

Ökotoxikologie in Baden-Württemberg

Forschungsprofil und mögliche Forschungsverbände

Holger Flaig, Ursula Lohmann,
Karlheinz Ballschmiter

Nr. 169 / Juli 2000

Arbeitsbericht

unter Mitarbeit von

Angela Deißler
Oliver Froescheis
Barbara Kochte-Clemens

ISBN 3-934629-15-6

ISSN 0945-9553

***Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg***

Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel.: 0711 • 9063-0, Fax: 0711 • 9063-299
E-Mail: info@ta-akademie.de
Internet: <http://www.ta-akademie.de>

Ansprechpartner: Holger Flaig Tel. 0711 • 9063-131
E-Mail: holger.flaig@ta-akademie.de

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* gibt in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der TA-Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary.....	3
1 Der Projektansatz	5
2 Erfassung der Forschungsaktivitäten im Bereich der Ökotoxikologie an den Universitäten in Baden-Württemberg	8
2.1 Vorgehensweise.....	8
2.2 Zielsetzung.....	8
2.3 Ökotoxikologieforschung an den baden-württembergischen Universitäten (Stand 2000).....	9
2.4 Ökotoxikologieforschung an den baden-württembergischen Universitäten (Stand 1996).....	11
2.4.1 Universität Freiburg.....	14
2.4.2 Universität Heidelberg.....	15
2.4.3 Universität Hohenheim	17
2.4.4 Universität Karlsruhe.....	18
2.4.5 Universität Konstanz.....	21
2.4.6 Universität Stuttgart.....	22
2.4.7 Universität Tübingen	23
2.4.8 Universität Ulm.....	26
2.5 Folgerungen aus der Bestandsaufnahme	27
3 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg	29
3.1 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)	29
3.2 Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt (FZK).....	30
3.3 Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB)	30
3.4 Steinbeis-Transferzentrum Angewandte und Umwelt-Chemie.....	31
3.5 Sonstige Einrichtungen.....	31

4	Einordnung der Arbeitsgruppen mit Hilfe des Science Citation Index® (SCI)	32
4.1	Vor- und Nachteile des Instruments SCI.....	32
4.2	Vorgehensweise mittels SCI.....	33
5	In den Arbeitsgruppen untersuchte Umweltchemikalien	36
6	Grundsätzliche Überlegungen zur Bildung von Forschungsverbänden	37
6.1	Ausbau bestehender Stärken.....	37
6.2	Mischung der Disziplinen.....	37
6.3	Organisationsform von Forschungsverbänden.....	38
6.4	Anregungen zu Forschungsansätzen.....	39
7	Vorschlag von Rahmenkonzepten zu Forschungsverbänden.....	41
8	Konkrete Verbundprojekte	44
8.1	VALIMAR.....	45
8.2	Entwurf „Kläranlagenausflüsse und Immunsuppression bei Fischen	46
9	Literatur	47
Anhang 1: Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg, Arbeitsgruppe Umweltforschung: Ökotoxikologie (mit eigenem Inhaltsverzeichnis)		48
Anhang 2: Projektbeteiligte		68

Zusammenfassung

Die Ökotoxikologie nimmt Fragestellungen auf, die traditionell ganz unterschiedlichen etablierten Lehrstühlen aus verschiedenen Fachgebieten zugeordnet werden. Zur Lösung ökotoxikologischer Fragen müssen aber verschiedene Disziplinen, insbesondere Chemie und Biologie, unmittelbar zusammenarbeiten. Fächerverbindende Arbeitsansätze werden in der Tradition der deutschen Universität jedoch nicht belohnt. So stellte der Wissenschaftsrat 1994 fest, dass die Ansätze in der ökotoxikologischen Forschung in Deutschland allzu disziplinär ausgerichtet seien.

Der Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg empfahl 1996, eine kritisch bewertende Bestandsaufnahme der ökotoxikologischen Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg durchzuführen mit dem Ziel, zu einer thematisch klar definierten Orientierung und auch Förderung der Forschung zu kommen. Die TA-Akademie hat daraufhin im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg ein Projekt „Das Forschungsprofil für den Bereich Ökotoxikologie im universitären und außeruniversitären Bereich Baden-Württembergs“ konzipiert und durchgeführt.

Zunächst wurden die Forschungsaktivitäten im Land erfasst, dokumentiert und einer orientierenden Zuordnung unterzogen. In zwei Rundgesprächen mit Experten aus universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, der chemischen Industrie und Ministerien wurde eine Konzeption der TA-Akademie für die Bildung von Forschungsverbänden im Forschungsfeld Ökotoxikologie in Baden-Württemberg erörtert und konkretisiert.

Universitätsübergreifende Forschungsverbände sind vermutlich das Mittel der Wahl, damit die Ökotoxikologie als Fach an Profil gewinnen kann. Idealerweise sollen die Stärken einzelner Disziplinen im Verbund zusammengeführt, dadurch Synergieeffekte erzeugt und schließlich eine Gesamtschau des Forschungsthemas ermöglicht werden.

Damit die Verbundvorhaben Erfolg haben, halten wir einige organisatorische Voraussetzungen für wesentlich. Neben einer straffen Koordination sind integrierende Vorgaben besonders wichtig. Dazu gehört, dass ein Projekt obligat von mindestens einem Vertreter der Umweltchemie und mindestens einem Vertreter der Wirkungsforschung in Baden-Württemberg durchgeführt werden sollte. Dazu gehören aber auch finanzielle Mittel, z. B. für den Austausch von Mitarbeitern, gemeinsame Diskussionsrunden, Seminare, Workshops und Tagungen. Intensiv zu prüfen wäre, ob die SFB-Variante „Transregio“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein geeignetes Modell hierfür ist. Weiterhin sollten die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen in regelmäßigen Zeitabständen zusammengeführt und zu einer integrierenden Gesamtschau verdichtet sowie periodisch von einem unabhängigen Gremium begutachtet bzw. evaluiert werden.

Inhaltlich sollten bei der Planung künftiger (Verbund-)Projekte folgende Empfehlungen aus den Rundgesprächen berücksichtigt werden:

- Betonung auf subakuten und möglichen chronischen Effekten
- Schwerpunkt auf organischen Schadstoffen bzw. Einträgen und ihren möglichen biochemischen Wirkungsmechanismen oder auf die Überforderung von Stoffkreisläufen
- Vermehrte Beachtung von Stoffgemischen und ihren Wechselwirkungen sowie der Ökotoxizität von Sekundärverbindungen
- Beachtung von Schnittstellen: zwischen untersuchten Umweltmedien und zwischen untersuchten Komplexitätsstufen (vom Molekül zum Ökosystem).

Die TA-Akademie schlägt zwei übergeordnete Rahmenkonzeptionen vor, die mit konkreten Verbundprojekten auszufüllen wären:

1. „Ökotoxikologie organischer Schadstoffe in Gewässern - Analyse, Transport, Verbleib und Wirkungen auf aquatische Ökosysteme“
2. „Ökotoxikologie organischer Schadstoffe aus der Atmosphäre - Analyse, Transport, Umwandlung, Immission, Deposition und Wirkung auf terrestrische Ökosysteme“

In einer begrenzten Ausschreibung würden Ansprechpartner an den Universitäten des Landes aufgefordert, konkrete Projektvorschläge für die Rahmenkonzeptionen einzureichen. Potenzielle Ansprechpartner sind im Arbeitsbericht genannt; sie dienen auch außeruniversitären Forschungseinrichtungen als Anlaufstelle. Die Ausschreibung sollte auch in geeigneten Fachjournalen bekannt gemacht werden. Die Vorschläge würden von einem unabhängigen Gremium evaluiert und geeignete Verbundprojekte ausgewählt.

Ein wichtiges Nebenergebnis hat die Aktualisierung der Bestandsaufnahme der universitären Arbeitsgruppen im Projektverlauf erbracht. Von 71 Personen wurden innerhalb von drei Jahren 10 Arbeitsgruppenleiter emeritiert, bei weiteren ist die Emeritierung absehbar, 6 Personen gingen an Forschungsstätten außerhalb Baden-Württembergs, und bei mindestens 6 Personen ist aufgrund der Zielrichtung aktuellerer Projekte fraglich, ob ökotoxikologische Themen weitergeführt werden.

Durch diese Dynamik ist der ökotoxikologischen Forschung in Baden-Württemberg viel Kompetenz verloren gegangen. Umso wichtiger erscheint es, die Forschungsförderung so zu gestalten, dass verbliebene Kompetenzen gestärkt werden und Baden-Württemberg als Forschungsstandort für neue Forschungsgruppen der Ökotoxikologie attraktiv wird. Für das ebenfalls auf Interdisziplinarität angewiesene Fach Humantoxikologie in der Medizin wird in Deutschland bereits ein Niedergang beklagt. Das Land Baden-Württemberg sollte durch eine angemessene Förderung dafür Sorge tragen, dass der Ökotoxikologie im Lande nicht ein ähnliches Schicksal widerfährt. Die Förderung von Forschungsverbänden wäre dazu ein erster wichtiger Schritt.

Summary

Ecotoxicology takes up questions which are traditionally attributed to rather different academic chairs of various established disciplines. In order to solve ecotoxicological questions, however, different disciplines must work closely together, particularly chemistry and biology. But interdisciplinary working approaches are not rewarded by German university traditions. The German „Wissenschaftsrat“ (Science Council) for example stated in 1994, that approaches in ecotoxicological research in Germany are too much aligned with traditional disciplines.

In 1996 the „Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg“ (Research Council of the Federal State) recommended a critical inventory of ecotoxicological research activities in Baden-Württemberg in order to get a clearly defined orientation as well as a promotion of research. Assigned by the Ministry of Science, Research and Arts Baden-Württemberg, the Center of Technology Assessment (Center of TA) designed and performed a project „The Research Profile of Ecotoxicology in Baden-Württemberg“ with a focus on universities.

Research activities in the federal state were registered, documented, and classified. In two round table discussions with experts from university and non-university research institutions, chemical industry, and ministries, the concept of the Center of TA for joint research projects in the field of ecotoxicology in Baden-Württemberg was put in concrete terms.

Joint research projects beyond university boundaries are presumably the most promising tool for ecotoxicology to gain profile as a discipline. Ideally, the strong points of several subjects should be combined, thus creating synergy effects and enabling a comprehensive view of the research topic.

We assume some organizational preconditions to be necessary for joint projects in order to be successful. Apart from a tight coordination, integrating measures are particularly important. Thus, a project should be obligatorily performed by at least one representative of environmental chemistry and one representative of research on biological effects. Financial means must be assigned, too, e.g. for the exchange of scientists and joint seminars, workshops or conferences. It should be checked thoroughly whether the „Transregio“-program of the „Deutsche Forschungsgemeinschaft“ could serve as a model for implementing these integrating measures. Moreover, the results of the different working groups should be regularly combined and condensed to a comprehensive view of the research topic. An independent peer group should periodically evaluate the results.

When planning joint projects the following recommendations from the round table discussions should be considered with respect to research topics:

- emphasis on subacute and possible chronic effects,
- emphasis on organic pollutants and inputs, as well as their biochemical effect mechanisms, or on the perturbations of element cycles,
- better consideration of mixtures of substances and their interaction as well as the ecotoxicity of secondary compounds,
- consideration of interfaces: between environmental media examined and between degrees of complexity examined (from molecule to ecosystem).

The Center of TA proposes two framework concepts, which are to be filled with defined joint research projects:

1. Ecotoxicology of organic pollutants in waters - analysis, transport, fate, and effects on aquatic ecosystems.
2. Ecotoxicology of organic pollutants from atmosphere - analysis, transport, transformation, immission, deposition, and effects on terrestrial ecosystems.

By means of a limited announcement, contact persons at the universities of Baden-Württemberg would be requested to submit defined project plans for these framework concepts. Potential contact persons are named in this report - non-university researchers may contact them as well. The announcement should also be published in appropriate journals. An independent committee would evaluate the project proposals and select suitable joint projects.

The actualization of the inventory in the course of the project produced an important side result. Within three years, out of 71 persons 10 group leaders were given emeritus status (others will follow in the foreseeable future), 6 persons went to research institutions outside Baden-Württemberg, and at least 6 persons may not continue ecotoxicological research according to the direction of their more recent projects.

Due to this dynamics ecotoxicological research in Baden-Württemberg has lost a lot of competence. The more important it will be to organize research funding in such a way that remaining competence is strengthened and that Baden-Württemberg will become more attractive as a research site for new research groups in ecotoxicology. Already a subject relying on interdisciplinarity as well - human toxicology in medicine - is said to decline in Germany. The federal state of Baden-Württemberg should make sure by appropriate support that ecotoxicology will not share a similar fate. The funding of joint research projects would be a first and important step towards it.

1 Der Projektansatz

Die Ökotoxikologie ist ein vergleichsweise junges Forschungsfeld. Zwar sind die Wirkungen chemischer Verbindungen in der Natur schon länger Gegenstand von Forschungen. Als kohärentes Forschungsgebiet ist die Ökotoxikologie aber erst seit Ende der Sechziger Jahre begriffen worden, und erst in den letzten 10-15 Jahren ist es ihr gelungen, den Status eines Anhängsels der medizinischen, auf den Menschen bezogenen Toxikologie abzuschütteln. Heute ist die Ökotoxikologie auch als „echte“ Wissenschaft anerkannt, während sie früher eher als eine Sammlung von Methoden galt, die Umwelt durch Monitoring und Management der Emission umweltverschmutzender Substanzen zu schützen (Depledge 1994, Newman 1996).

Dennoch hat sie immer noch erhebliche Schwierigkeiten, im Kanon der naturwissenschaftlichen Fächer ein eigenes Profil zu erwerben. Die Ökotoxikologie ist nicht nur eine junge Disziplin, sie nimmt dazu Fragestellungen auf, die traditionell ganz unterschiedlichen etablierten Lehrstühlen aus verschiedenen Fachgebieten zugeordnet werden. Fent (1998) charakterisiert sie wie folgt:

„Die Ökotoxikologie als Zweig der Umweltwissenschaften beschäftigt sich primär mit der Analyse und dem Verständnis der Auswirkungen von chemischen Stoffen auf die belebte Natur. Dabei werden alle biologischen Ebenen betrachtet.“

Aus dieser Definition wird klar, dass eine Fülle bereits etablierter Disziplinen zusammenspielen muss, um ökotoxikologische Fragestellungen sinnvoll beantworten zu können:

- Chemie (Anorganische Chemie, Organische Chemie, Analytische Chemie und Umweltchemie),
- Biologie (Zoologie, Botanik, Tier- und Pflanzenphysiologie, Mikrobiologie, Limnologie, Ökologie),
- Biochemie und Molekularbiologie (Zellbiologie, Genetik),
- Physik (Umweltphysik, Meteorologie, Bodenkunde),
- Methoden und Wissen der „klassischen“ Human-Toxikologie, der Humanmedizin, der Veterinärmedizin, der Pharmakologie; dazu der Geologie, der Geographie und einiger Ingenieurwissenschaften.

Besonders wichtig ist eine enge Verzahnung von Chemie und Biologie. Kompetenzen und Ressourcen aus verschiedenen Disziplinen zur Lösung einer fächerübergreifenden Forschungsfragestellung zu bündeln, ist keine einfache Aufgabe. Fächerverbindende Arbeitsansätze entsprechen nicht der klassischen Philosophie der deutschen Universität, die eher die Vertiefung eines Faches im Sinne der Spezialisierung fordert und auch honoriert. So stellt der Wissenschaftsrat (1994) in seiner Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland fest, dass der Zustand der Ökotoxikologie als Teilbereich der Umweltforschung in Deutschland unbefriedigend ist. Die Zielsetzungen seien nicht

abgestimmt, die Ansätze allzu disziplinär ausgerichtet und darüber hinaus zersplittert. Dies scheint allerdings nicht nur ein deutsches Problem zu sein. Auch Newman (1996) stellt fest, dass die Ökotoxikologie erst dabei ist, den Schritt von der deskriptiven Phase und Detailversessenheit, der „tyranny of the particular“, zur gereiften Wissenschaftsdisziplin zu machen. Mangelnde Kommunikation über „Stammesgrenzen“ hinweg sehen auch Forbes und Forbes (1994) als eines der größten Probleme der Ökotoxikologie.

Im Nachklang der Kritik des Wissenschaftsrats hat sich der Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg (LFB) in einer Arbeitsgruppe „Umweltforschung“ mit Grundlagen, Begriffen und Ansätzen der Ökotoxikologie und mit den Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet vor allem in Baden-Württemberg beschäftigt. Die Stellungnahme des LFB ist im Anhang 1 dieses Arbeitsberichts wiedergegeben. In den aus der Analyse der Forschungssituation im Lande herausgearbeiteten Empfehlungen des Landesforschungsbeirats wird konstatiert: „Es ist dringend geboten, in Baden-Württemberg zu einer thematisch klar definierten Orientierung und auch Förderung der Forschung im Bereich der „Ökotoxikologie“ zu kommen, um die wissenschaftlichen Grundlagen dieses wichtigen Gebietes weiterzuentwickeln“. Eine der Empfehlungen lautet weiterhin, eine kritisch bewertende Bestandsaufnahme von Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg in Form eines Rundgesprächs durchzuführen mit dem Ziel, zu konkreten Forschungsvorhaben in der Ökotoxikologie zu kommen.

Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) hat die Akademie für Technikfolgenabschätzung gebeten, ein solches Rundgespräch durchzuführen und dessen Ergebnisse aufzubereiten und zu dokumentieren. Die TA-Akademie hat daraufhin ein Projekt „Das Forschungsprofil für den Bereich Ökotoxikologie im universitären und außeruniversitären Bereich Baden-Württembergs“ konzipiert und durchgeführt. Das Projekt gliederte sich in folgende Arbeitsschritte:

1. Erfassung der wissenschaftlichen Aktivitäten in Baden-Württemberg, die dem Forschungsfeld „Ökotoxikologie“ zuzuordnen sind.
2. Vorläufige Einordnung der Forschungsaktivitäten mittels Science Citation Index[®].
3. Anlegen einer Datenbank mit Forschungsschwerpunkten, Institutionen und Personen des Forschungsfeldes Ökotoxikologie.
4. Erstes Rundgespräch mit 13 Wissenschaftlern aus universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Repräsentanten der chemischen Industrie und des Umwelt- und Verkehrsministeriums Baden-Württemberg am 3. November 1997 an der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Stuttgart. Ziel dieses ersten Gesprächs war es, das Ökotoxikologie-Papier des Landesforschungsbeirats (siehe Anhang 1) zu beraten, Forschungsthemen und ihre Querbezüge

herauszuarbeiten und mögliche neue und tragfähige Organisationsformen im Sinne der Empfehlungen des LFB-Papiers zu diskutieren.

