

# **Umwelt und Gesundheit**

**Rainer Fehr, Adriane-Bettina Kobusch und Heinz-Erich Wichmann**

|   |     |
|---|-----|
| 1. Fachgebiet „Umwelt und Gesundheit“ .....                   | 295 |
| 2. „Chemisierung“ und anthropogene Umgestaltung der Biosphäre | 296 |
| 3. Umweltmedizinische Wirkungskette .....                     | 298 |
| 3.1 Gesundheitliche Wirkungen ....                            | 298 |
| 3.2 Noxen .....   | 300 |
| 3.3 Umweltmedien Luft, Wasser, Boden .....                    | 301 |
| 3.4 Lebensbereiche .....                                      | 302 |
| 4. Umwelt-Epidemiologie und -Toxikologie .....                | 304 |
| 5. Umweltmedizinisches Informationsmanagement .....           | 307 |
| 6. Schutzmaßnahmen .....                                      | 308 |
| 6.1 Rechtsnormen .....  | 310 |
| 6.2 Grenz- und Richtwerte .....                               | 311 |
| 6.3 Gesundheitsberichterstattung ...                          | 313 |

Der Begriff „Umwelt“ erlaubt verschiedene Interpretationen. Von der physischen Umwelt mit ihren vielfältigen physikalischen, chemischen und biotischen Aspekten zu unterscheiden ist die nicht weniger komplexe soziale Umwelt. Der folgende Text bezieht sich auf die physische Umwelt, die der Mensch als Lebens- und Bezugsraum, zur Nahrungsproduktion, zum Transport und zur Erholung nutzt.

Alle physiologischen Lebensfunktionen erfolgen in enger Beziehung zur physischen Umwelt. Die Grenze zwischen Mensch und Umwelt ist fließend, denn eingeatmete Luft und verzehrte Nahrungsmittel werden Teil des menschlichen Körpers. Vielfältige Einflüsse der physischen Umwelt auf die menschliche Gesundheit wurden schon von Hippokrates unterstellt. An der Entstehung

von Krankheiten und der Prägung von Krankheitsverläufen sind Umwelteinflüsse stets beteiligt.

Im Laufe der Geschichte und zunehmend in den letzten Jahrzehnten hat der Mensch durch technische Maßnahmen die natürliche Umwelt immer stärker umgestaltet. Für den Gesundheitsschutz stehen, nicht zuletzt wegen der besonderen Verantwortungslage, anthropogene und damit gestaltbare Umweltfaktoren häufig im Mittelpunkt.

Der Arbeitswelt, die als wichtiger Umweltbereich schon seit langem eigenständig behandelt wird, ist auch hier eine eigene Darstellung gewidmet (siehe den Beitrag Arbeitswelt und Gesundheit in diesem Handbuch).

## **1. Fachgebiet „Umwelt und Gesundheit“**

In anglo-amerikanischen Ländern ist das Fachgebiet „Environmental Health Sciences“ ein integraler Bestandteil dortiger Public-Health-Programme. Auf der Basis von Epidemiologie und Toxikologie wird mit spezifischen Methoden der Expositions- und Risikoabschätzung, des Biomonitoring etc. der Einfluß der physischen Umwelt auf die menschliche Gesundheit untersucht.

Ein solches Fachgebiet ist gegenwärtig in Deutschland noch nicht etabliert. Im Entstehen begriffen ist eine enger definierte, an der Versorgung individueller Patienten orientierte Umweltmedizin. Aus Sicht der Autoren ist es wünschenswert, auch das weiter gefaßte Fachgebiet „Umwelt und

Gesundheit“ im Rahmen der Gesundheitswissenschaften in Deutschland zu entwickeln. – Sofern nicht anders vermerkt, wird im folgenden der Begriff Umweltmedizin in diesem erweiterten Sinn von „Environmental Health Sciences“ verwendet.

Gegenstand der Umweltmedizin sind zunächst die gesundheitlichen Gefahren, die aus Situationen und Ereignissen in der physischen Umwelt resultieren, insbesondere auch die Aufklärung von Wirkmechanismen und die Quantifizierung und Bewertung von Risiken. Ferner behandelt sie umweltbezogene Maßnahmen von Gesundheitsförderung und Gesundheitsschutz, einschließlich Risikoverhütung, -management und -kommunikation sowie deren Evaluation. Zu den zentralen Konzepten der Umweltmedizin gehören Begriffe wie Gefährdung (engl. hazard), Risiko und Sicherheit. Eine potentielle Gefährdung für die menschliche Gesundheit erwächst unter anderem aus der Toxizität, Entflammbarkeit, Explosivität oder Radioaktivität von Bestandteilen der physischen Umwelt. Umweltmedizinisch steht die Toxizität im Mittelpunkt des Interesses.

„Risiko“ bezeichnet die Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Schädigung unter definierten Bedingungen. Die Beschreibung des Risikos erfolgt qualitativ (niedrig, hoch) oder quantitativ (Wertebereich 0 bis 1), z. B. als individuelles Risiko pro Jahr oder über die Lebenszeit hinweg. „Sicherheit“ bezeichnet die Abwesenheit von Gefahren. Absolute Sicherheit gibt es nicht. Umweltmedizin mit realistischer Zielsetzung untersucht umweltbezogene Gesundheitsrisiken mit Blick auf ihre relative Größe, Relevanz und Vermeidbarkeit sowie im Kontext konkurrierender gesellschaftlicher Wertsetzung und Zielvorstellungen. Die Umweltmedizin schließt in räumlicher und zeitlicher Hinsicht ein weites Spektrum unterschiedlicher Phänomene ein. Die Größenordnung reicht von molekular (Wirkmechanismen einzelner Schadstoffe) bis weltweit (Klimaveränderungen), die Zeitskala vom Sekundenbereich (Akut-Ereignisse) bis zu mehreren Generationen (Erbgutveränderungen).

Zu den offenkundigen, katastrophenhaften Akut-Ereignissen gehörten z. B. die Freisetzungen von Dioxinen in Seveso (Norditalien) im Jahr 1976 und von Methylisocyanat in Bhopal (Indien) im Jahre 1984, bei denen jeweils zahlreiche Menschen in kurzer Zeit gesundheitlich zu Schaden kamen. Der Regelfall umweltmedizinischer Fragestellungen betrifft jedoch die oft schwer nachweisbaren Auswirkungen diskreter Veränderungen in den physischen Lebensgrundlagen, also in Luft, Wasser, Erdboden und Nahrungsmitteln.

Alle Lebensvorgänge erfordern bekanntlich spezifische materielle und energetische Voraussetzungen und stehen innerhalb eines jeden Organismus wie auch in Bezug zur Umwelt in einem Fließgleichgewicht (Homöostase). Offenkundig können Mangel (z. B. an Sauerstoff, Wasser, Jod, Zink) wie auch Überschuß (UV-Strahlung, stoffliche „Gifte“) die Gesundheit gefährden. Die Dynamik der verschiedenen vernetzten Stoff- und Energiefließströme wird jedoch erst allmählich und noch ganz unzureichend verstanden. Diese komplexe Situation setzt der Umweltmedizin bei der Beurteilung einzelner potentiell gesundheitsrelevanter Faktoren enge Grenzen.

Ziel eines Schwerpunktes „Umwelt und Gesundheit“ innerhalb der Gesundheitswissenschaften ist es, Entscheidungsträger in diesem Bereich durch Wissen und Fertigkeiten zu qualifizieren. Im folgenden werden für dieses im Aufbau befindliche Fachgebiet wesentliche Fragestellungen, wissenschaftliche Grundlagen einschließlich methodischer Aspekte und auch exemplarische Praxis-Anwendungen dargestellt.

## **2. „Chemisierung“ und anthropogene Umgestaltung der Biosphäre**

Seit Beginn des Industriezeitalters am Anfang des 19. Jahrhunderts ist eine enorme Steigerung der Chemikalienproduktion zu verzeichnen. Der großtechnischen Herstellung von modifizierten Naturstoffen, Farbstoffen und Düngemitteln im vorigen

Jahrhundert folgte in diesem Jahrhundert die Herstellung rein synthetischer Stoffe. Diese Kunststoffe sind oft für Haltbarkeit konzipiert und deshalb physikalisch-chemisch oder biologisch schwer abbaubar.

Es wird geschätzt, daß heute mehr als 100000 Chemikalien in mehr als einer Million verschiedener Zubereitungen auf dem Markt sind. Davon werden etwa 4600 in einer Menge von mehr als 10 Tonnen pro Jahr vertrieben. Jährlich kommen weitere Chemikalien hinzu. Eine vollständige Bestandsaufnahme gibt es bisher weder von den Einzelsubstanzen noch von den Zubereitungen.

Seit Mitte der fünfziger Jahre sind chemische Produkte in fast alle Lebensbereiche eingedrungen, so daß von einer allgemeinen „Chemisierung“ gesprochen werden kann. In der Lebensmittelproduktion z. B. kommt Chemie in Form von Dünger und Pestiziden in steigendem Maße zum Einsatz. So ist weltweit in den letzten 35 Jahren die Anwendung von Düngern um das zehnfache und die Anwendung von Pestiziden um das zweiunddreißigfache gestiegen. In der alten BRD wurden jährlich ca. 30000 t Pflanzenschutzmittel abgesetzt. Hierbei handelte es sich im Jahre 1986 um 1706 zugelassene Kombinationspräparate mit 282 organischen Einzelwirkstoffen. Rückstände sowohl aus Düngemitteln als auch aus Pestiziden finden sich in der Nahrung wieder.

Im Haushalt verwendet man heute eine Fülle chemischer Produkte. Zur Reinigung wird z. B. eine Palette von Waschmittel-inhaltsstoffen wie Tenside, Enthärter, optische Aufheller, Enzyme und Inhibitoren eingesetzt. Im Wohnbereich düsten Teppiche, Möbel und Baumaterialien verschiedene Chemikalien in die Innenraumluft aus, so z. B. Lösungsmittel, Klebstoffe, Formaldehyd oder auch Bestandteile dieser Materialien selber, sogenannte Monomere. Alle diese Chemikalien gelangen über den Haushalt hinaus in die Umwelt.

