

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Toxikologie

Denkschrift

verfaßt von

Helmut Greim und
Armin Basler, Hermann M.Bolt, Gerhard Eisenbrand, Detlev
Ganten, Heinz-Peter Gelbke, Manfred Göthert, Peter Herrlich,
Herweg Hulpke, Hans Marquardt, Franz Oesch, Ulrich
Schlottmann

für die Geschäftsstelle der DFG
Beate Konze-Thomas

DFG

Deutsche Forschungsgemeinschaft
Geschäftsstelle: Kennedyallee 40, D-53175 Bonn
Postanschrift: D-53175 Bonn
Telefon: ++49/228/885-1
Telefax: ++49/228/885-2777
E-Mail: (X.400): S = postmaster, P = dfg, A = d400, C = de
E-Mail: (Internet RFC 822): postmaster@dfg.de
Internet: <http://www.dfg.de>

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei der Deutschen Bibliothek erhältlich

© WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim (Federal Republic of Germany).2000

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form - durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren - reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form - by photoprinting, microfilm, or any other means - nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Umschlaggestaltung und Typographie: Dieter Hüsken.

Printed in the Federal Republic of Germany.

Inhalt

- Vorwort

- 1 Zusammenfassung und Empfehlungen

- 2 Anlaß und Anliegen

- 3 Das Fachgebiet
 - 3.1 Aufgaben der Toxikologie
 - 3.2 Perspektiven toxikologischer Forschung

- 4 Toxikologie in Deutschland
 - 4.1 Toxikologie an den Universitäten
 - 4.1.1 Lehre in der Medizin
 - 4.1.2 Lehre in naturwissenschaftlichen Fächern (Chemie, Biologie) und anderen Bereichen
 - 4.1.3 Forschung
 - 4.1.4 Weiterbildung
 - 4.1.5 Ursachen für die kritische Situation an deutschen Universitäten
 - 4.2 Nichtuniversitäre Tätigkeitsbereiche
 - 4.2.1 Toxikologie in der Industrie
 - 4.2.2 Vertragsforschung
 - 4.2.3 Behörden
 - 4.2.4 Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien und gutachterliche Tätigkeiten
 - 4.3 Berufsaussichten und Bedarf an Toxikologen
 - 4.4 Die Bedeutung der Toxikologie für die Aufgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft

- 5 Toxikologie im Ausland

- 6 DFG-Denkschrift 1975 und ihre Folgen

- 7 Literatur

- 8 Anhang

1 Zusammenfassung und Empfehlungen

Bereits im Jahre 1975 hatte die Deutsche Forschungsgemeinschaft in einer Denkschrift einen Ausbau der Toxikologie in Deutschland gefordert. Positive Auswirkungen waren jedoch nur von kurzer Dauer. Im Laufe der letzten 10 Jahre hat sich die Zahl der Universitätsinstitute von 20 auf die Hälfte, d.h. 10 vermindert. Bis auf zwei werden die Institutsleiter innerhalb der nächsten 5 Jahre emeritiert, und es ist zu befürchten, daß weitere Institute umgewidmet oder geschlossen werden. Wenn dieser Trend nicht aufgehalten wird, muß damit gerechnet werden, daß innerhalb weniger Jahre das Fach an den deutschen Universitäten nicht mehr existent sein wird. Um auf diese Situation aufmerksam zu machen und Lösungsvorschläge zu unterbreiten, werden die Entwicklung der Toxikologie in den vergangenen 25 Jahren dargestellt sowie die gegenwärtigen und zukünftigen Aufgaben des Faches in Forschung und Lehre beschrieben. Daraus ergibt sich folgendes:

1. Die primäre Aufgabe der Toxikologie besteht darin, eine wissenschaftlich abgesicherte Analyse des gesundheitlichen Risikos einer Exposition der Bevölkerung und an Arbeitsplätzen gegenüber Chemikalien zu schaffen. Ohne diese wissenschaftlich begründete Risikoabschätzung würde die Diskussion um die Gesundheitsgefährlichkeit von Chemikalien interessengebundenen oder selbsternannten Fachleuten überlassen, was weder der Wahrheitsfindung noch der Akzeptanz der Bevölkerung für moderne Technologien dienlich wäre. Damit ist die Toxikologie in einer modernen Industriegesellschaft unverzichtbar.
2. Die Aufgabe der Toxikologie an den Universitäten ist die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen des Faches durch hervorragende und international anerkannte Forschung. Darüber hinaus muß jedoch die Bereitschaft bestehen, toxikologische Sachkompetenz der Öffentlichkeit wie Behörden, Industrie oder nationalen und internationalen Gremien zur Verfügung zu stellen.
3. Der Schutz der Gesundheit des Menschen steht im Vordergrund des Interesses. Die Toxikologie ist damit ein medizinisches Fach und muß in den Fakultäten für Medizin angesiedelt sein. An Universitäten ohne Medizin sollte die Toxikologie den Biowissenschaften, der Pharmazie oder der Chemie zugeordnet sein, jedoch ein enger Kontakt zu medizinischen Einrichtungen gesucht werden.

4. Die Toxikologie bereitet Medizinstudenten und Ärzte auf ihre späteren umweltmedizinischen und arbeitsmedizinischen Aufgaben vor und vermittelt den Studierenden anderer Fakultäten die erforderlichen toxikologischen Grundkenntnisse in Forschung und Lehre. Es ist daher unabdingbar, daß die Toxikologie mit Lehrstuhl und Institut an jeder Universität mit medizinischer Fakultät vertreten ist. Das gleiche gilt für andere Fakultäten, bei denen toxikologischer Sachverstand für Forschung und Lehre erforderlich ist. Die Institute müssen ausreichend mit Personal und Mitteln ausgestattet sein.
5. Toxikologische Kenntnisse gewinnen zunehmende Bedeutung für Forschung und Lehre in der Biologie, Chemie, Pharmazie, Lebensmitteltechnologie, Bauingenieurwesen, Architektur und Maschinenbau. Damit ist die Toxikologie ein zentrales Fach an den Universitäten und bietet alle Voraussetzungen für eine fachübergreifende Kooperation. Um diese Zusammenarbeit in Forschung und Lehre muß sich die Toxikologie intensiv bemühen.
6. Die Toxikologie hat sich aus der Pharmakologie entwickelt. Viele Institute für Pharmakologie führen aber weiterhin die Bezeichnung Pharmakologie und Toxikologie. Die Breite beider Fächer und die unterschiedlichen Fragestellungen lassen es jedoch nicht mehr zu, daß sie in Forschung und Lehre von einer Person verantwortlich vertreten werden. In diesen Instituten muß daher ein Lehrstuhl für Toxikologie eingerichtet werden.
7. Die Kooperation zwischen universitären Einrichtungen und entsprechenden Einrichtungen von Industrie und Behörden muß verstärkt werden. Dies sollte sich allerdings auf Forschungsvorhaben zu anspruchsvollen Fragestellungen beschränken. Sie sollte aber auch einen Personalaustausch umfassen, um einerseits den akademischen Toxikologen mit den Anforderungen der Praxis vertraut zu machen, andererseits Industrie und Behörden die Möglichkeit zu geben, neue Methoden und Bewertungskonzepte kennenzulernen und ihren Transfer in die Praxis zu erleichtern.
8. Die Weiterbildung zum Fachtoxikologen liegt im öffentlichen Interesse und sollte eine zentrale Aufgabe von Universitätsinstituten darstellen. Dringlichkeit und Bedeutung sollte von den entsprechenden Ministerien anerkannt und unterstützt werden. Um den Mißbrauch des Begriffe Toxikologe zu unterbinden, muß die Berufsbezeichnung Toxikologe gesetzlich geschützt werden.
9. Die dringendste und wichtigste Aufgabe ist die Förderung des akademischen Nachwuchses mit allen verfügbaren Mitteln. Die Universitäten müssen dies durch eine

geeignete Ausstattung der Institute unterstützen, um jüngere Wissenschaftler von der Attraktivität des Faches zu überzeugen. Die Wissenschaftler möglichst aller Institute müssen miteinander kooperieren und konkurrieren, um eine hohe wissenschaftliche Qualifikation zu erreichen. Längerfristige Forschungsaufenthalte der Nachwuchswissenschaftler im Ausland müssen dies weiter unterstützen.

10. Die Denkschrift soll allen Universitäten und den medizinischen Fakultäten, der Industrie, den zuständigen Ministerien des Bundes und der Länder sowie allen in Anhang 7 aufgelisteten Bundesbehörden mit toxikologischen Aufgaben vorgelegt werden, um die Anliegen zu unterstützen. Der Wissenschaftsrat wird gebeten, die Toxikologie in Deutschland zu evaluieren.

2 Anlaß und Anliegen

Im Jahr 1975 legte die Deutsche Forschungsgemeinschaft die "Denkschrift Toxikologie" vor (Bär et al. 1975). Elf namhafte deutsche Toxikologen haben darin die Bedeutung, Aufgaben und vorhandenen Einrichtungen der Toxikologie beschrieben und Ziele für die Aus- und Weiterbildung zum Toxikologen formuliert. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat durch die Förderung von Schwerpunktprogrammen, Sonderforschungsbereichen und Einzelprojekten dazu beigetragen, die wissenschaftliche Basis der Toxikologie zu verbessern. Dadurch konnten toxikologische Arbeitsgruppen in Deutschland wesentliche Beiträge zur Aufklärung toxischer Wirkungsmechanismen, zur Entwicklung von Beurteilungskonzepten und Ausbildungsprogrammen leisten und sachkompetente Vertreter des Faches ausbilden, die heute auch in Gremien der DFG, nationalen und internationalen Kommissionen einschließlich der WHO und der Europäischen Kommission arbeiten. Ihre Sachkenntnis ist Grundlage für die Entwicklung von Bewertungskonzepten und zur Vorbereitung sachbezogener Entscheidungen. An deutschen Universitäten bestanden – nicht zuletzt als Folge der Denkschrift und der Empfehlungen des Wissenschaftsrates (1960, 1968) – bis zum Beginn der 90er Jahre 20 Institute, vor allem in den medizinischen Fakultäten, die wesentliche Beiträge zur Entwicklung des Faches geleistet haben. Leider hat sich diese Entwicklung der Toxikologie nicht fortgesetzt und ist insbesondere an den deutschen Universitäten seit 1990 in bedrohlichem Ausmaße rückläufig. Seither sind infolge von Einsparungsmaßnahmen oder Änderungen von Prioritäten an den Universitäten sieben Institute geschlossen oder umgewidmet worden, und in drei weiteren Fällen haben die Universitäten bereits entschieden, die Institute nach Erreichen der Altersgrenze der Institutsdirektoren nicht mehr weiterzuführen. Die übrigen Institute sind bis auf wenige Ausnahmen innerhalb der nächsten fünf Jahre neu zu besetzen. Es ist zu befürchten, daß andere Prioritäten und nicht zuletzt ein eklatanter Mangel an qualifiziertem Nachwuchs zu einer Umwidmung oder Schließung auch dieser Institute führt. Wenn dieser Trend nicht aufgehalten wird, muß damit gerechnet werden, daß innerhalb weniger Jahre das Fach Toxikologie in Deutschland nicht mehr existent sein wird.