5. Konzeption für die Bildung von Forschungsverbänden im Forschungsfeld Ökotoxikologie in Baden-Württemberg durch die TA-Akademie auf der Grundlage der Vorarbeiten und des ersten Rundgesprächs.
6. Zweites Rundgespräch mit 10 Teilnehmern aus Wissenschaft und Ministerien am 28. Oktober 1998 an der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Stuttgart. Hier wurde die Konzeption der TA-Akademie zu Forschungsverbänden eingehend erörtert.
7. Modifikation, Erweiterung und Konkretisierung des Verbundkonzeptes auf der Grundlage des zweiten Rundgesprächs und Projektvorschlägen der Teilnehmer.
8. Abschlussbericht.

Der vorliegende Abschlussbericht soll über den Vorschlag zur Bildung von Forschungsverbänden Wege aufzeigen, wie die Ökotoxikologie in Baden-Württemberg an Profil gewinnen kann.

Ökotoxikologische Fragestellungen sind zumeist komplex und erfordern daher komplexe Strategien, um zu einer umfassenden Antwort zu gelangen. Dies kann vermutlich nur durch multidisziplinäre Zusammenarbeit in konkreten Forschungsvorhaben geschehen. Idealerweise sollen die Stärken einzelner Disziplinen im Verbund zusammengeführt, dadurch Synergieeffekte erzeugt und schließlich eine Gesamtschau des Forschungsthemas ermöglicht werden.

Dieser Arbeitsbericht kann – bei der Breite möglicher Fragestellungen – konkrete Themen für Forschungsverbände nur beispielhaft vorschlagen und Anregungen für ihre Organisation geben. Er soll primär die Diskussion unter interessierten Forschungsgruppen anstoßen, ob und auf welchem Gebiet Forschungsverbände sinnvoll, ja notwendig sein mögen. Darüber hinaus möge der Bericht dem MWK als Grundlage dienen, die Förderung des Forschungsfeldes Ökotoxikologie neu zu konzipieren.

2 Erfassung der Forschungsaktivitäten im Bereich der Ökotoxikologie an den Universitäten in Baden-Württemberg

2.1 Vorgehensweise

Die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Ökotoxikologie in Baden-Württemberg sollten ermittelt und in einem ersten Schritt mit Hilfe des Science Citation Index[®] eingeordnet werden. Wie sich schnell gezeigt hat, kann man auf diese Art nur der Ökotoxikologieforschung an den Universitäten einigermaßen gerecht werden (s. Kap. 4.1).

Für die Klassifizierung der jeweiligen Forschungsgruppen wurden die in dem Papier der Arbeitsgruppe Umweltforschung des Landesforschungsbeirates Baden-Württemberg erarbeiteten Richtlinien herangezogen, wobei eine möglichst weite Auslegung der Begriffsdefinition verwendet wurde, um eine spätere Eingrenzung auf die wichtigsten Gebiete vornehmen zu können. Als Informationsquelle wurde in der Regel der aktuelle Forschungsbericht der jeweiligen Universität im Internet verwendet und, sofern vorhanden, die Selbstdarstellung der Abteilungen (Homepages u.ä.) im Internet. Diese Angaben wurden mit der Darstellung im Vademecum deutscher Forschungsstätten (1994) abgeglichen. Die daraus gewonnenen Informationen über die Forschungsschwerpunkte und die aktuellen Forschungsprojekte der Arbeitsgruppen wurden mit Hilfe eines Literaturstudiums der im Internet angegebenen Literaturstellen bzw. der Literatur, die von den Arbeitsgruppen nach Anfrage geschickt bzw. genannt wurde, verglichen und tiefergehend untersucht. Auf diese Weise ist eine Datenbank und „Bibliothek“ mit Literatur aus dem Bereich Ökotoxikologieforschung in Baden-Württemberg entstanden, die weiter aktualisiert wird. Zur Zeit hat diese Datenbank ca. 450 Einträge, wovon ca. 250 Artikel an der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg vorhanden sind.

2.2 Zielsetzung

Die Erfassung der Forschungsaktivitäten hatte zum Ziel, einen Überblick über Personen, Institutionen und Themen zu erhalten, die in Baden-Württemberg dem Forschungsfeld Ökotoxikologie zuzuordnen sind. Die Daten dienen als Grundlage für ein Profil der Forschungsgruppen und Forschungsthemen sowie für einen Vorschlag zu Forschungsverbänden.

Diese Arbeiten wurden in der ersten Jahreshälfte 1997 von Frau Dr. Lohmann durchgeführt. Damit handelt es sich um eine Momentaufnahme der Forschungsaktivitäten an

baden-württembergischen Universitäten, die den Stand von etwa 1996 dokumentiert. Forschung ist jedoch dynamisch: Forschungsschwerpunkte verlagern sich, Personen verlassen die jeweilige Universität, neue Forschungsgruppen bilden sich. Um ein jeweils aktuelles Bild der Forschungssituation zu erhalten, müsste eine solche Erfassung fortgeschrieben werden. Dies kann die TA-Akademie nicht leisten. Der vorliegende Bericht liefert jedoch Anhaltspunkte, wie man auch künftig dabei vorgehen könnte.

Es sollte aber zumindest eine Orientierung über die Veränderungen und über den aktuellen Stand ermöglicht werden. Daher haben wir uns für folgendes Vorgehen entschieden: Um einen schnellen und aktuellen Überblick über mögliche Ansprechpartner in Baden-Württemberg zu bieten, wurden die uns bekannten, derzeit im Forschungsfeld Ökotoxikologie aktiven Arbeitsgruppen in Kapitel 2.3 kurz aufgelistet - ohne Gewähr auf Vollständigkeit. In Kapitel 2.4 werden die Arbeitsgruppen mit Stand 1996 ausführlicher mit ihren Arbeitsgebieten vorgestellt. Sofern personelle Veränderungen zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts (1999/2000) bekannt waren, wurden diese aufgenommen. Neuere Projekte hingegen wurden nur in Ausnahmefällen aufgenommen. Diese Aufstellung ist keineswegs nur historisch. Die Arbeitsgebiete sind teilweise auch heute noch aktuell. Darüber hinaus werden Hinweise darauf gegeben, über welche Themen in Baden-Württemberg bereits geforscht wurde und auf welches Know-how man gegebenenfalls zurückgreifen kann, sowohl im Land selbst als auch außerhalb der Landesgrenzen.

In Kapitel 2.5 schließlich werden einige Folgerungen aus der Dynamik, die sich im Vergleich der Forschungsprofile 1996 und 2000 zeigt, gezogen.

2.3 Ökotoxikologieforschung an den baden-württembergischen Universitäten (Stand 2000)

In diesem Kapitel werden lediglich die möglichen Ansprechpartner an den Universitäten des Landes (Stand 2000) aufgeführt. Die Liste erhebt nicht den Anspruch, alle ökotoxikologischen Forschungsgruppen im Lande komplett abzubilden. Die Universitäten werden in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

Universität Freiburg:

- Institut für Biologie II, Abteilung Botanik; Prof. Dr. Edgar Wagner
- Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre; Prof. Dr. Ernst Hildebrand, PD Dr. Peter Trüby
- Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie; Prof. Dr. Siegfried Fink
- Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene; PD Dr. Klaus Kümmerer

Universität Heidelberg:

- Hygiene-Institut; Dr. Lothar Erdinger
- Institut für Umwelt-Geochemie; Prof. Dr. Heinz Friedrich Schöler
- Institut für Umweltphysik; Prof. Dr. Ulrich Platt
- Zoologisches Institut I; HD Dr. Thomas Braunbeck

Universität Hohenheim:

- Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie; PD Dr. Anette Fomin, Prof. Dr. Alexander Kohler
- Institut für Zoologie; Dr. Jürgen Böhmer
- Institut für Lebensmittelchemie; Prof. Dr. Wolfgang Schwack
- Institut für Phytomedizin; Prof. Dr. Karl Hurle

Universität Karlsruhe:

- Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung; Prof. Dr. Otto Rentz
- Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie; Prof. Dr. Dr. Fritz H. Frimmel
- Geologisches Institut; Prof. Dr. Dr. Kurt Czurda
- Institut für Hydromechanik; Prof. Dr. Dr. h.c. Bodo Ruck, Prof. Gerhard H. Jirka, Ph.D.
- Institut für Ingenieurbiologie und Biotechnologie des Abwassers; Prof. Dr. Josef Winter
- Institut für Meteorologie und Klimaforschung; Prof. Dr. Franz Fiedler, Prof. Dr. Herbert Fischer
- Institut für Siedlungswasserwirtschaft; Prof. Hermann H. Hahn, Ph.D.
- Zoologisches Institut; Prof. Dr. Horst Taraschewski

Universität Konstanz:

- Abteilung Ökotoxikologie; Prof. Dr. Daniel Dietrich
- Abteilung Mikrobielle Ökologie, Limnologie und Allgemeine Mikrobiologie; Prof. Dr. Bernhard Schink, Prof. Alasdair MacLeod Cook, Ph.D.
- Abteilung Molekulare Toxikologie; Prof. Dr. Dr. Pierluigi Nicotera
- Abteilung Pflanzenphysiologie und Pflanzenbiochemie; Prof. Dr. Peter Böger

Universität Stuttgart:

- Biologisches Institut; Prof. Dr. Ulrich Kull
- Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft; Prof. Dr. Ulrich Rott, Prof. Dr. Karl-Heinrich Engesser, Prof. Dr. Karlheinz Krauth
- Institut für Wasserbau; Prof. Dr. h.c. Helmut Kobus, Ph.D., Prof. Dr. Bernhard Westrich

Universität Tübingen:

- Geographisches Institut; Prof. Dr. Karl-Heinz Pfeffer
- Institut für Organische Chemie; Prof. Dr. Peter Krauß
- Institut für Toxikologie; Prof. Dr. Karl Walter Bock, Prof. Dr. Michael Schwarz
- Institut und Museum für Geologie und Paläontologie; Prof. Dr. Georg Teutsch, Prof. Dr. Peter Grathwohl
- Zoologisches Institut, Abt. Physiologische Ökologie der Tiere; PD Dr. Rita Tribskorn
- Zoologisches Institut, Abt. Zellbiologie; PD Dr. Heinz-Rüdiger Köhler

Universität Ulm:

- Abteilung Analytische Chemie und Umweltchemie; Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter
- Abteilung Mikrobiologie und Biotechnologie; Prof. Dr. Peter Dürre

2.4 Ökotoxikologieforschung an den baden-württembergischen Universitäten (Stand 1996)

Im Folgenden sind die Institute, Abteilungen oder Arbeitsgruppen der jeweiligen Universitäten aufgelistet, die Ökotoxikologieforschung im weiteren Sinne betreiben bzw. betrieben haben. Auf diese Weise sind auch Randgebiete miterfasst worden, die eventuell bei einer späteren, engeren Begriffsdefinition wieder herausfallen können.

Die Ökotoxikologie lässt sich in die beiden großen Bereiche der Umweltchemie und der Wirkungsforschung aufspalten, die ihrerseits in mehrere Forschungsgebiete unterteilbar sind. In Abbildung 1 sind die einzelnen Gebiete und ihr Zusammenhang dargestellt. Es können Überlappungen und weitere, nicht eingezeichnete Verknüpfungen zwischen den Gebieten auftreten. Entsprechend dieser Einteilung wird die Forschung der einzelnen Arbeitsgruppen kurz vorgestellt. Da die meisten Arbeitsgruppen nicht nur auf einem der Teilgebiete tätig sind, wird die gesamte Arbeit auf dem Gebiet der Ökotoxikologie der Arbeitsgruppe in Reihenfolge der Universitäten vorgestellt und nicht eine Abhandlung der Arbeitsgruppen nach Arbeitsgebieten vorgenommen. Die Universitäten werden wie im vorigen Kapitel in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

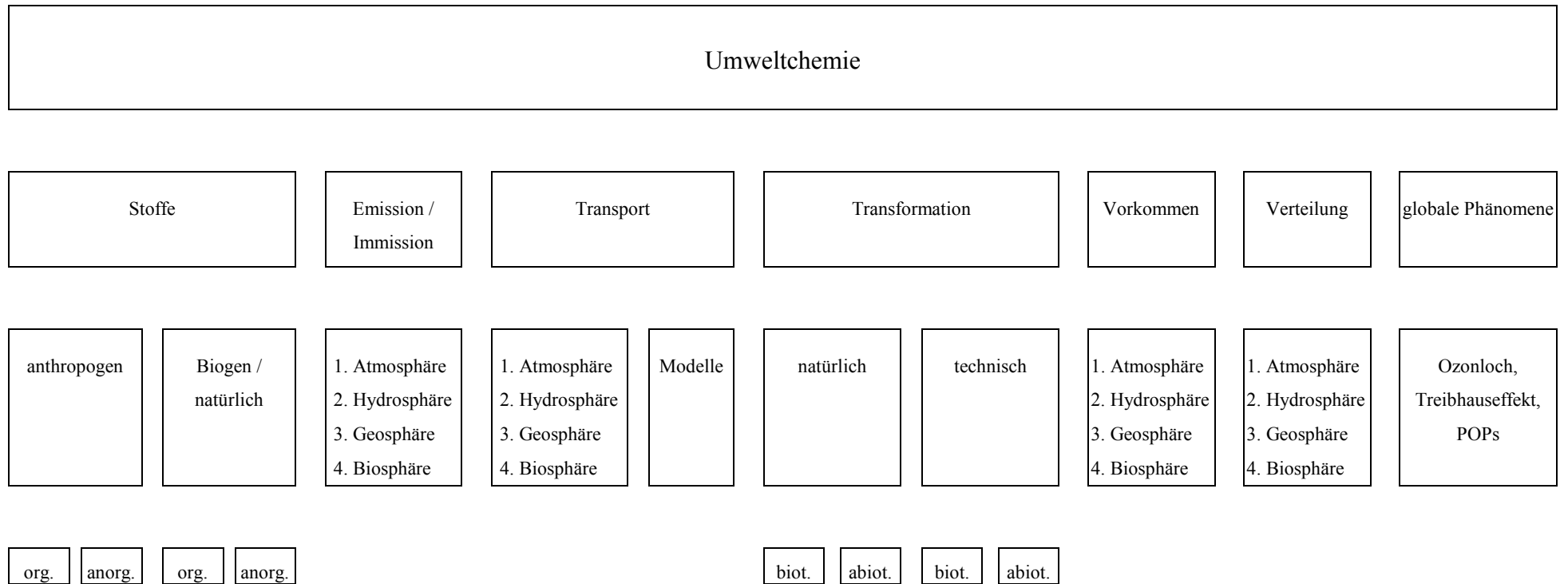
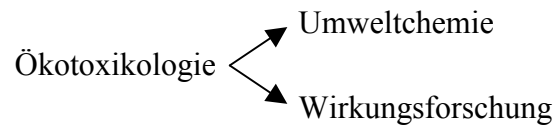


Abb. 1: Einteilung der Ökotoxikologieforschung in Teilbereiche

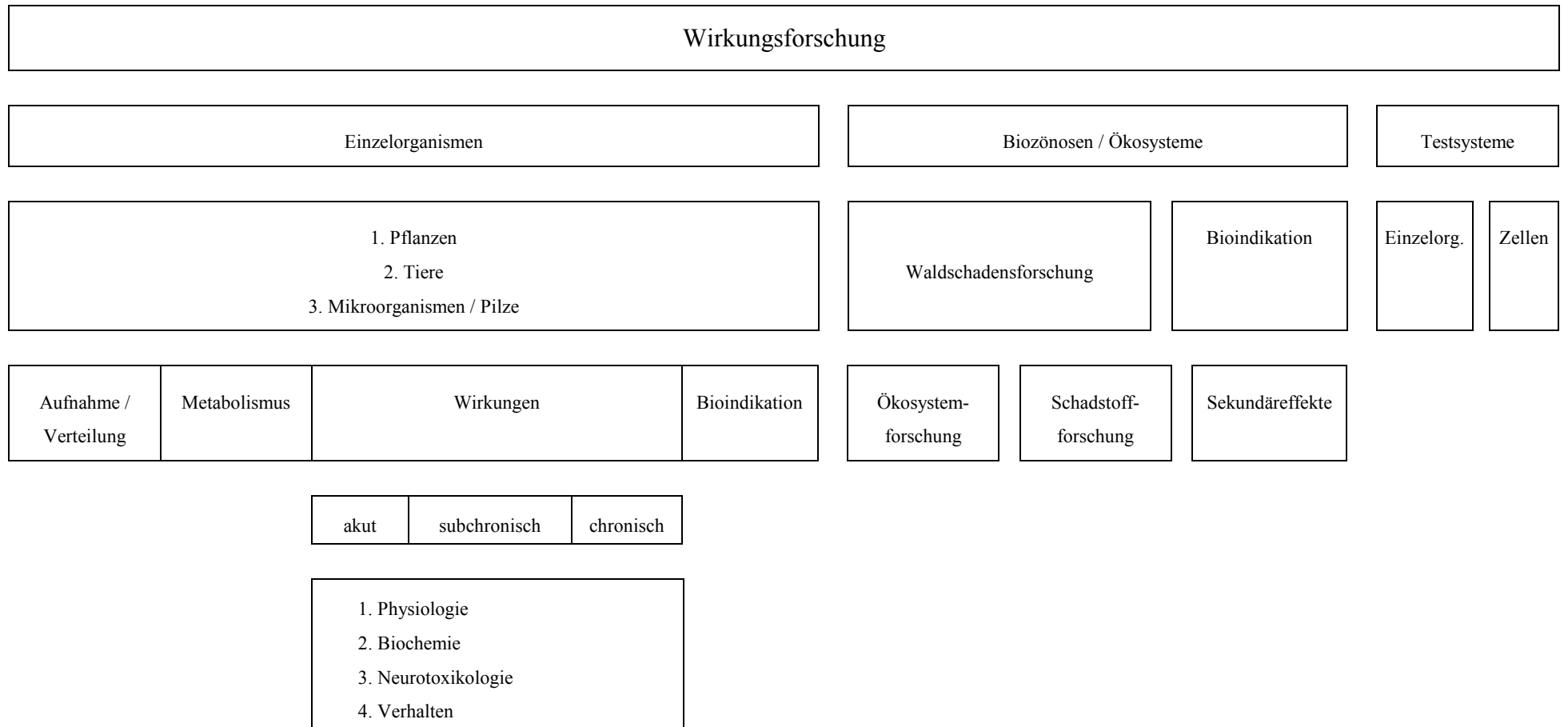


Abb. 1: Fortsetzung (Einteilung der Ökotoxikologieforschung in Teilbereiche)

2.4.1 Universität Freiburg

Institut für Biologie II, Abteilung Botanik; Prof. Dr. Edgar Wagner

Wirkungsforschung - Testsysteme;

Wirkungsforschung - Waldschadensforschung:

- Entwicklung von Testsystemen mit Pflanzenzellen (Ökotoxikologie membranaktiver Substanzen); Entwicklung eines Leitfähigkeitstests
- Auswirkungen von oxidativem Stress auf die Biochemie von Bäumen

Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre; PD Dr. Karl-Heinz Feger, PD Dr. Peter Trüby

Umweltchemie - Transport, Emission/Immission, Vorkommen - Geosphäre, Biosphäre;

Wirkungsforschung - Waldschadensforschung:

- Mobilität von Aluminium im Boden durch sauren Regen, Gewässerazidität
- Verteilung von Schwermetallen in Bäumen von kontaminierten Standorten
- Elementkreisläufe in Fichtenwäldern (im Zusammenhang mit neuartigen Waldschäden)
- Schwefel- und Stickstoffkreislauf im Kulturwald

Anmerkungen: Das Institut wird seit 1996 von Prof. Dr. Ernst E. Hildebrand geleitet. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Bodenphysik und Bodenchemie, Bodenphasen, Stoffflüsse und Stoffmuster in heterogenen (Wald-)Böden. Dr. Feger ist derzeit am Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim mit Schwerpunkt Bodenphysik tätig.

Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie; Prof. Dr. Siegfried Fink, Dr. Beate Mehne-Jakobs

Wirkungsforschung - Waldschadensforschung:

- Ca-Oxalat-Einlagerungen in Nadeln und Zusammenhänge mit Umweltverschmutzung
- physiologische Veränderungen geschädigter Nadeln
- (Auswirkung von Düngung)

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene; PD Dr. Klaus Kümmerer

Umweltchemie - Stoffe, Emission /Immission, Transformation - Hydrosphäre;

Wirkungsforschung - Einzelorganismen, Biozönosen/Ökosysteme - Metabolismus, Wirkungen:

- Analysemethoden für Pharmaka und Desinfektionsmittel; Eintrag, Abbau und Akkumulation von Pharmaka, besonders von Antibiotika und Zytostatika; Wirkung vor allem auf Mikroorganismen

2.4.2 Universität Heidelberg

Zoologisches Institut I; Prof. Dr. Volker Storch, Prof. Dr. Gerd Alberti, HD Dr. Thomas Braunbeck, PD Dr. Heinz-Rüdiger Köhler, PD Dr. Rita Tribskorn

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen - Physiologie, Biochemie;

Wirkungsforschung - Testsysteme:

- Auswirkungen des Sandozunfalls auf die Fische im Rhein (Braunbeck)
- chronische physiologische, neurologische und biochemische Wirkungen von organischen Schadstoffen, insbes. Xenoöstrogenen, auf Fischgewebe, Entwicklung einer Biomonitoringmethode (Braunbeck)
- Testsysteme mit Fischzellkulturen (Braunbeck)
- Identifizierung und Bewertung (öko)toxikologisch belasteter Gewässer in Baden-Württemberg (BW PLUS-Projekt im Verbund mit mehreren Partnern) (Braunbeck)
- Entwicklung eines Testsystems zur Beurteilung der Toxizität kontaminierter Böden (Alberti, Köhler, Braunbeck)
- Stressproteine als Bioindikatoren in terrestrischen Wirbellosen (Köhler)
- Wirkung von Molluskiziden auf Schnecken (Tribskorn)

Anmerkungen: Prof. Alberti hat den Lehrstuhl für allgemeine und angewandte Zoologie der Universität Greifswald übernommen. Dr. Tribskorn forscht derzeit am Zoologischen Institut der Universität Tübingen, Abt. Physiologische Ökologie der Tiere. Sie koordiniert u. a. das Verbundprojekt VALIMAR („Validierung und Einsatz verschiedener biologischer Tests und Biomarker sowie Anwendung chemischer und mathematisch-statistischer Methoden zur Bewertung der Belastung kleiner Fließgewässer mit Umweltchemikalien“), an dem auch Dr. Braunbeck und Dr. Köhler beteiligt sind. VALIMAR ist eines der beiden Beispielprojekte in diesem Bericht (Kap. 8.1). Dr. Köhler ist am Zoologischen Institut der Universität Tübingen, Abt. Zellbiologie tätig und leitet die Arbeitsgruppe „Zelluläre und molekulare Ökotoxikologie“.

Institut für Umweltphysik; Prof. Dr. Ulrich Platt, Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach, Prof. Dr. Karl Otto Münnich

Umweltchemie - Transport, globale Phänomene - Ozonloch, Geosphäre, Hydrosphäre, Modelle:

- „Ozonloch“-Forschung (Platt)
- Atmosphärenchemie: Messung reaktiver Spezies in der Troposphäre, Chemie dieser Verbindungen in der Troposphäre (Platt)
- Untersuchung der horizontalen Mischung im Bodensee (Münnich)
- Elementtransport im Boden (Münnich)
- Grundwasserströme und Transport von organischen und anorganischen Verbindungen im Boden (Kinzelbach)

Anmerkungen: Prof. Münnich ist emeritiert. Prof. Kinzelbach ist seit 1996 Professor für Hydromechanik am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich.

Institut für Umwelt-Geochemie; Prof. Dr. German Müller, PD Dr. Jörg Matschullat
Umweltchemie - Vorkommen, Transport - Geosphäre, Hydrosphäre - Schwermetalle:

- Schwermetalle in Flusssedimenten (Elbe, Neckar) (Müller)
- Transport und Verteilung von Schwermetallen in Sedimenten, Boden, Einfluss der Versauerung (Matschullat)
- atmosphärischer Eintrag von Elementen

Anmerkungen: Prof. Müller ist emeritiert, das Institut wird derzeit kommissarisch von Prof. Dr. Heinz Friedrich Schöler geleitet. Dr. Matschullat ist mittlerweile Professor für Geoökologie und Direktor des Interdisziplinären Ökologischen Zentrums der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Sachsen). Prof. Schöler arbeitet auf dem Gebiet der Analyse von Pflanzenbehandlungsmitteln, Organohalogenen und organischer Schwermetallverbindungen in Wasser, Boden, Sedimenten und Klärschlamm.

Hygiene-Institut; Dr. Lothar Erdinger

Wirkungsforschung - Testsysteme - Mutagenitätstests:

- Mutagene Wirkung von organischen Luftschadstoffen
- in-vitro Testsysteme zur routinemäßigen Untersuchung mutagener und cytotoxischer organischer Luftschadstoffe (Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Günter Speit, Universität Ulm, Institut für Anthropologie, Humangenetik und Medizinische Genetik, Abt. Medizinische Genetik)
- Identifizierung und Bewertung (öko)toxikologisch belasteter Gewässer in Baden-Württemberg (BW PLUS-Projekt im Verbund mit mehreren Partnern)

2.4.3 Universität Hohenheim

Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie; Prof. Dr. Uwe Arndt, Prof. Dr. Alexander Kohler

Wirkungsforschung - Bioindikation, Waldschadensforschung;

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen - Biochemie:

- Bioindikation für organische Luftschadstoffe, HF, Mutagene
- Begasungsversuche von Pflanzen mit Umweltchemikalien
- Waldschadensforschung (Hohenheimer Langzeitexperiment über Wirkung von Ozon, SO₂ und Säure)
- Wirkung von Ozon auf Insektenpheromone
- Bioindikation von Fließgewässern mit Hilfe submerser Makrophyten (Kohler)
- Gewässerversauerung (Kohler)

Anmerkungen: Prof. Arndt ist emeritiert. PD Dr. Anette Fomin leitet seitdem stellvertretend das Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie am Institut. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf den Gebieten biologische Testverfahren, Bioindikation, landschaftsbezogenes Biomonitoring und Wirkungsmechanismen von Schadstoffen.

Institut für Zoologie; Prof. Dr. Hinrich Rahmann, Dr. Jürgen Böhmer

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen - Physiologie

Wirkungsforschung - Biozönosen - Bioindikation - Schadstoffforschung

- Untersuchung von Fischpopulationen und ihrer Fortpflanzungsbiologie sowie von Makrozoobenthoszönosen zur Abschätzung der Relevanz ökotoxikologischer Tests
- Integrierte Ökologische Fließgewässerbewertung - Erarbeitung von Grundlagen und Bioindices
- Toxizität von gelöstem Aluminium für Amphibien und Invertebraten in sauren Gewässern

Institut für Pflanzenernährung; Prof. Dr. Horst Marschner

Umweltchemie - Emission/Immission - anorg. N-Verbindungen;

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Pflanzen - Aufnahme/Verteilung - Dioxine, Schwermetalle:

- N-Emissionen bei der Düngung mit Gülle
- Aufnahme von Schwermetallen durch Pflanzen
- Aufnahme von Dioxinen durch Pflanzen
- Resistenz von Pflanzen gegen Pflanzenschutzmittel

Anmerkungen: Prof. Marschner ist 1997 verstorben. Die Leitung des Instituts hat jetzt Prof. Dr. Volker Römheld inne. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der Ernährung von Pflanzen mit Spurenelementen und mit Phosphat; ökotoxikologische Aspekte der Mineralernährung werden in der Beteiligung am Verbundprojekt „Strategien zur Vermeidung der Emission klimarelevanter Gase und umwelttoxischer Stoffe aus der Landwirtschaft und Landschaftsnutzung“ behandelt.

Institut für Lebensmittelchemie; Prof. Dr. Wolfgang Schwack

Umweltchemie - Transformation - abiotisch - Fungizide, Insektizide:

- Spurenanalyse und photochemische Transformation von Fungiziden, Insektiziden

Institut für Phytomedizin; Prof. Dr. Karl Hurlle

Wirkungsforschung:

- Ökotoxikologie von Herbiziden

2.4.4 Universität Karlsruhe

Botanisches Institut; Prof. Dr. Hans-Günther Heumann

Wirkungsforschung - Bioindikation, Wirkung - Physiologie - Schwermetalle;

Wirkungsforschung - Waldschadensforschung:

- physiologische Wirkung von Schwermetallen, Erforschung von Pflanzen als Bioindikatoren
- Morphometrie und Cytologie von Fichtennadeln unter Immissionseinfluss

Zoologisches Institut, Zoologie I (Ökologie); Prof. Dr. Horst Taraschewski;

Zoologie II (Tierphysiologie); PD Dr. Werner Kloas

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Aufnahme/Verteilung, Wirkung - Schwermetalle;

Wirkungsforschung - Testsysteme/Einzelorganismen - Tiere - Wirkung - Biochemie - Xenoöstrogene:

- Aufnahme und Verteilung sowie subletale Wirkungen von Schwermetallen in Fischen und ihren Parasiten (Taraschewski, Sures)
- endokrine Wirkung von Umweltchemikalien auf Amphibien (Untersuchung der kompetitiven Rezeptorreaktion), Eignung der Vitellogenin-Genexpression als Signal für eine potenzielle östrogene Wirkung von Umweltchemikalien (Kloas, BW PLUS-Projekt)

Anmerkung: Dr. Kloas ist mittlerweile Leiter der Abteilung Binnenfischerei am Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Berlin, einem Institut der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL).

Institut für Meteorologie und Klimaforschung; Prof. Dr. Franz Fiedler, Prof. Dr. Herbert Fischer

Umweltchemie - globale Phänomene - Ozonloch;

Umweltchemie - Transport, Transformation (abiotisch) - Atmosphäre, Modelle:

- „Ozonloch“-Forschung (Fischer)
- Simulationen zu Transport und Transformation von Luftschadstoffen (Fiedler)
- Atmosphärenchemie (Zusammenarbeit mit Prof. Platt, Institut für Umweltphysik der Uni Heidelberg)
- Transport of Air Pollutants Over Complex Terrain (TRACT)
- Luftverschmutzung und Vegetationsschäden in den Tropen - die Serra do Mar als Beispiel
- Sanierung der Atmosphäre in den neuen Bundesländern (SANA); Teilprojekt: Untersuchung der für die Spurenstoffausbreitung in der atmosphärischen Grenzschicht relevanten Prozesse.

Institut für Petrographie und Geochemie; Prof. Dr. Harald Puchelt

Umweltchemie - Vorkommen, Transport - Geosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre - Schwermetalle:

- Umweltrelevante Spurenstoffe in Gesteinen, Böden, Sedimenten, Wässern, Pflanzen: Platin-Gruppenelemente aus Abgaskatalysatoren: Kontaminationspfad

Anmerkung: Prof. Puchelt ist mittlerweile emeritiert.

Geologisches Institut; Prof. Dr. Dr. Kurt Czurda

Umweltchemie - Transport, Verteilung - Geosphäre, Hydrosphäre - Schwermetalle:

- Diagnostische Methoden zur Abschätzung des Gefährdungspotenzials schwermetallbelasteter Böden (Bindungsstärke und -form)

Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie; Prof. Dr. Dr. Fritz Hartmann Frimmel

Umweltchemie - Transport, Verteilung, Transformation (abiotisch) - Hydrosphäre - Schwermetalle, Nitroaromaten, Halogenverbindungen:

- Entwicklung von Analysemethoden von Umweltchemikalien
- Immission von organischen Säuren, EDTA, DOC (dissolved organic carbon), halogenierte Verbindungen aus der Trinkwasserchlorung
- photochemische Transformation von Pestiziden und EDTA

- Geochemische Prozesse mit Langzeitfolgen im anthropogen beeinflussten Sickerwasser und Grundwasser - Teilprojekt: Verteilung, Transport u. Reaktionen von polaren Aromaten im Grundwasser unter besonderer Berücksichtigung realer Feststoffphasen
- Bestandsaufnahme der Schadstoffsituation, insbesondere mit Schwermetallen in Havel/Spree, Saale und schwarze Elster im Hinblick auf zukünftige Gewässergüte; Teilprojekt 7 des Verbundprojekts „Elbenebenflüsse“: Remobilisierung
- Quantitative Wechselwirkungen zwischen Metallen und Liganden zur detaillierten Beschreibung des Stofftransportes in Grundwasser
- Untersuchungen zur Wechselwirkung von Huminstoffen sowie definierten Substraten mit Tetrachlorethen in Modellsystemen

Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft; Prof. Dr. Dr. e.h. Erich Plate

Umweltchemie - Transport, Verteilung - Atmosphäre, Hydrosphäre, Modelle:

- Projektleitung im multidisziplinären BMBF-Projekt: Prognosemodell für die Belastung ober- und unterirdischer Gewässer durch Stofftransport in ländlichen Einzugsgebieten (Weiherbachprojekt)
- Modellierung und Messung von Luftströmungen und der Transport von Schadstoffen
- Modellierung von Regenfall
- Deutsch-Australische Kooperation: Entwicklung, Anwendung und Vergleich von Wasser- und Stofftransportmodellen in Deutschland und Australien
- Landesschwerpunktprojekt: Beobachtung von Transportvorgängen in heterogenen Böden (Modelle)

Anmerkungen: Prof. Plate wurde 1997 emeritiert und das Institut aufgelöst. Mitarbeiter und Aktivitäten gingen auf das Institut für Hydromechanik (s.u.) und das Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik über.

Institut für Ingenieurbiologie und Biotechnologie des Abwassers; Prof. Dr. Josef Winter

Umweltchemie - Transformation (biotisch):

- Untersuchung der biotischen Transformation organischer Verbindungen durch Mikroorganismen

Institut für Hydromechanik; Prof. Dr. Dr. h.c. Bodo Ruck, Prof. Gerhard H. Jirka, Ph.D.

Umweltchemie, Waldschadensforschung - Transport - Atmosphäre, Hydrosphäre:

- Transport von Schadstoffen in der Hydro- und in der Atmosphäre zu Bäumen

- Grundwasserhydraulik: Einfluss von Heterogenitäten auf Schadstofftransport und -entfernung im Boden
- Maximierung der Bodendeposition in natürlichen Schutzflächen

Institut für Siedlungswasserwirtschaft; Prof. Hermann H. Hahn, Ph.D.

Umweltchemie - Emission/Immission - Hydrosphäre;

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Aufnahme/Verteilung - organische Verbindungen;

Wirkungsforschung - Bioindikation:

- Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen, befestigten Flächen (Phase II und III)
- Modellierung der Stoffbelastung von Fließgewässern durch Oberflächenabfluss in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten (Weiherbachprojekt)
- Untersuchungen zur Anreicherung organischer Schadstoffe in ausgewählten Organen und Parasiten von Fischen (Nitromoschus-Verbindungen, Insektizide)
- Bioindikation mit Hilfe von Biofilmen in Fließgewässern

Institut für Technische Thermodynamik; Prof. Dr. Dr. h.c. Günter Ernst, Prof. Dr. Nicolas Moussiopoulos

Umweltchemie - Transport, Transformation (abiotisch) - Modelle:

- Simulationen zu Transport und Transformation von Luftschadstoffen
- Einfluss von Kraftwerken auf die Luftqualität und das lokale Klima

Anmerkung: Prof. Moussiopoulos arbeitet an der Universität von Thessaloniki (GR) und ist nur noch als Honorarprofessor in Karlsruhe tätig.

Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung; Prof. Dr. Otto Rentz

Umweltchemie - Emission/Immission:

- Ermittlung der Schwermetallemissionen aus Kraftwerken

2.4.5 Universität Konstanz

Abteilung für Ökotoxikologie; Prof. Dr. Daniel Dietrich

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen:

- Aufbau grundlegender Bioassays in der Ökotoxikologie: akute, subchronische und chronische Effekte natürlicher und anthropogener Verbindungen auf Süßwasserorganismen
- Ableitung von Struktur-Wirkungsbeziehungen

- akute und chronische Toxizität von Cyanobakteriengiften, Entwicklung schneller Screening- und Detektierverfahren für Cyanobakteriengifte im Wasser und in der Nahrungskette, um das Risiko einer Exposition von Menschen zu vermindern
- Wirkung anthropogener Schadstoffe auf Amphibien und Fische (z. Z. Nitromoschusverbindungen); Reproduktionstoxizität von Moschusketon und Moschusxylol und deren Metaboliten in der Umwelt (Zusammenarbeit mit Prof. Cook, Mikrobielle Ökologie, Uni Konstanz)
- Ökotoxikologie Servicelabor: Das EUREGIO Ökotoxikologie Service Labor hat die Aufgabe, eine Ökotoxikologie-Datenbank aufzubauen, welche den Anrainerstaaten des Bodensees als Informationsquelle und der Arbeitsgruppe Umwelttoxikologie an der Universität Konstanz als Grundlagenforschungsmittel dienen sollte. Hierbei werden Daten zu chronischer Exposition, Reproduktionstoxikologie, hormonellen Effekten von Fremd- und Naturstoffen, sowie Embryotoxizität und Teratogenität gesammelt.