Als direkte oder indirekte Folge dieser Umweltchemikalien können Gesundheitsschäden eintreten. Direkte Folgen stehen im Mittelpunkt des umweltmedizinischen In-

teresses; indirekte Auswirkungen haben erst in den letzten Jahren stärkere Aufmerksamkeit erhalten.

Als Beispiel für letztere sei der Eintritt von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs) in die Umwelt genannt. Die flüchtigen FCKWs steigen aus Feuerlösch- und Kältemitteln 20 bis 30 km in die Troposphäre auf und zerstören dort die Ozonschicht, welche Pflanzen, Tiere und den Menschen vor der gefährlichen kurzwelligen, ultravioletten Strahlung schützt. Ihre Zerstörung verstärkt den Einfall von UV-Strahlung in die Atmosphäre. Beim Menschen ist in erster Linie die Haut gefährdet. Starke UV-Strahlung führt hier über Sonnenbrand und Hautnekrosen potentiell zu Hautkrebs. Noch wichtiger sind möglicherweise Auswirkungen auf das pflanzliche Leben und die damit verbundene Versorgung mit Lebensmitteln.

Gegenwärtig wird die Biosphäre nicht nur durch Neueinträge von Umweltchemikalien (z. B. Dioxine und Furane) und durch Neuverteilung natürlicher Stoffe (z. B. Konzentration von radioaktiven Stoffen, Distribution von Blei und Platin) in ihrer stofflichen Zusammensetzung umgestaltet. Durch Abholzung großer Waldflächen, durch Monokulturen und sonstige Eliminierung von Biotopen erfolgen Eingriffe sowohl in das weltweite klimatische Gleichgewicht als auch in die biologische Evolution.

Die partielle Zerstörung der schützenden Ozonschicht durch FCKWs und die resultierenden globalen Folgen illustrieren die Schwierigkeit, räumlich entfernt und/oder zeitverschoben eintretende unerwünschte Auswirkungen (Fernwirkungen) anthropogener Aktivitäten nach Art und Ausmaß vorherzusagen bzw. rechtzeitig zu erkennen.

Daß die vielfältigen menschlichen Aktivitäten, gerade vor dem Hintergrund eines immer noch enormen Bevölkerungswachstums, die Biosphäre und damit auch den Lebensraum gegenwärtiger und künftiger Generationen nachhaltig und zum Teil irreversibel umgestalten, steht außer Frage. Strittig ist noch die Bewertung dieser

anthropogenen Veränderungen aus gesundheitlicher Sicht.

Von gesundheitswissenschaftlicher Seite wird zunehmend anerkannt, daß diese Umgestaltung nicht nur Gesundheitsrisiken für den einzelnen birgt, sondern die Lebensgrundlagen künftiger Generationen gefährden kann. Wachsende Zustimmung findet daher die Forderung, für die gesellschaftliche Entwicklung quantitative Grenzen zu akzeptieren und energetisch-materiell eine langfristige ökologische Stabilität anzustreben.

### 3. Umweltmedizinische Wirkungskette

Insbesondere für präventive Zwecke ist es sinnvoll, die „Wanderung“ einer (chemischen) Noxe von der Freisetzung in die Umwelt bis hin zur Wirkungsentfaltung detailliert zu untersuchen, denn zumindest theoretisch bietet jede Station der extrakorporalen Noxenausbreitung sowie der intrakorporalen Abläufe spezifische Präventionschancen. Eine Übersicht der Wirkungskette am Beispiel chemischer Noxen gibt Tabelle 1.

Im Gegensatz zu etablierteren Fachdisziplinen hat sich in der Umweltmedizin noch keine umfassende Systematik durchgesetzt. Gegenwärtig werden eine Untergliederung nach Umweltmedien oder eine Einteilung nach Art beteiligter Noxen am häufigsten verwendet. Daneben wird auch nach Art der gesundheitlichen Schädigungen gegliedert, besonders für Zwecke der Umweltmedizin im engeren Sinne, also Diagnostik und Therapie einzelner Patienten.

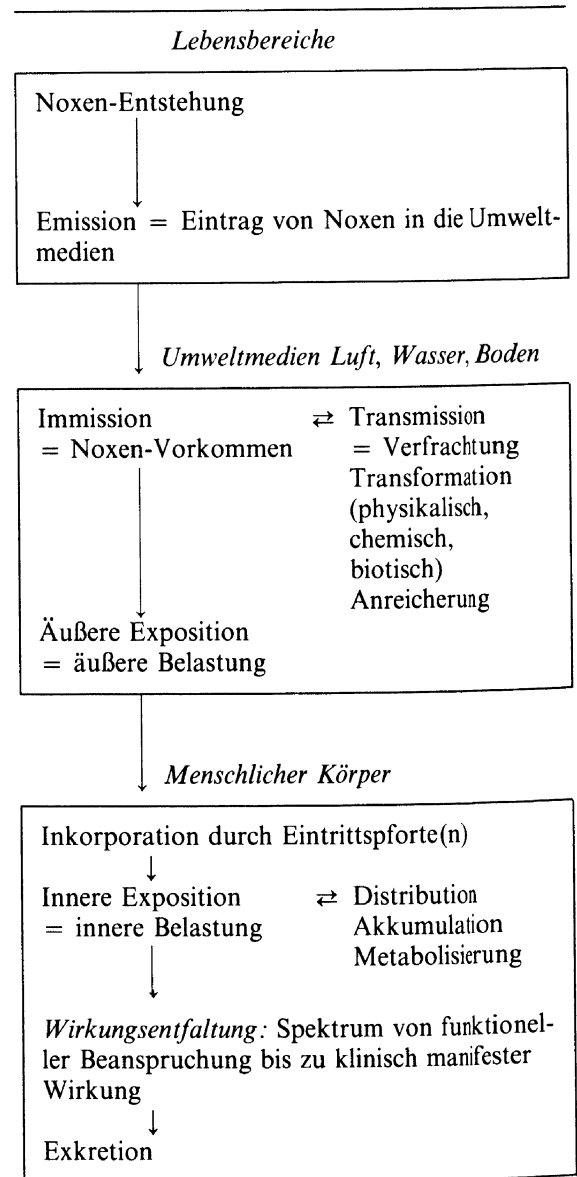
Eine vielseitige, auch für präventive Zwecke geeignete Strukturierung umweltmedizinischer Phänomene kann man aus der in Tabelle 1 beschriebenen Wirkungskette herleiten. Von den umweltmedizinisch relevanten Zielereignissen ausgehend und die Wirksequenz rückverfolgend lassen sich folgende wesentlichen Strukturierungsachsen unterscheiden:

1. gesundheitliche Wirkungen,
2. Noxen,

3. Umweltmedien,
4. Lebensbereiche.

Im folgenden werden diese Strukturierungsachsen näher behandelt.

Tabelle 1. Umweltmedizinische Wirkungskette chemischer Noxen



#### 3.1 Gesundheitliche Wirkungen

Unter Wirkung versteht man die Reaktion eines biologischen Systems auf einen Reiz oberhalb einer Wirkungsschwelle. Eine Wirkung liegt erst dann vor, wenn im Organismus vorübergehend oder dauerhaft Änderungen normaler physiologischer Pro-

zesse hervorgerufen werden. Ein chemischer Stoff kann nur dann eine biologische Wirkung entfalten, wenn die Fremdstoffmoleküle mit Molekülen des Organismus wie z. B. Membranteilen oder Desoxyribonukleinsäure (DNS)-Molekülen in Wechselbeziehung treten. Eine nachweisbare Wirkung hat nicht unbedingt Krankheitswert.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß für die Aufnahme eines Schadstoffes in den menschlichen Körper unterschiedliche Inkorporationswege in Frage kommen, insbesondere Inhalation (respiratorisch), Ingestion (oral-gastroenteral), Hautkontakt (perkutan), Bindehautkontakt (konjunktival). Bei der umweltmedizinischen Risikoabschätzung ist es wichtig, die über alle potentiellen Inkorporationswege summierte Belastung zu ermitteln und den Berechnungen zugrunde zu legen.

Umweltmedizinisch kann eine Wirkung auf unterschiedlichsten Ebenen beobachtet werden, von der molekularen und subzellulären Ebene (Zell-Organellen) über Zelle, Gewebe, Organ, Organsystem und Organismus bis hin zur gesamten Population.

Hinsichtlich des Ausmaßes gesundheitlicher Wirkung lassen sich unterscheiden:

- funktionelle und/oder morphologische Befunde als Beanspruchungsparameter ohne erkennbaren Krankheitswert,
- subjektive Beschwerden, Befindlichkeitsstörungen,
- klinisch manifeste Erkrankungen,
- Tod.

Als Beispiel für Indikatoren der Beanspruchung durch Luftschadstoffe seien Lungenfunktionstests wie forciert expiriertes Erstsekundenvolumen (FEV1) genannt. (Hiermit nicht zu verwechseln sind Belastungsparameter wie Schwermetall-Spiegel im Blut und Tetrachlorodibenzodioxin (TCDD)-Konzentrationen im Fettgewebe, die noch keine Aussage über eine Beanspruchung des Organismus erlauben).

Bei höherer Dosis oder längerwährender Schadstoffeinwirkung wird dann über die Beanspruchung hinaus eine reversible oder

auch irreversible Schädigung eines oder mehrerer Zielorgane eintreten, z. B. chronische Bronchitis oder Bronchialasthma durch chronische Exposition gegenüber Reizgasen in der Luft.

Das Wissen über die Wirkung von Umweltchemikalien auf die Gesundheit ist bisher noch sehr lückenhaft. Dieses gilt in besonderem Maße für die Folgen langfristiger Expositionen gegenüber niedrigen Dosen. Ein Grund für die Schwierigkeiten der Datenerhebung unter diesen Bedingungen ist die Länge des Zeitraumes zwischen Beginn der Einwirkung eines Schadstoffes einerseits und der Manifestation einer Erkrankung andererseits, die ursächlich auf die Einwirkung dieses Schadstoffes zurückzuführen ist. Die Latenzzeit kann in Extremfällen Jahrzehnte betragen, so z. B. bei Lungenkrebs nach Asbestexposition.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß langfristige Expositionsbedingungen typischerweise mit niedrigen Schadstoffkonzentrationen verbunden sind, wobei zudem oft unklar ist, welche Komponenten in einem Chemikaliengemisch für beobachtete Wirkungen verantwortlich zu machen sind. Auf Grund dieser methodischen Probleme ist es bisher nur für wenige Stoffe gelungen, einen Zusammenhang zwischen Exposition und gesundheitlicher Wirkung auf den Menschen eindeutig nachzuweisen.