Aus dieser Situation ergibt sich die einmalige Gelegenheit einer Bestandsaufnahme und einer Neuorientierung des Faches, um die Voraussetzungen für eine Trendumkehr und nachhaltige Verbesserung der Situation zu schaffen, die Ausbildung des dringend benötigten wissenschaftlichen Nachwuchses zu fördern und die wissenschaftliche und gesellschaftspolitische Bedeutung des Faches auch aus der Sicht der Deutschen Forschungsgemeinschaft darzulegen.

In dieser Denkschrift finden die Stellungnahmen der Deutschen Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie (DGPT) „Zur Situation der

Toxikologie in der Bundesrepublik Deutschland,, aus den Jahren 1992 und 1996 und
„Auflösung von Lehrstühlen und Instituten für Toxikologie zugunsten anderer universitärer
Einrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland,, (DGPT 1992, 1996, 1997)
Berücksichtigung sowie die Stellungnahme des Wissenschaftsrates aus dem Jahre 1994.

3 Das Fachgebiet

3.1 Aufgaben der Toxikologie

Es ist originäre Aufgabe der Toxikologie, eine wissenschaftlich abgesicherte Analyse des gesundheitlichen Risikos einer Exposition der Bevölkerung und an Arbeitsplätzen gegenüber Chemikalien zu schaffen. Dafür müssen die Art der Schädigungen und ihre zugrundeliegenden biochemischen, physiologischen und pathologischen Mechanismen aufgeklärt werden, um aus der Kenntnis der Mechanismen und der quantitativen Dosis-Wirkungs-Beziehung das Risiko der Exposition gegenüber chemischen Stoffen synthetischer und natürlicher Herkunft für die Gesundheit des Menschen zu analysieren. Diese Aufgabe ist durch die große Zahl an Chemikalien und ihre unterschiedlichen Wirkungsmechanismen sehr umfangreich: Neben die bis 1984 erfaßten 100.000 sog. Altstoffe treten die durch moderne chemische und auch gentechnologische Syntheseverfahren ständig neu entwickelten Chemikalien.

Voraussetzung für die Risikoermittlung ist eine international anerkannte Grundlagenforschung, um die toxischen Mechanismen und deren Dosis-Wirkungs-Beziehung abzuklären und die Exposition zu ermitteln. Dazu werden das klassische Repertoire an qualitativen und quantitativen Methoden herangezogen und in zunehmendem Maße Verfahren, die durch die verbesserte Kenntnis der Wirkweise von Schadstoffen entwickelt werden. Besonders aus der Bewertung der Organ- und Spezies-Spezifität und der interindividuellen Empfindlichkeit gegenüber einem toxischen Stoff, der Aufklärung molekularer Wirkungsmechanismen und nicht zuletzt durch moderne Verfahren zur Erfassung der Expression von Genen und Proteinen wachsen der Risikoermittlung neue Möglichkeiten zu. Dazu kommen die großen Zugewinne an Kenntnissen über die Mechanismen der Funktion, Differenzierung und embryonalen Entwicklung der Zellen eines Organismus. Damit muß das Methodenspektrum der toxikologischen Grundlagenforschung ständig an die zunehmende Kenntnis pathophysiologischer Zusammenhänge angepaßt werden. Während bisher Schicksal und Wirkung chemischer Substanzen im Vordergrund der Untersuchungen standen, ist die Abklärung zellspezifischer Reaktionsweisen, die z. B. durch Störungen der Signaltransduktion ausgelöst werden und zu einem erheblich verbesserten Verständnis der toxischen Wirkungen führen, in den Vordergrund der toxikologischen Forschung gerückt. Die Expositionsabschätzung, insbesondere am Angriffspunkt der toxischen Wirkung in Organismen, wird durch Biomonitoring anhand neu entwickelter chemisch-analytischer, immunologischer und molekularer Nachweisverfahren verfeinert.

Durch das weitgefächerte Aufgaben- und Methodenspektrum ist die Toxikologie ein interdisziplinäres Fach. Wichtigster Bezugspunkt ist die Medizin, da Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen zu beurteilen sind. Die eingesetzten Methoden und

wissenschaftlichen Grundlagen nutzen jedoch die Erkenntnisse und Methoden der Biochemie, Chemie, Genetik, Mathematik, Molekularbiologie, Physik und anderer naturwissenschaftlicher Fächer, um die jeweils anstehenden Fragen bearbeiten zu können. Dem entspricht auch die zumeist multidisziplinäre Zusammensetzung der in den Instituten arbeitenden Wissenschaftler und technischen Assistenten.

Die Toxikologie ist Bestandteil der Ausbildung vieler Studienrichtungen. Sie deckt die Lehre im Rahmen der Ausbildung von Medizinstudenten ab und bei den Naturwissenschaften die seit einigen Jahren erforderlichen Pflichtvorlesungen für Chemiker und Pharmazeuten. Außerdem ist sie eines der Hauptnebenfächer in der Biologie. Darüber hinaus wird die Toxikologie zunehmend in Forschung und Lehre anderer Fakultäten eingebunden. Zu nennen sind Architektur (Toxikologie von Baumaterialien), Lebensmitteltechnologie (Toxikologie natürlicher und synthetischer Inhaltsstoffe), Bauingenieurwesen und Maschinenbau (Toxikologie von Baumaterialien, Verfahrenstechniken, Kühlschmierstoffen). Das Fach bietet damit alle Voraussetzungen für eine fakultätsübergreifende Kooperation innerhalb der Hochschulen.

Die Toxikologie hat sich vor allem aus der Pharmakologie entwickelt. Beide Disziplinen verwenden zwar ähnliche, teilweise identische Methoden, um Wechselwirkungen von chemischen Stoffen mit dem Organismus aufzuklären. Im Gegensatz zur Pharmakologie befaßt sich die Toxikologie mit Schadwirkungen vor allem geringer, über lange Zeiträume aufgenommener Stoffmengen. Außerdem unterscheiden sich die Arten der Wechselwirkungen mit dem Organismus zwischen toxischen Stoffen und Arzneimitteln. Die therapeutische Wirkung von Arzneimitteln beruht überwiegend auf reversiblen Interaktionen, während toxische Verbindungen häufig auch bei niedriger Exposition zu irreversiblen Schäden führen, z.B. durch kovalente Bindung an körpereigene Makromoleküle. Aufgaben in Forschung und Lehre von Pharmakologie und Toxikologie sind daher so unterschiedlich und die Wissensfülle in Pharmakologie und Toxikologie ist so umfangreich geworden, daß eine kompetente Vertretung beider Gebiete durch ein Institut und eine Person nicht mehr möglich ist.

3.2 Perspektiven toxikologischer Forschung

Toxikologische Institute der Bundesrepublik haben auf mehreren Gebieten in den letzten Jahrzehnten international beachtete Beiträge geleistet. Hervorzuheben sind die Arbeiten zur Aufklärung der Aktivierungswege kanzerogener polycyclischer Aromaten und der daran beteiligten Enzyme bei Versuchstier und Mensch, die Untersuchungen zur metabolischen Aktivierung toxischer und kanzerogener halogenierter aliphatischer Kohlenwasserstoffe, die zur Aufklärung eines Wirkmechanismus für die Organspezifität und zur Erkenntnis von Struktur-Wirkungs-Beziehungen führten, die Arbeiten zum Wirkungsmechanismus kan-

zerogener N-Nitrosoverbindungen, die Entwicklung und enzymatische Charakterisierung von Säugetierzellen als In-vitro-Testsysteme und die Anwendung pharmakokinetischer Modelle bei der Risikoquantifizierung kanzerogener und toxischer Substanzen. Dazu kommen grundsätzliche Arbeiten zum Wirkmechanismus von Tumorpromotoren. Als bedeutende Anwendung biochemischer Kenntnisse für die Identifizierung von Risikogruppen in der Bevölkerung ist die Aufklärung von genetisch bedingten Unterschieden in der Metabolisierung von Chemikalien und der Reparatur genetischer Schäden sowie die Entwicklung von Biomonitoring-Verfahren zur Erfassung der Expositionen gegenüber Schadstoffen zu nennen.

Eine besondere Herausforderung der kommenden Jahre ist die Integrierung der sich rasant entwickelnden molekular- und zellbiologischen Methoden in die toxikologische Grundlagenforschung. Die grundlegenden zellulären Prozesse wie Wachstum, Differenzierung, Zelltod und Intermediärstoffwechsel werden über ein komplexes Netzwerk von Rezeptoren und Signalketten gesteuert, das letztendlich die Expression genetischer Programme reguliert. Dasselbe Signalnetzwerk kann zu toxischen Wirkungen führen, wenn seine Komponenten durch exogene Noxen aktiviert oder inaktiviert werden. Dieses Grundkonzept wird für die meisten Reaktionen der Zelle und des Organismus zumindest bei realistischen Dosen toxischer Agenzien, denen der Mensch ausgesetzt sein kann, zutreffen. Davon zu unterscheiden sind hohe Dosen toxikologischer Experimente, die häufig die Integrität von Organismus oder Zelle zerstören und damit zu anderen, für die Exposition des Menschen nicht relevanten Wirkungen führen. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung dieser unterschiedlichen Expositionen mit ihren unterschiedlichen pathophysiologischen Konsequenzen muß ermittelt werden. Darüber hinaus ist die Identifizierung der Zielgene, die eine substanzbezogene Toxizität vermitteln, z.B. in genetisch manipulierten Systemen erforderlich. Ein weiterer Ansatz der Analyse der Wirkung toxischer Agenzien auf biologische Systeme eröffnet sich mit den modernen Methoden der Genomforschung. Dadurch wird es möglich, die Gesamtheit der exprimierten mRNA-Spezies oder der exprimierten und gegebenenfalls posttranslational modifizierten Proteine unter verschiedenen Bedingungen wie vor und nach Exposition gegenüber einem toxischen Agens zu vergleichen. Diese Analyse muß jedoch durch die Aufklärung der Kausalzusammenhänge zwischen den gefundenen Genen und dem zu untersuchenden toxikologischen Effekt ergänzt werden. Die Aufgabe der Toxikologie besteht darin zu klären, über welche Signalwege, welche Hierarchien und in welchen genetischen Programmen die sequenzierten Gene funktionell organisiert sind und unter welchen Bedingungen und mit welchen Folgen Chemikalien dieses System beeinflussen können. Beispiele sind die Beeinflussung von Wachstumssignalwegen durch Tumorpromotoren oder die Frage, wie sich durch gentoxische Verbindungen hervorgerufene Primärschäden am genetischen Material in der Zelle manifestieren und wie sich diese auf Regulationsvorgänge der Zelle auswirken.