Abteilung Mikrobielle Ökologie, Limnologie und Allgemeine Mikrobiologie; Prof. Dr. Bernhard Schink, Prof. Alasdair MacLeod Cook, Ph.D.

Umweltchemie - Transformation (biotisch) - Kohlenwasserstoffe, S-Verbindungen:

- Untersuchung der biotischen Transformation organischer Verbindungen (vor allem Aromaten und Sulfonate) durch Mikroorganismen

Abteilung Molekulare Toxikologie; Prof. Dr. Dr. Pierluigi Nicotera

Wirkungsforschung - Testsysteme - Zellen:

- Toxizität von Umweltchemikalien auf Zellebene, Interaktion mit Signaltransduktionssystemen und Wirkung auf Zellwachstum, -differenzierung und -tod

Abteilung Pflanzenphysiologie und Pflanzenbiochemie; Prof. Dr. Peter Böger

Wirkungsforschung - Bioindikation, Einzelorganismen - Pflanzen - Wirkung - Biochemie:

- biochemische Wirkungen von Herbiziden in Pflanzen
- Bioindikation von Herbiziden im Wasser über Phytoplankton

2.4.6 Universität Stuttgart

Biologisches Institut, Abteilung Botanik; Prof. Dr. Ulrich Kull

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Pflanzen - Wirkung - Physiologie:

- physiologische Wirkungen von Luftschadstoffen auf Pflanzen
- Toxizitätstests (z.B. mit Tabakpflanzen)

Institut für Wasserbau; Prof. Dr. h.c. Helmut Kobus Ph.D., Prof. Dr. Andreas Dahmke, Prof. Dr. Bernhard Westrich

Umweltchemie - Transport, Transformation (biotisch) - Hydrosphäre, Geosphäre:

Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung VEGAS: Versuchshalle, in der Forschungseinrichtungen und gewerbliche Nutzer Versuche mit kontaminierten Grundwasserleitern und Böden nachbilden können.

- Schwermetalle in Sedimenten
- Einfluss der hydraulischen Parameter auf den biotischen Abbau organischer halogenierter Verbindungen im Grundwasser durch Mikroorganismen (DFG-Verbundprojekt Artificial Anaerobic Aquifer, VEGAS)
- Schadstoffe in Phase in der ungesättigten Zone, Altlastensanierung (VEGAS, sehr viele Forschungspartner an Unis, Großforschungseinrichtungen, Behörden und Industrie)

Anmerkung: Prof. Dahmke ist heute Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Geologie des Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel.

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft; Prof. Dr. Ulrich Rott, Prof. Dr. Karl-Heinrich Engesser, Prof. Dr. Karlheinz Krauth

Umweltchemie - Emission/Immission - Hydrosphäre; Transformation (biotisch):

- anthropogene Einflüsse auf subterrestrische Lebensgemeinschaften, Abbau und Elimination von Schadstoffen für Grund- und Trinkwasser (Rott)
- biotische Transformation organischer, schwerabbaubarer Verbindungen durch Mikroorganismen, Entwicklung von Biowäschern und Biofiltern (Engesser)
- Herkunft und Auswirkung von Schwermetallen aus diffusen Quellen auf Oberflächengewässer; Eintrag und Abbau von Schad- und Nährstoffen in und mit dem Abwasser (Krauth)

2.4.7 Universität Tübingen

Institut für Organische Chemie, Lehrstuhl I; Prof. Hanspaul Hagenmaier, Ph.D., Prof. Dr. Peter Krauß

Umweltchemie - Vorkommen, Emission/Immission - Atmo-, Hydro-, Bio-, Geosphäre;

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen;

Wirkungsforschung - Testsysteme:

- Vorkommen, Emission/Immission von Dioxinen (z.B. KfZ, Metallindustrie, Kompost) (Hagenmaier)

- Effizienz von Hausmüllaufbereitungsanlagen und von getrennter Sammlung von Abfällen in Hinblick auf Schadstoffbelastungen, Schadstoffe in Biomüll (Krauß)
- Horizontaler und vertikaler Transport von PCB und PCDD/F in Ökosystemen (Krauß)
- Wirkung von Dioxinen in human- (z.B. Karzinombildung) und ökotoxikologischer Betrachtung (z.B. Reproduktionstoxizität, endokrine Wirkung) (Hagenmaier; Zusammenarbeit mit Prof. Bock (Institut für Toxikologie, Uni Tübingen))

Anmerkung: Prof. Hagenmaier ist in den Ruhestand getreten.

Institut für Chemische Pflanzenphysiologie; Prof. Dr. Dr. h.c. Klaus Wegmann

Wirkungsforschung - Bioindikation, Einzelorganismen - Pflanzen - Aufnahme/Verteilung - Schwermetalle:

- Bioindikation von Chlorverbindungen in Gewässern über Aufwuchs
- Aufnahmemechanismen von Schwermetallen in Pflanzen, Stress-Biochemie unter anderem unter Schwermetalleinfluss

Anmerkungen: Das Institut ist seit Ende 1995 umbenannt in Institut für Pflanzenbiochemie. Prof. Wegmann ist mittlerweile emeritiert.

Botanisches Institut, Lehrstuhl für Spezielle Botanik und Mykologie; Prof. Dr. Franz Oberwinkler, Prof. Dr. Ingrid Kottke

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Pflanzen - Aufnahme/Verteilung;

Wirkungsforschung - Biozönosen - Pilze/Mikroorganismen - Wirkungen - org. Verbindungen:

- Aufnahme von Schwermetallen und Aluminium aus dem Boden durch Bäume (Kottke)
- Einfluss organischer Schadstoffe auf die Mikropilzflora des Bodens und die Rhizosphäre (Oberwinkler)

Zoologisches Institut, Abteilung Physiologische Ökologie der Tiere; Prof. Dr. Erwin Kulzer, PD Dr. Rita Triebkorn

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen - Physiologie, Biochemie;

Wirkungsforschung - Testsysteme:

- physiologische und biochemische Wirkung von Dioxinen, Schwermetallen in Fischen
- physiologische Wirkungen von Molluskiziden bei Schnecken
- Monitoring von Umweltgiften über das 70 kD Hitzeschock-Protein

- Auswirkungen von 2,3,7,8-TCDD auf die Fortpflanzung von Fischen, Zusammenarbeit mit Prof. Bock (Institut für Toxikologie der Uni Tübingen)
- VALIMAR (s. Kap. 8.1)

Anmerkungen: Prof. Kulzer ist inzwischen emeritiert. Dr. Heinz-Rüdiger Köhler ist von der Universität Heidelberg zum Zoologischen Institut der Uni Tübingen, Abteilung Zellbiologie, gewechselt und leitet die Arbeitsgruppe „Zelluläre und molekulare Ökotoxikologie“ mit dem Schwerpunkt Ökotoxikologie wirbelloser Bodentiere.

Institut für Toxikologie; Prof. Dr. Karl Walter Bock, Prof. Dr. Michael Schwarz

Wirkungsforschung - Einzelorganismen - Tiere - Wirkungen:

- Zusammenarbeit mit Prof. Hagenmaier (Institut für Organische Chemie) und Prof. Kulzer (Zoologisches Institut)
- Wirkung von Dioxinen
- Wirkungen anderer organischer Verbindungen (humantoxikologisch)

Geographisches Institut; Prof. Dr. Karl-Heinz Pfeffer

Umweltchemie - Emission/Immission - Geosphäre - Schwermetalle:

- Emission/Immission von Schwermetallen in Böden (z.B. Umfeld einer Mülldeponie) und Sedimenten
- Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl auf das Ökosystem in Oberschwaben

Institut und Museum für Geologie und Paläontologie; Prof. Dr. emer. Gerhard Einsele, Prof. Dr. Peter Grathwohl, Prof. Dr. Georg Teutsch, Prof. Dr. Klaus-Dieter Balke

Umweltchemie - Transport - Hydrosphäre, Geosphäre - PAH, Chlorverbindungen, Borsalze:

- Gefährdung des Grundwassers durch organische Schadstoffe: Transport und Verteilung organischer Schadstoffe im Boden und im Grundwasser (halogenierte Verbindungen, PAH) (Grathwohl, Teutsch, Einsele)
- Boden- und Grundwasserverunreinigungen durch Borsalze (Balke)

Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie; Prof. Dr. Dr. h.c. Muharrem Satir

Umweltchemie - Transport - Geosphäre, Hydrosphäre - Schwermetalle:

- Schwermetallimmissionen im Uranbergbau
- Blei und Thallium in kontaminierten Böden

2.4.8 Universität Ulm

Abteilung Analytische Chemie und Umweltchemie; Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter
Umweltchemie - Vorkommen, Transport (global), Verteilung, Emission/Immission, Transformation (biotisch) - Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre:

- Vorkommen (Atmosphäre, Hydrosphäre, Biota, Nord- und Südhemisphäre), globaler Transport, Emmission/Immission, biotische Transformation von Xenobiotica und biogener Halogenverbindungen (halogenorganische Verbindungen, Alkylnitrate, Pflanzenbehandlungsmittel)

Abteilung Ökologie und Morphologie der Tiere; Prof. Dr. Werner Funke

Wirkungsforschung - Biozönosen - Bioindikation:

- Bioindikation mit Bodenorganismen (Wirbellose) (saurer Regen, Kompost, Kalk, Pflanzenbehandlungsmittel, Aromaten, Schwermetalle), Einfluss auf Populationen, Artzusammensetzung

Anmerkung: Prof. Funke ist seit September 1999 emeritiert. Als Nachfolgerin wurde Prof. Dr. Elisabeth Kalko ernannt.

Abteilung Systematische Botanik und Ökologie; Dr. Hermann Muhle

Wirkungsforschung - Bioindikation:

- Bioindikationsnetz Ulm (wird von einem Unternehmen weitergeführt)

Abteilung Mikrobiologie und Biotechnologie; Prof. Dr. Peter Dürre, Dr. Erhard Stupperich

Umweltchemie - Transformation (abiotisch und biotisch):

- Umsetzung und Abbau von Sulfonaten (Dürre)
- Eliminierung schwer abbaubarer Verbindungen aus industriellen Abwässern (Stupperich)

2.5 Folgerungen aus der Bestandsaufnahme

Bei der Überprüfung der personellen Änderungen stellt sich heraus, dass im Zeitraum 1996-2000 von den im ersten Forschungsprofil erfassten 71 Personen:

- eine verstorben ist,
- 10 emeritiert wurden oder in den Ruhestand gingen (dabei wurden die ökotoxikologischen Aktivitäten von Mitarbeitern oder Nachfolgern nicht immer oder nur zum Teil fortgeführt),
- bei mindestens 2 Personen die Emeritierung absehbar ist,
- 6 an Forschungsstätten außerhalb Baden-Württembergs gingen,
- bei mindestens 6 Personen aufgrund der Zielrichtung aktuellerer Projekte fraglich ist, ob ökotoxikologische Themen weitergeführt werden.

Die Dynamik, die sich hier offenbart, hat sich für die ökotoxikologische Forschung in Baden-Württemberg nicht förderlich ausgewirkt, ganz im Gegenteil: Hier ist Kompetenz verloren gegangen. Zum Teil ist dies sicher darauf zurückzuführen, dass die Ökotoxikologie eben kein Fach im etablierten Fächerkanon ist. Heute ältere Arbeitsgruppenleiter werden am Beginn ihrer Karriere die wissenschaftlichen Meriten vermutlich zunächst auf etablierteren Feldern gewonnen und sich erst dann ökotoxikologischen Themen gewidmet haben. Bis die wissenschaftliche Reputation im neuen Feld entsprechend gefestigt ist, vergeht einige Zeit, und die Emeritierung rückt näher. Andere Wissenschaftler haben ökotoxikologische Themen nicht zu ihrem Schwerpunkt gemacht, sondern bearbeiten Projekte dieses Forschungsfeldes dann, wenn Forschungsgelder dafür ausgelobt werden.

Desto wichtiger erscheint es, die Forschungsförderung so zu gestalten, dass verbliebene Kompetenzen gestärkt werden und Baden-Württemberg als Forschungsstandort für neue Forschungsgruppen der Ökotoxikologie attraktiv wird. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft beklagt in einer Denkschrift (DFG 2000a) den Niedergang des Faches (Human-)Toxikologie an den deutschen Hochschulen. Eine wesentliche Ursache für die schwindende Präsenz in Forschung und Lehre an deutschen Universitäten ist, dass die Toxikologie als interdisziplinäres Fach Mühe hat, sich bei der Notwendigkeit von Einsparungen im Hochschulbereich gegen etabliertere Fächer zu behaupten und seine Eigenständigkeit zu bewahren. Außerdem wird ein eklatanter Mangel an qualifiziertem Nachwuchs beklagt.

Das Land Baden-Württemberg sollte durch eine angemessene Förderung der Ökotoxikologie dafür Sorge tragen, dass diesem Forschungsfeld im Lande nicht ein ähnliches Schicksal wie der Humantoxikologie widerfährt, zumal die Ökotoxikologie die Eigenständigkeit, die die Humantoxikologie zu verlieren droht, erst noch

gewinnen muss. Vor diesem Hintergrund kann man eine Empfehlung aus der Denkschrift „Toxikologie“ der DFG direkt auf die Ökotoxikologie übertragen:

„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“ (DFG 2000a).

Die Förderung von Forschungsverbänden zur Ökotoxikologie im Land ist dazu ein erster wichtiger Schritt. Neben der Forschung wäre auch die Lehre durchaus ein Thema (Lenoir und May 1997), konnte aber im Rahmen dieser Studie nicht behandelt werden. Wichtige Fragen bleiben: Wie kann Ökotoxikologie in der Lehre besser repräsentiert werden? Welcher Stoffkanon ist notwendig? Welche Disziplinen müssen mit welcher Intensität beteiligt werden? Ist die Schaffung eigener Lehrstühle unabdingbar?

3 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg

Die in Kapitel 3.1-3.4 genannten Institutionen forschen zumindest teilweise an ökotoxikologischen Fragestellungen. Die in Kapitel 3.5 aufgelisteten Institute arbeiten zwar auch an ökotoxikologischen Fragen, diese sind aber nach unserer Kenntnis nur als Randgebiet zu betrachten - oder die Einrichtungen nehmen eher hoheitliche Aufgaben wahr (z.B. Überwachung) oder bieten Dienstleistungen an (z.B. Analytik). Dennoch könnten sie bei entsprechenden Fragestellungen in Forschungsverbände einbezogen werden. Die Liste ist vermutlich nicht vollständig. Darüber hinaus gibt es eine ganze Anzahl von Firmen, die Dienstleistungen im ökotoxikologischen Bereich anbieten. Hierzu kann neben Umweltanalytik auf Schadstoffe oder gutachterlichen Beurteilungen auch Auftragsforschung in Umweltchemie und Wirkungsforschung gehören. Eine auch nur halbwegs repräsentative Übersicht zu gewinnen, ist zeitraubend und kann wegen der Dynamik in diesem Feld auch nicht mehr als eine Momentaufnahme sein. Einzelne Firmen hier herauszugreifen (weil sie z.B. im Vademecum (1994) aufgeführt sind) wäre nicht angemessen. Im Hinblick darauf und weil dezidiert die *Forschung* im Vordergrund dieser Studie steht, wird auf eine Auflistung von Unternehmen verzichtet. Wenn man die Option ihrer Beteiligung an Verbundprojekten offenhalten will, erscheint es sinnvoller, Fördervoraussetzungen und -zeiträume, eventuelle Ausschreibungsfristen oder geplante Forschungsvorhaben samt Ansprechpartner (Koordinatoren) in geeigneten Publikationsmedien bekannt zu machen (s. Kap. 8).

3.1 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)

Hauptaufgabe der Fachbehörde in Karlsruhe ist die Beratung von Ministerien und Behörden in Baden-Württemberg in wissenschaftlichen und technischen Fragen des Umweltschutzes. Weiterhin dient sie als Transferstelle für die Ergebnisse aus Forschung und Wissenschaft in die Praxis oder als Projektträger des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg für Umweltforschungsvorhaben (z.B. Projekt Angewandte Ökologie, PAÖ). Dennoch wird auch selbst geforscht; im Folgenden nur einige Beispiele:

- Abteilung 2 (Ökologie, Boden- und Naturschutz): Biologische Umweltbeobachtung (Bioindikatoren, Aufklärung von Ursache-Wirkungsgefügen), Bodendatenbank, Bodenzustandskataster.

- Abteilung 3 (Industrie und Gewerbe, Kreislaufwirtschaft): Ausbreitung von Luftschadstoffen.
- Abteilung 4 (Wasser und Altlasten): Gewässergüte-Meßnetz, Grundwasserüberwachungsprogramm, Integriertes Rheinprogramm, Altlastenbewertung und -bearbeitung. Der Abteilung ist das Institut für Seenforschung mit Sitz in Langenargen angegliedert, das die Ursache-Wirkungsketten von natürlichen und anthropogenen Veränderungen des Ökosystems See analysiert.

3.2 Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt (FZK)

Institut für Meteorologie und Klimaforschung (Prof. Dr. Ulrich Schurath, Prof. Dr. Herbert Fischer)

- atmosphärische Spurengase und Fernerkundung, Probleme der Klimaänderung
- Chemie und Dynamik von Troposphäre und Stratosphäre, Ozonabbau in der Stratosphäre
- Wechselwirkung von Aerosolen und Spurengasen in der Atmosphäre (Experimentieranlage AIDA)

Institut für Toxikologie und Genetik (Prof. Dr. Peter Herrlich)

- Molekulare Toxikologie von Dioxinen und Steroidhormonen (Dr. Martin Göttlicher)
- Molekulare Umwelttoxikologie (Zelluläre Inhalationstoxikologie, Modulierung von Signalkaskaden durch Umwelttoxinen; PD Dr. Harald Krug)

Darüber hinaus bestanden und bestehen am Forschungszentrum Karlsruhe diverse Projektträgerschaften mit Ökotoxikologie-Bezug: Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung (PEF), Projekt Umwelt und Gesundheit (PUG), Projekt Wasser, Abfall, Boden (PWAB), Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BW-PLUS).

