

Produktionshöhe, Produktionsprozesse und Anwendungsmuster bilden die Grundlage dafür, ob ein Stoff eine Umwelterheblichkeit erreichen kann. Sie sind technologisch bzw. wirtschaftlich vorbestimmt. Umweltrelevante Stoffeigenschaften, die Umwandlung bzw. die Abbaubarkeit unter biotischen und abiotischen Bedingungen und das Ausbrei-

tungsverhalten geben Hinweise auf Stabilität bzw. Eliminationsmöglichkeiten und Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Chemikalien in der Umwelt. Unter Hinzuziehung von Daten zur Ermittlung biologischer Effekte ist es das Ziel, eine ökotoxikologische und umwelthygienische Beurteilung durchzuführen.

Wirkungsforschung für eine gesunde Umwelt

W. Mücke

Die ständige Verfeinerung der chemisch-physikalischen Nachweismethoden hat es möglich gemacht, Schadstoffe in der Umwelt relativ genau und zuverlässig zu bestimmen. Gewiß kann das in manchen Fällen recht aufwendig sein, wie die durchgeführten Untersuchungen von Vogeleiern auf Chlorkohlenwasserstoffe gezeigt haben oder auch die Untersuchungen auf Cadmium in Geweben von Schafen. Doch lassen sich heute viele der als umweltrelevant erkannten Stoffe in den meisten Substraten noch im Spurenbereich bestimmen.

Nach der Messung von Substanzen stellt sich dem Umwelthygieniker die entscheidende Frage nach dem Wirkungspotential der festgestellten Menge bzw. Konzentration: Es geht damit um die Beurteilung, ob ein Stoff unter den gegebenen ökologischen Verhältnissen als Umweltschadstoff zu behandeln ist. Eine solche Beurteilung ist besonders schwierig dann, wenn die Umwelt einem chemischen Stoff langfristig exponiert ist, wenn niedrige Konzentrationen vorliegen und wenn Auswirkungsmöglichkeiten auf große Populationen gegeben sind. Und genau das ist bei vielen Umweltchemikalien der Fall.

Die wissenschaftlichen Möglichkeiten der Wirkungsbeurteilung sind, verglichen mit den Möglichkeiten der Meßtechnik, heute noch gering und liegen weit hinter diesen zurück. Man hat sogar den Eindruck, daß sich hier eine Schere geöffnet hat, da in vielen Wirkungsfragen nicht nur Lücken zu schließen sind, sondern erst einmal Erkenntnisgrundlagen geschaffen werden müssen. Die Forderung nach einer gründlichen Erforschung der Wirkungsfragen wird seit Anfang der 70er Jahre drängend gestellt. Sie ist nicht nur ein Appell aus dem Elfenbeinturm der Wissenschaft. Die Chemikaliengesetzgebung hat uns deutlich vor Augen geführt, wie schwer es ist, auf dem gegenwärtigen wissenschaftlichen Fundament tragfähige rechtliche Konstruktionen für eine vorbeugende Kontrolle von chemischen Stoffen zu errichten.

Gegenstand der Wirkungsforschung ist die bekannte oder die vermutete stoffliche Wirkung auf den Menschen, das Tier, die Pflanze sowie die Wirkung auf Ökosysteme und auf Materialien. Ihr Ziel ist, quantitative Beziehungen zwischen der Dosis und der Wirkung zu ermitteln und, darauf aufbauend, Kriterien zu finden für die noch akzeptierbare Belastung durch einzelne Stoffe und Kombinationen von Stoffen. Mit anderen Worten, Ziel der Wirkungsforschung ist die Feststellung von Grenzwerten für Belastungsfaktoren.

Wo stehen wir nun heute in der Wirkungsforschung? Von zahlreichen chemischen Substanzen haben wir bereits *stoffbezogene Daten*, die es erlauben, *Schlüsse auf eine evtl. Umweltgefährlichkeit* zu ziehen. Von Bedeutung ist

1. die Menge des Eintrags in die Umwelt;
2. das Verteilungsverhalten; hier sind physikochemische Daten ausschlaggebend wie z.B. die Löslichkeit und der Dampfdruck;
3. die Persistenz, also die Stabilität gegenüber Abbaumechanismen;

4. die Akkumulation, also die Anreicherung in Lebewesen und der Eintritt in Nahrungsketten. Sie hängt ab von der Persistenz und der Stoffkinetik im Lebewesen.

