

**Zeitschrift:** Wechselwirkung : Technik Naturwissenschaft Gesellschaft  
**Herausgeber:** Wechselwirkung  
**Band:** 11 (1989)  
**Heft:** 41

**Artikel:** Die gesellschaftliche Relevanz der Umwelttoxikologie  
**Autor:** Alsen, Carsten / Wassermann, Otmar  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-653059>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 27.12.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Foto: Janke/Argus

# Die gesellschaftliche Relevanz der Umwelttoxikologie

von Carsten Alsen und Otmar Wassermann

Die Toxikologie ist eine relativ junge Wissenschaft, die sich seit etwa 30 Jahren mit zunehmender Geschwindigkeit entwickelt. Erforscht werden die schädlichen Wirkungen chemischer Stoffe auf Lebewesen. Die Umwelttoxikologie als Teilgebiet des Gesamtfaches Toxikologie wurde nicht zuletzt unter dem Produktionsdruck der chemischen Industrie mit höchster Dringlichkeit erforderlich. National wie international wurden ihr bisher jedoch nur an wenigen Orten die Voraussetzungen für eine unabhängige und effektive, der gesamten Bevölkerung dienende Arbeit geschaffen.

Die Autoren beschreiben im folgenden Beitrag die Notwendigkeit und Bedeutung umwelttoxikologischer Forschung, zeigen aber auch die Grenzen auf, die durch die Vielzahl an chemischen Substanzen in der Umwelt entstehen.

Der Artikel ist ein Auszug aus einer umfassenderen Arbeit der Autoren, die am Wissenschaftszentrum Berlin angefertigt wurde.

Die überall verbreitete Verwendung von Chemikalien in Wissenschaft und Technik, Industrie und Landwirtschaft, Gewerbe und Haushalt, ihre lokale, überregionale und globale Verbreitung in Form von Produkten, Verunreinigungen und Produktionsabfällen aus diesen Bereichen, die dabei ablaufenden chemischen Umwandlungen dieser Substanzen im Stoffwechsel lebender Organismen, im Wasser, im Boden oder in der Luft in vielfältige, nicht selten noch gefährlichere Folgeprodukte lassen bereits das breite Tätigkeitsfeld umwelttoxikologischer Forschung und ihre Bedeutung für die Gesellschaft und für die gesamte Biosphäre erahnen. Denn jede dieser vielen Millionen von chemischen Verbindungen kann toxisch wirken auf die Lebewesen, die sich den durch Bevölkerungsexplosion, industrielle Expansion, Ressourcenausbeutung, Schadstoffeintrag (Umweltbelastung) etc. rapide enger werdenden Lebensraum der hauchdünnen Biosphäre auf dem Planeten Erde teilen.

Kenntnisse über dieses Schädigungspotential der zahllosen Einzelstoffe sind für die allermeisten Mikroorganismen, Pflanzen- und Tierarten und für den Menschen äußerst dürftig oder feh-

len gänzlich. Völlig im dunkeln aber liegt das erhebliche Risiko der Kombinationseffekte (Synergismen), deren Möglichkeiten bei der nicht abschätzbaren großen Zahl chemischer Stoffe und ihrer Folgeprodukte und bei der großen Zahl der Arten und ihrer unterschiedlich empfindlichen Individuen beliebig zahlreich sein können. Nur unter den standardisierten, aber wirklichkeitsfremden Bedingungen eines Laboratoriums werden die Wirkungen einer einzelnen Chemikalie z.B. auf einen einzelnen Organismus, ein Versuchstier oder eine freiwillige Versuchsperson untersucht. Unter den derzeitigen »Umweltbedingungen« wirken dagegen ständig qualitativ und quantitativ wechselnde Schadstoffmischungen auf Populationen ein, deren Individuen unterschiedlich empfindlich gegenüber den chemischen Stoffen sind. Die Wirkungen der Einzelsubstanzen addieren sich jedoch nur in wenigen Ausnahmefällen. In der Regel potenzieren sie sich im mehrdimensionalen Netzwerk biologischer Zusammenhänge.