Erheblich leichter ist zumeist der Wirkungsnachweis nach akuter Schadstoffexposition mit höheren Dosen. Die Symptomatik akuter Vergiftungen wie z. B. Übelkeit, Erbrechen und Schwindel ist oft auf den ersten Blick erkennbar. Charakteristisch für akute Wirkungen sind zum einen die hohen beteiligten Schadstoffkonzentrationen und zum anderen der enge zeitliche Zusammenhang zwischen Exposition und Wirkung.

An akuten Vergiftungen sterben laut WHO weltweit jährlich eine halbe Millionen Menschen. Besonders in der „dritten Welt“ sind derartige Todesfälle häufig auf den falschen Umgang mit Pestiziden zurückzuführen. Ein weiteres Beispiel für akute Exposition sind Smog-Episoden, die im Falle von ausgeprägtem Wintersmog in

früheren Jahren z. B. in England kurzfristig zum deutlichen Anstieg der Sterblichkeit geführt haben.

Für denselben Stoff ist das Spektrum der beobachteten Wirkungen nach akuter oder chronischer Exposition häufig sehr unterschiedlich. — Im weiteren Text werden vor allem langfristige Expositionen und ihre chronischen Auswirkungen behandelt.

### 3.2 Noxen

Grundsätzlich können schädigende Einflüsse aus der Umwelt sowohl durch Mangel als auch durch Überschuß eines bestimmten physikalischen oder chemischen Faktors entstehen. Auf die Auswirkungen eines Mangels essentieller Faktoren wird hier nicht weiter eingegangen. Diejenigen Einflüsse aus der Umwelt, die durch Überschuß eines physikalischen oder chemischen Faktors gesundheitliche Schädigungen verursachen, beschleunigen oder verschlimmern können, werden als Noxen bezeichnet. Die Wirkung einer Gesamtbelastung durch mehrere Noxen steht selten in einem einfachen, vorhersehbaren Verhältnis zu den Wirkungen der Einzelbelastungen. Die Wechselwirkung (Interaktion) mehrerer Noxen kann sowohl zu einer Verstärkung (Synergismus) als auch zu einer Abschwächung (Antagonismus) der Einzelwirkungen führen.

Gesundheitsrelevante Umwelt-Faktoren können sowohl physikalischer, physikalisch-chemischer, chemischer als auch biotischer Natur sein. Zu den physikalischen Noxen zählen kinetische Energie, Lärm, Ultraschall, Hitze und Kälte, klimatische Faktoren (z. B. Luftdruck), elektrischer Strom, elektromagnetische Strahlung (Mikrowellen, Licht) sowie Radioaktivität. Zu den physikalisch-chemischen Noxen gehören insbesondere Aerosole, also Gemische aus gasförmigen Stoffen und feinverteilten Schwebstoffen, die flüssig (Nebel) oder fest (Stäube, Rauch) sein können. Viren, Bakterien und Parasiten werden als biotische Noxen bezeichnet. Der folgende Text beschränkt sich auf chemische Noxen.

Wie bereits erwähnt, gibt es über 100000 Chemikalien auf dem Markt, die allesamt potentielle Noxen sind. Das Wissen über diese Chemikalien findet sich in zahlreichen Druckwerken und Datenbanken wieder. Durch die terminologische Vielfalt ist es oft auch für Experten nicht leicht, die gewünschte Noxe oder Noxengruppe hier zu orten. Erschwert wird der Suchvorgang durch die Tatsache, daß die meisten Noxennamen zahlreiche Synonyme haben. So bezeichnet man Benzol z. B. ebenfalls als Phenylwasserstoff oder Pyrolysebenzin.

Zur Erleichterung der Übersicht gibt es nun für jede Chemikalie einen systematischen Namen, der nach festgesetzten Regeln von der Nomenklatur-Kommission der „International Union for Pure and Applied Chemistry“ (IUPAC) vergeben sind. In der Literatur und in Datenbanken wird dieser IUPAC-Name zunehmend favorisiert.

Eine weitere Hilfe bei der Identifikation und Suche von Chemikalien ist die Vergabe von Identifikationsnummern durch den „Chemical Abstract Service“ (CAS), eine Abteilung der „American Chemical Society“. Auch die CAS-Nummer dient zur eindeutigen Kennzeichnung chemischer Verbindungen. Allein bis Ende 1984 wurden ca. 7 Millionen Stoffe mit einer CAS-Nummer versehen. Die jährliche Zuwachsrate beträgt ca. 375000 Stoffe.

Angeichts der Vielzahl umweltmedizinisch relevanter Stoffe spielen Einteilungskriterien wie chemische Zusammensetzung, Verwendungszweck und biologische Wirkung eine wichtige Rolle. Als Beispiel für chemisch definierte Stoffgruppen seien Schwermetalle, Aromaten, chlorierte Kohlenwasserstoffe und Dioxine genannt. Von umweltmedizinischem Interesse sind auch Stoffgemische wie z. B. Zigarettenrauch, Smog und Fahrzeugabgase von Benzin- und Dieselmotoren. Übrigens lassen sich komplexe Gemische, die in wechselnder Zusammensetzung vorgefunden werden, bisher umweltmedizinisch nur schwer quantitativ beurteilen.

Nach Verwendungszweck definierte Stoffgruppen umfassen z. B. Detergentien, Farben, Holzschutzmittel und Pestizide.

Die Gefahrstoff-Verordnung gliedert „gefährliche Stoffe“ nach ihren möglichen Wirkungen z. B. in explosionsgefährliche, entzündliche, giftige und ätzende Stoffe. Nach biologischer Wirkung definiert sind z. B. Reizstoffe, Allergene, Kanzerogene, Mutagene und Teratogene. Gesundheitliche Schadwirkungen ausgewählter Umweltnoxen sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2. Ausgewählte Noxenwirkungen beim Menschen

| Wirkung             | Noxe   |
|---------------------|--|
| Ätzend              | Ammoniaklösung<br>Cyclohexylamin<br>Essigsäure<br>Schwefelsäure  |
| Reizend             | Ammoniumdichromat<br>Formaldehyd<br>Schwefeldioxid<br>Stickstoffdioxid<br>Ozon   |
| Kanzerogen          | Asbeststaub (Chrysotil)<br>Benzol<br>Radon<br>Nitrosamine<br>Rußpartikel<br>Arsen-Verbindungen<br>Tetrachlorodibenzodioxin (TCDD)<br>polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe:<br>Benz(a)pyren,<br>Dibenzanthrazen,<br>Methylcholanthren |
| Frucht-schädigend   | Dimethylformamid<br>2-Ethoxyethanol<br>Arsen<br>Ionisierende Strahlen<br>TCDD  |
| Allergisierend      | Enzyme: Alpha-Amylase, Lipase<br>Mehlstaub<br>Platin   |
| Immun-supprimierend | Quecksilber<br>Blei<br>Tetrachlorodibenzodioxin (TCDD)   |
| Neurotoxisch        | Blei<br>(Methyl-)Quecksilber<br>Chlorierte Kohlenwasserstoffe  |
| Nephrotoxisch       | Cadmium<br>Pentachlorphenol (PCP)  |

### 3.3 Umweltmedien Luft, Wasser, Boden

Ein weiteres, in den Umweltwissenschaften häufig verwendetes Gliederungskriterium stellen die Umweltmedien dar. Hierzu zählen, in enger Anlehnung an die „Elemente“ der Antike, Luft, Wasser und Erdboden.

Der menschliche Körper steht über die Atmung mit dem Umweltmedium Luft in fortwährendem Austausch. Deshalb ist er möglichen Luftverunreinigungen wie Gasen, Stäuben und Dämpfen direkt ausgesetzt.

Zu den wichtigsten Emissionsquellen für atmosphärische Luftverschmutzung zählen Industrie und Gewerbe, Hausbrand und Verkehr. Leitkomponenten der industriellen Emissionen sind Schwefeldioxid und Staub. Hier hat sich die Belastungssituation in Ballungsräumen wie im Rhein-Ruhr-Gebiet in den letzten Jahren erheblich gebessert, z. B. durch Installation von (verbesserten) Filteranlagen, deren Wirkung auf Grobstaub aber zumeist besser als auf den atembaren Feinstaub ist. Im Gegensatz hierzu zeigt sich bei den Verkehrsemissionen wie z. B. Stickoxiden, Benzol und anderen Kohlenwasserstoffen bisher keine Verbesserung der Belastungslage.

Da wir ca. 80% der Zeit innerhalb von Gebäuden verbringen, verdient die Innenraum-Luftbelastung besondere Aufmerksamkeit. Bei Luftschadstoffen ohne Innenraumquellen liegen die Innenraumkonzentrationen ungefähr bei der Hälfte der Außenkonzentrationen. Innenraumluft wird durch zahlreiche Quellen spezifisch belastet, z. B. durch Spanplatten (Formaldehyd), Dämmstoffe und andere Baumaterialien (in der Vergangenheit häufig Asbest), Farben, Lacke und Klebstoffe, durch Heizen und Kochen sowie durch Zigarettenrauch. Biologische Materialien wie Tierhaare, Hausstaubmilben und Pilzsporen können als Allergene wirken. Abdichtungsmaßnahmen zwecks Energieeinsparung verringern den Luftaustausch und erhöhen die Innenraumkonzentration zahlreicher Stoffe.

Der Einfluß von Luftschadstoffen auf die innere Belastung läßt sich demonstrieren anhand der Bleikonzentration in Milchzähnen oder erhöhter Blut-Benzolspiegel bei Kindern, die an verkehrsreichen Straßen wohnen. Zu den nachgewiesenen Wirkungen von Luftschadstoffen gehören Schleimhautirritationen von Augen und Atemwegen, insbesondere auch das vermehrte Auftreten chronischer Bronchitis.

Durch die Aufnahme von Flüssigkeit steht der Mensch – wie alle Lebewesen – in direktem Austausch mit dem Umweltmedium Wasser. Trotz insgesamt riesiger Wasservorkommen auf der Erdoberfläche, die dem globalen Wasserkreislauf unterliegen, wird auch für diesen lebensnotwendigen Stoff immer deutlicher, daß letztlich nur begrenzte Mengen verfügbar sind.

