Mit der zusätzlichen Installierung dieses Projektes würde ein effektives Frühwarnsystem zur Verfügung stehen, das negative Einflüsse der Kontamination des Wattenmeeres frühzeitig signalisiert. Die Gefährdung der Bestände von Brutvogelarten könnte somit unter Umständen rechtzeitig vermieden werden. Im Gegensatz zum Schadstoffmonitoring steht aber eine Umsetzung des Bruterfolgsmonitorings aus finanziellen Gründen noch aus. Die Aufnahme dieses A-Parameters in das TMAP dürfte frühestens in zwei bis drei Jahren beschlossen werden.

Literatur

BECKER, P.H., 1989. Seabirds as monitor organisms of contaminants

along the German North Sea coast. - Helgoländer Meeresunters. 43, 395-403

BECKER, P.H., BÜTHE, A., HEIDMANN, W., 1985a. Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. I. Chlororganische Verbindungen. - J. Ornithol. 126, 29-51

BECKER, P.H., HEIDMANN, W.A., BÜTHE, A., FRANK, D., KOEPFF, C., 1992. Umweltchemikalien in Eiern von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste: Trends 1981-1990. - J. Ornithol. 133, 109-124

BECKER, P.H., KOEPFF, C., HEIDMANN, W.A., BÜTHE, A., 1992. Schadstoffmonitoring mit Seevögeln. - TEXTE 2/92, 1-260. Umweltbundesamt, Berlin

BECKER, P.H., SCHUHMANN, S., KOEPFF, C., 1993. Hatching failure in Common Terns (*Sterna hirundo*) in relation to environmental chemicals. - Environ. Pollut. 79, 207-213

BECKER, P.H., TERNES, W., RÜSSEL, H.A., 1985b. Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. II. Quecksilber. - J. Ornithol. 126, 253-262

BECKER, P.H., THYEN, S., MICKSTEIN, S., SOMMER, U., SCHMIEDER, K.R., 1998. Monitoring pollutants in coastal bird eggs in the Wadden Sea. - Wadden Sea Ecosystem No. 8, CWSS & TMAG, Wilhelmshaven, 59-101

EXO, K.-M., BECKER, P.H., HÄLTERLEIN, B., HÖTKER, H., SCHEUFLER, H., STIEFEL, A., STOCK, M., SÜDBECK, P., THORUP, O., 1996. Bruterfolgsmonitoring bei Küstenvögeln. - Vogelwelt 117, 287-293

GOSS-CUSTARD, J.D., Hrsg., 1996. The Oystercatcher. Oxford, New York, Tokyo

HAARICH, M., 1996. Schadstofffrachten durch die Flüsse. In: LOZÁN, J.L. & KAUSCH, H. (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren, 144-148

KLUGE, T., VACK, A. 1996. Industrielle Abwässer: Verbesserung der Abwasserbehandlung. In: LOZÁN, J.L. & KAUSCH, H. (Hrsg.): Warnsig-

nale aus Flüssen und Ästuaren, 314-318

MATTIG, F.R., BALLIN, U., BIETZ, H., GIEBING, K., KRUSE, R., BECKER, P.H., 1997. Organochlorines and heavy metals in benthic invertebrates and fish from the back barrier of Spiekeroog. - Arch. Fish. Mar. Res. 45, 113-133

THYEN, S., BECKER, P.H., EXO, K.-M., HÄLTERLEIN, B., HÖTKER, H., SÜDBECK, P., 1998. Monitoring breeding success of coastal birds. - Wadden Sea Ecosystem No. 8, CWSS & TMAG, Wilhelmshaven, 7-55

WENDELN, H., BECKER, P.H., 1996. Body mass change in breeding Common Terns (*Sterna hirundo*). - Bird Study 43, 85-95

Dipl.-Biol. Stefan Thyen
Wardenburg

Prof. Dr. Peter H. Becker
Wilhelmshaven