Bei der Synthese neuer Chemikalien ist der Zeitaufwand relativ gering und meist in Sekunden, Stunden, höchstens Tagen zu be-



**Umweltprobenbank der KFA Jülich: Obwohl mit großem Aufwand Umweltproben entnommen werden...**

messen, da die Reaktionsbedingungen fast beliebig durch die Wahl der Ausgangssubstanzen, durch Temperatur, Katalysatoren, Lösungsmittel und andere Parameter gesteuert werden können. Im krassen Gegensatz dazu bestimmen die unendlich vielen biologischen Prozesse und ihre außerordentlich komplexen Gesetzmäßigkeiten und gegenseitigen Wechselwirkungen in einem lebenden Organismus den Zeitverlauf des Erkenntnisprozesses toxikologischer Forschungen: So kann der sichere Nachweis einer krebserregenden oder erbgutschädigenden Wirkung einer Chemikalie schon im Tierversuch Jahre benötigen. Die toxikologische Forschung braucht daher weit über 3 Jahre (!), um mit erheblichem Finanzaufwand Mindestinformationen über die Toxizität einer einzigen Substanz zu sammeln.

Ein toxikologischer Steckbrief einer Chemikalie erschöpft sich allerdings oft – je nach Seriosität des Herstellers und angestrebter Verwendung – in einer knappen Information über offensichtliche Schäden nach (hinsichtlich Zeit, Dosierung und Applikationsart

beschränkter) Behandlung einer oder einiger weniger Tier- oder Pflanzenarten. Sogar solche Angaben sind eher die Ausnahme als die Regel. Damit ist aber keineswegs schon die Übertragbarkeit dieser Beobachtungen auf »den Menschen« geklärt.

Selbst der geringe Wert solcher lückenhafter Daten steht und fällt oft mit der wissenschaftlichen und moralischen Qualifikation, d.h. der Kritikfähigkeit der Untersucher, ihrer Zivilcourage und dem ihnen z.B. in Industrie und Behörden eingeräumten Freiraum, ihre Ergebnisse unverfälscht veröffentlichen zu dürfen. Behinderung und Unterdrückung sind hierbei eher die Regel als die Ausnahme. Schließlich sind selbst diese spärlichen Daten nicht einmal verfügbar, sondern werden von Firmen und Behörden peinlich gehütet.

Wie sich Chemikalien in der Umwelt verhalten, ob sie sich in kompliziert vernetzten Nahrungsketten anreichern, den Menschen schädigen, Tier- und Pflanzenarten ausrotten, die unzähligen Symbioseprozesse der Bodenlebewesen und damit die Bodenqualität vernichten, hat Chemikalienproduzenten nie besonders interessiert, obwohl solche tiefgreifenden Schädigungen seit über 100 Jahren vorausgesagt wurden, seit über 30 Jahren bekannt waren und zahlenmäßig inzwischen exponentiell zugenommen haben. Erst ausreichend hoher öffentlicher Druck umweltbewußter Bürgerinitiativen, unabhängiger Wissenschaftler und das verantwortungsbewußte Engagement von Umweltbehörden, wie die US-amerikanische Environmental Protection Agency (EPA) oder das bundesdeutsche Umweltbundesamt (UBA), ermöglichten die Auflage einer »Umweltverträglichkeitsprüfung« vor Neuzulassungen – immerhin ein Anfang. Die Bemühungen dieser Ämter um ein Minimum an Sicherheit im Umgang mit Chemikalien verdient allerdings eine viel stärkere, kompromißlos entschlossene Unterstützung durch kluge, weitsichtige Politiker. Japan könnte hierbei ein Vorbild sein.

### **Es fehlt an umwelttoxikologischer Forschung**

Doch selbst schwache Hoffnungen auf eine Verbesserung der toxischen Gesamtsituation schwinden angesichts der geringen Zahl unabhängiger Toxikologen gegenüber derjenigen der synthetisierenden Chemiker in der Industrie und deren Produktionsausstoß. Mit der derzeitigen toxikologischen Methodik, apparativen und personellen Ausstattung unabhängiger toxikologischer Institute ist das Gefährdungspotential der Chemieproduktion, einschließlich der Abfall- und Abgasproblematik, für den Menschen und seine Biosphäre auch nicht annähernd abschätzbar.

Aufgrund unserer persönlichen Erfahrungen drängt sich allerdings die Frage auf, ob in diesem Lande die Ausbildung unabhängiger Toxikologen überhaupt erwünscht ist. Die Industrie bildet nämlich die von ihr benötigten Toxikologen selbst aus. Diese im akademischen Bereich beispiellose Situation verhindert die Möglichkeit, in diesem Fach, welches notwendigerweise der Chemikalienflut kritisch gegenüberstehen muß, unabhängig denkenden wissenschaftlichen Nachwuchs an Hochschulen auszubilden. Zusätzlich blockiert diese Selbstversorgung der Chemischen Industrie an den Hochschulen die dringend nötige Entwicklung des Faches Toxikologie, weil anscheinend »kein Bedarf« an Toxikologen besteht und deshalb die notwendigen personellen und institutionellen Investitionen im Hochschulbereich unterbleiben. Aber gerade dieser Zusammenhang macht deutlich, wie dringend der Aufbau einer industrieunabhängigen Toxikologie ist und daß zur kritischen Überprüfung der chemischen Industrieproduktion und

deren hausgemachter toxikologischer Bewertung zahlreiche Stellen für Toxikologen an Hochschulen, bei Überwachungsbehörden und in der freien Praxis dringend nötig sind.

