

Bleibende Werte : Schwermetalle in der Umwelt

Autor(en): **Grossmann, Dieter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wechselwirkung : Technik Naturwissenschaft Gesellschaft**

Band (Jahr): **11 (1989)**

Heft 41

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653016>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bleibende Werte

Schwermetalle in der Umwelt

Im Gegensatz zu vielen anderen Umweltgiften sind Schwermetalle von Natur aus in der Umwelt enthalten. Werden sie aus der Erde geholt ist ihr Eintrag in die Biosphäre unabwendbar.

Auch wenn in den letzten Jahren die Emission von Schwermetallen in die Umwelt trotz steigender Produktionszahlen gesunken ist, steigt die Konzentration in Gewässern, im Boden und in den Sedimenten der Nordsee weiter an.

Es läßt sich daher allenfalls von einer scheinbaren Entlastung der Umwelt sprechen. Darüber hinaus werden lediglich Ort und Zeitpunkt der Emissionen verlagert, wenn verbesserte Rückhaltetechniken zu stärkerer Belastung der Deponien führen oder Produktionsprozesse in die Länder der »Dritten Welt« verlagert werden.

Dieter Großmann ist Mitarbeiter des Ökopol-Institutes in Hamburg.

von Dieter Großmann

Schwermetalle hätten in der Umweltbelastung keine Bedeutung mehr, würden wir das Maß ihrer Schädlichkeit an ihrem Echo in der Presse messen. Lange haben neue »Modегifte« wie Dioxine, PCBs und Tschernobylisotope ihnen den Rang in den Spitzenmeldungen über Umweltgifte abgelaufen. Am Ende der 70er Jahre gehörten sie noch zu den am meisten genannten Umweltbelastungen, heute sind sie fast in Vergessenheit geraten. Und das zum Teil leider zu Unrecht, denn sie werden weiter in großen Mengen produziert, sie sind weiter in großen Mengen in unserer Umwelt vorhanden, sie werden weiter in die Biosphäre emittiert, und auch ihre Eigenschaften, sich anzureichern und zu akuten und schleichen den Vergiftungen zu führen, haben sie nicht verloren. Ihre Rolle für den Ökokreislauf und ihr Anteil am Gefahrenpotential für die Umwelt muß im Spannungsfeld zwischen steigender Produktion



Verklappung von Titanoxid in die Nordsee

Foto: Greenpeace

und, oberflächlich gesehen, sinkender Emission neu durchdacht und beschrieben werden.

Zu den Schwermetallen werden alle Elemente gezählt, die metallische Eigenschaften haben und deren spezifisches Gewicht über 5g/cm^3 liegt. Cadmium, Blei, Quecksilber, Nickel, Chrom und Kupfer gehören ebenso zu dieser Gruppe wie Gold, Silber und Platin oder die eher seltenen Vertreter wie Antimon, Wolfram und Wismut. Schwermetalle sind natürliche Bestandteile der Erdkruste und kommen in Wasser, Boden und Luft in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Im Rahmen der zunehmenden Technisierung haben sie seit langem Eingang gefunden in Produktionsabläufe und sind Bestandteil vieler Produkte. Cadmium beispielsweise ist nach wie vor das am häufigsten verwendete Metall zur Herstellung korrosionsfester Überzüge (39% der Gesamt-Cadmiumproduktion). Weitere Anwendungen liegen in der Herstellung von Farbpigmenten (25%), der Fertigung von Nickel-Cadmium-Batterien (20%), dem Stabilisieren von Kunststoffen (12%) und der Produktion niedrigschmelzender Legierungen.