5. Schließlich hängt die Wirkung von der Art der betroffenen Lebensgemeinschaften ab.

Weitere Anhaltspunkte für die Wirksamkeit geben bestimmte *Kennzeichen der chemischen Reaktivität*. Das ist ja die Wunschvorstellung: aus der Struktur die Umweltrelevanz eines chemischen Stoffes vorherzusagen, um auf experimentelle Prüfungen möglichst ganz verzichten zu können.

Dies ist – zumindest bis heute – nicht möglich. Gewisse Aussagen lassen aber folgende Merkmale durchaus schon zu: die Anwesenheit von reaktiven Gruppen im Molekül (z.B. Doppelbindungen und Halogensubstituenten), bestimmte Reaktionsweisen (z.B. Alkylierungen, Nitrosierung), bestimmte Stoffklassen (siehe die N-Nitroso-Verbindungen, die zu einem größeren Teil cancerogen sind) oder bestimmte metabolische Reaktionen und biochemische Organleistungen (z.B. Darmresorption und Leberstoffwechsel).

Die *stoffbezogenen Daten* können aber *unmittelbar wirkungsbezogene Daten* nicht ersetzen: Entscheidend ist die Kenntnis derjenigen Konzentration, die zu meßbaren Veränderungen im Organismus und in ökologischen Systemen führt. Dazu müssen die Beziehungen zwischen der Dosis, der Wirkung und der Zeit gefunden werden. Das Problem besteht nun darin, daß solche mathematischen Beziehungen besonders im unteren Dosisbereich nicht mehr oder nicht mehr sicher feststellbar sind und sich schon daraus ein Restrisiko ergibt, abgesehen von anderen Unsicherheiten. Ein großes Problem ist allein schon die Wahl der Wirkungsparameter. Wenn z.B. bei der Umwelterheblichkeitsprüfung neuer chemischer Substanzen noch gar keine Anhaltspunkte für Auswirkungen auf biologische Systeme vorhanden sind, muß erst eine breit angelegte Testserie Aufschluß über die wichtigsten pathogenetischen Effekte und die bei niedrigster Dosierung auftretenden Effekte geben.

Betrachten wir die *Prüfungen nach dem Chemikaliengesetz* unter Umweltaspekten, so sagt z.B. die Feststellung der aktuellen Toxizität über die Umweltrelevanz wenig. Die akute Toxizität – die Menge des Stoffes, bei der 50% der Versuchstiere sterben – ist für den Gesundheitsschutz und den Arbeitsschutz wesentlicher als für den Umweltschutz. Dasselbe gilt für die subakute Toxizität, bei der in 28 Tagen der »no-toxic-effect-level« festgestellt wird, wo also noch keine pathologischen Veränderungen auftreten. Im Hinblick auf die Wirkung von Umweltchemikalien bedeutungsvoller sind krebserzeugende, fruchtschädigende, erbgutverändernde und sonstige chronisch schädigende Eigenschaften. Das Chemikaliengesetz faßt die Umweltgefährlichkeit sehr weit, nämlich als Eigenschaft, die natürliche Beschaffenheit von Wasser, Boden oder Luft, von Pflanzen, Tieren oder Mikroorganismen sowie des Naturhaushalts derart zu verändern, daß dadurch erhebliche Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit herbeigeführt werden. Zur Ermittlung des umweltgefährdenden

Potentials von chemischen Stoffen stehen zum Teil bereits Modelle, Verfahren, Kriterien und Bewertungsmaßstäbe bereit: Für die Abschätzung einer Erbgutveränderung (Mutagenese) und der Auslösung von Krebs (Cancerogenese) wurden Schnelltests mit Mikroorganismen entwickelt. Erweiterte Tests, z.B. mit der Taufliede *Drosophila* und zytogenetische Untersuchungen an Körperzellen führen zu noch aussagekräftigeren Ergebnissen. Doch auch sie werden Langzeituntersuchungen nicht überflüssig machen.