3.3 Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB)

Ökotoxikologische Bezüge des Instituts in Stuttgart bestehen in Forschungen zur Umweltbiotechnologie und zu Schadstoffabbau und -transformation (Prof. Dr. Walter Trösch, Prof. Dr. Herwig Brunner, Prof. Dr. Hans-Joachim Knackmuss).

3.4 Steinbeis-Transferzentrum Angewandte und Umweltchemie

Das Transferzentrum ist an der Fachhochschule Reutlingen angesiedelt und wird von Prof. Dr. Wolfgang Honnen geleitet. Angeboten wird neben Dienstleistungen in der chemischen und biologischen Analytik auch angewandte Forschung, so in der Entwicklung und Modifizierung von Testverfahren zur Ökotoxikologie, zur biologischen Abbaubarkeit und zur Bioindikation. Das Transferzentrum ist Teilnehmer am Verbundprojekt VALIMAR (s. Kap. 8.1).

3.5 Sonstige Einrichtungen

- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Stuttgart
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg
- Chemische und Veterinäruntersuchungsämter, Stuttgart, Sigmaringen, Freiburg, Karlsruhe
- Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg (LUFA), Karlsruhe
- Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal
- Steinbeis-Transferzentrum Verfahrenstechnik, Bio- und Umwelttechnik an der FH Mannheim (Prof. Dr. Jens Hagen)

4 Einordnung der Arbeitsgruppen mit Hilfe des Science Citation Index® (SCI)

4.1 Vor- und Nachteile des Instruments SCI

Die universitären Forschungsgruppen wurden mit Hilfe des Science Citation Index® (SCI) einer orientierenden Einordnung hinsichtlich Arbeitsgebieten, wichtigen Forschungsthemen und Bedeutung in der Fachwelt unterzogen. Das Vorgehen nach dem SCI hat den Vorteil, dass sie auf einer anerkannten Methode basiert (May 1997). Der Science Citation Index®, veröffentlicht vom *Institute for Scientific Information*® (ISI®) deckt etwa 3500 der führenden wissenschaftlichen Zeitschriften weltweit in mehr als 160 Disziplinen ab. Mit dem *Science Citation Index Expanded*™ werden sogar mehr als 5700 Zeitschriften erfasst (ISI 2000a). Im SCI sind nicht nur die publizierten Artikel bibliographisch aufgearbeitet, sondern auch die in den jeweiligen Artikeln enthaltenen Literaturzitate. Über die Ermittlung der Zitierhäufigkeit aus dem SCI kann auf die Bedeutung geschlossen werden, die der Arbeit bestimmter Forschungsgruppen in der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft zugemessen wird.

Allerdings müssen die erhaltenen Ergebnisse unter gewissen Vorbehalten betrachtet werden (May 1997, Heinrich 1998, ISI 2000b):

- Die mittlere Zitierungsrate (eine häufige Bezugsgröße bei Zitierungsanalysen) ist stark von der Fachdisziplin abhängig. Gerade bei einem „Fach zwischen allen (Lehr-)Stühlen“ wie der Ökotoxikologie kann das bei der Bewertung von Arbeitsgruppen aus verschiedenen Hausdisziplinen von Bedeutung sein. Ebenso variiert die Lebensdauer (Halbwertszeit) von Zitaten zwischen den Disziplinen.
- Die Anzahl der Zitierungen ist primär ein Maß für die Resonanz, die eine Publikation unter Fachkollegen hervorruft. Das ist noch nicht gleichbedeutend mit fachlicher Bedeutung bzw. Qualität.
- Wissenschaftler zitieren sich gern selbst oder bilden sogenannte Zitierkartelle. Mehr als 10% aller Zitate sind Eigenzitate. In der vorliegenden, orientierenden Analyse wurden Eigenzitate nicht mitgezählt.
- Reviews und methodische Arbeiten haben eine hohe Chance, oft zitiert zu werden.
- Völlig neue Forschungsgebiete brauchen oft lange, bis sie von einer größeren Zahl von Wissenschaftlern aufgegriffen und zitiert werden.
- Der SCI deckt ganz überwiegend englischsprachige Zeitschriften ab, Journale von nicht-englischsprachigen Ländern sind damit unterrepräsentiert. In der Ökotoxikologie gibt es jedoch relativ viele deutschsprachige Veröffentlichungen.

- Ebenso werden Artikel in Büchern, Monographien, Forschungsberichten, Arbeitspapieren und ähnlichen Publikationsorganen nicht als Quelle erfasst, lediglich als Zitat in anderen Artikeln in wissenschaftlichen Zeitschriften. Damit fallen viele Publikationen im Rahmen von Projektträgerschaften (PEF, PWAB, PAÖ, PUG u.a.) oder Ergebnisse von Auftragsforschung weitgehend unter den Tisch (es sei denn, sie würden in erfassten wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht; siehe auch obigen Punkt).

Daher kann die Anzahl der Zitierungen bzw. daraus abgeleitete Parameter nur eine grobe Aussage über die Bedeutung einer Publikation liefern. Diese Methode erschien uns auch nur sinnvoll für universitäre Forschungsgruppen. Die Ergebnisse wurden in diesem Fall herangezogen, um

- Stärken ökotoxikologischer Forschung an den Universitäten des Landes zu identifizieren,
- geeignete Partner für die Rundgespräche zusammenzuführen,
- mögliche Koordinationszentren für Forschungsverbände zu lokalisieren.

Die Einordnung der Arbeitsgruppen diene also nur projektinternen Zwecken. Die Ergebnisse der SCI-Auswertungen werden daher hier nicht näher ausgeführt.

Für die Zusammenstellung der Teilnehmer an den Rundgesprächen spielten auch andere Kriterien eine Rolle. Wichtig war uns die Beteiligung aller Universitäten des Landes mit ökotoxikologischen Arbeitsgruppen, die Beteiligung außeruniversitärer Einrichtungen und die Expertise auch aus Forschungsinstitutionen außerhalb Baden-Württembergs und aus der Industrie, um ein möglichst ausgewogenes Bild des Forschungsfeldes zu erhalten.

4.2 Vorgehensweise mittels SCI

Im Folgenden wird die vielseitig verwendbare SCI-Methode erläutert, um Transparenz über das benutzte Verfahren herzustellen. Um einen Überblick über die international wichtigen Beiträge der Arbeitsgruppen in den letzten Jahren zu bekommen, wurde überprüft, wieviele und welche Arbeiten im Source Index des Science Citation Index[®] (SCI) von 1991 bis 1996 erfasst wurden. In der CD-ROM-Ausgabe des SCI wurde nach dem Autor und seiner Adresse gesucht. Als Autoren wurden jeweils die Abteilungsleiter und deren längerfristig angestellte Mitarbeiter, die aus den Forschungsberichten und aus den vorhandenen Publikationen bekannt waren, eingesetzt. Bei den Autoren, von denen bekannt war, dass sie sich in diesem Zeitraum an mehreren Forschungsorten befanden, wurden ihre Publikationen, die nicht in Baden-Württemberg geschrieben wurden, ebenfalls berücksichtigt, sofern sie

in den jetzigen Forschungsschwerpunkt fallen. Die Zahl der im erfassten Zeitraum publizierten Artikel (Artikelzahl A) reicht von 0 bis 30.

Der SCI listet bei den im Source Index aufgelisteten Publikationen auch die dort zitierten Veröffentlichungen auf. Auf diese Weise kann untersucht werden, wie häufig ein bestimmter Artikel zitiert wird. Die Suche nach der Zitierhäufigkeit der Artikel eines Instituts ist wesentlich zeitaufwendiger als die Suche im Source Index, da von den Zitaten immer nur der Erstautor angegeben ist, somit ist eine schnelle und umfassende Suche über den Institutsleiter nicht möglich. Außerdem muss der Titel bzw. Inhalt des zitierten Artikels bekannt sein, da nur die bibliographischen Angaben ohne Titel angegeben werden. Das heißt, dass nur eine Suche nach der Zitierhäufigkeit von bereits bekannten Artikeln sinnvoll ist und nicht eine Suche nach dem Autorennamen. Um die Zahl der auf ihre Zitierhäufigkeit untersuchten Artikel nicht ins Uferlose wachsen zu lassen, wurde die Suche auf im Source Index von 1991 bis 1996 geführte Artikel beschränkt.

Es wurde die Summe der Zitierungen (Z) aller Artikel mit ökotoxikologischem Hintergrund ermittelt, wobei Eigenzitate nicht mitgezählt wurden. Um zu berücksichtigen, dass einige Arbeitskreise viel und andere wenig publizieren, wurde außerdem eine Quotientbildung (Q) aus der Summe der Zitierungen und der Zahl der zitierten Artikel gebildet. Dieses Verfahren begünstigt Arbeitskreise, die wenige, häufig zitierte Publikationen haben, wohingegen die reine Summe der Zitierhäufigkeit Arbeitsgruppen bevorzugt, die viel publizieren, deren einzelne Artikel aber unter Umständen nur selten zitiert werden. Dies führt zu einer unterschiedlichen Gruppierung der Arbeitsgruppen, je nachdem, welches Verfahren angewendet wird. Benachteiligt sind immer Arbeitskreise, die sehr viel 1995 oder 1996 publiziert haben, da diese Arbeiten noch zu jung sind, um häufig zitiert zu werden.

Die Zahl der Zitierungen eines Artikels ist auch von dem Zeitraum seit Erscheinen des Artikels abhängig. Deshalb wurde ein „Relative Impact“ (RI') berechnet. RI' ist der Quotient aus der Zahl der Zitierungen und dem Zeitraum seit Erscheinen in Jahren. Auf diese Weise werden jüngere Artikel einer Arbeitsgruppe weniger benachteiligt. Um die Arbeitsgruppen vergleichen zu können, wurde der Mittelwert der RI'-Werte (MW (RI')) aller Artikel gebildet.

Um auch hier einen Ausgleich zwischen wenig und viel publizierenden Arbeitsgruppen zu bekommen, wurde der MW (RI')-Wert mit der Artikelzahl multipliziert (MW (RI') • Artikelzahl). Dann ergibt sich eine andere Gruppierung der Arbeitsgruppen, bei der die Arbeitsgruppen mit wenig Publikationen nicht mehr bevorzugt werden.

Zusammenfassung der benutzten Parameter:

A = Zahl der im Zeitraum '91-'96 im SCI geführten Artikel

Z = Zahl der Zitierungen aller im Zeitraum '91-'96 im SCI geführten Artikel

Q = Quotient aus der Summe der Zitierungen und der Zahl der zitierten Artikel;

$$Q = Z/A$$

RI' = „Relative Impact“; ist der Quotient aus der Zahl der Zitierungen und dem Zeitraum seit Erscheinen in Jahren

MW (RI') = Mittelwert der RI'-Werte der im Zeitraum '91-'96 im SCI geführten Artikel

MW (RI') • Artikelzahl

Da Betrachtungen einzelner Parameter zu Ungleichgewichten führen können, wurde eine zusammenfassende Betrachtung aller Parameter durchgeführt. Dazu wurde nach der Zugehörigkeit zu den Untergruppen bei den einzelnen Parametern gewichtet und nach einer Anregung von May (1997) die beste Gruppe relativ höher bewertet (z. B. mit den Faktoren 4-2-1).

Betrachtet wurden die 5 Parameter A, Z, Q, MW (RI'), MW (RI') • Artikelzahl.

Die Wertungen der einzelnen Parameter wurden summiert und auf diese Weise Extremfälle (Zugehörigkeit zur ersten und zur dritten Gruppe) ausgeglichen. Die Summenwerte liegen zwischen 5 (jeweils Zugehörigkeit zur dritten Gruppe) und 20 (jeweils Zugehörigkeit zur ersten Gruppe).

5 In den Arbeitsgruppen untersuchte Umweltchemikalien

Organische Verbindungen			Anorganische Verbindungen
Kohlenwasserstoffe	PCDE	Carbofuran	Schwermetalle
Alkylnitrate	Dioxine/Furane	Alkyl-Arylether	Spurenelemente
Aceton	4-Chloranilin	Alkyl/Arylsulfonate	Aluminium
PAH	Chloracetamide	Triethanolamin	Bor
Xylol	halogenierte Anisole	3-Aminobenzoat	Calcium
Benzol	Dinitro-o-cresol	S-Verbindungen	Schwefelverbindungen
Phenole	Pflanzenbehandlungsmittel	P-Verbindungen	mineralischer Dünger
Chloralkane	Insektizide	Disulfoton	Ammoniak
Chlormethan	Herbizide	Organozinnverbindungen	saurer Regen
Dichlormethan	Molluskizide	EDTA	Ozon
Trichlorethen	Fungizide	organische Stoffgemische	Nitratradikale
Tetrachlorethen	Endosulfan	Sickerwässer	HF
Hexachlorcyclohexan	Toxaphen	Ochratoxin	Smog
Chlorbenzole	Paraquat	natürliche Verbindungen	Kohle
Chlorphenole	Parathion		
PCB	Atrazin		

Die meisten der bei der Erhebung des Forschungsprofils gesichteten Artikel beschäftigen sich mit organischen Umweltchemikalien (ca. 220 Artikel). Mit anorganischen Verbindungen befassen sich ca. 120 Artikel. Die übrigen der ca. 450 untersuchten Artikel sind nicht eindeutig zuzuordnen. Von den organischen Umweltchemikalien werden hauptsächlich Pflanzenbehandlungsmittel (Herbizide 31 Artikel, Insektizide 7 Artikel, Molluskizide 3 Artikel, allgemein Pestizide 7 Artikel) untersucht, wobei das Hauptaugenmerk auf der Wirkungsforschung liegt. Ebenfalls häufig untersucht sind die PCDD/PCDF (28 Artikel). Die Forschung über anorganische Noxen beschäftigt sich vor allem mit den Schwermetallen (47 Artikel), wovon 28 Artikel sich mit der Wirkungsforschung (davon wiederum 13 Artikel mit der Aufnahme und Verteilung in der Biosphäre) beschäftigen. Ein weiterer großer Bereich ist die Waldschadensforschung, zu der Untersuchungen über Versauerung, erhöhte Mobilität von Aluminium und die Wirkung von Ozon zählen.

6 Grundsätzliche Überlegungen zur Bildung von Forschungsverbänden

6.1 Ausbau bestehender Stärken

Aufbauend auf den Überlegungen des Landesforschungsbeirats (s. Anhang 1) sollten bestehende Stärken und Kompetenzen der Forschung in Baden-Württemberg ausgebaut und vernetzt werden, ohne deswegen neue, ergebnisoffene Ansätze zu beschneiden. Die Themenfelder für Forschungsverbände im Forschungsfeld „Ökotoxikologie“ sollten daher nicht zu eng gefasst werden.

Forschungskompetenzen, die einem internationalen Vergleich standhalten (s. Kap. 4), liegen in Baden-Württemberg in Teilbereichen einer Ökotoxikologie nachweislich vor für:

- Wasser (Wasserchemie und Wirkungen auf aquatische Organismen),
- Luft/Atmosphäre (Chemie, Verteilung, Transport, Transformation, Deposition),
- Bioindikation (verknüpfbar mit Deposition).

Vorschläge zu Projekten bzw. Projektverbänden werden sich daher sinnvollerweise an diesen Teilbereichen orientieren (s. Kap. 7 und 8).

6.2 Mischung der Disziplinen

Die thematische Ausrichtung sollte sich an den Anforderungen des Faches - Zusammenführung und Integration von Chemie und Biologie unter einer neuen Fragestellung - orientieren.

Forschungsverbände wären damit gemischt zu konzipieren, um den notwendigen Integrationseffekt zu erreichen:

- Umweltchemie / Ökotoxikokinetik (Chemie) und
- Wirkungsforschung / Ökotoxikodynamik (Biologie, Biochemie)

sollten unter der Fragestellung einer Ökotoxikologie enger verknüpft werden.

Ein Projekt eines Forschungsverbundes sollte demnach obligat von mindestens einem Vertreter der Umweltchemie und mindestens einem Vertreter der Wirkungsforschung in Baden-Württemberg durchgeführt werden. Wünschenswert wäre insgesamt die Beteiligung weiterer Forscher, die aber auch außerhalb der Landesgrenzen ihren Forschungssitz haben dürfen. Eine kurze Umfrage unter den am Projekt beteiligten Forschern hat ergeben, dass vielfältige Kontakte und auch Kooperationen national wie international bereits bestehen. Insofern sind gute

Voraussetzungen für die Bildung von Forschungsverbänden gegeben, oftmals gibt es sogar ein bereits erprobtes Netzwerk.

6.3 Organisationsform von Forschungsverbänden

Die jeweiligen Forschungsverbände in Baden-Württemberg sollten sich in ihrer Organisationsform an dem Modell der Forschergruppen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) orientieren sowie Elemente aus den Sonderforschungsbereichen (SFB) bzw. Graduiertenkollegs (unter Aufgabe des Ortsprinzips) übernehmen. Modelle in anderen Bundesländern wären auf ihre Umsetzbarkeit für Baden-Württemberg zu überprüfen. Wichtig sind integrierende Vorgaben, die über die formal gemeinsame Arbeit hinausgehen. Hierzu gehören der (temporäre) Austausch von Mitarbeitern und die gemeinsame Teilnahme an bzw. das Organisieren von Diskussionsrunden, Seminaren, Workshops und Tagungen. Solche transdisziplinären Integrationsbemühungen erfordern einen zusätzlichen Aufwand zur in der Regel weiterhin disziplinär angebotenen Forschungsarbeit. Daher sind dafür entsprechende Mittel vorzusehen.

Die Koordination des jeweiligen Forschungsverbundes sollte relativ straff erfolgen und deswegen am besten in einer Hand liegen. Je nach Umfang des Verbundes wären hierfür Personalmittel, z.B. für eine Koordinatorenstelle, vorzusehen.