Blei, als nahezu allgegenwärtiger Bestandteil der Erdkruste, findet seine häufigste Verwendung mit 40% an der Gesamtproduktion bei der Herstellung von Batterien, 10% dienen als Kraftstoffzusatz. Weitere Anwendungen liegen bei der Herstellung von Farben, Chemikalien, Legierungen, Kabelummantelungen und Rohren.¹

Toxische Wirkungen

Im Gegensatz zu anderen Giften sind Schwermetalle von vornherein auf der Erde vorhanden, und nicht, wie z.B. die chemischen Umweltgifte (Dioxine, Chlorkohlenwasserstoffe) oder viele radioaktive Isotope künstlich vom Menschen geschaffen. Die Gesamtmenge der Schwermetalle nimmt daher weder zu noch ab. Entscheidend ist ihre Verteilung auf der Erde. Und diese Verteilung beeinflusst der Mensch zu Ungunsten des Lebens auf der Erde, indem er sie, vorher im Erdreich verborgen, herausholt und damit für die Biosphäre verfügbar macht.

Ebenfalls im Gegensatz zu anderen Umweltgiften sind viele Metalle essentielle Bestandteile lebenswichtiger Moleküle. In der falschen Konzentration oder am falschen Platz können sie jedoch zu schwerwiegenden Folgen für die betroffene Zelle oder das betroffene Individuum führen. Diese Doppelrolle erschwert das Verständnis ihrer toxischen Wirkung stark.

Schwermetalle haben eine akute wie auch chronische Toxizität. Große Mengen, von Mensch, Tier oder Pflanze aufgenommen, können zu sofortiger Schädigung oder dem Tod führen. Sehr viel häufiger sind die chronischen Vergiftungen. Durch die stetige Aufnahme kleiner und kleinster Mengen und der geringen Ausscheidungsrate (biologische Halbwertszeit) kommt es zu Anreicherungen in Organismen und zu langsamen (schleichenden) Vergiftungserscheinungen.

Blei beispielsweise, vom Mensch hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen, hat eine biologische Halbwertszeit von zehn Jahren. Das heißt, eine einmal aufgenommene Menge an Blei hat sich erst nach zehn Jahren im Körper auf die Hälfte reduziert. Durch die ständig neue Aufnahme, die deutlich höher liegt als die Ausscheidungsrate, kommt es zu Anreicherungen im menschlichen Körper und zu einem ständig steigenden Bleispiegel. Auswirkungen auf das Blutssystem und irreversible Nierenschädigungen sind die mögliche Folge.

Cadmium, mit einer gleich langen biologischen Halbwertszeit, bewirkt Störungen der Niere, des Blutbildes und -kreislaufs, der Leber und des Knochenaufbaus.

Allgemein kann die chronische Toxizität von Schwermetallen beim Menschen in drei Bereiche unterteilt werden.¹

▷ Schwermetalle reagieren mit Peptiden und Proteinen (z.B. Enzymen). Biologisch relevante Moleküle können durch Metallionen blockiert werden. Folge ist die Störung der biologischen Funktionsfähigkeit dieser Moleküle (Inaktivierung von Enzymen).

▷ Bei zahlreichen enzymatischen Reaktionen sind Metall-Ionen als essentielle (notwendige) Spurenelemente beteiligt und können hier von anderen Ionen verdrängt werden. Veränderung der Aktivität und Funktionsfähigkeit ist die Folge.

▷ Schwermetalle beeinflussen das Elektrolytgleichgewicht im Körper, z.B. im Magen-Darm-Trakt, in der Niere oder im Nervensystem. Auch hier ergeben sich teilweise entscheidende, Funktionsstörungen.

Förderung und Emission

Die Jahresproduktion der Schwermetalle nimmt entsprechend dem wirtschaftlichen Wachstum ständig zu. Lag die Weltproduktion von Cadmium 1970 bei 16 800 t/Jahr, so hatte sie sich bis 1980 auf 18 700 t/Jahr und bis 1984 auf 19 700 t/Jahr gesteigert. In der BRD ist die Produktion von 1960 bis 1970 um mehr als das Doppelte und von 1970 bis 1979 noch einmal um 30 % angestiegen. Blei hat

von 1974 bis 1980 einen Verbrauchsanstieg von rund 20 % auf weltweit 5,3 Mio. t/Jahr erfahren. Davon werden rund 80 % in den USA, Europa und Japan verbraucht. Vergleichbare Entwicklungen sind auch für andere Elemente zu verzeichnen.¹