Eine weitere Herausforderung ist die Verbesserung der Verfahren zur Risikoanalyse, die sich auf epidemiologische und auf tierexperimentelle Daten stützt. Der Vorteil epidemiologischer Daten ist ihr unmittelbarer Bezug auf den Menschen. Dies ist jedoch mit dem Nachteil verbunden, daß zumeist keine ausreichenden Informationen über die Expositionshöhe und -zeit vorliegen und die Ergebnisse durch Störfaktoren verfälscht sein können. Dagegen lassen sich aus Tierversuchen präzise Dosis-Wirkungs-Beziehungen der kritischen Endpunkte ableiten, während die Relevanz für den Menschen experimentell belegt werden muß. Das gesundheitliche Risiko wird von der Konzentration einer Chemikalie oder des kritischen Metaboliten am Zielorgan und der Expositionszeit bestimmt. Diese „target-dose,“ bei Versuchstier und Mensch ist abhängig von der Toxikokinetik, d.h. Aufnahme, Verteilung, Metabolisierung und Ausscheidung einer Substanz sowie ihrer Reaktion mit den kritischen zellulären Angriffspunkten. Die dadurch angestoßene Kaskade physiologischer und pathobiochemischer Veränderungen führt schließlich zu den klinischen Symptomen bei Tier und Mensch. Während sich viele dieser Daten gut im Tierversuch erarbeiten lassen, ist es schwer, sie beim Menschen zu ermitteln. Ansätze zur Verbesserung der Situation sind u.a. die gentechnische Konstruktion von Zelllinien mit definierten Enzymen der Versuchstiere und des Menschen, die Entwicklung sog. physiologisch basierter pharmakokinetischer Modelle zur Simulierung der Toxikokinetik beim Menschen oder Informationen über interindividuelle Unterschiede im Metabolismus von Chemikalien beim Menschen. Weitere experimentelle Ansätze mit dem Ziel, die Übertragbarkeit von Tierversuchen auf den Menschen und die Extrapolation hoher, im Tierversuch eingesetzter Expositionen auf die niedrigere Exposition am Arbeitsplatz und in der Umwelt zu verbessern, müssen entwickelt werden.

Aufgrund ihrer Komplexität lassen sich toxikologische Probleme nicht mit der Methodik eines einzelnen Faches, z.B. der chemischen Analytik oder der Molekularbiologie allein bearbeiten. Ein solcher Versuch wäre auch wenig sinnvoll, da toxikologische Fragestellungen entweder stoffspezifisch oder im weitesten Sinne wirkungsmechanistisch orientiert sind und die Wahl der zur Lösung eingesetzten Methodik sich an der Fragestellung orientieren muß. Damit ist ein flexibles und interdisziplinäres Vorgehen erforderlich, das die Charakterisierung toxikologisch relevanter Wirkungen, die Aufklärung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen und die Erarbeitung von Kenntnissen der zellulären Regulationsmechanismen sowie der Genexpression beinhalten muß. Diese moderne toxikologische Forschung darf jedoch nicht auf Teilgebiete der Toxikologie wie die chemische Kanzerogenese oder Mutagenese beschränkt bleiben. Sie muß gezielt auf alle Gebiete des Faches wie die Toxikologie des Immunsystems, des Nervensystems einschließlich des Verhaltens, der Reproduktion usw. eingesetzt werden.

Die nicht auf ein Schadereignis bezogene grundlegende Aufklärung zellulärer Regulationsvorgänge ist nicht originäre Aufgabe der Toxikologie, bildet jedoch die Voraussetzung für neue Ansätze toxikologischer Forschung.

4 Toxikologie in Deutschland

4.1 Toxikologie an den Universitäten

4.1.1 Lehre in der Medizin

In Deutschland gehören die Lehrstühle für Toxikologie bzw. die entsprechenden Institute aus traditionellen und inhaltlichen Gründen den medizinischen Fachbereichen an. So wurde die Lehre der „Toxikologie“, als Teil des Gesamtfachgebietes „Pharmakologie und Toxikologie“, in der Ausbildung der Medizinstudenten zumeist von toxikologisch interessierten Pharmakologen mit abgedeckt. Der rapide ansteigende Wissenszuwachs in beiden Teilgebieten und die damit stetig höher werdenden Anforderungen an die Vermittlung entsprechender Lehrinhalte erlauben es jedoch nicht mehr, das Gesamtfachgebiet Pharmakologie und Toxikologie und des ökologischen Stoffgebietes von nur einer Person adäquat vertreten zu wissen. Den Medizinstudenten müssen zwar Kenntnisse in der klassischen, akute Giftwirkungen behandelnden oder Arzneimittel-relevanten Toxikologie vermittelt werden. Von gleicher Bedeutung für die spätere ärztliche Tätigkeit ist jedoch die Vermittlung von umwelttoxikologischen Kenntnissen. Dabei wird den angehenden Ärzten das erforderliche Wissen auf den Gebieten der Lebensmitteltoxikologie, Trinkwasser-, Luft- und Wohnungshygiene als Teilaspekte einer umfassenderen „Umweltmedizin“, vermittelt. Dazu gehören die Vermittlung einer wissenschaftlich fundierten Einschätzung und Bewertung von Luftverunreinigungen durch anthropogen erzeugte Umweltschadstoffe, die Beurteilung von Muttermilchbelastungen durch Schadstoffe, die Einschätzung zivilisationsbedingter Krebsrisikofaktoren durch Zigarettenrauch, Automobilabgase, kontaminierte Lebensmittel usw. Dies sind nur einige wenige der Fragen, mit denen sich heutzutage der praktisch tätige Arzt mit verunsicherten Patienten konfrontiert sieht. Besondere Bedeutung hat dabei auch die Differentialdiagnose unspezifischer Symptome und den damit einhergehenden Ängsten und Befindlichkeitsstörungen betroffener Patienten. Damit werden nicht nur Gesundheit und Wohlbefinden in der Allgemeinbevölkerung gefördert, sondern auch der Brückenschlag zu einer Gesellschaft gewährleistet, in der das gesundheitliche Risiko durch Fremd- und Umweltstoffe für einen immer größer werdenden Teil ihrer Mitglieder ganz im Vordergrund der Besorgnisse und Lebensängste steht. Nur durch eine realistische und wissenschaftlich abgesicherte Einschätzung von Umweltbelastungen durch den umweltmedizinisch ausgebildeten Arzt kann z.B. der zunehmend häufigen Fehldiagnose eines „Multiple Chemical Sensitivity“-Syndroms begegnet werden, die zur Folge hat, daß die zugrundeliegende Erkrankung weder erkannt noch therapiert wird; von den unkalkulierbaren Folgen für Finanzierbarkeit und Erhalt des öffentlichen Gesundheitssystems („Doctorshopping“,) ganz abgesehen.

Im Zusammenhang mit der toxikologischen Lehre wurden seit 1994 erstmalig seit 70 Jahren mehrere Toxikologie-Lehrbücher in deutscher Sprache herausgebracht (Dekant und Vamvakas 1994, Eisenbrand und Metzler 1994, Fuhrmann 1994, Marquardt und Schäfer 1994, Greim und Deml 1996).

4.1.2 Lehre in naturwissenschaftlichen Fächern (Chemie, Biologie) und anderen Bereichen

In zunehmendem Umfang sind Toxikologen in der Lehre der Studiengänge Chemie, Biologie (Ökotoxikologie), Pharmazie, Lebensmittelchemie, Architektur, Maschinenbau und Bauingenieurwesen involviert.

Vor einigen Jahren ist eine Vorlesung unter dem Titel „Toxikologie für Chemiker“, in das Curriculum der Chemiker aufgenommen worden. Dies hat allgemein zu einem großen Interesse an vertiefender Ausbildung und der Nachfrage nach Fortgeschrittenenpraktika, Diplomarbeiten oder Promotionsarbeiten geführt. Schon seit längerem wird in der toxikologischen und umwelt-toxikologischen Grundlagenforschung ein Großteil aller Arbeiten von ausgebildeten Chemikern im Rahmen ihrer Diplom- oder Doktorarbeit übernommen. Insbesondere im Zusammenhang mit arbeitsmedizinischen und arbeitsplatzhygienischen Fragestellungen (Gefahrstoffverordnung, MAK-Werte, TRK-Werte, Reizgas- oder Faserbelastung etc.), aber auch hinsichtlich der Reaktionsführung von technischen Anlagen in der Chemischen Industrie und deren Relevanz als wichtige Quelle toxischer und persistenter Umweltschadstoffe wie Dioxine und polychlorierte Biphenyle, werden besondere Interessen von Chemikern in Hochschule und Industrie artikuliert. Die Vermittlung dieses Wissens und die Einblicke in die damit zusammenhängenden gesundheitlichen bzw. medizinischen Konsequenzen kann nur durch adäquat ausgebildete Toxikologen gewährleistet werden.

In der Aus- und Weiterbildung von Biologen ist die Toxikologie und Umwelt- bzw. Ökotoxikologie als fester Bestandteil nicht mehr wegzudenken. Dies hat dazu geführt, daß das Prüfungsfach „Pharmakologie und Toxikologie“, an zahlreichen deutschen Universitäten in der Diplomprüfung als Nebenfach zugelassen wurde. Entsprechend der hohen Zahl an Prüflingen in diesem Teilgebiet wird in ähnlicher Weise wie durch Chemiker auch durch Biologen mit molekularbiologischer bzw. genetischer Arbeitsrichtung zunehmend dominant die Grundlagenforschung in der Toxikologie geprägt. Dies kommt dem interdisziplinären Charakter des Faches und auch den zunehmend molekularbiologisch ausgerichteten Arbeitsschwerpunkten eindeutig zugute.

Auch in den Studiengängen Pharmazie und Lebensmittelchemie nimmt die Toxikologie einen festen Platz ein. Neue Approbations- bzw. Ausbildungsverordnungen sehen hier eine Vertiefung des pharmakologisch-toxikologischen Unterrichts vor, mit deutlichem Schwerpunkt auf toxikologischen Fragestellungen. Die Einführung der Gebietsbezeichnung

„Fachapotheker für Toxikologie,“ stellt zusätzliche Anforderungen an die Lehre. Die in der Lebensmitteltoxikologie vermittelten Grundlagen zum Thema gesundheitliche Belastungen durch Schadstoffe, die bei Erzeugung, Bearbeitung, Bevorratung oder Verteilung in die Lebensmittel gelangen (Schwermetalle, Pestizide, chlorierte Kohlenwasserstoffe etc.), oder auch die hygienisch-toxikologische Bewertung von Lebensmittelzusatzstoffen bzw. entsprechende Einschätzungen von „Genußgiften,“ sind nur einige wenige der Aufgaben, die ein Toxikologe in der Ausbildung von Studenten dieser Fächer wahrnehmen muß. An den Technischen Hochschulen mit Fakultäten für Architektur, Bauingenieurwesen und Maschinenbau besteht zunehmender Bedarf an toxikologischem Sachverstand, um auch hier die gesundheitlichen Aspekte bei der Anwendung dieser Technologien angemessen berücksichtigen zu können („Bauchemie,“, „Bautoxikologie,“).