Ebenso müssen zur Wahrung des thematischen Zusammenhangs die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen eines Verbundes in regelmäßigen Zeitabständen (zwei- bis dreimal im Jahr) zusammengeführt und zu einem Gesamtergebnis verdichtet werden. Die bloße Aneinanderreihung von Einzelergebnissen reicht dabei keinesfalls aus; ausdrücklich erwünscht ist eine integrierende Gesamtschau. Teilergebnisse und Gesamtergebnis müssen periodisch (z.B. alle zwei Jahre) von einem unabhängigen Gremium begutachtet bzw. evaluiert werden. Die Ergebnisse eines Forschungsverbundes sollten angemessen aufbereitet werden, dabei ist insbesondere auf Schnittstellen mit der angewandten Forschung zu achten.

Insbesondere wäre zu prüfen, ob die seit 1999 von der DFG angebotene Variante des herkömmlichen SFB, der Sonderforschungsbereich „Transregio“, ein geeignetes Modell darstellt, das gegebenenfalls nur zu modifizieren wäre (z. B. durch weniger strenge Formalisierung). Ein SFB/Transregio zeichnet sich unter anderem durch folgende Kriterien aus (DFG 2000b):

- Ansiedlung an verschiedenen Standorten unter Federführung einer wissenschaftlichen Hochschule
- Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen können sich beteiligen
- Zusammensetzung nach freier Wahl der an der Initiative Beteiligten

- Ziel ist die gemeinsame Bearbeitung eines Forschungsprogramms durch die besten dafür ausgewiesenen Kooperationspartner und längerfristig der Aufbau überregionaler Netze von fachübergreifenden Forschungsinteressen.
- Die Beiträge sollen komplementär und synergistisch zusammenwirken; jeder Partner sollte für das Erreichen des Forschungsziels essentiell sein.
- Die Zusammenarbeit muss von Beginn an personell, materiell und zeitlich gesichert sein.

6.4 Anregungen zu Forschungsansätzen

Die Anregungen sind aus den beiden durchgeführten Rundgesprächen mit Experten entstanden (s. Anhang 2). Bei der Planung künftiger (Verbund-)Projekte im Forschungsfeld Ökotoxikologie in Baden-Württemberg sollten folgende Vorgaben berücksichtigt werden:

- Die Betonung sollte eher auf subakuten und möglichen chronischen Effekten liegen, da hier ein deutliches Forschungsdefizit gegenüber akuten Effekten zu sehen ist: Wirkungen geringer Konzentrationen, Bedeutung der Zeitachse.
- Die Erforschung von möglichen allgemeinen biochemischen Wirkungsmechanismen sollte eher im Vordergrund stehen als z. B. die Entwicklung neuer Tests: Indikatorfunktion beginnender biochemischer Entgleisungen.
- Schwerpunkte der Forschungsthemen sollten sich eher auf organische Schadstoffe / Einträge (Xenobiotika, persistent organic pollutants (POPs)) und die Überforderung von Stoffkreisläufen (Critical Loads; Umweltbereiche in ihrer Kapazität als Schadstoffsенke: Non-Critical Loads) konzentrieren. Die Ökotoxikologie der Schwermetalle sollte zurückgestellt werden, da diese Thematik schon relativ intensiv bearbeitet worden ist.
- Stoffgemischen und daraus resultierenden Wechselwirkungen in Ökotoxikokinetik und Ökotoxikodynamik sollte vermehrt Beachtung geschenkt werden, ebenso der Ökotoxizität von Sekundärverbindungen: Transformation in der Umwelt.
- Die Themenfelder könnten in einem ersten Ansatz medienbezogen orientiert werden, da dann sowohl der Stoffbezug (Umweltchemie) wie der Wirkungsbezug ((ökosystemare) Wirkungsforschung) direkt Berücksichtigung finden. Eine medienübergreifende Betrachtungsweise muss dann über Schnittstellen gewährleistet werden.
- Innerhalb eines Forschungsverbundes werden vermutlich Systeme unterschiedlicher Komplexitätsstufe untersucht: Modelle, Moleküle, Zellen, Individuen,

- Populationen, Ökosysteme, globale Verteilungsräume. Hier müssen geeignete Schnittstellen und Integrationsebenen festgelegt werden.
- Ein Forschungsverbund sollte mit einem oder zwei Pilotprojekten überschaubarer Größenordnung beginnen. Eine allmähliche Ausweitung oder Neuorientierung kann dann anhand der gesammelten Erfahrungen (nach etwa 2-3 Jahren) erfolgen.

7 Vorschlag von Rahmenkonzepten zu Forschungsverbänden

Von Seiten der Akademie für Technikfolgenabschätzung konkrete Projekte für Forschungsverbände vorzuschlagen, wäre nicht zielführend. Die ökotoxikologisch arbeitenden Forschungsgruppen wissen selbst am besten, welche Fragestellungen

- wissenschaftlich besonderen Erkenntnisgewinn versprechen,
- anwendungsrelevant und /oder dringlich sind,
- sinnvoll in Forschungsverbänden bearbeitbar sind und sich in solche eingliedern lassen oder
- sinnvoll nur im interdisziplinären Verbund zu erforschen sind,
- sich mit den vorhandenen Kompetenzen bearbeiten lassen oder
- welche zusätzlichen Personal- und Sachkompetenzen mit welchem Mitteleinsatz benötigt werden,
- welche Forschungsgruppen zur Beantwortung einer spezifischen Fragestellung welchen Beitrag leisten können.

Die TA-Akademie kann aber aufgrund der Projektergebnisse und Rundgespräche einen Vorschlag machen, in welchem groben inhaltlichen Rahmen sich künftige Verbundprojekte bewegen könnten (s. auch Kap. 6.4). Wir schlagen daher zwei übergeordnete Rahmenkonzeptionen vor, die mit konkreten Verbundprojekten auszufüllen wären. Begonnen werden sollte mit Pilotprojekten definierter Laufzeit und einer zwischenzeitlichen Effektivitätskontrolle.

Bestehende Forschungsförderungen anderer Geldgeber (DFG, BW-PLUS usw.) wären thematisch zu berücksichtigen und gegebenenfalls so weit wie möglich zu integrieren.

Vorschlag 1

Rahmenkonzept „Ökotoxikologie organischer Schadstoffe in Gewässern - Analyse, Transport, Verbleib und Wirkungen auf aquatische Ökosysteme“

Auf der Grundlage des erhobenen Forschungsprofils bietet es sich an, den Kernbereich aus Forschern der Universitäten Karlsruhe (Schwerpunkt Umweltchemie) und Konstanz (Schwerpunkt Wirkungsforschung) zu bilden. Assoziiert wären Arbeitsgruppen der Universitäten Heidelberg, Stuttgart, Tübingen und Ulm, evtl. auch Freiburg und Hohenheim. Außeruniversitär könnten die LfU (Institut für Seenforschung, Langenargen), das Fraunhofer-IGB in Stuttgart und das Steinbeis-Transferzentrum der FH Reutlingen einbezogen werden. Mögliche Ansprechpartner an den Universitäten des Landes wurden in Kap. 2.3 benannt.

Forschungsthemen, die zu Verbänden einladen:

- Wasserchemie, Transport und Umwandlung von Fremdstoffen in Aquiferen und Gewässern;
- Bioakkumulation;
- Transformation durch und Wirkung auf Mikroorganismen;
- Exposition und Wirkungsmechanismen mit diversen Schwerpunkten (Fische, andere Organismen, Xenoöstrogene).

Nebenbemerkungen:

- Schwerpunkt Sickerwasser, Grundwasser, Fließ- und Stillgewässer, Eintrag über Kläranlagenabläufe; keine Betrachtung mariner Systeme (Binnenland Baden-Württemberg).
- Erstes politisch aktuelles wie auch relevantes Pilotprojekt: „Hormonwirksame Substanzen in Gewässern: Einordnung von Exposition und möglichen Folgen in den Gewässern Baden-Württembergs“?

Vorschlag 2

Rahmenkonzept „Ökotoxikologie organischer Schadstoffe aus der Atmosphäre - Analyse, Transport, Umwandlung, Immission, Deposition und Wirkung auf terrestrische Ökosysteme“

Auf der Grundlage des erhobenen Forschungsprofils bietet es sich an, den Kernbereich aus Forschern der Universitäten Hohenheim (Schwerpunkt Wirkungsforschung) und Ulm (Schwerpunkt Umweltchemie) zu bilden. Assoziiert wären Arbeitsgruppen der Universitäten Freiburg, Heidelberg, Karlsruhe und Konstanz, evtl. auch Stuttgart und Tübingen. Außeruniversitär könnten die LfU und das Forschungszentrum Karlsruhe einbezogen werden. Mögliche Ansprechpartner an den Universitäten des Landes wurden in Kap. 2.3 benannt.

Forschungsthemen, die zu Verbänden einladen:

- Atmosphärenphysik und -chemie, Transport, Transformation, Immission;
- Deposition, Akkumulation und ökosystemare Wirkung.

Nebenbemerkungen:

- Die Ökologische Umweltbeobachtung sollte sich unter Federführung der LfU und Hohenheims einer stärker stofflich bezogenen Expositionsanalyse widmen: Was wirkt warum? Warum sehen wir welche Veränderungen?
- Zur Vorbereitung der Aufgabenstellung des Forschungsverbands sollten die bereits vorhandenen Daten analysiert und entsprechend aufgearbeitet werden

- (relevante Stoffe, Stoffklassen, Schlüsselindikatoren, Schlüsselfunktionen in Ökosystemen usw.).
- Die mikrobiologische Seite könnte im Prinzip von den Gruppen Konstanz und Karlsruhe abgedeckt werden - ähnlich wie bei aquatischen Ökosystemen.

Weitere Themenvorschläge:

Es gibt eine ganze Anzahl von Fragestellungen, die sich schlecht in eine Einteilung in aquatische und terrestrische Ökosysteme einfügen lassen. Dazu gehören folgende Themen, für die in Baden-Württemberg Kompetenzen vorhanden wären, um Forschungsverbände aufzubauen:

- **Stoffliche Belastungsgrenzen von Umweltbereichen**

Hier könnte das immer wieder - vor allem in der politischen Diskussion - angeführte und geforderte Beachten der Belastungsgrenzen der Umwelt hinsichtlich der Schadstoffeinträge (Immissionen und Depositionen) - als Konzept der Critical Levels / Critical Loads bezeichnet - in eine wissenschaftliche Fragestellung mit möglichen Antworten überführt werden. Die internationale Diskussion und Modellierung ist für den Stoff Schwefeldioxid (SO₂) bereits sehr weit fortgeschritten. Eine verallgemeinernde Betrachtung mit einem breiten stofflichen Bezug steht aber noch völlig aus.

- **Störungen von Stoffkreisläufen**

Forschungskapazitäten bestehen in Freiburg, Heidelberg und Hohenheim. Da es sich in Baden-Württemberg eher um ein Forschungsgebiet am Rande handelt, wäre vielleicht eine externe Vernetzung (Göttingen, Bayreuth usw.) vorzuziehen. Teilaspekte könnten in Projekte der vorgeschlagenen Rahmenkonzepte 1 oder 2 oder in „Stoffliche Belastungsgrenzen von Umweltbereichen“ integriert werden.

- **Pflanzenbehandlungsmittel**

Forschungskapazitäten bestehen in Hohenheim, Karlsruhe, Konstanz und Ulm. Auch hier wäre zu überlegen, ob man einen eigenen Schwerpunkt aufbaut oder besser unter Projekten der Rahmenkonzepte 1 oder 2 subsumiert.

8 Konkrete Verbundprojekte

Die Rahmenkonzeption muss mit konkreten Projekten ausgefüllt werden, die in Forschungsverbänden bearbeitet werden. Vorschläge zu solchen Projekten und Verbänden sollten sinnvollerweise von den in Frage kommenden Arbeitsgruppen selbst kommen. Im Hinblick darauf, dass das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg bereit ist, Mittel für ökotoxikologische Forschung im Lande bereit zu stellen, stellt sich die Frage, wie man bei der Projektgenese vorgehen könnte. Das Verfahren hierzu sollte transparent sein, nicht zuviel Aufwand verursachen und jeder interessierten Forschungsgruppe ermöglichen, an einem Verbundprojekt teilzunehmen.

Dazu erscheint uns das Verfahren einer begrenzten Ausschreibung am geeignetsten. Die Universitäten des Landes werden angeschrieben und interessierte Forschungsgruppen aufgefordert, Vorschläge zu Projekten der Ökotoxikologie in Forschungsverbänden einzureichen. Diese Vorschläge sollten sich an den Maßgaben des Landesforschungsbeirats und dieses Papiers orientieren. Entsprechende Ansprechpartner an den Universitäten wurden benannt (s. Kap. 2.3). Diese Ansprechpartner dienen auch außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die ökotoxikologische Forschung betreiben, als Anlaufstelle. Die Ausschreibung sollte in geeigneten Fachjournals bekannt gemacht werden.

Die Vorschläge würden von einem unabhängigen und finanziell möglichst unbeteiligten Gremium (vgl. Kap. 6.3) evaluiert und geeignete Verbundprojekte ausgewählt.

Im Folgenden seien kurz zwei Beispiele vorgestellt, wie solche Verbundprojekte gestaltet werden könnten. Eines davon (VALIMAR) wurde bereits realisiert und steht kurz vor dem Abschluss; es wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Es zeigt, dass Verbundprojekte im Forschungsbereich Ökotoxikologie funktionieren können. Das andere ist ein Projektentwurf eines der Teilnehmer an den Experten-Rundgesprächen (Prof. Dietrich). Die beiden Entwürfe beziehen sich auf aquatische Ökosysteme (s. Vorschlag 1 zu den Rahmenkonzepten; Kap. 7). Terrestrische Ökosysteme sind zwar ökotoxikologisch schwieriger zu bearbeiten, da sie immer alle vier Umweltbereiche - Boden, Wasser, Luft, Biota - berücksichtigen müssen. Desto reizvoller und innovativer wäre aber ein Verbundprojekt des Landes in diesem Feld. Erste Experten-Vorschläge hierzu gingen in den Vorschlag 2 für ein Rahmenkonzept (Kap. 7) ein.

8.1 VALIMAR

Validierung und Einsatz biologischer, chemischer und mathematischer Tests und Biomarkerstudien zur Bewertung der Belastung kleiner Fließgewässer mit Umweltchemikalien.

- Verbundprojekt, gefördert durch das BMBF
- Koordination: PD Dr. Rita Triebkorn, Zoologisches Institut der Universität Tübingen
- Laufzeit: Phase 1: Juni 1995 - August 1997; Phase 2: September 1997 - März 2000
- Personal: je nach Phase 7 - 9 Doktorandengehälter, 1,5 - 2 Wissenschaftlerstellen, 1 Techniker
- Projektpartner: in der zweiten Phase 11 Partner, davon 5 in Baden-Württemberg:
 - R. Triebkorn et al., Uni Tübingen: Limnochemie, Ultrastruktur in vivo
 - H.-R. Köhler et al., Uni Tübingen: Stressproteine
 - J. Böhmer et al., Uni Hohenheim: Fischpopulation, Makrobenthos
 - Th. Braunbeck et al., Uni Heidelberg: Stoffwechsellenzyme, Zellkultur, Ultrastruktur in vitro
 - W. Honnen et al., Steinbeis-Transferzentrum Reutlingen: Chemische Analytik
 - Oberemm et al., Institut für Gewässerökologie Berlin: Embryotoxizität
 - W. Traunspurger et al., Uni Bielefeld: Nematodentests
 - R. Lehmann, Geo-Ökologie-Consulting, Weilheim: Gewässermorphologie
 - G. Schüürmann et al., Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle: Chemo-metrie, Modellbildung
 - H. Segner et al., Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle: Biotransformationsenzyme
 - J. Schwaiger, Labor für Fischpathologie, München: Pathologie und Histo-pathologie

Ziel des Verbundprojekts ist die Etablierung eines Biomarkersets zur Bewertung der Belastung kleiner Fließgewässer mit Umweltchemikalien. Modellhaft werden an zwei süddeutschen Bächen (Körsch und Krähenbach) Biomarkerstudien an Bachschmerlen und Bachforellen sowie ergänzend an Wirbellosen durchgeführt. Die Expositionssituation wird anhand chemisch-analytischer, limnochemischer und gewässermorphologischer Untersuchungen charakterisiert. Inwieweit sich die unterschiedliche Expositionssituation in biologischen Effekten widerspiegelt, wird durch vergleichende Biomarkerstudien im aktiven und passiven Biomonitoring überprüft. Diese umfassen Untersuchungen von Biotransformations- und Stoffwechsellenzymen, Nachweise von Stressproteinen, licht- und elektronenmikroskopische Diagnostik in

Fischorganen, parasitologische, hämatologische und verhaltensbiologische Studien sowie Experimente mit Fischzellkulturen.

8.2 Entwurf „Kläranlagenausflüsse und Immunsuppression bei Fischen

- Koordination (angedacht): EUREGIO Ökotoxikologie Service Labor, Konstanz (Prof. Dr. Daniel Dietrich)
- Laufzeit: Phase I: 2 Jahre; Phase II: 3-5 Jahre
- Personal: Phase I: 3 Doktorandengehälter, 1 Techniker, 3 studentische Hilfskräfte, 0,5 Schreibkraft; hinzu kommen Sach- und Investitionskosten, Reise-mittel; insgesamt etwa 400 000 DM pro Jahr
Phase II: etwa 770 000 DM pro Jahr
- Projektpartner: in der zweiten Phase 8 Partner, davon 7 in Baden-Württemberg:
 - Dr. Triebkorn, Uni Tübingen: Ultrastruktur
 - Dr. Körner, Uni Tübingen: Analytik
 - Dr. Kümmerer, Dr. Al-Ahmad, Uni Freiburg: Mikrobiologie
 - Dr. Sures, Uni Karlsruhe: Parasitologie
 - Dr. Müller, Insitut für Seenforschung, Langenargen: Fischereibiologie
 - Prof. Eckmann, Uni Konstanz: Fischereibiologie
 - Prof. Dietrich, Uni Konstanz: Immuntoxikologie
 - Dr. Wahli, Uni Bern (CH): pathogene Keime

Die Fragestellung für dieses geplante Projekt lautet: Verursachen bestimmte Fremd-stoffe aus Kläranlagenausflüssen eine chronische Immunsuppression und kann dies in einer erhöhten Parasitierung und Organschädigung bei Fischen und in der Folge einem Rückgang der einheimischen Fischpopulationen resultieren? Dazu würden an vier Standorten an zwei Flüssen (Argen, Schussen) die Belastung durch Fremdstoffe, speziell durch Pharmaka, und deren mögliche Wirkung auf Bachforellen untersucht: Analyse, Abbau und Akkumulation von Pharmaka, pathologische, biochemische und funktionelle Charakterisierung möglicher Immunsuppressionen und Organschädigungen bei der Bachforelle, Parasitenbefall, Befall mit pathogenen Keimen, Populationsstrukturen.