Neben den Mengen, die gezielt abgebaut und aus der Erde geholt werden, sind Schwermetalle in Spuren in allen anderen Erzvorkommen enthalten. Ihr »Ans-Tageslicht-Treten« ist damit mit der Gesamtmenge an abgebautem Gesteinsmaterial aus der Erde verbunden. Und dieser Gesamtgehalt wiederum steigt nicht nur mit den Produktionszahlen aller Metalle, sondern ist abhängig vom Anteil an Wertmetallen in den abgebauten Materialien.

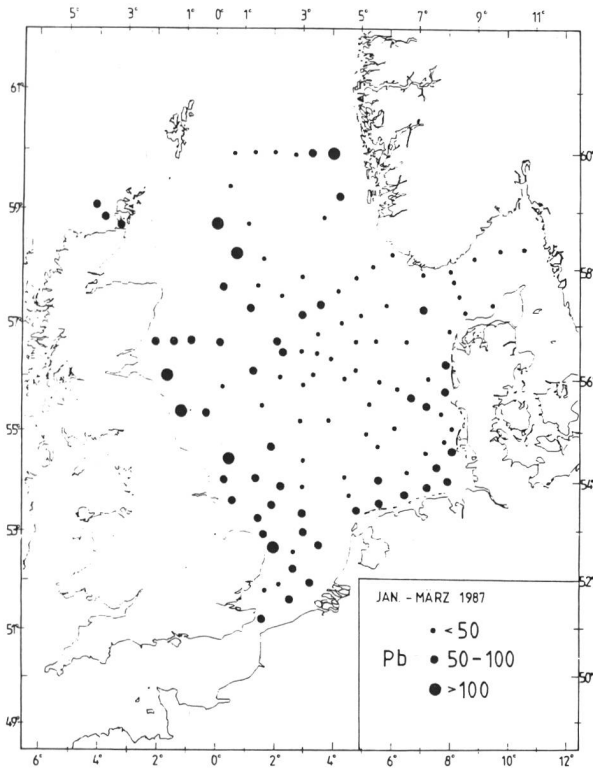
Konnte vor 20 Jahren zur Kupferproduktion noch auf Erze mit bis zu 2 % Kupferanteil zurückgegriffen werden, so stehen heute z.T. nur noch Erze mit 0,4 % Wertmetallinhalt zur Verfügung. Die Menge an Abraum, die zur Produktion eines Kilogramms Kupfer gefördert werden muß, hat sich damit verfünffacht, und somit ist auch die Menge an toxischen Inhaltsstoffe verfünffacht worden. In der Regel sind die Gehalte an Schwermetallen aber so gering, daß eine Verwertung und Aufarbeitung nicht »wirtschaftlich« ist, und sie somit ohne Zwischenstation der Biosphäre und dem Ökokreislauf zugeführt werden.

Schwermetalle als Bestandteil der Erde werden nicht nur künstlich, sondern auch natürlicherweise umgelagert. Somit ist an der Summe aller Emissionen auch ein natürlicher Anteil zu verzeichnen. Wichtig ist das Verhältnis zwischen natürlicher und künstlicher (anthropogener) Emission. Betrachten wir die Summe aller Emissionsquellen, so liegt für Eisen die natürliche Emission durch kontinentale und vulkanische Staubfrachten höher als die anthropogene. Anders sieht das für viele andere Schwermetalle aus. Die künstliche Chromemission übersteigt die natürliche schon um das Doppelte, bei Cadmium liegt der Faktor bei 19, und bei Blei steigt das Verhältnis auf 345 an (Daten von 1979)¹.