Eine Gefährdung für das Trinkwasser, das in der Regel aus Grundwasser oder Oberflächenwasser gewonnen wird, geht insbesondere von Landwirtschaft, Gartenbau, Industrie, Gewerbe, Haushalten sowie von Altlasten aus. Landwirtschaftlicher Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln belastet das Grundwasser mit Düngemitteln (z. B. Nitrat) sowie mit Pestiziden (z. B. Atrazin). Oberflächengewässer sind oft belastet durch gewerbliche und Haushaltsabwässer. So können sich im Trinkwasser Schwermetalle, Tenside, (chlorierte) Lösemittel und Pestizide wiederfinden.

Inkorporation von Schadstoffen aus dem Erdboden erfolgt über Nahrungsmittel; bei Kleinkindern kann auch die direkte gastrointestinale Aufnahme eine Rolle spielen. In den Erdboden werden Schadstoffe z. B. durch Luftverschmutzung sowie durch Aus-sickerung aus Materialhalden und Deponien eingetragen. Eine besondere Rolle spielen kontaminierte Altstandorte und Alt-ablagerungen (Altlasten), insbesondere wenn sie inzwischen gärtnerisch oder landwirtschaftlich genutzt werden.

### 3.4 Lebensbereiche

Verfolgt man die umweltmedizinische Wirkungskette (Tabelle 1) über die Umwelt-

medien hinaus noch weiter zurück, so gelangt man zu den Emissionsquellen, die ihr jeweiliges Spektrum stofflicher Emissionen in die Umweltmedien entsenden. Mit Blick auf Möglichkeiten zur Prävention scheint es sinnvoll, für eine Gruppierung der Emissionsquellen die „Lebensbereiche“ zu verwenden. Hierunter sind Handlungsfelder zu verstehen, die sich an den Daseinsgrundfunktionen wie Ernährung, Wohnen, Arbeiten, Bildung, Erholung und Kommunikation orientieren und in denen für individuelles, soziales und politisches Handeln jeweils ein Spektrum an Handlungsalternativen zur Verfügung steht. Aus umweltmedizinischer Sicht wird mit jeder Handlungsalternative in einem Lebensbereich auch über Qualität und Quantität der Emission von Noxen entschieden.

Anders als beim wirkungs- und beim noxen-spezifischen Ansatz bietet sich hier zumindest theoretisch die Möglichkeit, die Gesundheitsimplikationen von Handlungsalternativen möglichst umfassend zu erfassen und bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

In jedem der „primären“, der Befriedigung von Grundfunktionen des Daseins dienenden Bereiche werden Energie und Rohstoffe umgesetzt sowie Emissionen und Abfall erzeugt. Dementsprechend lassen sich Energieversorgung und Rohstoffgewinnung sowie Abfallwesen als „sekundäre“ Lebensbereiche identifizieren. Für jeden primären und sekundären Lebensbereich wurden im Laufe der Geschichte mehr oder minder elaborierte Technologien (Konzepte, Materialien, Bauweisen) entwickelt, die in hohem Maße die Umwelt- und Gesundheitsbilanzen der jeweiligen Handlungsalternativen bestimmen. Eine Übersicht über Lebensbereiche und die in ihnen potentiell freigesetzten chemischen Noxen gibt Tabelle 3.

Beispielsweise gehören zum Lebensbereich Ernährung die Produktion (Anbau, Fertigung), Lagerung, Verpackung, Distribution, endgültige Zubereitung und der Verzehr von Lebensmitteln. Die verschiedenen Behandlungs- und Verarbeitungsschritte, insbesondere in der Produktionsphase, hin-



Tabelle 3. Ausgewählte Lebensbereiche und typische Noxen-Emission

| Lebensbereich                            | Noxen   |
|--|---|
| Ernährung incl. Nahrungsmittelproduktion | Düngemittel<br>Pestizide<br>andere Pflanzenbehandlungsmittel<br>Farb- und Konservierungsstoffe<br>Kunststoff-Weichmacher<br>Schwermetalle: Blei, Cadmium, Quecksilber<br>Hormone, Antibiotika   |
| Wohnung, Mobiliar                        | Lösungsmittel, Klebstoffe<br>Farben, Lacke<br>Kunststoffe<br>Holzschutzmittel<br>Radon und seine Zerfallsprodukte   |
| Haushalt                                 | Inhaltsstoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln:<br>Tenside, Aufheller, Enzyme<br>Lösungsmittel, Klebstoffe<br>Hausfeuerung: CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Stäube, Zigarettenrauch<br>Elektromagnetische Felder |
| Personenverkehr, Gütertransport          | Abgase: Stickoxide, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Ozon, Benzol, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe<br>Ruß, Grob- und Feinstaub<br>Blei, Platin<br>Bremsabrieb: Asbest  |
| Abfallwesen                              | Deponiegas: Methan, Co<br>Sickerwasser: Nitrat, Sulfat, Schwermetalle, (chlorierte) Kohlenwasserstoffe<br>Müllverbrennung: Chlor-, Fluorwasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Dioxine, Furane  |

terlassen, neben absichtlich zugemischten Zusatzstoffen, in wechselndem Umfang Rückstände und Verunreinigungen, z. B. Pestizide, Nitrat, Schwermetalle, Kunststoff-Weichmacher, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Dioxine. Da in der Vergangenheit die Lebensmittel-Untersuchungen der Chemischen Untersuchungsämter zumeist gezielt nach Verdachtslage und nicht nach einem Erhe-

bungsplan erfolgten, waren kaum Aussagen zur Regionalverteilung und zeitlichen Entwicklung von Schadstoffbelastungen zu treffen. Solche Aussagen werden jedoch durch das inzwischen bundesweit eingeführte repräsentative Lebensmittel-Monitoring ermöglicht. So zeigte sich schon jetzt, daß die Rückstandsbelastung von saisonalem Obst und Gemüse geringer als bei extrasaisonalen Produkten ist.

Die große Anzahl chemischer Noxen einerseits und möglicher gesundheitlicher Schädwirkungen andererseits macht es oft unmöglich, geeignete noxen- oder wirkungsspezifische Präventionsprogramme zu entwickeln. Dieses Vorgehen birgt außerdem die Gefahr gravierender Widersprüche oder Problemverschiebungen (z. B. bei der Einführung von „Ersatzstoffen“).

Die Orientierung an Lebensbereichen erlaubt es demgegenüber, Einzelerkenntnisse handlungsrelevant aufzubereiten und präventive Maßnahmen in geeigneter Weise zu bündeln. Sie dient auch als Hilfsmittel für die Gesundheitspolitik, um die Gesundheitsimplikationen politischer Entscheidungen anderer Ressorts zu analysieren und in geeigneter Weise hieran mitzuwirken.

Dieses läßt sich im Lebensbereich Verkehr illustrieren, der hier allerdings nur skizziert werden kann. Motorabgase von Kraftfahrzeugen stehen dabei im Mittelpunkt umweltmedizinischer Untersuchung. Diese Aerosole, also Gemische aus Gasen und feinverteilten Schwebstoffen, variieren in ihrer Zusammensetzung unter anderem mit Motorbauart und -einstellung, Kraftstoffzusammensetzung, Vorhandensein von Abgasreinigungsanlagen, Betriebsart, Belastung und Fahrtgeschwindigkeit. Otto-Motor-Abgase enthalten z. B. Kohlenmonoxid, Stickoxide, Schwefeldioxid, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Formaldehyd und Schwermetalle; Diesel-Motor-Abgase haben mit höheren Anteilen von Ruß sowie Grob- und Feinstaub ein anderes Emissionsprofil. Wichtig sind Kraftstoffzusätze wie Bleitetraethyl und Benzol. Durch Betankungsverluste und Leckagen gelangt auch unverbrannter Kraftstoff in die Umwelt.

Weitere stoffliche Verkehrsemissionen betreffen Abrieb von Reifen und Bremsbelägen, ferner Abfälle wie Altöl, Batterien und Schrott. Neben den stofflichen Emissionen sind auch Verkehrslärm, Vibrationen, Verletzungen bei Verkehrsunfällen sowie mögliche psychosoziale Streßbelastungen umweltmedizinisch relevant.

Angesichts der Vielzahl der am Verkehrsgeschehen beteiligten Noxen und ihrer potentiellen Schadwirkungen wird der Bedarf an einer integrierten, am gesamten Lebensbereich orientierten Betrachtung besonders deutlich. Zweifellos ist es richtig, jeden einzelnen Gefährdungsaspekt im Rahmen des Möglichen zu untersuchen und entsprechende Risiken zu minimieren. Darüberhinaus ist aber auch erforderlich, für die „großen“ technologischen Alternativen (wie individueller Kraftfahrzeugverkehr, öffentlicher Personennahverkehr, Straßen- vs. Schienenverkehr, verschiedene Antriebsarten und Kraftstoffe, Verkehrsberuhigung) das Gesamtspektrum an Gesundheitsrisiken zu identifizieren und zu gewichten und hiermit auch Entscheidungshilfen z. B. für die Verkehrspolitik auf kommunaler Ebene zu bieten.

#### 4. Umwelt-Epidemiologie und -Toxikologie

Welcher systematischen Methoden bedient sich das neu entstehende Fachgebiet „Umwelt und Gesundheit“? An erster Stelle stehen die Methoden von Umwelt-Toxikologie und -Epidemiologie sowie die Risikoabschätzung (Risk Assessment). Ferner sind Biostatistik, chemische Analytik, medizinische Diagnostik, Risiko-Kommunikation, Evaluationsforschung und Informationsmanagement zu erwähnen.

Umwelt-Epidemiologie als eine der Basiswissenschaften der Umweltmedizin untersucht mit deskriptiven und analytischen Methoden die Wirkung von Umwelteinflüssen auf die Gesundheit menschlicher Populationen. Hierzu bedient sie sich der üblichen epidemiologischen Konzepte, Studienformen und Auswertungsmethoden

(siehe Beitrag ‚Epidemiologische Methoden‘ des Handbuchs). Allerdings bestehen häufig besondere Probleme durch lange Latenzzeiten, schwache Wirkungen physischer Umweltnoxen und die Überlagerung durch andere Faktoren wie persönliches Verhalten und soziale Bedingungen. Umweltmedizinische Studien sind daher oft gekennzeichnet durch

1. hohen Aufwand für anspruchsvolle Expositions- und Wirkungsmessungen,
2. große (z. T. nur durch Verbundstudien realisierbare) Stichprobenumfänge und
3. komplexe Auswertungen, um die oft diskreten Umwelt-Effekte aus dem komplexen Gesamtgeschehen herauszufiltern.