Besonders nachteilig wirkt sich hierbei die nach wie vor gefährlich einseitige Ausbildung der Chemiker aus. Ihnen werden weder ökologische Zusammenhänge, die sie mit ihrer Tätigkeit eventuell so verhängnisvoll beeinflussen, noch toxikologische Grundkenntnisse – nicht einmal zu ihrem persönlichen Schutz – in ihrem Studienplan vermittelt. Dieser Mangel mag dafür verantwortlich sein, daß sich Chemiker bei ihrer später folgenden Berufsausübung in der Chemischen Industrie durch Vorgabe von Unwissenheit ihrer moralischen Verantwortung für die Auswirkungen ihrer Tätigkeit entziehen können.

## Rückstandsanalyse

Die umwelttoxikologische Forschung umfaßt die qualitative und quantitative Analytik von Schadstoffen im Organismus des Menschen und seiner belebten und unbelebten Umwelt (Rückstandsanalytik, Biomonitoring) und vor allem die Beurteilung des Gefährdungspotentials dieser chemischen Verbindungen (Toxikologie).

Die Situation des Rückstandsanalytikers kann mit einer Person verglichen werden, die sich von einem Turm aus einen umfassenden Überblick über die gesamte Umgebung verschaffen soll, im übertragenen Sinne: über alle umweltrelevanten chemischen Stoffe. Eine Position an der Spitze des Turmes mit hochleistungsfähiger, um 360 Grad schwenkbarer Optik wäre die beste Voraussetzung. Den oben genannten Wissenschaftlern ist diese Möglichkeit aber nicht gegeben, sie sitzen in tieferen Stockwerken. Ihr »analytisches Blickfeld« gleicht kleinen Löchern in der Wand des Turmes, die nur stark eingeeengte Ausschnitte aus der »Landschaft der Chemikalien« erkennen lassen. Und selbst dieses eingeeengte Blickfeld wird je nach Leistungsfähigkeit der einzelnen Labors recht unterschiedlich gut beleuchtet.

Geradezu monoman wird seit Jahrzehnten fast ausschließlich nur die Analytik einiger weniger Schwermetalle, außerdem vor allem nur diejenige der chlorierten Kohlenwasserstoffe betrieben, weil diese aufgrund bestimmter chemischer Eigenschaften gut meßbar sind. Doch selbst von dieser, einige tausend Substanzen umfassenden, also relativ kleinen Gruppe werden seit Jahren nur immer 10, höchstens 15 Substanzen verfolgt. (vgl. den Beitrag von Joachim Lohse in diesem Heft) Das sogenannte »Nordseegutachten« verweist schon 1980 deutlich genug auf die damit verbundene alarmierende Situation:

Von dem in Fischen gefundenen »organisch gebundenen Chlor« kann nur etwa 1% bestimmten chemischen Substanzen zugeordnet werden. Mit anderen Worten: Mit dem Parameter »organisch gebundenes Chlor« wird die Summe der nahezu ausschließlich aus menschlicher Produktion stammenden chlorierten Kohlenwasserstoffe und anderer chlorierter organischer Substanzen erfaßt. Aber etwa 99% der potentiell toxischen chlorhaltigen Chemikalien im Fisch sind unbekannt! Und wieviele Schadstoffe aus anderen chemischen Gruppen entgehen außerdem noch der Analytik und damit einer toxikologischen Bewertung?