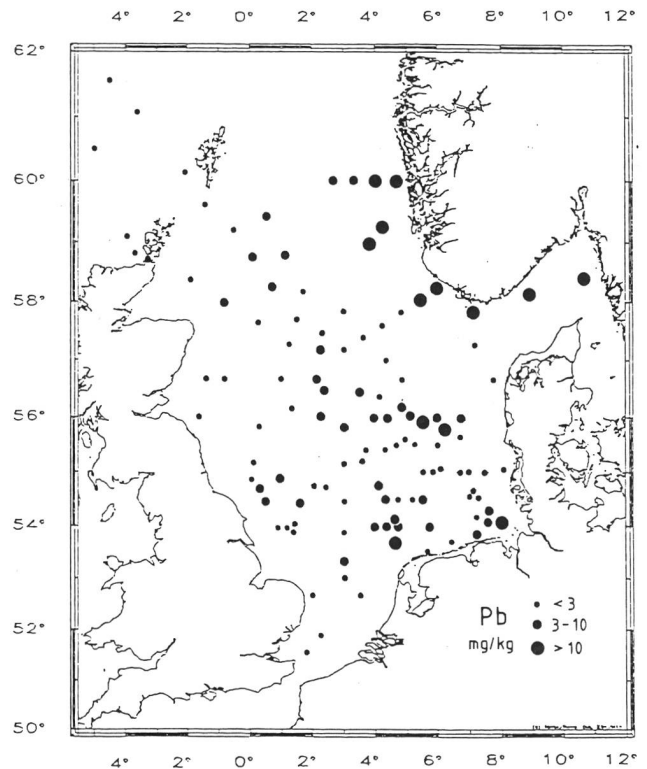
Nach Angaben der Bundesregierung (Stand 1987) werden jährlich 6 000 t – 11 000 t Blei, 135 – 335 t Cadmium und 4 000 t – 5 000 t Chrom in die Nordsee durch die Flüsse, direkte Einleitungen, die Atmosphäre, Verklappung von Baggergut, Klärschlamm und Industrieabfällen und die Verbrennung auf See eingetragen.²

Den steigenden Fördermengen an Schwermetallen, verursacht durch erhöhten Verbrauch und geringeren Anteil an Wertmetallen im Erz, steht eine sinkende Emission in bestimmten Bereichen der Umwelt gegenüber. Dies gilt auch für Einleitungen in die deutschen Flüsse und die Nordsee. So ist die Bleifracht des Rheines von 3 600 t/Jahr Anfang der 70er Jahre auf 1 200 t/Jahr im Jahr 1980 reduziert worden.¹ Die Gesamtmengen des in die Nordsee eingebrachten Abfalls sind z.T. stark reduziert worden. Die Mengen an flüssigen Abfällen und Schlämmen wurden von 1979 mit 1,4 Mio. t auf 1985 mit 0,26 Mio. t vermindert. Die Einbringung von Baggergut, 1981 noch mit 100 Mio. t veranschlagt, betrug 1985 nur noch rund 77 Mio. t. Ähnliches gilt nach Angaben des Bundesumweltministeriums auch für Klärschlämme, Flugaschen und andere Abfallarten.²

Nehmen wir diese sinkenden Emissionen als Tatsache hin, so bedeutet dies nicht automatisch die Abnahme der Belastung in den Flüssen und der Nordsee. Das Problem der Schwermetalle liegt nicht in den absoluten Mengen im Wasser, die mit wenigen Milligramm pro Liter meist unter den Richtwerten der Trinkwassernorm liegen, sondern in der Anlagerung und Anreicherung an Schwebstoffe, im Sediment und in Tieren und Pflanzen. Die Schwermetallgehalte des Elbwassers z.B. liegen in fast allen Parametern unter den zugelassenen Grenzwerten für Trinkwasser. Die in der Elbe gefangenen Fische hingegen sind so stark belastet, daß



Bleikonzentration in Schwebstoffteilchen des Nordseewassers



Bleigehalt des Gesamtsediments der Nordsee

(Werte nach Kersten et al. in 7)

sie nicht verkauft werden dürfen.