Wichtig für die Umweltmedizin sind neben der Durchführung gezielter Einzelstudien auch Ansätze epidemiologischer Surveillance. Hierzu zählen unter anderem Morbiditätsregister (z. B. Krebsregister), Beobachtungs-Praxen und Human-Wirkungskataster. Zielsetzung solcher Surveillance ist es, den Umfang eines Gesundheitsproblems zu dokumentieren, Cluster zu entdecken, Risiko-Populationen unter anderem hinsichtlich Umweltfaktoren zu charakterisieren, Hypothesen über Risikofaktoren zu generieren und gegebenenfalls implementierte Schutzmaßnahmen zu evaluieren.

Ein Human-Wirkungskataster wird z. B. im Rahmen der Luftreinhaltepläne in Nordrhein-Westfalen seit Jahren geführt. Das Kataster stellt die Wirkungen von Außenluftverunreinigungen dar und ist primär auf Ortsvergleiche, weniger auf zeitliche Vergleiche ausgerichtet. Als Belastungsgebiete fungieren Regionen der Rheinschiene und des Ruhrgebietes, als Kontrollgebiet wird gegenwärtig die Region Borken verwendet. Mit 10 seit 1975 durchgeführten Teilstudien umfaßt das Kataster sowohl flächendeckende Basiserhebungen als auch kleinräumige Spezialuntersuchungen. Als Studienpopulation wurden in den letzten Jahren nur noch Frauen sowie Lernanfänger (im Rahmen von Schuleingangsuntersuchungen) rekrutiert, um Störeinflüsse zu vermin-

dern, die von beruflicher Schadstoffbelastung und dem Rauchen ausgehen können.

Inhaltlich beziehen sich die Ortsvergleiche auf Indikatoren der inneren Exposition (z. B. Carboxyhämoglobin, Benzol, Schwermetalle in Blut und Urin), auf Beanspruchungsparameter (z. B. Komplement-C3c-Konzentration im Serum sowie weitere immunologische Parameter) und auf Symptome und Diagnosen manifester Erkrankungen (z. B. chronische Bronchitis, Bronchialasthma, Sinusitis und Pneumonie).

Die Umwelt-Toxikologie untersucht quantitativ und qualitativ die Wechselwirkung von Umweltchemikalien mit biologischen Systemen. Ihr Ziel ist dabei die Abschätzung möglicher gesundheitlicher Risiken für den Menschen. Die Umwelt-Toxikologie grenzt sich von der allgemeinen Toxikologie lediglich durch die Art der untersuchten Stoffe ab, bedient sich aber im allgemeinen der gleichen Methodik. Die Umwelt-Epidemiologie und die Umwelt-Toxikologie haben spezifische Stärken und Schwächen (Tabelle 4). Beide Disziplinen ergänzen sich gegenseitig und stellen die Grundlage der Umweltmedizin dar.

Ungeachtet der zentralen Rolle von Tierversuchen für die Toxikologie werden auch hier Beobachtungen am Menschen vorgenommen. In der klinischen Toxikologie beruht die Wissensbildung z. B. auf der kasuistischen Beschreibung von Vergif-

tungsfällen des Menschen. Auch in der experimentellen Toxikologie kann der Mensch Untersuchungsobjekt sein, so z. B. in einer Inhalationskammer, in der die physiologischen Reaktionen nach Inspiration von Luftschadstoffen untersucht werden.

Ein grundlegender Unterschied zwischen Epidemiologie und Toxikologie betrifft die Rolle von Experimenten in der Ursachenforschung. Die Epidemiologie beobachtet und analysiert „reale“ Bedingungen in der Bevölkerung, während die Toxikologie sich im Experiment eine von ihr definierte Realität schafft.

Die zu verabreichende Dosis einer Chemikalie, ihre Einwirkungsdauer, das untersuchte biologische System, die Untersuchungszeitpunkte und die untersuchten Wirkungen werden zu Beginn eines toxikologischen Experiments festgelegt. Diese Kenntnis der experimentellen Bedingungen ermöglicht es der Toxikologie, Ursachenzusammenhänge (Kausalität) zwischen Expositionsfaktor und Wirkung zu erkennen. Im Gegensatz dazu kann die Epidemiologie in aller Regel nur Assoziationen zwischen beobachteten Zielereignissen und vermutlichen Ursachen aufzeigen. Der Kausalitätsbegriff der Epidemiologie ist ein eher gradueller im Sinne von zunehmender Evidenz durch das Zusammentragen von Indizien.

Durch die Schaffung künstlicher experimenteller Bedingungen in der Toxikolo-

Tabelle 4. Vergleich von Epidemiologie und Toxikologie

| Fachgebiet    | Vorzüge  | Nachteile  |
|---------------|--|--|
| Epidemiologie | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beobachtungen am Menschen</li> <li>– Reale Expositions-Situationen</li> <li>– Bandbreite individueller Reaktionen untersuchbar</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kausalitätsproblem durch Beobachtungsstudien: vermengte Effekte (Confounding)</li> <li>– Verzerrungsprobleme (Bias)</li> <li>– Expositions-messung oft problematisch</li> </ul> |
| Toxikologie   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Experimenteller Ansatz mit kontrollierten Expositionsbedingungen</li> <li>– Präzise Effektbestimmung möglich</li> <li>– Wirkmechanismen untersuchbar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Extrapolationsproblem durch Inter-Spezies-Unterschiede</li> <li>– Hohe Dosis und Einwirkungsdauer</li> <li>– Laborsituation</li> </ul>  |

gie ist die Relevanz toxikologischer Forschungsergebnisse für die „reale Welt“ jedoch kritisch zu sehen. Beispiel hierfür sind die laut Chemikaliengesetz vorgeschriebenen Kanzerogenitätstudien für neu auf dem Markt zuzulassene Stoffe mit jährlichen Produktionsmengen von mehr als 100 Tonnen. Für diese Studien ist im Gesetz ein Experimentierplan vorgegeben, welcher besagt, daß von zwei Tierspezies, typischerweise Ratte und Maus, beide Geschlechter zu untersuchen sind. Es müssen drei Dosierungen verabreicht werden, wobei eine Dosis der „maximal tolerierbaren Dosis“ (MTD) entspricht und die anderen beiden Dosen um den Faktor 2 bzw. 4 kleiner sind. (Die maximal tolerierbare Dosis wird in einem vorab stattfindenden 90-Tage-Test festgelegt und ist definiert als die höchste Dosis, die appliziert werden kann, ohne die Lebenserwartung der Tiere zu verkürzen). Die applizierte Dosis im Tierexperiment ist also meistens um ein Vielfaches höher als die Dosis, der ein Mensch real ausgesetzt ist.

Toxizität ist aber immer auch ein quantitatives Phänomen und hängt somit stark von der Dosis ab. Dies hat bereits im Jahre 1537 Paracelsus formuliert: „Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift, allein die Dosis macht, daß ein Ding kein Gift ist.“ Jeder Stoff, in genügender Menge verabreicht, kann also toxisch sein. Generell gilt, daß eine Chemikalie um so toxischer ist, je vitaler die biologische Funktion ist, in die sie eingreift. Nach der Verabreichung einer hohen Dosis werden unter Umständen Wirkungen erzielt, die nach einer niedrigen Dosis nicht auftreten würden. Dieses Problem ist gerade bei der Beurteilung kanzerogener Stoffeigenschaften von großer Bedeutung.

In der Toxikologie werden biologische Systeme in allen Komplexitätsstufen vom isolierten Enzymsystem über isolierte Zellorganellen, Zellen und Organe bis hin zum intakten Organismus untersucht. Welche Komplexitätsstufe untersucht wird, hängt wesentlich von der Fragestellung ab. Studien am intakten Organismus („in vivo“) gewährleisten das Vorhandensein des kom-

plexen Zusammenspiels einer Vielzahl physiologischer Faktoren. Deshalb werden Kanzerogenitätsstudien immer „in vivo“ durchgeführt. Die der Toxizität zugrunde liegenden Mechanismen bleiben hierbei jedoch im Dunkeln. Um diese zu erkunden, werden „in vitro“-Studien (außerhalb des intakten Organismus) durchgeführt, die die Funktion eines Vergrößerungsglases haben.

Die Übertragbarkeit von Tierversuchsergebnissen auf den Menschen hängt von verschiedenen Faktoren ab:

1. Die „Interaktionspartner“ für den Stoff müssen im menschlichen Organismus ebenso vorhanden sein wie in der untersuchten Tierspezies;
2. die Elementarvorgänge, mit denen der Stoff interferiert, müssen im menschlichen Organismus quantitativ die gleichen wie in der untersuchten Tierspezies sein,
3. die Aufnahme des Stoffes in den Organismus, seine Verteilung, seine Metabolisierung und Ausscheidung müssen in ähnlicher Weise ablaufen wie in der untersuchten Tierspezies.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sowohl Epidemiologie als auch Toxikologie zur Abschätzung gesundheitlicher Risiken im Umweltbereich beitragen. Gleichzeitig weisen beide Ansätze Schwächen auf. Dem für toxikologische Experimente charakteristischen Extrapolationsproblem (Tierversuch, hohe Dosierung) entspricht in der Epidemiologie die Schwierigkeit, Exposition und Wirkung ausreichend genau zu bestimmen sowie die zu untersuchenden Umwelteinflüsse von Auswirkungen anderer Risikofaktoren zu unterscheiden.