Toxaphen ist beispielsweise eine »Substanz«, die in der Agrarchemie seit Jahrzehnten im 100 000-t-Maßstab eingesetzt worden ist. Erfahrene Analytiker nur weniger Laboratorien sind erst seit einigen Jahren in der Lage, Toxaphen überhaupt messen zu können: Die »Substanz« besteht aus 177 (!) verschiedenen chlorierten Kohlenwasserstoffen, jede von diesen mit einer eigenen, je nach

betroffenem Lebewesen unterschiedlichen Toxizität. Ähnlich DDT und vielen anderen ist sie inzwischen global verbreitet.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind Gemische aus bis zu 209 verschiedenen Einzelsubstanzen. Die stets außerdem vorhandenen Verunreinigungen, nämlich höchsttoxische Stoffe, wie die dioxinähnlichen polychlorierten Dibenzofurane, sind hierbei nicht berücksichtigt. Jedes einzelne dieser 209 PCB hat sein eigenes toxikologisches Profil, immer kommen sie als wechselnd zusammengesetzte Mischungen vor. Wie wirken diese auf Lebewesen und wie wirken sie, die Toxaphene und die PCB etc. etc., zusammen mit den anderen, gleichzeitig anwesenden Umweltschadstoffen?

Die »Großfamilie« der Ultragifte vom Dioxintyp umfaßt sogar weit über eintausend Einzelverbindungen. Viele von ihnen stehen dem »Sevesogift« 2,3,7,8-TCDD an Gefährlichkeit nicht nach, und doch wird immer wieder nur von diesem einen gesprochen, bewußt ablenkend oder einfach nur ignorant?

Ebenso einfältig ist die Suche nach schädlichen anorganischen Produkten, wenn Phantasie und analytische Möglichkeiten immer nur für »Blei, Cadmium und Quecksilber« ausreichen. Das



... und laufend mit automatischen Analysegeräten untersucht werden,...

Periodensystem der Elemente und die Innovationsbereitschaft von Chemie und Technik bieten eine viel größere Palette potentieller Schadstoffe auch aus dem anorganischen Bereich.

Es ist somit höchstwahrscheinlich, daß bei den derzeit eingesetzten Extraktions- und Analyseverfahren die meisten Laboratorien einen Großteil der in den Proben vorhandenen potentiellen Schadstoffe und deren Folgeprodukte überhaupt nicht erfassen, ganz abgesehen von der oft sinnlosen Probenauswahl.

Angesichts des sehr schmalen »analytischen Fensters« ergibt sich von selbst die Frage, wie groß wohl inzwischen die Dunkelziffer der Schadstoffe bereits im menschlichen Körper ist. Wie ist die wirkliche Konzentration und Zusammensetzung der Fremdstoffe in allen Organen des Menschen, wie ist sie in der Muttermilch, in der Eizelle oder in der Samenflüssigkeit? Und welche möglicherweise weitreichenden, fatalen Folgen haben diese Fremdstoffe?



## Toxikologie

Die Situation der Toxikologen ist derjenigen der Analytiker durchaus ähnlich, wenngleich noch weit schwieriger. Sie ist mit einer Person zu vergleichen, die mit dem Mikroskop ein dickes, in fremder Sprache mit unbekannter Schrift geschriebenes Buch lesen soll, Buchstaben für Buchstaben, im übertragenen Sinn: Chemikalie für Chemikalie. Die meisten »Buchstaben« müssen erst sorgfältig studiert und mühsam erkannt werden, was bedeuten sie einzeln? Was, wenn einige zusammen eine Gruppe bilden? Welchen »Sinn« hat dieses »Wort«?

Die Toxikologie ist gerade intensiv damit beschäftigt, auf der ersten Seite des Buches der Chemikalien die Charakteristika von ein paar hundert Buchstaben, d.h. das toxische Potential einiger weniger Chemikalien möglichst umfassend zu begreifen. Sie fängt an, in der ersten Zeile dieses Buches die ersten kleinen Silben, z.B. mit zwei Buchstaben, ganz entfernt in ihrem Sinn zu erahnen: Kombinationseffekte von zwei gleichzeitig auf lebende Organismen einwirkenden chemischen Stoffen. Wir sind noch unvorstellbar weit davon entfernt, Worte, Begriffe, Sätze, ja ganze Kapitel zu diesem Buch zu verstehen, d.h. das äußerst komplexe Zusammenwirken, die Kombinationseffekte der vom Menschen in seine Biosphäre leichtfertig freigesetzten unzähligen Chemikalien zu erkennen. Die Tragik der Toxikologie ist nur, daß während des mühsamen Buchstabierens der ersten Zeilen der Produktionsdruck der Chemiker den Text am Ende des dicken Buches täglich um 10 bis 20 Seiten vermehrt . . .