Für die Ökotoxizität im engeren Sinne, also die biologische Wirkung auf Systeme (sogenannte synökologische Wirkungen) hat die Wirkungsforschung Verfahren entwickelt, mit denen die *Giftigkeit bei wichtigen Gliedern der Biozönose* ermittelt werden kann. Sie seien kurz genannt: Fischtests sind besonders aussagekräftig, da der Fisch ein charakteristisches Glied der Nahrungskette ist, dort auf einer hohen Stufe steht, ein empfindlicher Organismus ist und aus diesen Gründen wichtige Informationen über die Wasserqualität liefern kann. Die Feststellung einer Bewegungshemmung bei Wasserflöhen (*Daphnien*) erlaubt Aussagen über die Wirkung von Stoffen auf Kleinlebewesen im Wasser und damit auf ein wichtiges Glied der Nahrungskette in aquatischen Ökosystemen. Die Hemmung der Zellvermehrung von Grünalgen mit Hilfe der Trübungsmessung ist ebenfalls ein Indikator für die Wasserqualität. Die Toxizität bei Vögeln erlaubt Aussagen über Auswirkungen von Stoffen auf die Artenvielfalt und z.B. auch über die unerwünschte Vermehrung der Nahrungstiere von Vögeln, etwa von Insekten. Die Giftigkeit von Stoffen auf Regenwürmer gestattet es, Aussagen über die Wirkung auf das Ökosystem Boden mit seinen vielen anderen lebenden Bestandteilen zu treffen. Anhaltspunkte für die Giftigkeit auf Pflanzen gibt ein Test, bei dem Keimungs- und Wachstumsveränderungen bei der Gartenkresse beobachtet werden. Hieraus können Rückschlüsse auf Wirkungen bei Kulturpflanzen gezogen werden. Die Prüfung der Vermehrungshemmung bei Wasserbakterien (*Pseudomonas*) gibt wichtige Aufschlüsse über stoffliche Wirkungen auf die Selbstreinigungskraft von Gewässern (man macht sich hier die Fähigkeit von *Pseudomonas* zunutze, kohlenstoffhaltige Stoffe abzubauen).

Solche Testverfahren sind aber größtenteils fachlich noch nicht – vor allem auf internationaler Ebene – allgemein anerkannt. Außerdem wird ihre Aussagefähigkeit und die Gewichtung der Einzeltests für die Beurteilung der Umweltgefährlichkeit insgesamt noch sehr unterschiedlich beurteilt. Besonders das Phänomen der Bioakkumulation mit seinen vielen offenen Fragen (z.B. Resorption, Verteilung, Stoffkinetik, Speicherung) macht uns deutlich, daß die biologischen Prüfverfahren eine Schwerpunktaufgabe der weiteren Wirkungsforschung darstellen. Das gilt ebenso für die Cancerogenese und die Erforschung cocancerogener Faktoren.

Ein weiterer Schwerpunkt der Wirkungsforschung liegt bei der *Ermittlung von Schwellendosen*. Sie sind ja das entscheidende Kriterium, wenn wir die Frage stellen: Wieviel »verträgt« die Umwelt, wieviel »vertragen« die ökologischen Systeme an diesem oder jenem Stoff? Für einen Teil der Umweltchemikalien werden sich solche Schwellendosen für Expositionen feststellen lassen, die sich als Gleichgewicht aus dem Input, dem Abbau, der Ausschaltung bzw. der Speicherung einstellen. Das Problem ist aber, ob Dosis-Wirkungs-Beziehungen, die im Versuch ermittelt wurden, extrapoliert werden dürfen in die niedrigen Konzentrationsbereiche, die in der Umwelt vorliegen. Besonders schwierige theoretische Probleme ergeben sich auch bei krebserzeugenden Substanzen. Vieles spricht dafür, daß Schwellendosen für sie überhaupt nicht ermittelt werden können.