Ähnliches gilt für die Nordsee. Fische, Wasser und Sediment sind großräumig, flächendeckend mit Schwermetallen belastet.^{3,4,7}

Für den Bleigehalt beispielsweise wird deutlich, daß im Gesamtsediment an den Bereichen der Flußmündungen, wo wahrscheinlich die größten Einträge erfolgen, aber auch in küstenfernen Gebieten erhöhte Konzentrationen auftreten. Werden Sedimentpartikel einer bestimmten Größe untersucht, so verändert sich das Bild. Nicht im Bereich der größten Einträge, sondern in zentralen küstenfernen Regionen und vor der englischen Küste sind die größten Konzentrationen zu finden.⁷ Auch in einer speziellen Fischart (Klischen) sind die Konzentrationen von Cadmium und Blei in küstenfernen Gebieten, insbesondere der Doggerbank deutlich erhöht.⁷ Beides sind Indizien dafür, daß nicht Verdünnungseffekte für die Verteilung der Schwermetalle in der Nordsee verantwortlich sind, sondern daß hier komplizierte Transport- und Anreicherungsmechanismen stattfinden,⁴ die trotz sinkender Emission weitergehen. Spitzen in der Emission werden erst Jahre oder Jahrzehnte später zu Spitzen in der Belastung von Sediment und Fisch führen.

Einige Gründe für die sinkenden Emissionen

Über die klaffende Lücke zwischen steigenden Produktions- und Förderzahlen und den sinkenden Emissionen kann nur spekuliert werden.

Nicht nur zwischen der Emission und der Anreicherung liegt eine Zeitverzögerung von vielen Jahren. Auch zwischen Produktion und Emission liegen verursacht durch Zwischenlagerungen große Zeitspannen. Sinkende Emissionen bedeuten keinen verminderten Einsatz, sondern sie beruhen auf verbesserten Rück-

haltetechnologien. Schwermetalle, die früher in die Flüsse und das Meer eingeleitet wurden, finden sich heute im Klärschlamm der Klärwerke wieder. Große Mengen an Sediment gebundener Schwermetalle werden durch ständige Fahrwasservertiefungsmaßnahmen in Flüssen und Häfen ausgebaggert und auf Spülfeldern deponiert. Große Mengen von Schwermetallen sind in Produkten zwischengelagert und spielen erst nach deren Lebensdauer für die direkten Einträge in die Biosphäre wieder eine Rolle, wo sie auf Mülldeponien gelagert, in Müllverbrennungsanlagen in die Luft, ins Wasser oder in die später zu deponierenden Filterrückstände wandern.

Und diese Lagerformen bieten auch nur Zwischenlösungen, denn im Gegensatz zu den Rückhaltetechnologien werden die Endlager- und Wiederverwertungstechnologien nicht adäquat mitentwickelt. Spülfelder und Mülldeponien laufen aus oder über und werden zu Altlasten kommender Generationen werden. Umfangreich greifende Müllkonzepte sind nicht in Sicht.

Die Schwermetallproblematik bei uns wird zunehmend in die Länder der »Dritten Welt« verschoben. Wurden Erze früher in diesen Ländern gefördert und in den Industrieländern verarbeitet, so geht die Tendenz heute dahin, aus der »Dritten Welt« die möglichst aufbereiteten Rohprodukte zu beziehen. Die Umweltprobleme treten damit weit entfernt von unserer Zivilisation auf. Eine von einer Hamburger Delegation der GRÜNEN durchgeführte Untersuchung in einigen Kupferhütten im Süden Perus im Jahre 1988 ergab, daß das gesamte Gelände um die Hütten hochgradig verseucht war. Der Boden enthielt 4g/kg Arsen und 75 g/kg Kupfer.⁵ Durch die hohen Blei- und Cadmiumgehalte der obersten Bodenschichten besteht akute Vergiftungsgefahr. Die Endprodukte der Werke werden fast ausschließlich exportiert. Der Abraum und die Schwermetalle bleiben im Land.