Vor diesem Hintergrund entstand die Methodik der quantitativen Risikoabschätzung (Risk Assessment) als Versuch, die beiden Ansätze zu integrieren und auf diese Weise die bestehenden Mängel zu kompensieren. Hier wird, auf der Basis von Dosis-Wirkungs-Beziehung einerseits und geschätzter Schadstoff-Dosis andererseits, das Risiko für eine entsprechende Wirkung beim Menschen abgeschätzt, um die wissen-

schaftliche Grundlage für Entscheidungen in der Praxis (Grenz- und Richtwerte, Beschränkungen, Verbote etc.) zu verbessern. Hierbei geht man für Nicht-Kanzerogene anders vor als für Kanzerogene, weil für letztere nicht die Annahme eines Schwellenwertes gilt, unterhalb dessen keine Wirkung eintritt. Die Verfahren der Risiko-Abschätzung gehen von stark vereinfachten Annahmen aus. Deshalb sollten ihre Ergebnisse nicht überinterpretiert werden.

## 5. Umweltmedizinisches Informationsmanagement

Angesichts der vielfältigen umweltmedizinischen Aufgaben besteht eine erhebliche und anwachsende Nachfrage nach verlässlichen, detaillierten und aktuellen Informationen, die mit möglichst wenig Aufwand zugänglich sein sollen. Gleichzeitig unterliegt das Informationsaufkommen in der Umweltmedizin mehr noch als in vielen anderen Bereichen einem solchen Wachstum, daß der Überblick über die „Informationslandschaft“ mit ihrer Vielfalt an gedruckten und elektronischen Informationsmedien sowie die Sicherung des Informationsstandes zum Problem werden kann.

Zu den umweltmedizinisch wichtigen Druckwerken gehören vor allem auch Serien und Loseblattsammlungen, in denen die von Expertengremien erarbeiteten Bewertungen der von (chemischen) Noxen ausgehenden Gesundheitsgefahren veröffentlicht werden.

Beispielhaft sei die von der International Agency for Research on Cancer (IARC) publizierte Monographien-Serie genannt. Auf der Basis von Humanstudien und Tierexperimenten werden Chemikalien in eine der drei folgenden Gruppen eingeteilt:

1. gesicherte Human-Kanzerogene,
2. wahrscheinliche Human-Kanzerogene, mit höherer (Gruppe A) oder niedrigerer (Gruppe B) Evidenz,
3. unklassifiziert.

Neben Chemikalien(-gruppen) werden auch Fertigungsprozesse und stofflich

(noch) nicht eindeutig definierte Expositionen am Arbeitsplatz klassifiziert. — Weitere Beispiele sind die von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) veröffentlichten MAK-Werte-Begründungen sowie die von der Weltgesundheitsorganisation herausgegebenen „Environmental Health Criteria“.

Von den weltweit mehr als 5000 öffentlich zugänglichen Datenbanken scheinen mindestens 10% (auch) umweltmedizinisch relevante Angaben zu enthalten. Angesichts von Umfang und Heterogenität dieses Angebotes sei als Orientierungshilfe eine kurze Datenbank-Typologie sowie eine Übersicht über Gliederungs- und Qualitätskriterien umweltmedizinisch relevanter Datenbanken gegeben:

Weiteste Verbreitung haben bisher die bibliographischen Datenbanken wie z. B. TOXLINE und POLLUTION ABSTRACTS. Sie werden ergänzt durch Fakten-Datenbanken, die in der Regel zu umweltmedizinisch relevanten Noxen einen Satz von Angaben in einheitlichem Aufbau bereithalten, z. B. Hazardous Substances Databank (HSDB), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) und diverse Gefahrstoff-Datenbanken. Verzeichnis-Datenbanken verweisen z. B. auf Experten oder Projekte, statistische Datenbanken geben Zugriff auf numerische Daten wie Emissions- und Immissionswerte, die häufig als Zeitreihen abgespeichert sind. Volltext-Datenbanken haben in der Umweltmedizin bisher nur wenig Verbreitung gefunden.

Eine Auswahl von Gliederungskriterien für umweltmedizinische Datenbanken zeigt Tabelle 5. Zu den Qualitätskriterien gehören Bonität, Aktualität, Informationsbreite und -tiefe, Benutzerfreundlichkeit und Kosten-Leistungs-Verhältnis.

In den gegenwärtig verfügbaren umweltmedizinischen Datenbanken und Informationssystemen herrscht ein ausgeprägter Pluralismus, unter anderem bezüglich Terminologie und Benutzeroberfläche. Bei noxenorientierten Fakten-Datenbanken variieren

*Tabelle 5.* Gliederungskriterien umweltmedizinischer Datenbanken

| Kriterien       | Ausprägungen  |
|-----------------|---|
| Zugänglichkeit  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Öffentlich (meist kommerzielle Produkte)</li> <li>– Beschränkt (Umwelt- und Gesundheitsverwaltung)</li> </ul>  |
| Zugangsart      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Online = über Anbieter-Rechenzentrum (Hosts)</li> <li>– Lokal = über Disketten oder CD-ROM</li> </ul>  |
| Themenbereich   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gesamtgebiet „Umwelt und Gesundheit“</li> <li>– Teilbereiche, z. B. chemische Noxen, Luftverschmutzung, Verkehrsemissionen</li> </ul>  |
| Raum-Zeit-Bezug | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Allgemeingültige Angaben, z. B. über Gesundheitsrisiken und Schutzmaßnahmen</li> <li>– Konkrete Situation einer Region, z. B. Immissionswerte, Morbidität, Mortalität</li> </ul> |
| Zielgruppe      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wissenschaft und Forschung</li> <li>– Öffentlicher Gesundheitsdienst</li> <li>– Multiplikatoren, Gesundheitserzieher</li> </ul>  |

Auswahl und Bezeichnung der Merkmale in hohem Maße, ebenso die Auswahl behandelter chemischer Substanzen.

Hinsichtlich umweltmedizinischer Datenbanken konzentriert sich die Entwicklung bisher auf die Behandlung chemischer Noxen. Daneben sollten andere umweltmedizinisch relevante Erschließungsansätze aber nicht vergessen werden. Im Kontext umweltmedizinischer Patienten-Diagnostik ist hierbei an Gesundheitseffekte (Symptome, Krankheitsbilder) zu denken. Für Zwecke der Gesundheitsplanung ist eine bessere Erschließung des umweltmedizinischen Fachwissens nach Lebensbereichen erforderlich.

Die Komplexität umweltmedizinischer Informationen, die Vielfalt existierender Quellen und der noch anwachsende Informationsbedarf vieler beteiligter Institutionen weisen auf einen erheblichen Entwicklungsbedarf hin, z. B. bezüglich In-

dexsystemen und anderen Hilfsmitteln sowie systematischer Evaluation existierender Informationssysteme.

Wie auf europäischer Ebene bereits begonnen, dürfte es sinnvoll sein, spezialisierte umweltmedizinische Informationszentren einzurichten. Solche Zentren dienen dem verbesserten Zugang zu umweltmedizinischen Informationsquellen, der Erweiterung des Informationsangebotes sowie der Evaluation bereits existierender Medien. Sie sollten neben konventioneller Bibliothek und Facharchiv auch Informationsarbeitsplätze bereitstellen, die portable elektronische Informationsquellen nutzen lassen sowie Zugang zu Host-Rechenzentren und Datennetzen bieten und auf diese Weise zur Praxis des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes beitragen.

## 6. Schutzmaßnahmen

Umweltbezogener Gesundheitsschutz hat drei Hauptziele:

1. bereits eingetretene Gesundheitsschäden zu erkennen und zu beheben,
2. aktuelle umweltbedingte Gesundheitsgefährdungen auszuschalten oder zu mindern, und
3. künftige umweltbedingte Gesundheitsgefährdungen durch präventive Maßnahmen zu vermeiden.

Risiko-Management bedeutet, auf der Basis von Risiko-Beurteilungen Schutzmaßnahmen auszuwählen, zu realisieren und zu evaluieren. Kennzeichnend ist der oft hohe Handlungsbedarf trotz fortbestehender Ungewißheit.

Ohne strenge Grenzziehung lassen sich verschiedene Handlungsweisen und Handlungsebenen unterscheiden. Bei der „klassischen“ Handlungsweise steht die direkte Gefahrenabwehr im Mittelpunkt. Dieser Ansatz ist eher reaktiv und auf konkrete Einzelprobleme orientiert. Der umfassende präventive Ansatz dagegen ist auf Vorsorge ausgerichtet und kann im Idealfall als proaktiv, planvoll und integrierend angesehen werden.

Umweltbezogener Gesundheitsschutz erfolgt auf verschiedenen Ebenen, von der Mikroebene personaler Handlungen über die Mesoebene mit den Einrichtungen und Maßnahmen des technischen Gesundheits- und Umweltschutzes bis hin zur gesellschaftlichen Makroebene mit umweltbezogener Gesundheitsplanung. Er liegt, als wissenschaftliches Fachgebiet und auch bezüglich formaler Zuständigkeiten z. B. von Ministerien, im Grenzgebiet zwischen Gesundheits- und Umweltschutz.

Hier besteht einerseits eine Koordinierungsaufgabe zur Vermeidung von Doppelarbeit, die eine Verschwendung gesellschaftlicher Ressourcen darstellen würde. Zum anderen droht aber die komplementäre Gefahr, daß wichtige Themen als „Niemandland“ unzureichend bearbeitet werden. Die organische Integration von Gesundheits- und (allgemeinem) Umweltschutz ist zur Zeit noch nicht befriedigend gelungen und stellt eine Herausforderung an die beteiligten Fachdisziplinen dar.

Auf der personalen Ebene gehören zum umweltbezogenen Gesundheitsschutz spezifische Kenntnisse, Einstellungen, Motivationen und Verhaltensweisen, auf die hier, ebenso wie auf das breite Spektrum technischer Maßnahmen, nicht näher eingegangen wird. Eine Übersicht über Strategien und Maßnahmen der gesellschaftlichen Ebene gibt Tabelle 6.

Die für Umwelt und Gesundheit verantwortlichen Minister in der europäischen WHO-Region verabschiedeten 1989 die „Europäische Charta Umwelt und Gesundheit“, die Aussagen über Ansprüche und Verantwortung gegenüber der Umwelt sowie Prinzipien, Strategien und Prioritäten einer langfristigen gesundheitlichen Umweltpolitik enthält.