4.1.3 Forschung

Die primäre Aufgabe der Hochschulinstitute für Toxikologie ist die Grundlagenforschung, allerdings mit dem Ziel, die Voraussetzungen für eine wissenschaftlich abgesicherte Bewertung des gesundheitlichen Risikos einer Exposition des Menschen gegenüber Chemikalien zu erarbeiten.

Zentrale Forschungsschwerpunkte sind z.B. übergeordnete toxikologische Themen wie Mechanismen der Kanzerogenese, Mutagenese oder Teratogenese bzw. Reproduktionstoxizität. Dazu gehören z.B. auch Untersuchungen zum Problem der Tumorpromotion, d.h. der Beeinflußbarkeit von Zellregulations- und -proliferationsvorgängen, sowie Fragen zur Neuro- und Immunotoxizität, oder aber toxische Wirkungen auf das Endokrinium. Die interindividuellen Unterschiede in der Empfindlichkeit von Menschen gegenüber toxischen Belastungen sind Gegenstand der Untersuchungen zum Thema Mechanismen und Polymorphismen im Stoffwechsel bzw. in der Biotransformation von gesundheitlich relevanten Schadstoffen. Es handelt sich dabei primär um Grundlagenforschung, die zum besseren Verständnis toxischer Wirkungen und individueller Empfindlichkeiten führt und damit die Voraussetzung für eine wissenschaftlich abgesicherte Risikoanalyse schafft.

Viele der in der Toxikologie bearbeiteten Forschungsthemen haben erhebliche klinische Relevanz, indem sie die Pathogenese umweltbedingter Erkrankungen aufklären.

Beispielhaft genannt seien die Aufklärung des Wirkungsmechanismus Trichlorethylenbedingter Nierentumoren, der verminderten Toleranz gegenüber Arzneimitteln bei schweren systemisch entzündlichen Prozessen oder der frühkindlichen, kupferbedingten Leberzirrhose. Von praktischer Bedeutung sind auch die Arbeiten zum Ausschluß eines Zusammenhangs zwischen einer Exposition von Chemikalien und Erkrankungen wie das bereits erwähnte Multiple Chemical Syndrome oder den mit sog. Xenoöstrogenen in Zusammenhang gebrachten Tumorerkrankungen oder Mißbildungen.

Aufgrund der Vielfalt und Komplexität von Wirkungen und Wirkungsmechanismen und den sich daraus ergebenden spezifischen Anforderungen haben sich die einzelnen toxikologisch arbeitenden Forschergruppen, Abteilungen oder Institute in und außerhalb der Hochschulen zumeist speziellen Fragestellungen zugewandt und in folgenden Bereichen international anerkannte Ergebnisse erzielt:

- organspezifische Wirkungen,
- wirkungsmechanistische Themen mit den Schwerpunkten Kanzerogenese, Mutagenese, Tumorpromotion, Metabolismus, Toxikokinetik,
- substanzbezogene Fragestellungen von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, natürlichen und synthetischen Stoffen in Nahrungsmitteln und Trinkwasser,
- mit speziellen Expositionen zusammenhängende Fragestellungen wie Gewerbetoxikologie, Umwelttoxikologie, Ökotoxikologie,
- Entwicklung toxikokinetischer Modelle zur Verbesserung der Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus Tierversuchen auf den Menschen.

4.1.4 Weiterbildung

In der „Denkschrift Toxikologie“, 1975 ist die Notwendigkeit der Weiterbildung von Naturwissenschaftlern zu Toxikologen im Rahmen eines weiterbildenden Studiums (Graduierten-Studium) dargestellt worden. Auf der Grundlage der dort formulierten Erfordernisse wurden daraufhin die Richtlinien für den Erwerb des „Fachtoxikologen DGPT“, aufgestellt (siehe Anhang 2).

Es wurden 15 Teilgebiete definiert, in denen der Toxikologe Kenntnisse besitzen muß. Seit 1996 werden für alle Teilgebiete, für die die Richtlinien dies vorsehen, Kurse angeboten, die in den dafür besonders kompetenten Instituten der Bundesrepublik durchgeführt werden (Hesse und Greim 1997). Das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in München hat die Koordination übernommen. In den Anfangsjahren seit 1975 wurden die Kosten für diese Kurse vom Fonds der Chemischen Industrie getragen. Der endgültige Ausbau der Kurse zur Abdeckung aller 15 Teilgebiete wurde seit 1994 durch Mittel der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ermöglicht. Die Weiterbildung zum Fachtoxikologen liegt im öffentlichen Interesse und sollte eine zentrale Aufgabe von Universitätsinstituten darstellen. Dringlichkeit und Bedeutung sollte von den entsprechenden Ministerien anerkannt und unterstützt werden. Um den Mißbrauch des Begriffs „Toxikologe“, zu unterbinden, muß die Berufsbezeichnung Toxikologe gesetzlich geschützt werden.

An mehreren Universitäten wie Marburg oder Würzburg werden in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft Deutscher Chemiker regelmäßig ein- bis zweiwöchige Fortbildungskurse in Toxikologie durchgeführt.

Die in der „Denkschrift Toxikologie“, 1975 ebenfalls gegebene Empfehlung, neben der Weiterbildung eigene Ausbildungsgänge für Toxikologie an den Universitäten zu schaffen, hat gute Resonanz gefunden. Als erster Schritt wurde an den Universitäten Tübingen, Düsseldorf und München ein Studiengang Toxikologie im Rahmen des Biochemiestudiums etabliert. In Düsseldorf wurde mit Hilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein Graduiertenkolleg für Toxikologie und Umwelthygiene eingerichtet, in Konstanz ein Graduiertenkolleg Biochemische Toxikologie. An einigen Universitäten sind Aufbaustudiengänge eingerichtet worden, die wie bei der Ausbildung von Umweltschutzingenieuren an der Technischen Universität München Lehrveranstaltungen für Toxikologie erfordern.

4.1.5 Ursachen für die kritische Situation an deutschen Universitäten

Die gegenwärtige negative Entwicklung der deutschen Hochschul-Toxikologie (siehe Anhang 3) hängt nicht zuletzt mit generellen Einsparmaßnahmen im Hochschulbereich zusammen. Daß diese die Toxikologie besonders treffen, hängt aber auch mit den folgenden Faktoren und Entwicklungen zusammen:

1. Ein Teil der Ursache für die fehlende Unterstützung des Faches an den Universitäten ist bei der Toxikologie selbst zu finden. Sie hat sich an einzelnen Orten aus der Lehre im Rahmen des Medizinstudiums zurückgezogen oder sich nicht um Kooperation in Forschung und Lehre mit anderen Fachbereichen bemüht. Dort, wo die Toxikologie in die Krankenversorgung der Universitätsklinik, in gemeinsame Lehrveranstaltungen mit den Klinikern, in die Lehre im Rahmen der Medizin, Chemie, Biologie, aber auch von technischen Fächern eingebunden ist und sich an fächerübergreifenden Aktivitäten wie Aufbaustudiengängen, Bildung von Kompetenzzentren und an gemeinsamen Forschungsvorhaben beteiligt, ist Unterstützung häufig gegeben.
2. Obgleich die Toxikologie ein medizinisches Fach mit großer Bedeutung für die ärztliche Praxis ist, spielt sie in der Ausbildung für Mediziner – auch im internationalen Vergleich – eine untergeordnete Rolle. Dies ist auch bedingt durch die höhere Wertschätzung der kurativen im Vergleich zur präventiven Medizin in den medizinischen Fakultäten und Universitätskliniken, berücksichtigt aber nicht die Bedeutung des Faches in der präventiven Medizin und auf gesetzgeberischen Gebieten, auf denen, wie im Umwelt- und Verbraucherschutz sowie im umweltbezogenen Gesundheitsschutz, die deutschen Gesetze weltweit führend sind.
3. Entscheidungsträger der Neubesetzung von toxikologischen Lehrstühlen sind in der Regel die Medizinischen Fakultäten oder Fachbereiche. Da der Fachbereich Medizin

naturgemäß mehrheitlich aus Klinikern besteht, stellen klinische Aspekte wichtige Entscheidungsgründe dar. Hier kann ein Toxikologe nur einen geringen Beitrag leisten. Ein weiterer wichtiger Grund zur Erhaltung und zum Ausbau einer Fachdisziplin ist ihre Bedeutung im Bereich der Lehre. Auch wenn es sachlich nicht zutrifft, mag es die Sichtweise vieler medizinischer Fachbereiche sein, daß toxikologische Lehrinhalte von den Pharmakologen mit abgedeckt werden können. In Zeiten steigender Mittelknappheit ergibt sich somit nahezu zwangsläufig, daß in den Augen der Kliniker verzichtbare Fächer wie die Toxikologie dem Mittelbedarf anderer Fachdisziplinen innerhalb des Fachbereiches zum Opfer fallen, trotz der durchaus anerkannten Bedeutung für das öffentliche Gesundheitswesen.

4. Die problematische Folge der aus der Ausbildungsordnung abgeleiteten geringen Förderung ist weiterhin, daß die toxikologischen Universitätseinrichtungen in der Regel klein sind und häufig die für eine überzeugende erfolgreiche Forschung notwendige kritische Masse unterschritten ist. Dies ist einer der Gründe dafür, daß die Anzahl der für die Besetzung von Lehrstühlen wissenschaftlich eindrucksvoll ausgewiesenen Nachwuchstoxikologen für eine wünschenswerte Auswahlmöglichkeit unter zahlreichen Spitzenforschern mitunter von Berufungskommissionen als gering empfunden wird.

4.2 Nichtuniversitäre Tätigkeitsbereiche

4.2.1 Toxikologie in der Industrie

Toxikologische Untersuchungen in der Industrie haben zunächst das Ziel, die toxischen Wirkungen von Chemikalien zu charakterisieren. Endziel ist die Risikoabschätzung für den Menschen. Die Art der durchzuführenden Untersuchungen wird einerseits durch das Expositionsprofil bestimmt, andererseits durch gesetzliche Vorschriften, wie sie heute für die meisten Substanzen bestehen, wenn sie zur Anmeldung oder Registrierung vorgesehen sind. Damit werden Art und Umfang toxikologischer Untersuchungen, nicht jedoch deren Bewertung, in großem Maße durch Randbedingungen bestimmt, die für die Industrie spezifisch sind. Die Risikobewertung als Endziel bedingt, daß ein Schwerpunkt in der industriellen Toxikologie zunächst auf dem Tierversuch liegt. Für diese Aufgaben sind Toxikologen mit Grundausbildung in Medizin oder Veterinärmedizin besonders gut geeignet. Da aber gerade die klassischen Tierversuche in Forschung und Ausbildung an der Hochschule heute aus verschiedenen Gründen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen, muß die Industrie auf diesem Gebiet das spezifische Fachwissen vorwiegend selbst vermitteln und kann nur beschränkt auf die universitäre Ausbildung zurückgreifen. Zunehmend gelangen auch hier mechanistische und molekularbiologische Untersuchungen

zum Einsatz, z.B. um Dosis-Wirkungs-Beziehungen oder speziesspezifische Effekte abzuklären und deren Relevanz für den Menschen besser abschätzen zu können. Diese Vorgehensweise ist für die Entwicklung potentieller Arznei- und Pflanzenschutzmittel oder die toxikologische Bewertung alter und neuer Chemikalien heute unumgänglich. Für die dann erforderlichen mechanistischen Untersuchungen z.B. mit molekularbiologischen Methoden werden dagegen die an den Hochschulen ausgebildeten Biologen und Chemiker mit entsprechender toxikologisch ausgerichteter Ausbildung herangezogen.