Angelagerte Schwermetalle sind der Biosphäre nicht für alle Zeiten entzogen. Viele Prozesse führen dazu, sie zu remobilisieren und damit für Anreicherung und Einlagerung im biologischen

Kreislauf erneut zugänglich zu machen. Die großen Schwermetallfrachten der Flüsse beispielsweise, die im Süßwasser noch an Schwebstoffe und Partikel fest gebunden sind, geben ihre Bindung auf, wenn sich der Salzgehalt des Wassers zur Nordsee hin erhöht, und werden damit erneut aufnahmefähig für Tiere und Pflanzen.⁶ Ähnliche Prozesse treten auf, wenn Sediment ausgebagert wird und auf den Spülfeldern sauerstoffreichen Bedingungen ausgesetzt wird. Die Bindungsformen der Schwermetalle ändern sich, werden weniger stabil und die Metalle können ausgelaugt und ausgewaschen werden. Saure Niederschläge unterstützen diese Prozesse noch erheblich.

Eine häufig verwendete Methode in metallerzeugenden Großbetrieben ist die Deponierung ihrer nicht nutzbaren Nebenstoffe, wie z.B. Schwermetalle in den anfallenden Schlacken aus den Hochofenprozessen. Nicht als Abraum oder Müll, sondern als Wirtschaftsgut deklariert, tauchen diese kontaminierten Materialien in unserer Umwelt wieder auf, indem sie für wasserbauliche Maßnahmen, als Sandstrahlgranulat und zu Düngungszwecken in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Große Teile der Elbuferbefestigung sind aus Schlackesteinen der Kupferhütte »Norddeutsche Affinerie« aufgebaut. Untersuchungen ergaben, daß eine erhöhte Schwermetallanreicherung in Pflanzen und Tieren in der Nähe dieser Steine zu verzeichnen ist und daß Phosphatersatzstoffe, deren Einsatz mehr und mehr zunimmt, die Löslichkeit der Schwermetalle aus den Schlackesteinen noch vervielfachen.⁸

Aussichten

Die Emission an Schwermetallen in die Umwelt hat scheinbar abgenommen. Doch diese Abnahme ist nur vorübergehend und scheinbar. Es hat ein großer Trend der Zwischenlagerung in Deponien und Produkten begonnen. Aber diese Zwischenlagerung ist nicht endgültig und sehr unvollkommen. Jedes Gramm Schwermetall, das gezielt oder als Begleitelement aus der Erde geholt wird und wurde, stellt eine potentielle Verschmutzungsquelle dar. Jedes Produkt wird irgendwann zu Müll und damit mehr oder weniger gezielt in den großen biologischen Kreislauf zurückgeführt. Jede Deponie wird nach dem heutigen Stand der Technik irgendwann undicht, wenn sie es nicht schon ist, oder läuft irgendwann über. Schon jetzt ist abzusehen, wann die Spülfelder zur Deponierung von Sedimenten voll sein werden.

Schwermetalle werden weiter aus der Erde geholt, ihr Eintrag in die Biosphäre ist unabwendbar.

Die Erde besitzt ihre Elemente seit Jahrmillionen. Sie wird auch mit den Schwermetallen langfristig wieder klar kommen. Ob der Mensch es auch tut, ist fraglich. ♦

Anmerkungen

¹ E. Merian: Metall in der Umwelt, Basel 1984

² Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag zur Vorbereitung der 2. Internationalen Nordseeschutzkonferenz, Bundestagsdrucksache II/878 vom 2.10.1987

³ Mitteilungen aus dem geol. paläont. Institut der Universität Hamburg Heft 58 (1985)

⁴ Mitteilungen aus dem geol. paläont. Institut der Universität Hamburg Heft 65 (1988)