Darüber hinaus empfindet der Toxikologe beträchtliches Unbehagen angesichts der Unkenntnis über die Bedeutung gefundener Fremdstoffkonzentrationen in der Umwelt oder im Körper des Menschen. Was bedeuten 5 oder 10 ppm eines chlorierten Kohlenwasserstoffs, wie Hexachlorbenzol, in der Leber eines Fisches oder 150 ppm (parts per million) von PCB im Fett der Robben jetzt für diese Tiere, neben allen anderen anwesenden Schadstoffen? Was bedeuten 1 bis 2 ppt (parts per trillion) an Dioxinen in der Muttermilch oder einige ppb (parts per billion) an PCB im menschlichen Ei oder in der Samenflüssigkeit jetzt schon für den Menschen, neben allen anderen Schadstoffen? Niemand weiß das. Und die dritte schwere Belastung der Toxikologie ergibt sich bei der Frage nach den Effekten dieser Schadstoffe nach jahrelanger Einwirkung, selbst wenn ihre Konzentration inzwischen nicht höher und ihre Zahl nicht größer geworden wäre. Sie sind unbekannt. Erst eine sorgfältige, vor Einflußnahme geschützte und großzügig geförderte Epidemiologie würde erkennen lassen, daß im Laufe mehrerer Jahrzehnte bestimmte Krankheiten im 20. Jahrhundert zugenommen haben, daß eine Zuordnung zu einzelnen auslösenden Substanzen aber bei der enormen Zahl in die Umwelt freigesetzter Chemikalien nicht mehr mit Sicherheit möglich ist. Eine allgemeine Forderung ergibt sich bereits aus dieser ersten Einschätzung der Aufgaben, vor denen die Umwelttoxikologie steht: Angesichts der gefährlichen Unsicherheiten ist die weitestgehende Drosselung von Schadstoffemissionen und eine drastische Einschränkung z.B. der Herstellung aller halogenierten Kohlenwasserstoffe und der Überschwemmung des Marktes mit neuen Chemikalien von unbekanntem toxischen Risiko erforderlich. Die dann noch immer verbleibende Erbschaft der Chemie mit zahllosen anderen Gruppen chemischer Stoffe verschafft trotzdem noch Legionen von Toxikologen intensive, endlose Arbeit.

Trotz dieser erheblichen Probleme der Toxikologie wäre u.E. Resignation die denkbar schlechteste Reaktion, da dann der hem-

mungslosen Chemisierung Tor und Tür geöffnet werden. Vielmehr muß die toxikologische Kapazität beträchtlich ausgeweitet werden, damit möglichst rasch mehr Sicherheit im Umgang mit chemischen Stoffen erreicht und der Präventionsgedanke umgehend verwirklicht wird.

## Sofortiges Handeln ist notwendig

Die Umwelttoxikologie sucht bei den unterschiedlichsten naturwissenschaftlichen und medizinischen Fachrichtungen Hinweise auf mögliche Zusammenhänge zwischen Schadstoffbelastungen und Erkrankungen beziehungsweise dem dramatischen Rückgang und schließlich dem Aussterben ganzer Pflanzen- und Tierarten. Solange dieses »Biomonitoring« sich aber nur am Verschwinden ganzer Populationen von Pflanzen und Tieren, also dem größten und verhängnisvollsten aller Maßstäbe orientiert und sogar umweltbedingte Erkrankungen des Menschen ignoriert, weil ärztliche Ausbildung und Diagnostik diese neue Dimension noch nicht wahrgenommen haben, wird immer nur das Kind zu therapieren versucht, das lange schon im Brunnen liegt. Angesichts der gigantischen Weltproduktion an Chemikalien und den sich z.T. über Jahrzehnte entwickelnden schleichenden Umweltvergiftungen muß doch die entscheidende Frage gestellt werden, welche Prozesse denn zur Zeit bereits ablaufen, ohne daß wir sie erkennen können?

Selbst mit ihren bisher unzureichenden wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten liest die Umwelttoxikologie jetzt schon das Menetekel an der Wand, das eine ökologische Katastrophe voraussagt. So zeigt sich zum Beispiel:

- ▷ daß infolge der Luftverschmutzung im Bundesgebiet und andernorts die Flechten an Häusern und Bäumen verschwunden sind. Kein Grund zum Frohlocken für Saubermänner . . .
- ▷ daß die Zahl der Regenwürmer in schadstoffbelasteten Gebieten drastisch zurückgeht – ein ernstes Signal für die weit fortgeschrittene Zerstörung des Bodenlebens. Noch stärkerer Einsatz von Agrarchemie schädigt weiter das auch für das langfristige Überleben des Menschen notwendige Symbiosegleichgewicht im Boden;
- ▷ daß die Bodenfruchtbarkeit infolge permanenten Herbizideinsatzes zurückgeht und der massive Pestizideintrag in die Umwelt die ökologischen Gleichgewichte ernsthaft bedroht oder schon zerstört hat;
- ▷ daß immer weiter Tier- und Pflanzenarten durch menschliche Arroganz, Ignoranz und Brutalität zunehmend schneller zu Tausenden unwiderbringlich ausgerottet werden, weil die massenhaft in Luft, Wasser und Erdboden emittierten Schadstoffe primär die besonders störanfälligen Reproduktionsprozesse der Lebewesen schädigen;
- ▷ daß die jahrzehntelang ständig steigende Luftverschmutzung durch Industrie und Kraftfahrzeuge unermeßlichen Schaden an Jahrtausende alten Kulturdenkmälern angerichtet hat, deren Wert auch mit höchsten Geldbeträgen nicht gemessen werden kann, da sie unwiederbringlich vernichtet sind;
- ▷ daß die Abgase aus Kraftwerken, Industrie und Kraftfahrzeugen in wenigen Jahren unseren Wald weitgehend zerstört haben werden;
- ▷ daß der weiterhin unvermindert hohe Schadstoffeintrag z.B. in Flüsse, Seen und Meere diese Ökosysteme zunehmend zerstört;
- ▷ daß die Zusammenhänge zwischen der Schadstoffbelastung des Menschen und dem Auftreten von Erkrankungen der



... wagt keiner zu entscheiden, was 150 ppm PCB im Fett der Robben bedeutet.  
Foto: Raupach/Argus

Atemwege, von Allergien, Immundefekten, Krebs, Mißbildungen und vielen »unspezifischen« Krankheitsbildern zunehmend deutlicher werden.

Besteht jedoch bei den für diese Situation Verantwortlichen in Politik, Wirtschaft und Verwaltung überhaupt ein ernsthaftes Interesse am Wahrnehmen solcher Warnungen? Solange die kurz-sichtige, ökologisch blinde internationale Interessensgemeinschaft aus Wirtschaft und Militär dominant bleiben, dürfen die Hoffnungen nicht zu hoch geschraubt werden.

Als erstes Fazit kann festgehalten werden, daß wir die häufig geforderte »restlose wissenschaftliche Klärung« all dieser Zusammenhänge nicht als Zeitaufschub dulden dürfen, während inzwischen Chemisierung und Verschmutzung der Umwelt rapide weiterwachsen. Es muß sofort nach bisherigem Kenntnisstand gehandelt werden.

### Aufklärung von Wirkungsmechanismen

Selbst eine möglichst umfassende Bestandsaufnahme der bereits verursachten Schadstoffbelastung des Menschen und seiner Umwelt bleibt eine Momentaufnahme eines Istzustandes, die für eine Bewertung zwar unerlässlich ist, für eine Trendanalyse allerdings nur ein Anfang sein kann. Letztere erfordert den gleichen analytischen Aufwand der »Momentaufnahme«, jedoch wiederholt für jede Substanz in regelmäßigen Zeitabständen. Was dies

angesichts der nicht annähernd abschätzbar großen Zahl von Umweltchemikalien bedeutet, dürfte nach den voranstehenden Ausführungen deutlich geworden sein.

Für die Erforschung der Wirkungsmechanismen toxischer Chemikalien muß allerdings jede einzelne Substanz einer noch weit detaillierteren Analyse unterzogen werden, die über das Verhalten des betreffenden Fremdstoffes im Organismus einer (oder mehrerer) Tierart(en) und vor allem des Menschen Aufschluß gibt. Wie verteilt sich diese Substanz im Körper? Reichert sie sich in bestimmten Organen und Geweben zu gefährlichen Konzentrationen an, wird sie im Stoffwechsel chemisch umgewandelt zu geringer oder sogar stärker toxischen Produkten? Wie lange werden die Ausgangssubstanz, d.h. der »Umweltschadstoff«, und ihre Stoffwechselprodukte im Körper zurückgehalten? Liegt der Zeitverlauf der Ausscheidung, der mit dem Begriff der biologischen Halbwertszeit beschrieben wird, im Bereich von Stunden, Tagen oder sogar von Jahren, wie im Falle vieler halogenierter Kohlenwasserstoffe und einiger Schwermetalle? Trotz einer solchen anscheinend sehr differenzierten Betrachtungsweise ist diese jedoch ausschließlich auf die Chemikalie als potentiellen Schadstoff ausgerichtet. Sie berücksichtigt noch nicht deren außerordentlich vielfältige, komplexe Auswirkungen auf lebende Organismen und auch auf die unbelebte Materie.