4.2.2 Vertragsforschung

Ziel der toxikologischen Vertragsforschung ist ebenfalls die Risikobewertung von Produkten oder schädlichen Umwelteinflüssen. Auftraggeber sind die Industrie, Behörden, Verbände, Berufsgenossenschaften oder andere Körperschaften.

Die Vertragsforschungsfirmen führen in der Regel regulatorisch geforderte, in gewissem Umfang aber auch weitergehende mechanistische und grundlegende Untersuchungen durch. Die Angebotspalette umfaßt in der Regel Literaturstudien, Expositionsmessungen sowie in vitro- und in vivo-Untersuchungen, wie sie sich z. B. aus den Richtlinien der OECD oder der EU ergeben. Mechanistische Untersuchungen zur Ergänzung regulatorisch geforderter Studien gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. Darüber hinaus bietet die Vertragsforschung Beratung oder strategische Lösungsansätze für toxikologische Fragestellungen an. Der Nachweis der toxikologischen Fachkunde (für Naturwissenschaftler die Zertifizierung als Fachtoxikologe, für Mediziner bzw. Veterinärmediziner als Facharzt bzw. Fachtierarzt für Pharmakologie und Toxikologie) ist im Außenverhältnis zu den Auftraggebern und Behörden wichtig.

4.2.3 Behörden

Eine wesentliche Aufgabe von Toxikologen bei Behörden ist die Umsetzung toxikologischer Erkenntnisse im Rahmen von Gesetzen und Verordnungen (z.B. Regelungen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz, Chemikaliengesetz oder Umweltverträglichkeitsgesetz) sowie die Empfehlung geeigneter Maßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt. Behörden bzw. Einrichtungen mit dieser Aufgabe sind sowohl oberste Verwaltungsbehörden (z. B. Gesundheits- und Umweltministerien) als auch Fachbehörden des Bundes oder der Länder. Zu nennen sind hier das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV), das Umweltbundesamt (UBA), die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), Landesgesundheitsämter und vergleichbare Einrichtungen.

Der Toxikologe bei Behörden greift nicht nur auf toxikologische Daten und Erkenntnisse zurück, sondern beeinflusst auch die Entwicklung toxikologischer Methoden, indem er bestimmte Anforderungen formuliert, um den gesetzlichen Vorgaben nachzukommen. Er kann die Durchführung toxikologischer Studien initiieren bzw. im Rahmen der Stoffbewertung fördern sowie Einfluß auf deren Planung und Durchführung nehmen. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang z.B. auf die Technical Guidance Documents zur Risikobewertung alter und neuer Stoffe und die einschlägigen Verordnungen und Richtlinien, die die Europäische Kommission in den letzten Jahren im Rahmen der Chemikaliengesetzgebung beschlossen hat. Weiterhin liegen OECD-Richtlinien und Prüfstrategien zu allen wesentlichen toxikologischen Endpunkten vor; auch sei auf die Entwicklung eines Pflanzenschutzgesetzes verwiesen.

Eine nachgewiesene toxikologische Qualifikation, z.B. die Tätigkeit in toxikologisch ausgerichteten Instituten, insbesondere aber die Anerkennung als „Fachtoxikologe DGPT“, oder die Gebietsbezeichnung Arzt für Pharmakologie und Toxikologie, wird von den Behörden als Nachweis einer besonderen Qualifikation angesehen.

4.2.4 Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien und gutachterliche Tätigkeiten

Eine wichtige Aufgabe der Toxikologen ist die Bereitstellung wissenschaftlich fundierten Sachverständes in nationalen und internationalen Gremien, um zu sachbezogenen Entscheidungen zu kommen. Neben Gremien der DFG sind dies Kommissionen des Bundes und der Länder, der Europäischen Kommission, der Weltgesundheitsorganisation, der European Science Foundation und anderer nationaler und internationaler Institutionen. Eine erfolgreiche Mitarbeit gerade in internationalen Gremien ist nicht nur die Voraussetzung für das Einbringen und die Umsetzung in Deutschland erarbeiteter wissenschaftlicher Grundlagen und Bewertungskonzepte, sondern dient auch der internationalen Anerkennung des Faches und demonstriert seine praktische Bedeutung. Vor allem wegen der rückläufigen Entwicklung des Faches an den Universitäten ist die Zahl von deutschen Universitätsangehörigen in internationalen Gremien stark zurückgegangen. In Europa werden heute schon die Gremien zur Politikberatung, aber auch zur Forschungsförderung zunehmend durch britische, niederländische und skandinavische Toxikologen bestimmt. Diese sind durch die in diesen Ländern anerkannte öffentliche Bedeutung und Förderung der Toxikologie in diesen Gremien tonangebend. Die Bundesrepublik sieht sich zunehmend der Gefahr ausgesetzt, Qualität und Einfluß zu verlieren und ihre spezifischen Belange z.B. bei der Formulierung von Schwerpunkten der Forschung, aber auch der Vergabe von Mitteln an deutsche Institute, nicht mehr adäquat vertreten zu können.

Eine wichtige Aufgabe ist auch die Beratung der Öffentlichkeit in gesellschaftlich besonders relevanten Themen wie gentechnisch entwickelte Lebensmittel oder Arzneistoffe, die Bewältigung von Altlasten, die Beseitigung von Müll durch Verbrennung oder Deponierung, die Bewertung hormonähnlich wirkender Chemikalien oder der sog. Multiple Chemical Sensitivity. Ohne toxikologischen Sachverstand können hier keine sachgerechten Entscheidungen getroffen werden. Daraus ergibt sich für die Toxikologie auch die Verpflichtung, den toxikologischen Kenntnisstand an Gesundheitsbehörden und Öffentlichkeit zu vermitteln.

Für den Hochschulbereich wird gelegentlich eine Verpflichtung gegenüber der Öffentlichkeit bestritten. Aus dem vornehmlichen Ziel, Stoffe und Expositionen toxikologisch zu bewerten, folgt aber gerade die Notwendigkeit, mit dem erforderlichen Sachverstand Stellung zu nehmen. Die Sektion Toxikologie in der DGPT hat dieser Verpflichtung mit der Einrichtung einer Beratungskommission Rechnung getragen. Zu den Aufgaben der gewählten Mitglieder dieser Kommission gehört es, Stellungnahmen zu aktuellen Fragen zu erarbeiten. Dabei spielt die unabhängige Position des Hochschullehrers und seine Kompetenz für eine ausgewogene Bewertung der in der Öffentlichkeit häufig kontrovers diskutierten Themen eine wesentliche Rolle. In den vergangenen Jahren wurden eine Reihe von Stellungnahmen erarbeitet und in den Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie veröffentlicht (siehe Anhang 1).

4.3 Berufsaussichten und Bedarf an Toxikologen

Die Berufsaussichten von Chemikern, Biologen und Pharmazeuten mit einer Dissertation zu einem toxikologischen Thema und einer toxikologischen Zusatzausbildung sind sehr gut. Nach wie vor finden alle Absolventen nach abgeschlossener Promotion eine Stelle in der Industrie, Behörde, Universität und anderen mit toxikologischen Fragestellungen beschäftigten Institutionen. Allein dies zeigt einen kontinuierlichen Bedarf an gut ausgebildeten jungen Toxikologen. Als Institutionen kommen in Frage die Ministerien des Bundes und der Länder, die Bundesoberbehörden, Großforschungseinrichtungen des Bundes, Institute der Fraunhofer-Gesellschaft sowie private Institute und Laboratorien. In der Industrie sind es nicht nur Betriebe der Chemie oder Pharmazie, sondern auch Lebensmittelhersteller und Verarbeiter sowie die Kosmetikindustrie, die zum Teil als Folge neuer EU-Regelungen verstärkt toxikologischen Sachverstand benötigen.

Der langfristige Bedarf läßt sich gegenwärtig angesichts der ungünstigen Personalsituationen in den privaten und öffentlichen Institutionen schlecht abschätzen. Trotzdem läßt sich aus den oben dargelegten zusätzlichen Verpflichtungen und darüber hinaus aus dem steigenden öffentlichen Bewußtsein für Gesundheitsvorsorge und Vermeidung toxischer Risiken ein substantiell höherer Bedarf als gegenwärtig realistisch vorhersagen.

Dies bedeutet auch, daß die Ausbildungskapazität an den Universitäten, die seit 1990 auf etwa die Hälfte gesunken ist, dringend ausgeweitet werden muß. Geht man davon aus, daß innerhalb von etwa fünf bis zehn Jahren an 40 der 80 Hochschulen der Bundesrepublik Institute für Toxikologie vorhanden wären, ergibt sich auch unter Berücksichtigung des Bedarfs in den bereits vorhandenen Instituten, daß je 30 C4- und C3-Positionen und bei ca. zwei wissenschaftlichen Assistenten mit Fachausbildung pro Institut etwa weitere 40 Positionen mit Toxikologen zu besetzen sind. Allein für die Hochschulen besteht damit innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre ein erheblicher Bedarf an ausgebildeten Toxikologen.

Die Toxikologie ist ein multidisziplinäres Fach mit medizinischer und naturwissenschaftlicher Ausrichtung. Daher wird die Forschung heute weniger von Medizinern als von Naturwissenschaftlern getragen, die sich für das Fachgebiet habilitieren. Diese Entwicklung ist von den Hochschulen bisher nicht gewürdigt worden. Über ein normales Berufungsverfahren wurden nur vereinzelt Lehrstühle für Toxikologie im Bereich der Pharmakologie und Toxikologie mit einem Nicht-Mediziner besetzt. Trotz gegenteiliger Empfehlungen z.B. des Wissenschaftsrates wird selbst in den Ausschreibungstexten für C3-Stellen von medizinischen Fakultäten noch meistens ein Medizinstudium verlangt. Für die Existenz und weitere Entwicklung des Faches Toxikologie ist es jedoch unabdingbar, dem multidisziplinären Charakter Rechnung zu tragen und die Bewerber um solche Positionen unabhängig von dem Primärstudium allein nach den Leistungen in der Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Toxikologie zu beurteilen.