Ein dritter Schwerpunkt der Wirkungsforschung sollte die *Erforschung von Nahrungsketten* sein, aufbauend auf dem

Phänomen der Bioakkumulation bei einzelnen Gliedern. Für den Menschen am wichtigsten sind Schadstoffübertritte aus der Nahrung in den menschlichen Körper, wo zum Persistenzverhalten und Akkumulationsverhalten noch sehr viele Fragen offen sind. Als Beispiel sei hier nur der Übertritt von Schadstoffen in die Muttermilch genannt, der bei Organohalogenverbindungen ein sehr bedenkliches Ausmaß erreicht hat.

Angesichts dieser breiten Aufgabenstellung müssen auf dem Gebiet der Wirkungsforschung noch erhebliche weitere Anstrengungen unternommen werden. Dazu muß sich die Toxikologie dem Problem der Umweltschadstoffe stellen und sie muß als wissenschaftliche Disziplin erheblich erweitert werden. Die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* geht in ihrer vielbeachteten »Denkschrift Toxikologie« in diesem Verständnis über das Individuum als Forschungsgegenstand weit hinaus und auch die umfangreichen wissenschaftlichen Arbeiten des SCOPE (einer Fachunion des International Council of Scientific Unions) haben bereits dazu geführt, daß sich die Wirkungsforschung für eine gesunde Umwelt als interdisziplinärer Wissenschaftszweig profiliert. Dabei hat sich die Verbindung von Metabolismus-Forschung, experimenteller Toxikologie und ökologischer Chemie als ein guter Ansatz erwiesen. In der Zukunft werden – wie auch die Weltgesundheitsorganisation fordert – noch mehr Wissenschaftler als bisher auf diesem Gebiet tätig werden müssen. Vom Erfolg der Wirkungsforschung wird es abhängen, ob wir Gefahren durch chemische Stoffe in der Umwelt rechtzeitig erkennen und Vorsorge treffen können.

Zusammenfassung

Heute können die meisten umweltrelevanten Stoffe analytisch relativ exakt und zuverlässig bestimmt werden. Dagegen wirft die Frage, ob ein Stoff unter den gegebenen ökologischen Verhältnissen umweltschädlich ist, häufig Probleme auf. Vor allem die Beurteilungsschwierigkeiten bei langfristigen Expositionen, niedrigen Konzentrationen und Auswirkungsmöglichkeiten auf große Populationen unterstreichen die *Bedeutung der Wirkungsforschung*. Ihr Ziel ist, *quantitative Beziehungen zwischen der Dosis und der Wirkung und damit Grenzwerte für Belastungsfaktoren zu ermitteln*.

Die Wirkungsforschung verfügt über *stoffbezogene Daten* (z.B. Menge des Eintrags in die Umwelt, Verteilungsverhalten, Persistenz, Akkumulation), die erste Schlüsse auf eine evtl. Umweltgefährlichkeit erlauben. Weitere Anhaltspunkte geben *bestimmte Kennzeichen der chemischen Reaktivität* (z.B. reaktive Gruppen). Unentbehrlich sind *unmittelbar wirkungsbezogene Daten* über die Konzentrationen, die zu meßbaren Veränderungen im Organismus und in ökologischen Systemen führen. Gegenstand der Wirkungsforschung sind insbesondere auch *krebserzeugende, fruchtschädigende und erbgutverändernde Eigenschaften*; zum Teil stehen bereits Schnelltests zur Verfügung. Für die Feststellung einer Ökotoxizität im engeren Sinne, also die biologische Wirkung auf Systeme, wird die *Giftigkeit für wichtige Glieder der Biozönose* ermittelt (z.B. Fischtests, Grünalgentests).

Als *Schwerpunktaufgaben* der weiteren Wirkungsforschung werden angesehen: international abgestimmte biologische Prüfverfahren und ihre Gewichtung für die Beurteilung der Umweltgefährlichkeit; Ermittlung von Schwellendosen, vor allem in niedrigen Konzentrationsbereichen; Erforschung von Nahrungsketten unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffübertritten aus der Nahrung in den menschlichen Körper. Eine übergreifende Zusammenarbeit der dazu notwendigen wissenschaftlichen Disziplinen ist eingeleitet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [9_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Mücke W.

Artikel/Article: [Wirkungsforschung für eine gesunde Umwelt 25-26](#)