Die Aufklärung der Wirkungsmechanismen von Chemikalien gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Toxikologie, selbst wenn dieses Fach keinerlei Chancen hat, jemals den ständig und rapide wachsenden Vorsprung der hochoffiziell produzierenden Chemie

auffüllen zu können. Ohne diese äußerst mühevollen und hinsichtlich Personal, apparativer Ausstattung und Zeit gleichermaßen aufwendige Kleinarbeit toxikologischer Forschung, welche das methodische Instrumentarium anderer Fachdisziplinen wie Pharmakologie, Biochemie, Physiologie, Pathologie, Epidemiologie, Biologie, Chemie, physikalische Chemie u.a. benutzt, ist keine Erweiterung unserer Kenntnisse über die Gefährdung der Biosphäre durch Chemikalien möglich.

Für die Aufklärung von Wirkungsmechanismen ist die Offenlegung bereits eingetretener gesundheitsschädigender Effekte eine wichtige Voraussetzung. Gerade hier behindern aber Gleichgültigkeit oder sogar vorsätzliches menschliches Fehlverhalten empfindlich die umwelttoxikologische Aufklärungsarbeit, wie einige Beispiele zeigen mögen:

Seit etwa 100 Jahren (!) ist den Verantwortlichen in der Industrie die Gefährlichkeit bestimmter chlorierter aromatischer Kohlenwasserstoffe, z.B. der chlorierten Naphthaline, für den Menschen bekannt. Seit etwa 50 Jahren sammelt die Industrie entsprechende Erfahrungen mit deren Ersatzprodukten, den polychlorierten Biphenylen (PCB) und anderen halogenierten Kohlenwasserstoffen in ihren Archiven. Nicht erst seit der Explosion in der zur Hoffmann-La Roche-Gruppe gehörenden chemischen Fabrik Icmesa in Seveso 1976, sondern schon seit mindestens 30 Jahren (!) ist den Verantwortlichen der Chemischen Industrie die extreme Toxizität chlorierter Dioxine bestens bekannt. Deren Fürsorge für ihre exponierten Arbeiter trägt allerdings sehr häufig deutliche Züge von Menschenverachtung. Das Wissen um die enorme Gefährlichkeit der Dioxine hinderte die deutsche Chemiefirma C.H. Boehringer Ingelheim (nur stellvertretend auch für andere Großproduzenten von Chemiemüll in Mitteleuropa aufgeführt) nicht daran, viele Gebiete im Bundesgebiet durch Ablagerung ihrer Dioxin-Abfälle auf unbekannte Zeit zu belasten und die Bevölkerung zu gefährden. Die Chemiemüllplätze sind bisher nicht einmal zahlenmäßig verlässlich bekannt. Die Sanierungsprobleme überschreiten sowohl unsere Vorstellung als auch wahrscheinlich unsere finanziellen Möglichkeiten. Trotzdem versagten bisher die Regierungen, die Verursacher dieser »Todeszonen der Landschaft« zur Schaffung eines Sanierungsfonds (sog. Altlastenfonds) zu zwingen, wie er z.B. in den USA als »Superfund« für entsprechende Sanierungsaufgaben eingerichtet worden ist.

Diese wenigen Beispiele können nur punktförmig die peinlich vor der Öffentlichkeit gehütete Kehrseite des chemischen Wirtschaftswunders beleuchten. Sie weisen aber gleichzeitig auf die fundamentale, auch gesellschaftspolitische Bedeutung toxikologischer und umwelttoxikologischer Forschung für das Überleben in einer total chemisierten Welt hin. Ohne wirkungsvolle toxikologische Forschung gibt es auch keine wirkungsvollen Maßnahmen, die Bevölkerung vor chemiebedingten Gesundheitsschäden zu bewahren oder bereits eingetretene Schäden eventuell gezielt zu therapieren.

Die systematische Aufklärung und Veröffentlichung der Wirkungsmechanismen könnte klugen und verantwortungsbewussten Führungskräften in der Industrie auch helfen, die Herstellung und Verwendung gefährlicher Chemikalien zu vermeiden, die Erforschung von Alternativen voranzutreiben und damit frühzeitig neue Märkte zu erschließen. Längst überfällig ist u.E. der weitestgehende Verzicht auf halogenierte Kohlenwasserstoffe, was bei intelligenter Betriebsführung keinerlei wirtschaftliche Nachteile, aber für die gesamte Gesellschaft ausschließlich Vorteile brächte – z.B. auch die Vermeidung höchst gefährlicher und durch ihre Entsorgung höchst kostspieliger Abfallprodukte. Solche Vorteile

erscheinen allerdings nicht in der betriebswirtschaftlichen Kalkulation, da die eventuell kurzfristig und vordergründig entstehenden Mehrkosten infolge Produktionsumstellung das Management mehr interessieren als die durch die alten Produkte erzeugten individuellen, lokalen, regionalen und globalen Schäden, welche bekanntlich die »Allgemeinheit« zu tragen hat.