4.4 Die Bedeutung der Toxikologie für die Aufgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Der Toxikologie kommt bei allen Aufgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Forschungsförderung, der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, bei der Unterstützung der internationalen Zusammenarbeit und in der Politikberatung, eine wichtige Bedeutung zu. In der Forschungsförderung benötigt sie für die Begutachtung von Forschungsprojekten in allen Förderverfahren kompetentes Fachwissen. Toxikologischer Sachverstand ist auch erforderlich zur Identifizierung von Forschungslücken, zur Definition von Forschungsbedarf und zur Prioritätensetzung für die Bearbeitung offener Fragen.

Zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit müssen fachkompetente und erfahrene Toxikologen in gut eingerichteten und renommierten Instituten verfügbar sein, um für ausländische Kollegen als Gastinstitut attraktiv zu sein und umgekehrt die Bereitschaft zu vermitteln, deutsche Toxikologen einzuladen. Eine weitere Voraussetzung zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit ist die Tätigkeit in internationalen Gremien. Solche Gremien arbeiten für die European Science Foundation oder im Auftrag der Europäischen

Union wie die Scientific Committees of Occupational Exposure Limits for Toxicology, Ecotoxicology and Environment, for Food oder for Cosmetics oder in der International Agency for the Research on Cancer. Bei der European Science Foundation werden Forschungslücken und wichtige neue Forschungsgebiete identifiziert und ihre gezielte Bearbeitung empfohlen. Eine unzureichende Beteiligung in solchen Gremien bedeutet nicht nur Verlust an Information, sondern auch verpaßte Möglichkeiten einer internationalen Kooperation, Einflußnahme und Anerkennung.

Zur Aufgabe der Politikberatung trägt die Toxikologie maßgeblich in den Senatskommissionen zur „Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe“, und zur „Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln“, und in wachsendem Umfang auch in der Kommission zur „Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft“, bei. Die Senatskommissionen sind national und international anerkannt, vor allem durch ausschließlich sachbezogene Arbeit und die Entwicklung neuer Konzepte zur Bewertung der Gesundheitsgefährlichkeit von Chemikalien am Arbeitsplatz und in der Umwelt. Sie sehen sich jedoch zunehmend mit dem Problem konfrontiert, daß toxikologischer Nachwuchs für die Kommissionsarbeit kaum noch zur Verfügung steht. Jüngere Toxikologen, denen eine Mitarbeit angeboten werden könnte, sind nicht in ausreichender Zahl vorhanden oder nicht verfügbar, da sie bereits in anderen Gremien tätig sind.

5 Toxikologie im Ausland

Die Situation der Toxikologie in Deutschland, insbesondere auch in der Weiterbildung, ist vor dem Hintergrund der Entwicklungen vor allem in Europa und den USA zu sehen. Die Toxikologie hat sich in den verschiedenen europäischen Ländern aus höchst unterschiedlichen Wurzeln entwickelt. Inzwischen beschäftigt sich ein „Education Subcommittee“, der Europäischen Toxikologischen Gesellschaft EUROTOX mit den Fragen der Toxikologieausbildung und hat einen Entwurf für Europäische Richtlinien vorgelegt (EUROTOX 1991). Es wird einleitend darauf hingewiesen, daß sich heute nicht mehr jeder, der sich für Toxikologie interessiert oder der zufällig "Toxikologie,, im weitesten Sinne betreibt, als Toxikologe bezeichnen kann. Die Richtlinien für die Ausbildung, die Art der Überprüfung der Kenntnisse und die Art der Bescheinigung einer erfolgreich abgeschlossenen Ausbildung bedürfen deshalb dringend des internationalen Abgleichs. Gegenwärtig wird eine europäische Liste von Toxikologen erstellt, die spezifische Anforderungen erfüllen müssen und deren Sachkompetenz alle fünf Jahre überprüft wird.

Es muß festgestellt werden, daß die Ausstattung und Ausbildungskapazität toxikologischer Einrichtungen in Deutschland inzwischen weit hinter denjenigen in zahlreichen anderen Ländern, z.B. in den USA, Niederlanden und Großbritannien, zurückbleibt. Es ist zu befürchten, daß sich der Abstand infolge der Entwicklung der letzten Jahre weiter vergrößern wird.

Vorbildlich ist die Situation in den USA (Society of Toxicology 1995). Dort wird die Toxikologie gezielt durch mehrere staatliche und private Programme gefördert:

- a) Das National Institute of Environmental Health Science (NIEHS) fördert ein Ausbildungsprogramm in folgenden Bereichen:
- Umwelttoxikologie mit dem Schwerpunkt Expositionsabschätzung,
 - Umweltpathologie zur Erkennung der Wirkungseigenschaften,
 - Umweltmutagenese zur Erfassung genetisch bedingter Gesundheitsstörungen,
 - Epidemiologie und Biostatistik.

Im Jahre 1995 wurden im Rahmen dieses Programmes an 35 Universitätsinstituten 333 Doktoranden und 136 Postdoktoranden durch Stipendien gefördert. Weitere Ausbildungsstipendien werden im Rahmen von toxikologisch orientierten Forschungsprojekten finanziert.

Zusätzlich werden Doktoranden- und Postdoktorandenstipendien auf dem Gebiet der Toxikologie von staatlichen Institutionen wie der National Science Foundation, den

Streitkräften, der Environmental Protection Agency und dem Ministerium für Energie vergeben.

- b) Die Fachgesellschaft Society of Toxicology vergibt jährlich mehrere Stipendien, die von der Chemischen Industrie finanziert werden (Hazleton Laboratories, Hoffmann la Roche, Procter & Gamble, Novartis).
- c) Darüber hinaus stellen viele Universitäten eigene Mittel zur Ausbildung in der Toxikologie zur Verfügung, indem sie Teaching Assistantships oder Research Assistantships vergeben. Diese Positionen entsprechen unseren Assistentenstellen der Universitäten. Diese gezielte Unterstützung ermöglichte es, daß an nahezu 60 Universitätsinstituten Ausbildungsprogramme in Toxikologie eingerichtet werden konnten. Die Absolventen haben sehr gute Berufsaussichten. Nach den Erhebungen der Society of Toxicology gehen 44 % an Universitäten, 37 % in die Industrie, 13 % an Behörden und 6 % in Beratungsfirmen.

In der **Schweiz** wird das gemeinsame Institut für Toxikologie der Eidgenössischen Hochschule und Technischen Universität Zürich in Schwerzenbach mit Ausscheiden des letzten Inhabers der ursprünglich vier C4-Professuren geschlossen. Weitere Universitätsinstitute mit einigen toxikologisch ausgerichteten Aktivitäten gibt es nur noch in Lausanne.

In den **Niederlanden** ist die Toxikologie durch einen Lehrstuhl mit entsprechendem Institut nur an der Landwirtschaftlichen Fakultät in Wageningen vertreten, an allen übrigen Universitäten durch Abteilungen, von denen auch die Lehre wahrgenommen wird. Die meisten dieser Einheiten sind den medizinischen Fakultäten zugeordnet, so in Maastricht, Nijmegen, Rotterdam und Utrecht; in Leiden und Groningen den Fakultäten für Pharmazie. Außerhalb der Universitäten gibt es umfangreiche Forschungskapazitäten auf dem Gebiet der Toxikologie im RIVM und bei TNO. Beide Institute werden vornehmlich staatlich gefördert bzw. sind auf Drittmittelforschung angewiesen. Voraussetzung für die relativ günstige Situation war ein Förderprogramm der Netherlands Organisation for Scientific Research von 1987 bis 1994. Schwerpunktmäßig wurden dabei Fragen zur Kombinationswirkung von Chemikalien und Mechanismen der Toxifizierung und Detoxifizierung im Niedrigdosisbereich bearbeitet. Dies führte zur Gründung von Zentren für Umweltchemie und Toxikologie in Amsterdam und des Leiden/Amsterdam Instituts für Arzneimittelforschung und verbessert nachhaltig die Infrastruktur und die toxikologische Fachkompetenz in den Niederlanden. Mit Beendigung dieser Förderung ist die toxikologische Grundlagenforschung zurückgegangen. Etwa 35 % der Nachwuchswissenschaftler gingen ins Ausland, insbesondere in die USA und nach Kanada.

In **Norwegen** gibt es nur an der Universität Trondheim ein Institut für Toxikologie. Umfangreiche Fachkompetenz ist jedoch in Oslo am National Institute of Public Health vertreten.

An sieben Universitäten in **Großbritannien** sind Departments für Toxikologie vertreten. Diese sind an den Medizinischen Fakultäten angesiedelt. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Departments an den Hochschulen, die sich toxikologischen Fragestellungen widmen, allerdings den Namen „Toxikologie“, nicht im Titel führen. Die britische Fachgesellschaft (The British Toxicology Society, BTS) verweist auf die Weiterbildungsmöglichkeiten für Studenten und Graduierte zur Erlangung des Dokortitels in der Toxikologie an mehr als 20 unterschiedlichen Universitätsstandorten. Dabei wird auf 16 zum Teil zusätzliche Einrichtungen verwiesen, in denen eine Spezialisierung zum Ökotoxikologen erfolgen kann. Weiterführende Qualifikationen werden durch das Royal College of Pathology (Diploma in Toxicology) und das Institute of Biology (Diploma of the Institute of Biology in Toxicology) nach langjähriger einschlägiger Forschungstätigkeit sowie zusätzlichen Examina vergeben.

Der Medical Research Council unterhält seit mehr als 40 Jahren eine MRC Toxicology Unit, die 1993 von Carshalton, Surrey, nach Leicester verlagert wurde. Hier ist sie als unabhängiges Forschungsinstitut der Universität in Leicester assoziiert und Teil des Interdisciplinary Research Center for Mechanism of Human Toxicity. Das Institut verfügt über ca. 150 Mitarbeiter. Neben dem Medical Research Council verfügen auch die Research Councils in der Biologie und Biotechnologie (BBSRC) sowie für Umweltforschung (NERC) über eigene außeruniversitäre Institute mit zahlreichen Aktivitäten auf dem Gebiet der Toxikologie.

Trotz dieser Vielzahl von universitären und außeruniversitären Einrichtungen wird von angesprochenen Lehrstuhlinhabern am St. Bartholomew's and the Royal London School of Medicine and Dentistry-Queen Mary and Westfield College der University of London – Dept. of Toxicology und dem European Institute of Health and Medical Sciences der University of Surrey jedoch allgemein über Stellenabbau und den daraus resultierenden fehlenden Nachwuchs geklagt. Wie in Deutschland sei das Interesse der medizinischen Fakultäten an toxikologischer Forschung gering. Dementsprechend beschäftigten sich die dazu gehörenden klinisch-toxikologischen Einheiten vornehmlich mit der Kontrolle und Behandlung von Arzneimittelvergiftungen und entsprechender Analytik. Die nicht ausreichende Förderung eines toxikologisch ausgebildeten Nachwuchses werde auch in Großbritannien als großes Problem gesehen.