Exemplarisch seien zwei Aspekte aus dieser Charta benannt. Zum einen wird gefordert, das präventive Instrument der Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) so weiterzuentwickeln, daß künftig die Gesundheitsaspekte stärkere Berücksichtigung finden. Ferner wird empfohlen, als strategisches Element des Gesundheitsschutzes Informationssysteme aufzubauen, die der Trend-

Tabelle 6. Strategien und Maßnahmen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes auf gesellschaftlicher Ebene

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Gesellschaftliches Wertesystem      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Langfristige ökologische Stabilität (Sustainability)</li> <li>– Wahlfreiheit auch für künftige Generationen</li> <li>– Ethik der Verantwortung, auch für kumulative Effekte und Fernwirkungen</li> <li>– Soziale Gerechtigkeit, z. B. durch Berücksichtigung von Risikogruppen</li> </ul> |
| Transparenz                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– „Right-to-know“, z. B. bzgl. Emissions- und Immissionswerten</li> <li>– Integrierte Gesundheits- und Umweltverträglichkeitsprüfungen</li> <li>– Kommunikation von Risiken und Schutzmaßnahmen</li> </ul>  |
| Regulationen und Kontrolle          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Rechtsnormen, Ordnungsrecht, Grenz- und Richtwerte</li> <li>– Spezielle Auflagen, z. B. Inspektionsverpflichtung</li> <li>– Überwachung, Vollzug, Sanktionen, Haftung</li> <li>– Produktions-, Import-, Exportverbote</li> </ul>  |
| Ökonomische Anreize und Zwänge      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Internalisierung von Gesundheits- und Umweltkosten z. B. durch Besteuerung nach dem Verursacherprinzip</li> <li>– Subventionierung und steuerliche Entlastung bei Belastungsminderung</li> </ul>  |
| Forschung- und Umsetzungs-förderung | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zuweisung institutioneller, personeller und finanzieller Ressourcen für Forschung und Umsetzung</li> <li>– Bildungs- und Erziehungsarbeit</li> <li>– Demonstrationsprojekte und ihre Evaluierung</li> </ul>   |
| Internationale Aspekte              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kein Export von Gesundheits- und Umweltproblemen ins Ausland, insbesondere auch nicht in die weniger technisierten Länder</li> </ul>  |

analyse, Priorisierung und Entscheidungsfindung sowie der Überwachung getroffener Maßnahmen dienen sollen.

### 6.1 Rechtsnormen

In der BRD gibt es sowohl auf Länder- als auch auf Bundesebene eine Fülle von Gesetzen, die den umweltbezogenen Gesundheitsschutz berühren (Tabelle 7). Aufgrund dieser Gesetze werden jeweils ergänzende Rechtsvorschriften erlassen. Tabelle 8 zeigt solche Verordnungen am Beispiel des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG). Die Technische Anleitung Luft (TA-Luft) des BImSchG einerseits und die Gefahrstoffverordnung des Chemikaliengesetzes andererseits machen deutlich, daß manche Verordnungen einen höheren Bekanntheitsgrad als ihre Ursprungsgesetze haben.

Tabelle 7. Beispiele für Bundes-Gesetze und -Verordnungen im Bereich Umwelt und Gesundheit

| Kurzbezeichnung | Langname   |
|-----------------|--|
| AbfG            | Abfallgesetz mit Klärschlammverordnung                               |
| AbwAG           | Abwasserabgabengesetz  |
| AtomG           | Atomgesetz   |
| BzBIG           | Benzinbleigesetz   |
| BImSchG         | Bundes-Immissionsschutzgesetz mit diversen Verordnungen nach TA Luft |
| ChemG           | Chemikaliengesetz mit Gefahrstoffverordnung                          |
| —               | DDT-Gesetz   |
| DüngemittelG    | Düngemittelgesetz  |
| GenTG           | Gentechnikgesetz   |
| —               | Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter                       |
| UVPG            | Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung                        |
| —               | Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz                          |
| PflSchG         | Pflanzenschutzgesetz   |
| StrlSchV        | Strahlenschutzverordnung   |
| WRMG            | Wasch- und Reinigungsmittel-gesetz                                   |
| WHG             | Wasserhaushaltsgesetz mit Trinkwasserverordnung                      |

Tabelle 8. Verordnungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

| Kurzbezeichnung | Langname   |
|-----------------|--|
| 1. BImSchV:     | Verordnung über Feuerungsanlagen   |
| 2. BImSchV:     | Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen |
| 3. BImSchV:     | Verordnung über Schwefelgehalt von leichtem Heizöl und Dieselmotorkraftstoff       |
| 4. BImSchV:     | Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen                                     |
| 5. BImSchV:     | Verordnung über Immissionsschutzbeauftragte  |
| 6. BImSchV:     | Verordnung über Fachkunde und Zuverlässigkeit des Immissionsschutzbeauftragten     |
| 7. BImSchV:     | Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub                                     |
| 8. BImSchV:     | Rasenmäherlärmverordnung   |
| 9. BImSchV:     | Grundsätze des Genehmigungsverfahrens  |
| —               | PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung   |
| 11. BImSchV:    | Emissionserklärungsverordnung  |
| 12. BImSchV:    | Störfallverordnung   |
| 13. BImSchV:    | Verordnung über Großfeuerungsanlagen   |
| 14. BImSchV:    | Verordnung über Anlagen der Landesverteidigung                                     |
| 15. BImSchV:    | Baumaschinenlärm-Verordnung  |
| 16. BImSchV:    | Verkehrslärmschutz-Verordnung  |
| 17. BImSchV:    | Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe      |

Die jeweils von einer Rechtsverordnung behandelte Thematik variiert stark in ihrer Breite: Auf der einen Seite steht die 8. BImSch-Verordnung über Rasenmäherlärm, auf der anderen Seite die Störfallverordnung (12. BImSchV), in der Vorsorge und Abwehr von Ereignissen, die durch größere Emissionen, Brände oder Explosionen hervorgerufen wurden, in genehmigungsbedürftigen Anlagen geregelt werden (siehe Tabelle 8).

Zum Gefahrstoffrecht im engeren Sinne gehört das am 1. 1. 82 in Kraft getretene Chemikaliengesetz. Es regelt das Inver-



kehrbringen von Stoffen und gilt für alle Stoffe, die in der Bundesrepublik seit dem 18.9.1981 durch erstmalige Herstellung oder Import neu auf den Markt gebracht werden. Ausdrücklich ausgenommen sind Stoffe, für die andere spezialgesetzliche Regelungen bestehen, wie z. B. Arzneimittel (Arzneimittelgesetz), Futtermittel und ihre Zusatzstoffe (Futtermittelgesetz) sowie Lebensmittel, Tabakerzeugnisse und kosmetische Mittel (Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz).

„Altstoffe“, also Stoffe, die vor dem Stichtag des 18.9.1981 bereits in einem Mitgliedsland der Europäischen Gemeinschaft zugelassen worden sind, unterliegen ebenfalls nicht den Anmelde- und Prüfvorschriften des Chemikaliengesetzes. Es wird geschätzt, daß es zur Zeit weit über 100000 industriell hergestellte Altstoffe gibt. Sie sind in einem europäischen Altstoffinventar (EINECS) zusammengefaßt. Hingegen wurden im Zeitraum von 1983–88 insgesamt nur 152 neue Stoffe angemeldet.

Das Chemikaliengesetz dient dem präventiven Schutz des Menschen und der Umwelt vor schädlichen Wirkungen von Stoffen und Zubereitungen. Es beruht auf dem Grundsatz der Produktionsfreiheit der Industrie mit staatlichem Eingriffsvorbehalt im Gegensatz zu einem grundsätzlichen Produktionsverbot mit Erlaubnisvorbehalt. Das heißt, daß der Hersteller einen neuen Stoff lediglich bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz anzumelden und mit der Anmeldung toxikologische Prüfunterlagen beizubringen hat. 45 Tage später kann dann der Stoff in Verkehr gebracht werden. Das Chemikaliengesetz ist also kein Zulassungs-, sondern ein Anmeldegesetz.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz zusammen mit dem Bundesgesundheitsamt und dem Umweltbundesamt muß anhand der beigebrachten Unterlagen die potentielle Gefährlichkeit des Stoffes bewerten. Eine Gegenprüfbefugnis hat die Behörde nicht, sie kann aber gegebenenfalls Informationen vom Hersteller bzw. Importeur nachfordern. Aus dieser Bewertung ergeben sich Forderungen und Pflichten zur

Einstufung, zur Verpackung und zur Kennzeichnung des Stoffes.

Sollte dem Schutz von Leben und Gesundheit des Menschen bzw. dem Schutz der Umwelt durch die Einstufungs-, Verpackungs- und Kennzeichnungsvorschriften nicht genüge getan werden, so ist die Bundesregierung ermächtigt, durch Rechtsverordnung (mit Zustimmung des Bundesrats) Herstellungs-, Verkehrs- und Verwendungsverbote bzw. -beschränkungen auszusprechen. Ein Dauerverbot für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung ist z. B. im Jahre 1989 für das Fungizid Pentachlorphenol (PCP) und PCP-haltige Verbindungen ausgesprochen worden.

## 6.2 Grenz- und Richtwerte

Der Begriff „Grenzwert“ wird nicht einheitlich verwendet. Grenzwerte, deren Überschreitung strafbedroht ist, finden sich in einer Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen für ganz unterschiedliche Schutzobjekte (Tabelle 9). Sie setzen gesetzlich verbindliche Grenzen für die Freisetzung bzw. den Gehalt bestimmter Medien an Schadstoffen oder anderen Faktoren wie Lärm, radioaktive Strahlung etc.

Der Begriff Grenzwert bezieht sich aber häufig auch auf Werte, die nicht gesetzlich fixiert sind und deren Überschreiten lediglich unerwünscht ist. Diese sollten besser als Richtwerte bezeichnet werden. Sie haben keine Gesetzeskraft, sondern dienen als Orientierungshilfe bei der Beurteilung einer bestehenden Kontamination. Es gibt sie z. B. im Lebensmittelbereich für Blei, Quecksilber und Cadmium. Im Arbeitsbereich werden für bestimmte krebserlösende Stoffe, die als technisch unvermeidbar gelten, solche Richtwerte (TRK-Werte) formuliert.