9 Literatur

- Depledge, M. (1994): Series foreword (Chapman & Hall Ecotoxicology Series) to Forbes, V. E. und Forbes, T. L.: Ecotoxicology in Theory and Practice; S. vii-ix. Chapman & Hall, London
- DFG (2000a): Toxikologie - eine Denkschrift. Wiley-VCH Verlag, Weinheim
- DFG (2000b): <http://www.dfg.de/aufgaben/Sonderforschungsbereiche.html>
- Fent, K. (1998): Ökotoxikologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Forbes, V. E. und Forbes, T. L.: Ecotoxicology in Theory and Practice; S. 15-27, S. 218. Chapman & Hall, London
- Heinrich, A. (1998): Current Contents bei ecomed. Z. Umweltchem. Ökotox. 10: 63
- ISI (2000a): Institute for Scientific Information[®]. <http://www.isinet.com/products/citation/citsci.html>
- ISI (2000b): Institute for Scientific Information[®]. <http://www.isinet.com/hot/essays/7.html>
- Lenoir, D. und May, R. G. (1997): Curricula for Environmental Chemistry in Germany. Environ. Sci. & Pollut. Res. 4: 235-240
- May, R. M. (1997): The scientific wealth of nations. Science 275: 793-796
- Newman, M. C. (1996): Ecotoxicology as a science. In: Newman, M. C. und Jago, C. H. (Hrsg.): Ecotoxicology - a Hierarchical Treatment; S. 1-9. Lewis Publishers/CRC Press, Boca Raton (FL)
- Vademecum Deutscher Lehr- und Forschungsstätten (1994): Stätten der Forschung, 11. Auflage. Raabe, Bonn, Stuttgart
- Wissenschaftsrat (1994): Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland; Bd. I und II. Köln

Anhang 1

Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg Arbeitsgruppe „Umweltforschung“

(überarbeitete Fassung nach Beratungen in der Arbeitsgruppe „Umweltforschung“ vom 7. Juni 1996)

Ökotoxikologie

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung: Ökotoxikologie als wissenschaftliche Fragestellung	50
1	Die Umwelt des Menschen.....	51
2	Warum Umweltforschung?	52
3	Ökotoxikologie als Teil der Umweltforschung	53
4	Forderungen des Wissenschaftsrates und des 12. Bundestages zur Ökotoxikologie.....	55
5	Ökotoxikologie: Grundlagen, Begriffe und Ansätze.....	56
5.1	Grundlagen	56
5.2	Ökotoxikologie und Humantoxikologie: Unterschiede und Gemeinsames	
5.3	Begriffe: Ökosysteme - Biozönosen - Biotope	58
5.4	Stoffliche Basis einer Ökotoxikologie.....	58
5.5	Ökotoxikokinetik und Ökotoxikodynamik als sich bedingende Teilbereiche der Ökotoxikologie	59
6	Forschungsaktivitäten im Bereich Ökotoxikologie in der Bundesrepublik (Auswahl)	61
6.1	Ökotoxikologie als Thema der Forschung außerhalb Baden-Württembergs	
6.2	Ökotoxikologie als Thema universitärer und außeruniversitärer Forschung in Baden-Württemberg	62
6.3	Waldschadensforschung in Baden-Württemberg	62
6.4	Limnologische Forschung in Baden-Württemberg.....	63
6.5	Ressortforschung in Baden-Württemberg zur Ökotoxikologie	63
7	Materialien (Auswahl)	64
8....	Empfehlungen	67

Zusammenfassung

Ökotoxikologie als wissenschaftliche Fragestellung

Das wissenschaftliche Arbeitsfeld der Ökotoxikologie lässt sich beschreiben als die Lehre von den Schadwirkungen chemischer Verbindungen auf die Umwelt in ihrer vollen Differenzierung. Ihre Aufgabe ist es, relevante Faktoren aus einer komplexen chemischen Exposition mit häufig kurzfristig nur schwachen Schadwirkungen auf ein komplexes und noch dazu offenes und zeitlich nicht konstantes biologisches System zu erfassen.

Ökotoxikologie realisiert sich im Dreieck, das

- 1) Chemikalien und ihre Transformationsprodukte als potenzielle oder nachgewiesene Schadstoffe (Elemente, Verbindungen),
- 2) biologische Systeme einfacher Art bis höchster Komplexität (Zelle, Natur) und
- 3) an diesen beobachtete oder mögliche Wirkungen (Effekte, Schadwirkungen) bilden.

Die Organisationsebenen der belebten Natur sind Zellen, Organe, Organismen, Populationen und schließlich Ökosysteme. Ausmaß und Ausprägung der toxikologischen Effekte im Sinne von Veränderungen oder Schädigungen der Organisationsebenen sind abhängig von der Expositionsart, der Expositions dosis und der Expositions dauer. Untersucht werden in der Ökotoxikologie direkte oder indirekte, reversible und irreversible Veränderungen oder Schäden. Hierbei können Vorschädigungen durch natürliche Stressfaktoren nichtstofflicher Art (Trockenheit, Überflutung, Temperatur, Feuer, Standort, Monokulturen) prägend eingreifen.

Die Auswirkungen natürlicher Stressfaktoren auf Organismen, Populationen oder Ökosysteme sind nicht Thema einer Ökotoxikologie. Desgleichen sind Fächer wie Analytische Chemie, Umweltchemie, Meteorologie, Ökosystemforschung u.a.m. im eigentlichen Sinne nicht Thema einer Ökotoxikologie, sie erarbeiten aber die notwendigen Basisvorgaben (Methoden, Grundlagenwissen, Bezugssysteme) im Vorfeld dieses Faches.

Ökotoxikologie ist eine stoffbezogene Wissenschaft. Die Aufgaben der Ökotoxikologie lassen sich nur über eine enge Verzahnung der für ihre Fragestellungen relevanten Gebiete der Chemie und Biologie erreichen, wobei bewährte Methoden und Denkansätze der Humantoxikologie mit einzubinden sind. Bei kurzfristiger Beobachtung schwache, nicht einfach zu dokumentierende Schadwirkungen können langfristig schwierig oder nicht mehr zu behebende Auswirkungen haben.

Vorrangiges Ziel einer Ökotoxikologie muss es sein, über eine rechtzeitige Prävention durch frühzeitiges Erkennen der zu erwartenden Schädigungen diese zu vermeiden.

Umweltqualitätsziele und damit die Einordnung und Akzeptanz von eingetretenen oder zu erwartenden Schäden werden sich einmal an objektiven Kriterien wie auch an kulturell und gesellschaftlich vorgegebenen orientieren. Das Statuspapier „Sozialwissenschaftliche Umweltforschung“ der Arbeitsgruppe „Umweltforschung“ des Landesforschungsbeirates geht auf diese Fragen vertiefend ein.

1 Die Umwelt des Menschen

Die naturwissenschaftlich-technische Zivilisation stößt mit ihrer Umsetzung in der derzeitigen Form und den damit verbundenen Auswirkungen an Grenzen. Es wird deutlich, dass wir mit unserem Tun ein räumlich endliches System, das „Umwelt“ heißt, langfristig prägen und über den lokalen Rahmen hinaus formen.

Auf die Frage aber, was „Umwelt“ ist, mit der ein neuer Umgang gesucht wird und für die eine adäquate Forschung als mögliche Grundlage für ein Umsetzung der Ergebnisse durch Politik und Wirtschaft gemacht werden soll, werden viele Antworten gegeben. Ein Teil des Problems liegt in der Vielschichtigkeit der Umwelt des Menschen und dem damit verbundenen Konfliktpotenzial. Die für eine im Wald lebende Zecke relevante Umwelt besteht weitgehend aus einem Strauch und einer Wolke von Buttersäure. Tritt letztere auf, lässt sich die Zecke in diese fallen und hofft auf einen geeigneten Wirt. Allein aus vergleichbar rein biologischen Vorgaben ist die Umwelt des Menschen nicht zu erfassen. Die Umwelt des Menschen ist vielschichtiger; sie besteht aus zahlreichen eigenständigen Ebenen, die sich bedingen, durchdringen und beeinflussen.

Die Umwelt des Menschen hat wie für alle Lebewesen einen materiellen Anteil. Dazu zählen Natur, Boden, Wasser, Luft, Klima, Energieerzeugung, Ernährung. Es ist diese „natürliche Umwelt“, die in erster Linie als Thema der „Umweltforschung“ verstanden wird und hier bevorzugt diskutiert werden soll.

Die „ökonomische Umwelt“ erfasst das Erzeugen der Nahrung, die industrielle Produktion, die Arbeitswelt, das Wohnen, die Lebensweise und den Lebensstandard. Oft wird diese ökonomische Ebene der natürlichen Umwelt als Gegensatz oder als Maßstab gegenübergestellt.

Als ein soziales Wesen hat der Mensch außerdem eine vielgestaltige „soziale Umwelt“. Er lebt in einem sozialen Gefüge, einer Familie, einer Gemeinde, einer ethnischen Volksgruppe, einem Staat. Dieser sozialen Umwelt ist die religiöse wie politische Sphäre des Menschen zuzuordnen, da sie häufig die grundlegenden

Vorstellungen von Wert und Unwert, von dem, was als erstrebenswert oder verachtenswert gilt, prägt.

Daneben hat der Mensch als seine ureigene Schöpfung eine geistige „kulturelle Umwelt“. Sprache, Musik, Dichtung, Gestaltung, aber auch das Empfinden der Schönheit einer Landschaft, sind Teil unserer Umwelt.

Es sind bevorzugt die letzteren Ebenen der menschlichen Umwelt, in denen wir das ökonomische, das soziale, das kulturelle, das politische, das persönliche Leben des Menschen realisiert sehen. Diesen Ebenen der menschlichen Umwelt gelten die Anstrengungen der Gesellschaften und Staaten, in denen sich Menschen organisiert haben. Die Faktoren der „ökonomischen und sozialen Umwelt“ sind es, die die menschliche Umwelt in ihrer Gesamtheit entscheidend beeinflussen.

Alle aufgezeigten Ebenen der Umwelt des Menschen wirken in ihren Ausprägungen auf den Umgang des Menschen mit dem „natürlichen“ Teil seiner Umwelt, als Lebewesen im Ökosystem Erde, zurück.

2 Warum Umweltforschung?

Der Wissenschaftsrat stellt zur Frage des Umgangs des Menschen mit der Umwelt fest, dass

„die Umwelt von verschiedenen Disziplinen unter spezifischen Gesichtswinkeln erforscht werden muss, d.h. Umweltforschung bedarf einerseits der disziplinären Einzelforschung. Andererseits kann die Umwelt in ihrer Komplexität nur in einem interdisziplinären Vorgehen erfasst werden, vor allem wenn über die Diagnose des Umweltzustandes hinaus die wissenschaftlichen Grundlagen für einen schonenden Umgang des Menschen mit der Umwelt erarbeitet werden sollen. Die Analyse der gewollten und ungewollten Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt fußt auf der Erforschung der Funktionen und der Variabilität natürlicher Systeme. Die funktionale und systemare Umweltforschung muss auch nach dem normalen Funktionieren von Ökosystemen fragen, in denen und mit denen der Mensch lebt.

Werte, Einstellungen und Verhaltensweisen von Individuen, sozialen Gruppen und Gesellschaften bestimmen die Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt. Deshalb darf sich die Umweltforschung nicht in naturwissenschaftlich-technischen Untersuchungen erschöpfen. Humanwissenschaftliche Forschungsaktivitäten, die das Verhältnis zwischen Gesellschaft und Umwelt untersuchen, sind zentrale, bislang allerdings noch wenig entwickelte Bestandteile der Umweltforschung.“

Ergänzend kann man hinzufügen, dass die Wirtschaftswissenschaften mit ihrem Methodenarsenal gleichfalls einen wesentlichen Part in den Fragen der optimalen

Umsetzung von Maßnahmen zum schonenden Umgang mit der Umwelt spielen können und sich dieser Thematik auch schon stellen.

Während viele Ebenen der menschlichen Umwelt - von der ökonomischen bis hin zur politischen - dem direkten Gestaltungswillen des Menschen unterworfen sind, entzieht sich die natürliche Umwelt, die Natur, entgegen allen Möglichkeiten im Kleinen, der menschlichen Gestaltung im Globalen, wenn man in Zeiträumen von wenigen Jahrzehnten denkt. Ein Zurückholen von Emissionen, die die globale Ebene erreicht haben, ist unmöglich. Für Ozeane kann man keine Klärwerke bauen.

Prävention, d.h. ein Vermeiden, dass ein lokaler oder gar schon regionaler Zustand, der als nachgewiesen oder auch nur potenziell schädigend zu sehen ist, in globale Dimensionen umschlägt, hat das zentrale Thema einer Umweltforschung zu sein.

Viele Facetten der naturwissenschaftlich-technischen Umweltforschung im Sinne der Beschreibung und der Analyse der Umwelt finden sich in Teilen in bereits seit Jahrzehnten etablierten wissenschaftlichen Fächern wieder: in Geologie, Meteorologie, Klimaforschung, Hydrologie, Ozeanographie, Atmosphärenchemie, Umweltchemie, Umwelttechnik, Ökosystemforschung einschließlich fast aller Bereiche der Biologie. Einige Ansätze sind neu dazu gekommen, so Fragen der langfristig umweltgerechten Produktion bis hin zur umweltgerechten und humanen Städteplanung und Architektur.

Vorgestellt sei hier aus der Umweltforschung der Bereich „Ökotoxikologie“.

Dieser Bereich der Umweltforschung muss, wie deren andere Bereiche auch, sein wissenschaftliches Profil, und damit seine Terminologie und Methodologie, weitgehend erst erarbeiten. Die Ökotoxikologie als Forschungsfeld zur Bewertung der Gefährdungspotenziale und Schadwirkungen von Stoffen, ihrer Toxikologie, auf die Natur, von der Spezies bis zu Ökosystemen, hat ihre Rolle in der Umweltforschung erst teilweise gefunden.

3 Ökotoxikologie als Teil der Umweltforschung

Der Wissenschaftsrat definiert in seiner „Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland“ den Begriff Umweltforschung wie folgt:

„Jeder Organismus hat seine Umwelt. Der Wissenschaftsrat folgt einer auf den Menschen bezogenen Definition der Umwelt als der Gesamtheit aller Prozesse und Räume, in denen sich die Wechselwirkung zwischen Natur und Zivilisation abspielt. Somit schließt „Umwelt“ alle natürlichen Faktoren ein, welche von Menschen beeinflusst werden und diese beeinflussen.“

Umweltforschung umfasst

- die Beschreibung und Analyse des Zustandes der Umwelt,
- die Analyse ihrer Veränderungen und
- die Entwicklung von Problemlösungen.

Die in der Umweltforschung aufgeworfenen Fragestellungen machen an den jeweils historisch gewachsenen Grenzziehungen der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen nicht halt. So ist auch Umweltforschung keine wissenschaftliche Disziplin im herkömmlichen Sinne. Zwar ist die spezialisierte disziplinäre Forschung für Probleme der Umweltforschung unverzichtbar, aber die Bearbeitung vieler Umweltthemen erfordert interdisziplinäre Konzepte und Lösungswege und damit auch die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern unterschiedlicher fachlicher Herkunft.“ (Wissenschaftsrat 1994)

Ein Bereich der naturwissenschaftlich-technischen Umweltforschung ist die Ökotoxikologie. Die Ökotoxikologie befasst sich mit den Fragen der Schadwirkungen von chemischen Stoffen anthropogenen (z.B. Chemieprodukte, fossile Energieträger) wie natürlichen Ursprungs (z.B. Schwermetalle, Verbindungen als Ergebnis der Atmosphärenchemie) in Wechselwirkung oder in Addition auf die belebte Umwelt mit ihren einzelnen Objekten wie auch als Ganzes.

Häufig bildet sich die Abfolge Emission -- Transport -- Transformation -- Immission -- Wirkung aus. Eine unmittelbare Korrelation einer Emission eines Stoffes und seine mögliche oder zu beobachtende Wirkung kann dann schwierig werden, wenn eine oder mehrere stoffliche Umwandlungen stattgefunden haben.

Die gleiche Verbindung kann zudem sowohl natürlichen Ursprungs wie anthropogen bedingt sein, wie das Beispiel Methan aufzeigt. Als Sumpfgas ist Methan Produkt akuter mikrobieller Abbauprozesse in jedem Schilfbereich eines Sees. Als Leckage bei der Erdgasförderung oder Abgas bei der Erdölförderung ist es dagegen eine anthropogen bedingte Emission. Seine Herkunft aus einem sich erweiternden Reis-anbau zeigt die Ambivalenz beider Quellen auf. Das als Laborchemikalie bekannte Chloroform wird u.a. in einem Korallenriff und anderen Bereichen hoher Primärproduktion auf enzymatischem Wege natürlich erzeugt. Sein Gehalt in der Atmosphäre der Südhalbkugel ist zu mehr als 50 % natürlichen Ursprungs. Auch hier verwischt sich die Definition von anthropogenen und natürlichen chemischen Verbindungen.

Für die Ökotoxikologie gilt, dass sie keine oder noch keine wissenschaftliche Disziplin im herkömmlichen Sinne ist. Ihre Fragestellungen erfordern die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern unterschiedlicher Teilbereiche der Chemie und Biologie als Teil der Naturwissenschaften bei einer Integration sich durchaus unter-

scheidender Denkansätze zu einer neuen Einheit. Der Begriff Ökotoxikologie wird fälschlicherweise häufig dort verwendet, wo es im eigentlichen Sinne um Ökosystemforschung geht. Auch der Begriff „angewandte Ökologie“ beschreibt nicht den Zusammenhang von Wirksubstanz und Objektschädigung im Sinne einer „Toxikologie“. International ist der englische Begriff „ecotoxicology“ eingeführt.

4 Forderungen des Wissenschaftsrates und des 12. Bundestags zur Ökotoxikologie

Der Wissenschaftsrat stellt in seiner Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland fest, dass der Zustand der Ökotoxikologie als Teilbereich der Umweltforschung in Deutschland unbefriedigend ist. Die Zielsetzungen seien nicht abgestimmt, die Ansätze allzu disziplinär ausgerichtet und zersplittert.