6 DFG-Denkschrift 1975 und ihre Folgen

Die zunächst positive Entwicklung der Toxikologie an Universitäten geht auf langjährige Bemühungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Wissenschaftsrates zurück. Bereits 1960 schrieb der Wissenschaftsrat in seinen Empfehlungen: "Die Errichtung eines Lehrstuhls für Toxikologie neben dem bereits vorhandenen für Pharmakologie ist in jeder Fakultät (für Medizin) erforderlich" (Wissenschaftsrat 1960). Der Wissenschaftsrat stellte 1968 fest, daß die Aufgliederung des Faches in Pharmakologie und Toxikologie nur an wenigen Hochschulen geplant bzw. durchgeführt worden sei (Wissenschaftsrat 1968). Die Denkschrift Toxikologie der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Bär et al. 1975) machte auf diese Stagnation aufmerksam und zeigt die Voraussetzungen für ihre Überwindung auf. An neun Hochschulen sind daraufhin eigenständige Institute oder Abteilungen unter C4-Leitung für Toxikologie etabliert worden.

In den neuen Bundesländern wurde ein eigenständiges Institut für Umwelttoxikologie an der Universität Halle gegründet, in Rostock bearbeitet das Institut für Pharmakologie und Toxikologie vornehmlich toxikologische Fragestellungen. Das Institut für Toxikologie der Universität in Erfurt wurde mit der Schließung der Medizinischen Akademie aufgelöst. Darüber hinaus tragen, der Tradition entsprechend, einige Institute den Namen Pharmakologie und Toxikologie, sind oder waren aber schwerpunktmäßig toxikologisch ausgerichtet; so an den Universitäten Göttingen, Hannover, Mannheim, Marburg, München, Münster und Würzburg. An den übrigen Universitäten ist es nicht gelungen, die Toxikologie selbständig oder als Abteilung innerhalb eines pharmakologischen Institutes zu etablieren.

Außerhalb der Universität oder locker mit ihr verbunden sind dagegen größere Institutionen entstanden, die sich mit toxikologischen Fragestellungen befassen: das Institut für Toxikologie im GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in München-Neuherberg; das Institut für Toxikologie und Genetik im Kernforschungszentrum Karlsruhe und die Fraunhofer-Institute für Allgemeine Toxikologie und Umweltmedizin in Hamburg und für Toxikologie und Aerosolforschung in Hannover; in Düsseldorf das Medizinische Institut für Umwelthygiene; in Dortmund die Abteilung Toxikologie des Instituts für Arbeitsphysiologie.

Diese Bestandsaufnahme zeigt, daß die in der „Denkschrift Toxikologie“, 1975 angemahnte Verbesserung der Situation an Universitäten teilweise erreicht wurde, daß zusätzlich einige außeruniversitäre Institute geschaffen wurden und sich die Toxikologie in Deutschland als eigenständiges und international wettbewerbsfähiges Fach etablieren konnte. Dazu trugen nicht zuletzt die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingerichteten Schwerpunktprogramme, Forschergruppen, Sonderforschungsbereiche und Graduiertenkollegs bei. Dies führte im Rahmen der Neustrukturierung der Deutschen Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie mit der

Bildung dreier gleichberechtigter Sektionen auch zu einer größeren Eigenständigkeit der Sektion 'Toxikologie' in allen Fragen der Toxikologie.

7 Literatur

Bär, F., W. Bruns, R. Czok, H. Froberg, H.-J. Hapke, D. Henschler, O.R. Klimmer, W. Koransky, G. Lange, H. Remmer, W. Wirth. Denkschrift Toxikologie, Deutsche Forschungsgemeinschaft. Harold Boldt Verlag KG, Boppard 1975.

Dekant, W., S. Vamvakas. Toxikologie für Chemiker und Biologen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford 1994.

DGPT. Zur Situation der Toxikologie in der Bundesrepublik Deutschland: Deutsche Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie. Mitteilungen Nr. 9, Februar 1992, und Nr. 19, August 1996.

DGPT. Auflösung von Lehrstühlen und Instituten für Toxikologie zugunsten anderer universitärer Einrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland. DGPT-Forum Nr. 21, August 1997.

Eisenbrand, G., M. Metzler. Toxikologie für Chemiker. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1994.

EUROTOX: European Guidelines for the Training of Toxicologists. Education Subcommittee, Dr. C.M. Hodel, Chairman. EUROTOX Newsletter 2/91, pp. 11-13.

Fuhrmann G. F. Allgemeine Toxikologie für Chemiker - Einführung in die theoretische Toxikologie. BG Teubner Verlag, Stuttgart 1994.

Greim, H., E. Deml. Toxikologie: Eine Einführung für Naturwissenschaftler und Mediziner. VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim 1996.

Hesse, S., H. Greim. The German Toxicology Curriculum: Establishing a Postgraduate Training Program for Experts in Toxicology. Regulatory Toxicology and Pharmacology 24, 197-201, 1996.

Marquardt, H., S.G. Schäfer. Lehrbuch der Toxikologie. Wissenschaftsverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1994.

Society of Toxicology. Resource Guide to Careers in Toxicology, 3rd Edition, Reston, VA 22090, 1995.

Wissenschaftsrat. Empfehlungen des Wissenschaftsrats zum Ausbau wissenschaftlicher Einrichtungen, Teil 1 – Wissenschaftliche Hochschulen. J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen 1960.

Wissenschaftsrat. Empfehlungen des Wissenschaftsrats zur Struktur und zum Ausbau der medizinischen Forschungs- und Ausbildungsstätten, 1968.

Wissenschaftsrat. Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland. Band 1, S. 122 ff., 1994.

8 Anhang

1. Stellungnahmen der Sektion Toxikologie der DGPT
2. Voraussetzungen zur Anerkennung als Fachtoxikologe/-toxikologin durch die Deutsche Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie (DGPT)
3. Universitätsinstitute mit toxikologischer Ausrichtung
4. Forschungsinstitute mit toxikologischer Ausrichtung außerhalb der Universitäten
5. Toxikologische Untersuchungsinstitute der Industrie
6. Firmen für toxikologische Vertragsforschung
7. Bundesbehörden und oberste Gesundheitsbehörden mit toxikologischen Aufgaben

Anhang 1: Stellungnahmen der Sektion Toxikologie der DGPT

1. Zeranol und Trenbolon 1986 und 1987
DGPT-Mitteilungen Nr. 1, August 1988
2. Berichtsentwurf "Beurteilungsmaßstäbe für krebserzeugende Luftverunreinigungen"
DGPT-Mitteilungen Nr. 1, August 1988
3. Zur Toxikologie von Trenbolon 1989
DGPT-Mitteilungen Nr. 4, August 1989
4. Entwurf einer DIN-Norm V 13930 "Biologische Prüfung von Dentalwerkstoffen"
DGPT-Mitteilungen Nr. 4, August 1989
5. Toxizität von Zahnfüllungen aus Amalgam
DGPT-Mitteilungen Nr. 5, Februar 1990
6. Behauptete Gesundheitsgefährlichkeit von Müllverbrennungsanlagen
DGPT-Mitteilungen Nr. 5, Februar 1990
7. Zur Situation der Toxikologie in der Bundesrepublik Deutschland
DGPT-Mitteilungen Nr. 9, Februar 1992
8. Zur toxikologischen Bedeutung der Dioxin-Gehalte in der Muttermilch
DGPT-Mitteilungen Nr. 10, August 1992
9. Aussagen von Prof. Dr. O. Wassermann
DGPT-Mitteilungen Nr. 15, August 1994
10. Toxikologie für Chemiker zum Sachkundenachweis beim Umgang mit
Gefahrstoffen
DGPT-Mitteilungen Nr. 16, Februar 1995
11. Gesundheitsgefährdung durch Passivrauchen
DGPT-Mitteilungen Nr. 17, August 1995
12. Zur Situation der Toxikologie in der Bundesrepublik Deutschland
DGPT-Mitteilungen Nr. 19, August 1996
13. Auflösung von Lehrstühlen und Instituten für Toxikologie zugunsten anderer
universitärer Einrichtungen der Bundesrepublik Deutschland
DGPT-Forum Heft 21, August 1997
14. Ozon. DGPT-Forum Nr. 22, Februar 1998
15. Hormonell aktive Substanzen in der Umwelt: Xeno-oestrogene. DGPT-Forum Nr.
24, Februar 1999
16. Notfallausweis „Glutathion-S-Transferasen“. DGPT-Forum Nr. 25, August 1999

Anhang 2: Voraussetzungen zur Anerkennung als Fachtoxikologe/-toxikologin durch die Deutsche Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie (DGPT)

- a. Für die folgenden Teilgebiete sind Grundkenntnisse nachzuweisen, davon für zwei Teilgebiete vertiefte und für ein Teilgebiet umfassende Kenntnisse:
1. Versuchstierkunde und allgemeine tierexperimentelle Technik
 2. Versuchsplanung und Grundlagen der Biometrie (Informationsquellen)
 3. Grundzüge der analytischen Nachweisverfahren (Probenaufbereitung, Trennverfahren und Umgang mit radioaktiven und toxischen Substanzen)
 4. Grundlagen der Pathologischen Anatomie und Histologie
 5. Allgemeine Toxikologie und Organtoxikologie
 6. Fremdstoffmetabolismus und Toxikokinetik
 7. Grundlagen der Zell- und Molekularbiologie/-toxikologie
 8. Chemische Mutagenese
 9. Chemische Kanzerogenese
 10. Reproduktionstoxikologie
 11. Fremdstoffallergie, Immuntoxikologie
 12. Klinische Toxikologie
 13. Toxikologische Epidemiologie
 14. Grundlagen der Ökotoxikologie
 15. Gesetzliche Regelungen im Bereich der Toxikologie

- b. Der Antragsteller muß fünf Jahre in einem von der DGPT anerkannten Institut unter fachkundiger Anleitung gearbeitet haben und mindestens drei Veröffentlichungen in Fachzeitschriften nachweisen.
- c. Die Unterlagen werden zusammen mit einem ausführlichen Gutachten des Fachbetreuers von der Ausbildungskommission der DGPT beurteilt, bevor der Antragsteller zum abschließenden Fachgespräch zugelassen wird.