Grenzwerte werden in der Regel nur festgelegt, wenn man davon ausgeht, daß es eine Schwellen-Konzentration gibt, die auch dann kein Risiko für Mensch und Umwelt darstellt, wenn sie über längere Zeit besteht. Theoretisch ist zwar davon auszu-

Tabelle 9. Grenz- und Richtwerte in verschiedenen Bereichen

| Bereich                                  | Grenzwerte  | Richtwerte   |
|--|---|--|
| Lebensmittel                             | QuecksilberVO, Fisch<br>TrinkwasserVO<br>Mineral- und TafelwasserVO<br>Aflatoxin VO<br>WeinVO<br>PflanzenschutzhöchstmengenVO<br>DiätVO<br>FleischVO<br>Fleischhygiene-VO<br>Hygiene-VO für Milch-ab-Hof-Abgabe | Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln<br>Verzehrempfehlung Wildpilze<br>Kupfer, Zink im Trinkwasser |
| Bedarfsgegenstände                       | Blei- und Zinkgesetz<br>Farbengesetz<br>Spielwaren- und Scherzartikel-VO<br>Vinylchlorid-Bedarfsgegenstände-VO<br>Nitrosamin-Bedarfsgegenstände-VO  | Empfehlungen bei der Kunststoffherstellung<br>DIN-Normen   |
| Boden, Düngemittel und Oberflächenwasser | Klärschlamm-VO<br>AbwasserVwV<br>Phosphathöchst-mengen-VO   |  |
| Luft                                     | TA-Luft<br>Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Werte)   | Maximale Immissionskonzentration (MIK-Wert)<br>Technische Richtkonzentration (TRK-Werte)                             |

gehen, daß bereits ein einziges Molekül eines Schadstoffes durch seine Reaktion mit körpereigenen Molekülen eine bestimmte Wirkung hervorrufen kann. Der Körper verfügt jedoch über eine Vielzahl von Kompensationsmechanismen. So ist es z. B. möglich, daß ein Fremdstoff schneller ausgeschieden als aufgenommen wird. Kann der Organismus die erfolgten Veränderungen mindestens so schnell zurückbilden wie sie eintreten, so entsteht keine (Schad-) Wirkung.

Das Elementarereignis der Kanzerogenese ist die Interaktion des Stoffes mit dem Erbmaterial. Diese Interaktion führt zu einer irreversiblen Veränderung (Mutation). Da dieses Ereignis irreversibel ist, können auch kleinste Stoffmengen eine Wirkung auslösen. Für kanzerogene Stoffe gibt es deshalb keine Wirkungsschwelle und keine unbedenkliche und daher duldbare Aufnahme dieser Stoffe. Daher werden für Kanzerogene üblicherweise keine Grenz-

werte formuliert. Stattdessen gilt das Minimierungsgebot, welches festlegt, daß diese Stoffe soweit wie möglich aus der Umgebung des Menschen zu verbannen sind. Grenzwerte werden nach dem jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstand durch Gremien aus Wissenschaft, Behörden und Industrie festgesetzt. Sie gelten in der Regel nur für einen einzelnen Stoff. In der Realität ist man jedoch einer Vielzahl von Stoffen gleichzeitig ausgesetzt.

Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung überführt wichtige Empfehlungen der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe für den Arbeitsbereich in Technische Regeln. Diese numerierten Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) erhalten durch ihre Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt Gesetzeskraft. Der Ausschuß für gefährliche Arbeitsstoffe beim Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung führt die Bearbeitung der entsprechenden Empfehlungen

durch. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß Grenzwerte den Vorteil von Rechtssicherheit und Überwachbarkeit bieten, aber per se keinen Anreiz zur Belastungsminderung bieten. Sie sollten daher in der Regel durch andere Instrumente ergänzt werden, z. B. durch Kompensations- und Abgabenregelungen, Zertifikate, Steuervergünstigungen, Subventionen.

### 6.3 Gesundheitsberichterstattung

Umweltbezogene Gesundheitsberichterstattung ist ein wichtiges Instrument zur empirischen Fundierung von Gesundheitsplanung und präventiv-orientierter Gesundheitspolitik. Sie entspricht prinzipiell der allgemeinen Gesundheitsberichterstat-

tung, dient also vor allem der Aufklärung über Fakten, der Lagebeurteilung und der Beratung zum Handeln. Über den Anspruch reiner Medizinal- und Umweltstatistik hinausgehend gehören hierzu inhaltliche, systematisch aufgebaute und wissenschaftlich fundierte Berichte mit Interpretation des Datenmaterials, Einbeziehung prognostischer Elemente und Orientierung an gesundheitspolitisch bedeutsamen Themen.

Gleichzeitig weist der Spezialbereich der umweltbezogenen Gesundheitsberichterstattung einige Besonderheiten auf, die eine kohärente Berichterstattung erschweren. Hierzu zählen Heterogenität und Komplexität der umweltmedizinischen Thematik, Abgrenzungsprobleme zwischen den beteiligten Fachdisziplinen und unterent-

Tabelle 10. Ausgewählte Indikatoren der umweltbezogenen Gesundheitsberichterstattung

| Indikatoren   | Erklärung  | Beispiele   |
|---------------|--|---|
| Umwelt        | Parameter der Exposition oder äußeren Belastung                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– in der Außenluft: Reizgase, Stäube, Benzol</li> <li>– in Innenräumen: Zigarettenrauch, Radon, Pentachlorphenol</li> <li>– im Trinkwasser: Nitrat, Pestizide, Blei, Arsen</li> </ul>  |
| Belastung     | Parameter der inneren Belastung (gemessen in biologischen Materialien) | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Blei im Blut, in Milchzähnen</li> <li>– Benzol im Blut</li> <li>– Tetrachlordibenzodioxine im Fettgewebe</li> <li>– Phenol im Urin</li> </ul>  |
| Beanspruchung | Parameter der subklinischen Wirkung                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lungenfunktionsparameter, z. B. forciert expiriertes Erstsekundenvolumen FEV<sub>1</sub></li> <li>– Systolischer, diastolischer Blutdruck</li> <li>– δ-Aminolävulinsäure im Urin</li> <li>– Immunologische Parameter, z. B. Komplement C3c-Konzentration im Serum</li> </ul> |
| Schädigung    | Parameter der manifesten Gesundheitsschädigung                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– chronische Bronchitiden, Bronchial-Asthma</li> <li>– Sinusitiden</li> <li>– allergische Erkrankungen</li> <li>– neurologische Erkrankungen</li> <li>– Krebserkrankungen, z. B. Lungenkrebs, Hautkrebs, Leukämie</li> <li>– Fehlbildungen</li> </ul>                          |

wickelte Konsensbildung über wissenschaftliche und politische Bewertungen. Umweltbezogene Gesundheitsberichterstattung ist also eine Spezialberichterstattung mit spezifischen Problemen einerseits, aber auch mit Chancen, die sich unter anderem aus der Existenz einer bereits relativ entwickelten Umweltberichterstattung ergeben; denn hier werden, in wechselndem Umfang, gesundheitlich relevante Aspekte häufig schon mitbehandelt.

Zu den darzustellenden Themen gehören umweltbezogene Gesundheitsrisiken und Schutzmaßnahmen. Eine Übersicht über einschlägige Gesundheitsrisiko-Indikatoren gibt Tabelle 10. Bezüglich der Schutzmaßnahmen interessieren auch Vollzugsaspekte einschließlich möglicher Defizite. Inhaltliche Bezüge bestehen zu einer Reihe von Meß- und Überwachungsprogrammen wie den Luftreinhalteprogrammen in Nordrhein-Westfalen, der Trinkwasserüberwachung, der Grundwasser- und Oberflächengewässer-Berichterstattung und dem bundesweiten Lebensmittel-Monitoring. So werden im Rahmen des nordrhein-westfälischen Meßprogramms TEMES (Telemetrisches Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem) mit automatisch betriebenen Meßstationen die Immissionskonzentrationen von Luft erfaßt. Auf internationaler Ebene besteht seit 1973 das „Global Environmental Monitoring System“ (GEMS) des „United Nations Environment Programme“.

Abschließend sei auf die enge Verbindung von umweltbezogener Gesundheitsberichterstattung zu Gesundheits- und Umweltverträglichkeitsprüfungen, besonders im kommunalen Bereich, hingewiesen. Umfassende Berichterstattung würde eine optimale Grundlage solcher Verträglichkeitsprüfungen bilden, die ihrerseits wichtige Beiträge zur Berichterstattung liefern können.

## Literatur

- Birgersson, B., Sterner, O. & Zimerson, E. (1988): Chemie und Gesundheit. Eine verständliche Einführung in die Toxologie. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1990): Umweltbericht 1990. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft, Köln
- Eimeren, W. van, Faus-Kessler, T., König, K., Lasser, R., Rediske, G., Scherb, H., Tritschler, J., Weigelt, E., Welzl, G. (1987): Umwelt und Gesundheit. Springer, Berlin
- Europäische Konferenz Umwelt und Gesundheit (1989): Umwelt und Gesundheit – Europäische Charta mit Kommentar. Regionale Veröffentlichungen der WHO, Europäische Schriftenreihe Nr. 35
- Goldsmith, J. R. (1986): Environmental Epidemiology: Epidemiological Investigation of Community Environmental Health Problems. CRC Press, Boca Raton, Fa
- Kobusch, A.-B. (1992): Toxikologie. Schriftenreihe Publikationen Wissenschaftliche Weiterbildung; Studienmaterialien des Weiterbildenden Studiums Umweltberatung Nr. C-07. Universität Bielefeld, Bielefeld
- Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1987): Luftverunreinigungen in Innenräumen. W. Kohlhammer, Stuttgart
- Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1988): Umweltgutachten 1987. W. Kohlhammer, Stuttgart
- Schulz, R. S. & Becker, B. (1990): Deutsche Umweltschutzgesetze. Bd. I–IV. Schulz, Starnberg-Percha
- Stephan, U., Elstner, P. & Müller, R. K. (Hrsgb.) (1990): Fachlexikon ABC Toxikologie. Harri Deutsch, Frankfurt/M.
- Umweltbundesamt (1991): Daten zur Umwelt 1990/91. Erich Schmidt, Berlin
- Voigt, K. & Rohleder, H. (1990): Datenquellen für Umwelt-Chemikalien. Ecomed, Landsberg
- Wichmann, H. E. (Hrsgb.) (1986): Methodische Aspekte in der Umweltepidemiologie. Springer, Berlin
- Wichmann, H. E., Fülgraff, G. & Schlipkötter, H. W. (Hrsgb.) (1992): Handbuch der Umweltmedizin. Ecomed, Landsberg