⁵ R. Köhler: Für die Modernisierung der Kupfergewinnung im Süden Perus, unveröffentl. Manuskript, 1989

⁶ U. Förstner, W. Calmano: Bindungsformen von Schwermetallen in Bagger-schlamm, Vom Wasser 59 (1982), S. 83 - 92

⁷ W. Salomons u.a.: Pollution of the North Sea, Berlin 1988

⁸ Umweltschutzgruppe Physik/Geowissenschaften (Hg.): Glänzende Geschäfte, Hamburg 1985



Institut für Ökologie und Politik

Norddeutschland hat ein neues Umweltinstitut: Im Januar 1989 wurde aus der Hamburger »Umweltschutzgruppe Physik/Geowissenschaften« heraus das Ökopol-Institut gegründet, das die bestehende Lücke zwischen Ökologie (Naturwissenschaften) und Politik schließen soll.

Die Arbeit stützt sich auf die mehr als zehnjährige Erfahrung der MitarbeiterInnen in universitären Forschungseinrichtungen, Umweltverbänden und Bürgerinitiativen, ökologischer Bildungsarbeit und öffentlicher Verwaltung. Das Institut will nicht bei der Analyse der offensichtlichen ökologischen Krise stehenbleiben, sondern Ziele politisch benennen und diese durch die Entwicklung und Umsetzung geeigneter Strategien auch erreichen. Die Demokratisierung von Entscheidungsprozessen bei Genehmigungsverfahren und Umweltverträglichkeitsprüfungen ist hierbei eines der wichtigsten Anliegen. In folgenden Tätigkeitsfeldern soll in den nächsten Jahren der Schwerpunkt der Arbeit des Institutes liegen:

Im Bereich **aktueller Umweltpolitik** soll neben der Diagnose von industriellen Rückständen in Flüssen, im Meer und im Grundwasser insbesondere deren Bewertung, die Identifizierung der entscheidenden Belastungsquellen, die Propagierung notwendiger Produktions- und Verwendungseinschränkungen von Produkten, der notwendige gesellschaftliche Wertewandel, Wasser, Flüsse und Meere nicht mehr als Transportmedium und Deponieraum für Abfälle zu mißbrauchen und der erforderliche wissenschaftliche Theoriewandel in der Umwelt- und Gesundheitsbelastung stehen.

In diesen Bereich gehören auch Konzepte zum Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs und zur Reduzierung der Luftschadstoffe durch den Automobilverkehr, der Abfallprobleme der Stadt Hamburg und zur Chemiepolitik u.a. durch ein langfristiges Ausstiegsszenarium für PVC und Umweltverträglichkeitsprüfungen für Dechlorierungsverfahren durch chemisch/physikalische Wege als Alternative zur Verbrennung.

Im Bereich **Bildungsarbeit/Fortbildung** kooperiert Ökopol mit unterschiedlichen Trägern von Bildungsarbeit und will fachspezifische Konzepte für Jugendbildungsarbeit auf dem Bildungsschiff Niederelbe, stadteilorientierte Seminare für die durch Umweltbelastungen betroffene Bevölkerung und zur Ausbildung von Abfallbeauftragten entwickeln.

Neben der Forschung und Entwicklung will Ökopol in speziellen ökologischen und umweltpolitischen Fragestellungen Umweltverbände und Bürgerinitiativen, Parteien und Gewerkschaften, kommunale Entscheidungsträger, kleine Gewerbebetriebe, aber auch Journalisten durch die Entwicklung politisch konzeptioneller Vorstellungen im Chemie- und Abfallbereich und zur Durchführung von Fachseminaren beraten.

Darüber hinaus plant Ökopol eine Bestandsaufnahme der ökologischen Forschung in Hamburg, um darauf aufbauend die Entwicklung eines Konzeptes »ökologische Forschung in Hamburg« zu begründen.

Ökopol

Institut für Ökologie und Politik

Nernstweg 32 - 34

2000 Hamburg 50

Tel.: 040 - 39 16 28