Die Aufklärung von Wirkungsmechanismen setzt nicht nur genaue Kenntnisse über die zu prüfenden Substanzen voraus, sondern auch detailliertes Wissen über die Organismen, auf welche sie einwirken. Die verschiedenen Organe eines Lebewesens, deren optimales Zusammenwirken die Grundlage für das Phänomen »Leben« ist, sind ihrerseits hochkomplizierte Systeme. Ihre Einzelzellen sind sowohl untereinander über Wechselbeziehungen verbunden als auch für sich durch eine zwar intensiv erforschte, aber bei weitem nicht vollständig aufgeklärte Vielfalt von Stoffwechselprozessen und anderen Äußerungen zellulären Lebens ausgezeichnet. Die mathematischen Funktionen, mit denen man bei grober Vereinfachung einzelne zelluläre Prozesse, wie z.B. enzymatische Reaktionen, beschreiben kann, sind ihrerseits gleichermaßen komplex und nur in extrem seltenen Fällen – oder nie – linear. Das gleiche gilt nicht nur für die interzellulären Wechselwirkungen innerhalb eines Organs oder für die koordinierte Zusammenarbeit der Organsysteme in einem »Organismus«, sondern erst recht für die wechselseitigen Beziehungen zwischen vielen Lebewesen innerhalb eines Ökosystems. Der Eingriff bereits eines Umweltschadstoffes in ein derart kompliziertes und im Laufe der Evolution seit Millionen Jahren etabliertes und optimiertes Netzwerk muß weitreichende Folgen haben. Die meisten dieser Folgen bleiben zunächst unsichtbar, »unerschwinglich« ist dafür ein beliebter Ausdruck, was allerdings oft mit »unschädlich« verwechselt wird. Nur zu leicht wird dabei übersehen, daß die zahllosen Wechselbeziehungen innerhalb eines derartigen Netzwerkes in Anwesenheit von Schadstoffen nur in Extremfällen vollständig blockiert werden. Die Regel ist vielmehr eine »stufenlose Dämpfung« dieser Prozesse, von denen jeder einzelne quantitativ höchst unterschiedlich reagiert. Wenn allerdings eine kritische Zahl von Einzelprozessen in einem solchen Netzwerk über die biologische Kompensierbarkeit hinaus geschädigt wird, so kann ein ganzes Ökosystem mit dann »erschreckender Geschwindigkeit« zusammenbrechen. Die durch den Menschen ausgerotteten Artgenossen (»Wilde«), Tier- und Pflanzenarten legen hierfür ein eindrucksvolles, höchst beschämendes Zeugnis ab. Die sterbenden Wälder, die vom Tod unmittelbar bedrohte Nordsee, verschmutzte Flüsse, Seen und Böden führen uns einen solchen Effekt zur Zeit vor – die irreversible Kontamination des Grundwassers und des Bodens mit einer Vielzahl von Schadstoffen ist nicht mehr nur ein lokales Problem.

Zusammenfassend soll festgehalten werden, daß die Aufklärung der Wirkungsmechanismen von Schadstoffen eine unabdingbare Voraussetzung ist für die Aufdeckung von Kausalzusammenhängen. Wenn letztere stets und lautstark von Repräsentanten der umweltverschmutzenden Industrie gefordert wird, geht es diesen allerdings weniger um die Wahrheitssuche als vielmehr um eine Verzögerung, da mit umfangreicher Forschungstätigkeit – wie oben ausgeführt – immer Zeiträume von vielen Jahren bis Jahrzehnten verbunden sind. ♦

Die vollständige Studie von Carsten Alsen und Otmar Wassermann »Die gesellschaftspolitische Relevanz der Umwelttoxikologie« ist als Report IIUG rep 86-5 des Wissenschaftszentrum Berlin, Internationales Institut für Umwelt und Gesellschaft, (heute: Abteilung Normbildung und Umwelt, Schwerpunkt Technik – Arbeit – Umwelt) erschienen.