Anhang 3: Universitätsinstitute mit toxikologischer Ausrichtung (Stichtag: Juli 1999)

Bundesland	Institut	Anmerkungen
Baden-Württemberg	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Fakultät für Klinische Medizin Mannheim der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg Maybachstraße 14-16 68169 Mannheim	nicht wiederbesetzt
	Institut für Toxikologie der Eberhard-Karls-Universität Wilhelmstraße 56 72074 Tübingen	C4-Professur wird nicht wiederbesetzt
	Abteilung Pharmakologie und Toxikologie der Universität Oberer Eselsberg 89081 Ulm	als C 3 weitergeführt

Bayern	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Universitätsstraße 22 91054 Erlangen	C4-Professur nicht wiederbesetzt, Institut nicht weitergeführt nur C 3
	Institut für Toxikologie und Umwelthygiene der Technischen Universität Lazarettstraße 62 80636 München	wird reduziert weitergeführt
	Walther-Straub-Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Ludwig-Maximilians- Universität Nußbaumstraße 26 80336 München	Toxikologie nicht mehr Schwerpunkt
	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg Versbacher Straße 9 97078 Würzburg	keine Veränderungen
Berlin	Institut für Toxikologie und Embryonale Pharmakologie der Freien Universität Klinikum Rudolf Virchow Garystraße 9 14195 Berlin	nicht wiederbesetzt
Bremen		Fach nicht vertreten

Hamburg	Abteilung für Allgemeine Toxikologie der Universität Grindelallee 117 20146 Hamburg	keine Veränderungen
Hessen	Institut für Pharmakologie und Toxikologie Veterinärmedizinische Fakultät der Justus-Liebig-Universität Frankfurter Straße 107 35392 Gießen	nicht wiederbesetzt
	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Phillipps-Universität Karl-von-Frisch-Straße 1 35033 Marburg	nicht wiederbesetzt
Mecklenburg-Vorpommern	Institut für Pharmakologie und Toxikologie Stempelstraße 13 18057 Rostock	vorerst keine Veränderungen
	Institut für Pharmakologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Friedrich-Loeffler-Straße 23 d 17487 Greifswald	vorerst keine Veränderungen

Niedersachsen	Zentrum Pharmakologie und Toxikologie der Georg-August- Universität Robert-Koch-Straße 40 37075 Göttingen	vorerst keine Veränderungen
	Institut für Toxikologie Zentrum Pharmakologie und Toxikologie Medizinische Hochschule Carl-Neuberg-Straße 8 30625 Hannover	noch nicht wiederbesetzt
	Institut für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie Tierärztliche Hochschule Bienterweg 17 30559 Hannover	C3
	Zentralabteilung für Lebensmitteltoxikologie Tierärztliche Hochschule Bischofshofer Damm 15 30173 Hannover	
Nordrhein-Westfalen	Institut für Toxikologie der Medizinischen Einrichtungen der Heinrich-Heine-Universität Moorenstraße 5 40225 Düsseldorf	keine Veränderungen
	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Westfälischen Wilhelms- Universität Münster Domagkstraße 12 48149 Münster	nicht wiederbesetzt

Rheinland-Pfalz	Institut für Toxikologie der Johannes Gutenberg- Universität Obere Zahlbacher Straße 67 55131 Mainz	vorerst keine Veränderungen
	Institut für Lebensmittelchemie und Umwelttoxikologie der Universität Erwin-Schrödinger-Straße 67663 Kaiserslautern	keine Veränderungen
Saarland		keine Toxikologie
Sachsen	Institut für Pharmakologie und Toxikologie des Universitäts- Klinikums "Carl Gustav Carus" Karl-Marx-Straße 3 01109 Dresden	nur C 3
	Institut für Pharmakologie, Pharmazie und Toxikologie Veterinärmedizinische Fakultät Universität Leipzig Zwickauer Straße 04103 Leipzig	C3
Sachsen-Anhalt	Institut für Umwelttoxikologie Martin Luther Universität Franzosenweg 1 a 06097 Halle/Saale	keine Veränderungen

Schleswig-Holstein	Abteilung für Toxikologie der Christian-Albrechts-Universität Kiel Hospitalstraße 4 - 6 24105 Kiel	Wiederbesetzung als Umweltmedizin mit Schwerpunkt Umwelttoxikologie, zusätzlich Abteilung für experimentelle Toxikologie (C3)
	Institut für Toxikologie der Med. Universität zu Lübeck Ratzeburger Allee 160 23562 Lübeck	nicht wiederbesetzt
Thüringen	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Friedrich-Schiller-Universität Löbderstraße 1 07742 Jena	nur C 3
	Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Medizinischen Akademie Nordhäuser Straße 74 99089 Erfurt	nicht wiederbesetzt Medizinische Akademie geschlossen

Nicht wiederbesetzt = Lehrstuhl entweder gestrichen oder nicht mit
Toxikologen wiederbesetzt

Anhang 4: Forschungsinstitute mit toxikologischer Ausrichtung außerhalb der Universitäten

Nordrhein-Westfalen	Medizinisches Institut für Umwelthygiene an der Heinrich- Heine-Universität Düsseldorf Auf'm Hennekamp 50 40225 Düsseldorf
	Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund Ardeystraße 67 44139 Dortmund
Hamburg	Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Toxikologie und Umweltmedizin Grindelallee 117 20146 Hamburg
Niedersachsen	Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung Nikolai-Fuchs-Straße 1 30625 Hannover
Bayern	GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH Institut für Toxikologie Postfach 1129 85758 Neuherberg

Anhang 5: Toxikologische Untersuchungsinstitute der Industrie

ASTA Medica AG
Institut für Toxikologie
Kantstraße 2
33790 Halle/Westfalen

BASF Aktiengesellschaft
Abteilung Toxikologie
67057 Ludwigshafen

Bayer AG
Institut für Toxikologie
Aprather Weg
42096 Wuppertal

Boehringer Ingelheim KG
Abt. Exp. Pathol. und Toxikologie
88400 Biberach/Riss

Boehringer Mannheim GmbH
Pathologie und Toxikologie
Sandhofer Straße 116
68305 Mannheim

BYK-Gulden Pharmazeutika
Institut für Pathologie und Toxikologie
Friedrich-Ebert-Damm 101
22047 Hamburg

Henkel KGaA
Toxikologisches Laboratorium
Postfach 1100
40589 Düsseldorf

HOECHST AG
Pharma Entwicklung
Zentrale Toxikologie
Mainzer Landstraße 500
65795 Hattersheim

HÜLS AG
ST U Produktsicherheit/Toxikologie
Postfach 1320
45764 Marl

Klinge Pharma GmbH
Pharmakologische Forschung
Weihenstephaner Straße 28
81673 München

KNOLL AG
Arzneimitteltoxikologie
Postfach 210805
67008 Ludwigshafen

E. MERCK
Institut für Toxikologie
Postfach 4119
64271 Darmstadt

Schering AG
PH-Experimentelle Toxikologie
Müllerstraße 170-178
13585 Berlin

Schwarz-Pharma AG
Abteilung Toxikologie
Alfred-Nobel-Straße 10
40789 Monheim

Solvay Pharma Deutschland GmbH
Abteilung Toxikologie
Hans-Böckler-Allee 20
30173 Hannover

Bristol-Myers Squibb GmbH
Pharmaceutical Research Institute
Toxicology Department Regensburg
Donaustauer Straße 378
93055 Regensburg

Anhang 6: Firmen für toxikologische Vertragsforschung

ANAWA München AG Biologisch -Chemische Laboratorien 82152 Planegg	BioChem GmbH 76185 Karlsruhe
ECT Ökotoxikologie GmbH 65812 Bad Soden	CCR Cytostert Cell Research GmbH & Co.KG 64380 Rossdorf
Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung 30625 Hannover	Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie 57377 Schmallenberg
GAB-Biotechnologie GmbH und IFU-Umweltanalytik GmbH 75223 Niefern-Öschelbronn	Hazeltan Laboratories Deutschland GmbH 48163 Münster
Hydrotox GmbH Labor für Ökotoxikologie und Gewässerschutz 79111 Freiburg	INBIFO Institut für Biologische Forschung GmbH 51149 Köln
Institut Fresenius Chemische und Biologische Laboratorien GmbH Bereich Umweltbiologie und Ökotoxikologie 65232 Taunusstein-Neuhof	Institut für Veterinär-Pharmakologie und Toxikologie (IVPT) GmbH 16321 Bernau
Institut Kuhlmann 67063 Ludwigshafen	IWT Ingenieurgesellschaft Wasser- und Tiefbau mbH Geschäftsbereich Ökologie und Umweltberatung Projektgruppe Toxikologie Wolfen 06734 Bitterfeld

Labor L + S GmbH
Gesellschaft für Mikrobiologie und biologische
Qualitätsprüfung
Abteilung Genetische Toxikologie
97708 Bad Bocklet

LPT Laboratory of Pharmacology
and Toxicology
21147 Hamburg

medcon Kontraktlabor GmbH
29664 Walsrode

NATEC GmbH
22763 Hamburg

Dr. U. Noack, Laboratorium für
Angewandte Biologie
31137 Hildesheim

Pharmakologische Forschungsgesellschaft
Biopharm GmbH Berlin
10315 Berlin

RCC Umweltchemie GmbH & Co.KG
64380 Roßdorf

Scantox Germany GmbH
04916 Osteroda

TÜV Umwelt Meßtechnik GmbH,
Arbeitsgemeinschaft Ökotoxikologie
70794 Filderstadt

Anhang 7: Bundesbehörden und oberste Gesundheitsbehörden mit toxikologischen Aufgaben

<p>Bundesministerium für Gesundheit Am Probsthof 78 a 53108 Bonn</p>	<p>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Postfach 12 06 29 53048 Bonn</p>	<p>Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung Rochusstraße 1 53123 Bonn</p>
<p>Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin Postfach 33 00 13 14191 Berlin</p>	<p>Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin</p>	<p>Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte Seestraße 10 - 11 13353 Berlin</p>
<p>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Postfach 17 02 02 44061 Dortmund</p>	<p>Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg Postfach 10 34 43 70029 Stuttgart</p>	<p>Ministerium für Arbeit, Gesundheit, Soziales und Frauen des Landes Brandenburg Heinrich-Mann-Allee 103 14473 Potsdam</p>
<p>Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit Postfach 31 40 65021 Wiesbaden</p>	<p>Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen Postfach 11 34 40190 Düsseldorf</p>	<p>Ministerium für Arbeit, Soziales, Jugend und Gesundheit des Landes Schleswig-Holstein Postfach 11 21 24100 Kiel</p>
<p>Thüringisches Ministerium für Soziales und Gesundheit Postfach 612 99012 Erfurt</p>	<p>Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit 80792 München</p>	<p>Senator für Gesundheit, Jugend und Soziales der Freien Hansestadt Bremen Birkenstraße 34 28195 Bremen</p>

Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Mecklenburg-Vorpommern Werdestraße 124 19055 Schwerin	Ministerium für Arbeit, Soziales, Familie und Gesundheit des Landes Rheinland-Pfalz Postfach 31 80 55021 Mainz	Sächsisches Staatsministerium für Soziales, Gesundheit und Familie Albertstraße 10 01002 Dresden
Senatsverwaltung für Gesundheit Winscheidstraße 18 10627 Berlin	Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Freien und Hansestadt Hamburg Tesdaorfstraße 8 20148 Hamburg	Niedersächsisches Sozialministerium Postfach 141 30001 Hannover
Ministerium für Frauen, Arbeit, Gesundheit und Soziales des Saarlandes Postfach 10 24 53 66024 Saarbrücken	Ministerium für Arbeit und Soziales des Landes Sachsen-Anhalt Schellingerstraße 3 - 4 39104 Magdeburg	