Der Wissenschaftsrat hält es darüber hinaus für unabdingbar, dass die beteiligten Disziplinen, ohne diese zu nennen, die Forschungsziele in der Ökotoxikologie gemeinsam in einer Denkschrift präzisieren und die Schritte festlegen, wie dieses seit Jahren defizitäre Gebiet zu überzeugenden wissenschaftlichen Leistungen kommen kann.

Die Aufklärung und damit Bewertung der Gefährdungspotenziale von chemischen Stoffen auf Teile oder die Ganzheit von Ökosystemen als einer komplexen Lebensgemeinschaft (Biozönose) in einem Lebensraum (Biotop) ist das zentrale Thema einer Ökotoxikologie. Hierzu sind von der Ökotoxikologie nach den Empfehlungen des Wissenschaftsrates folgende drei Themenkomplexe vertieft zu bearbeiten:

- Vorkommen, Verteilung und Verbleib von Schadstoffen in der Umwelt
(Transport + Umweltchemie -> Ökotoxikokinetik) --- Exposition ---
- abiotische und biotische Umwandlung von Schadstoffen
(Transformation = Umweltchemie -> Ökotoxikokinetik) --- Exposition ---
- toxikologische Wirkungsspektren von Schadstoffen
(Spezies-Toxikologie, Populationsveränderungen -> Ökotoxikodynamik)
--- Wirkung ---

Die Enquête-Kommission des 12. Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ führt in ihrem am 20.07.1994 vorgelegten Bericht im Abschnitt Forschungsbedarf gleichfalls aus, dass sich in den ökologischen Schutzzielbereichen die Ökotoxikologie als zentrales Forschungsfeld darstellt. In der Beurteilung von Umwelteinflüssen auf Ökosysteme sei eine weitgehende Unsicherheit festzustellen. Zur systematischen Entwicklung der Ökotoxikologie

empfiehlt die Enquête-Kommission ein Schwerpunkt-Forschungsprogramm „Ökotoxikologie“.

5 Ökotoxikologie: Grundlagen, Begriffe und Ansätze

5.1 Grundlagen

Die Ökotoxikologie untersucht die Auswirkungen, insbesondere die Schadwirkungen von chemischen Stoffen, d.h. von Elementen, Ionen und chemischen Verbindungen, auf die belebte Umwelt. Sie ist als eine eigenständige wissenschaftliche Fragestellung anzusehen, die Ansätze und Methoden aus der Chemie, der Umweltchemie, der Analytischen Chemie, der Biochemie, der Toxikologie, der Zoologie, der Botanik, der Pflanzen- und Tierphysiologie, der Mikrobiologie und der Ökologie integrierend zusammenführt und trotz oder gerade wegen ihres Querschnittcharakters ein eigenständiges wissenschaftliches Fach werden muss.

Das Ziel ökotoxikologischer Untersuchungen ist die Ermittlung von strukturellen und funktionellen Veränderungen in Ökosystemen unter der direkten und indirekten Einwirkung von Chemikalien. Die Organisationsebenen der belebten Natur sind Zellen, Organe, Organismen, Populationen und schließlich Ökosysteme. Untersucht werden auf diesen Ebenen direkte oder indirekte, reversible und irreversible Veränderungen oder Schäden. Eine zentrale Ebene ist die Spezies, da sie Zellen und Organe vereint und andererseits Bestandteil von Populationen ist (Fent 1996).

Das ökotoxikologische Wirkungspotenzial einer Verbindung oder eines Stoffgemisches ist eine stoffinhärente Eigenschaft. Ausmaß und Ausprägung der ökotoxikologischen Effekte im Sinne von Veränderungen oder Schädigungen sind abhängig von der Expositionsdosis und -dauer der jeweiligen Organisationsebenen der belebten Natur.

Wie bei allen wissenschaftlichen Fragestellungen wird man dabei deduktiv wie auch induktiv vorgehen können. Da häufig als Ausgangssituation mit dem Startpunkt Ökosystem variable Wirkungen einem Wirkstoff (Chemikalie) oder einer ganzen Mischung von Wirkstoffen dazu oft unbekannter Natur zugeordnet werden müssen, ist der induktive Ansatz trotz seines möglichen Punktcharakters oft unumgänglich.

Da Chemikalien in der Umwelt meist nur in geringen Konzentrationen, dazu in der Regel aber als komplexe Gemische auftreten (Multifaktoren-Exposition), spielen akute ökotoxikologische Wirkungen nur eine untergeordnete Rolle, außer bei Unfällen. Niedrige Konzentrationen in den Umweltmedien Luft, Wasser, Boden können über Akkumulationseffekte (Bioakkumulation, Biomagnifikation in Nahrungsketten) zu dennoch relevanten Konzentrationen in definierten Populationen

führen. Daneben können gruppenspezifische Transportvorgänge (Übergang Muttertier – Fötus, Übergang Muttertier - Kalb bei Säugetieren) zu Anreicherungen in sensiblen Entwicklungsphasen führen. In der Zeiteinheit schwache, langfristig aber möglicherweise akkumulierende wie auch indirekte Effekte kennzeichnen ökotoxikologische Wirkungen.

5.2 Ökotoxikologie und Humantoxikologie: Unterschiede und Gemeinsames

Unter Ökotoxizität versteht man in Unterscheidung zur Humantoxizität mit dem Zielobjekt Mensch die Wirkung von Chemikalien als Einzelverbindungen oder Stoffgemische auf die belebte Umwelt, sowohl auf einzelne Individuen oder Arten wie auch als Ganzes, als System. Dabei wird in der Regel der Mensch insoweit einbezogen, als er den betrachteten Chemikalien über Luft, Wasser, Boden und Lebensmittel ausgesetzt ist. Human-Toxikologie, Arbeitsmedizin und Umweltmedizin mit dem primären Zielobjekt Mensch sind somit nicht Teile der Ökotoxikologie. Andererseits müssen dort gewonnene Erkenntnisse in der Ökotoxikologie auf eine entsprechende Umsetzung geprüft werden. Expositionsanalysen in der Ökotoxikologie und der Humantoxikologie werden sich manchmal überlappen und in ihrem chemisch-analytischen Methodenarsenal häufig sogar ergänzen.

Die 1984 aufgelöste Arbeitsgruppe „Umweltwirksamkeit von Chemikalien“ des Senatsausschusses für Umweltforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft verstand unter „Ökotoxikologie“ folgende Fragestellungen:

„Die Ökotoxikologie befasst sich mit Effekten chemischer Substanzen auf Organismen in Populationen und Ökosystemen, soweit daraus direkt oder indirekt Schäden entstehen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Ökosysteme von Natur aus oder durch Mitwirkung des Menschen entstanden sind. Die Schädigung kann durch den einmaligen Effekt einer relativ hohen Dosis ausgelöst, also akut sein. Sie ist aber meistens chronisch, d.h. Folge von wiederholten, relativ kleinen Dosen mit womöglich vielfältigen Effekten. Sie trifft den einzelnen Organismus unter den jeweiligen Bedingungen seines Biotops, indem auch zahlreiche andere Organismen miteinander und mit den Umweltfaktoren in mannigfaltigen Wechselbeziehungen leben.“ (DFG 1983)

Diese vor über einem Jahrzehnt erarbeitete Beschreibung der Fragestellungen einer Ökotoxikologie ist immer noch aktuell und zutreffend.

5.3 Begriffe: Ökosysteme - Biozöosen - Biotope

Unter einem **Ökosystem** versteht man die funktionelle Einheit von Lebewesen und ihrer Umwelt. Diese Einheit umfasst die Gesamtheit der Organismen (Lebensgemeinschaft, **Biozönose**) in einem Lebensraum (**Biotop**) und schließt Stoff- sowie Energieflüsse zwischen den Teilen des Ökosystems und weitere biologische Wechselwirkungen ein. Die Hauptfunktion eines Ökosystems liegt im Energie- und Materialfluss (Stoffkreislauf, bio-geochemischer Kreislauf), der von Produzenten und Destruenten getragen wird.

Natürliche Ökosysteme sind offene Systeme, die untereinander und mit den vier grundlegenden Bereichen der Umwelt

- Atmosphäre,
- Hydrosphäre,
- Geosphäre,
- Biosphäre

in vielfältigster Verbindung stehen.

Ökosysteme sind nicht nur offene Systeme, sie sind als solche auch zeitlich nicht konstant. Ökosysteme sind häufig durch rhythmische jahreszeitliche Veränderungen geprägt (Laubwald, Algenblüten). Unregelmäßige extreme natürliche Ereignisse, in abgemilderter Form als nichtstoffliche Stressfaktoren bereits angesprochen (Trockenheit, Kahlfraß, Feuer, Überflutung, Kälteeinbruch), führen in der Regel über eine Reihenfolge von temporären Lebensgemeinschaften (Sukzession) zum alten Zustand zurück.

Die Fähigkeit von Ökosystemen, Veränderungen von außen zu ertragen und nach relativ kurzer Zeit wieder den alten Zustand zu erreichen, ist für solche mit ausgeprägten Bevölkerungsschwankungen einzelner Arten oft sehr groß. Eines der ökologischen Prinzipien besagt, dass eine hohe Artenzahl auch eine hohe Stabilität des durch sie gebildeten Ökosystems nach sich ziehen kann. Artenarme Ökosysteme (z.B. Monokulturen) sind demnach gegenüber Schadeinflüssen besonders anfällig.

5.4 Stoffliche Basis einer Ökotoxikologie

Bei der Bewertung der Umweltrelevanz eines Stoffes, einer Stoffklasse oder von Stoffgemischen im Sinne einer Ökotoxikologie müssen insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Produktionshöhe, Anwendungsmuster, potenzielle und reale Eintragsmengen in die Umwelt (Exposition)
- chemisch-analytische Charakterisierung (qualitativ wie quantitativ) des Vorkommens der betrachteten Stoffe oder Stoffgemische in der Umwelt oder in spezifischen Umweltkompartimenten (Akkumulation, Exposition)
- Ausbreitung im regionalen und globalen Massenfluss in Luft, Wasser und Nahrungsketten (Transport)
- abiotische und biotische Umwandlung unter Umweltbedingungen (Transformation)
- Persistenz unter Umweltbedingungen
- Akkumulation in Nahrungsketten (Bioakkumulation)
- Wirkungen auf Organismen und Ökosysteme (artspezifische Toxizität, Ökotoxizität).

Diese Aufstellung macht deutlich, dass eine Ökotoxikologie, die sich bevorzugt als Ökosystemforschung versteht, die eigentlichen Grundlagen des Faches Ökotoxikologie, nämlich die Untersuchung möglicher oder eingetretener Schadwirkungen durch chemische Stoffe und deren mögliche komplexe Zusammensetzung nicht erfasst.

Ökosystemforschung ist eine der der Ökotoxikologie zuarbeitenden Disziplinen im Bereich der Wirkungsanalyse, wie es Umweltchemie mit Analytischer Chemie auf der Seite für die Expositionsanalyse und der biotischen und abiotischen Umwandlung sind.

Als besondere Schwierigkeit der Zusammenarbeit von Ökosystemforschung und Ökotoxikologie kommt hinzu, wie bereits 1980 auf dem DFG-Symposium „Ökosystemforschung als Beitrag zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit von Chemikalien“ (DFG 1983) aufgezeigt wurde, dass die Unterscheidung der Einwirkung natürlicher Stressfaktoren (Trockenheit, Kälte, Hitze, Überflutung) von den anthropogen bedingten, chemisch-stofflichen Einflussgrößen, der eigentlichen Exposition im Sinne der Ökotoxikologie, häufig nur schwer zu erreichen ist oder auch gar nicht vorgenommen wird.

5.5 Ökotoxikokinetik und Ökotoxikodynamik als sich bedingende Teilbereiche der Ökotoxikologie

Als Ökotoxikokinetik können, in Anlehnung an die Toxikokinetik der klassischen Human-Toxikologie, Vorgänge wie Stoffeintrag, Stofftransport, Stoffverteilung, Transformation, Persistenz, Akkumulation von Chemikalien in der Umwelt allgemein und in spezifischen Ökosystemen speziell verstanden werden.

Ökotoxikokinetik erfasst im weitesten Sinne die Expositionsanalyse mit all ihren Verästelungen. Die Ergebnisse sind von der Umweltchemie und der Analytischen Chemie zu erarbeiten.

Als Ökotoxikodynamik wäre, entsprechend der Toxikodynamik der Humantoxikologie, das Wirkungspotenzial bzw. das eingetretene Wirkungsspektrum eines Stoffes oder eines Stoffgemisches auf der Grundlage einer Exposition zu sehen. Das Ziel ökotoxikologischer Untersuchungen ist die Ermittlung von strukturellen und funktionellen Veränderungen in Populationen und Ökosystemen aufgrund von Expositionen mit Xenobiotika (der Natur fremde Stoffe). Ausgangspunkt solcher Veränderungen wird dabei immer eine Spezies oder eine Artenfamilie sein. Die Untersuchungen können sich dabei bis auf die zelluläre Ebene einengen. Hier kommen die Ansätze einer molekular denkenden Biologie zum Tragen. Ein konkretes Beispiel aus der jüngsten Zeit ist die Untersuchung der sexualhormonanalogen Wirkung von persistenten Chlorkohlenwasserstoffen bei Wirbeltieren (Verweiblichung). Diese Stoffe wurden als Industrieprodukte eingesetzt und haben sich weltweit ausgebreitet. Stabilität und eine effektive Bioakkumulierbarkeit der betrachteten Verbindungen kommen als langfristig unterstützende Faktoren hinzu.

Die Ökotoxikokinetik (Expositionsanalyse) geht der Ökotoxikodynamik (Wirkungsanalyse) wenn nicht voraus, so doch parallel. Andererseits können beobachtete Schädigungen (z. B. die neuartigen Waldschäden („Waldsterben“), Reproduktionsprobleme bei Vögeln) Ausgangspunkt für eine Expositionsanalyse sein, die zum Aufdecken einer Exposition-Wirkungsbeziehung im Sinne einer Ökotoxikologie führt.

Eine grundsätzliche Problematik der Ökotoxikologie bleibt die Frage, wie man von Einzelstoffbetrachtungen und einem engen Artenspektrum als Zielobjekt (Insekten, Fische, Vögel) auf die Wirkungen von Summenbelastungen auf ganze Ökosysteme (Biozöosen in ihren Biotopen/Lebensgemeinschaften in ihren Lebensräumen) schließen kann. Zu lösen ist auch die sehr praktische Frage, in welcher Abstraktion und in welcher lokalen bis regionalen Ausdehnung zu untersuchende Ökosysteme (Lebensgemeinschaften/Biozöosen in ihrem Lebensbereich/Biotop) zu definieren sind und welche Fragestellungen unter dem Gesichtspunkt der Ökotoxikologie (Ökotoxikokinetik und Ökotoxikodynamik) aus den Untersuchungen zu beantworten sind.

Es ist bei diesen auf Komplexität ausgerichteten Aufgabenstellungen für die Ökotoxikologie als Teil der naturwissenschaftlich-technischen Umweltforschung nicht überraschend, dass monokausale Ansätze versagen müssen und dass ferner die notwendige Interdisziplinarität in den Forschungsansätzen integrierend verstanden

werden muss. In der Ökotoxikologie müssen Chemiker, Botaniker, Zoologen, Mikrobiologen, Ökologen und Toxikologen zu einer gemeinsamen Betrachtungsweise auf der Basis einer annähernd einheitlichen Terminologie und Methodologie finden. Eine stark von der Ökologie und damit der Ökosystemforschung geprägte oder gar vereinnahmte Ökotoxikologie wird solche Ansätze nicht finden. Ihr fehlt in der Regel der für eine Ökotoxikologie relevante stofflich-chemische Bezug oder er wird so vereinfachend betrachtet, dass er irrelevant wird.

6 Forschungsaktivitäten im Bereich Ökotoxikologie in der Bundesrepublik (Auswahl)

6.1 Forschungsaktivitäten außerhalb Baden-Württembergs

Die grundsätzlichen Fragen der Ökosystemforschung als Beitrag zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit von Chemikalien hat eine Arbeitsgruppe „Umweltwirksamkeit von Chemikalien“ des Senatsausschusses für Umweltforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft bereits 1980 beschrieben. In einer Monographie, die die Beiträge eines Symposiums in Würzburg zusammenfasst, werden die grundlegenden Definitionen und Fragestellungen dargelegt. Diese Problemanalyse ist in ihrer Systematik auch heute noch aktuell.

Die „Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat durch ihre Arbeitsgruppe „Ökotoxikologie“ 1994 einen Sachstandsbericht zur „Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln“ herausgegeben. Damit will die Senatskommission aufzeigen, wie die Kommissionsarbeit der DFG zur Ökotoxikologie intensiviert werden kann. Der Senatsausschuss Umweltforschung der DFG beabsichtigt, die Thematik „Ökotoxikologie“ in der Zukunft intensiver zu bearbeiten.

In einem mehrjährigen Projekt hat der Bundesminister für Forschung und Technologie in zwei Forschungsschwerpunkten Methoden zur ökotoxikologischen Bewertung von Chemikalien (Methodenprojekt) und Auffindung von Indikatoren zur prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen (Indikatorenprojekt), insgesamt 72 Vorhaben, finanziell unterstützt. In einem Forschungsbericht „Auswertung ökotoxikologischer Forschung zur Belastung von Ökosystemen durch Chemikalien“ (H. J. Schlosser, Hrsg., 1988) sind die Ergebnisse dieser mehrjährigen Projektförderung zusammengestellt.

Von der stofflichen Seite ausgehend hat das „Beratergremium Umweltrelevante Altstoffe – BUA“, das vom Bundesminister für Umwelt und Reaktorsicherheit bei

der Gesellschaft Deutscher Chemiker eingerichtet worden ist und das drittelparitätisch Chemische Industrie, obere Bundesbehörden und Wissenschaft unter Leitung durch die Wissenschaft zusammenführte, 1994 in einer Monographie die „Bewertung des ökologischen Gefährdungspotentials von Chemikalien“ zusammengefasst. Das BUA hat seit 1983 darüber hinaus in sogenannten Stoffberichten über 200 Stoffe/Chemikalien auf ihre Umweltrelevanz im Sinne einer Ökotoxikologie und Humantoxikologie auf der Basis der verfügbaren wissenschaftlichen Daten bewertet.

Das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit hat 1993 eine Bestandsaufnahme zur Ökotoxikologie vorgelegt und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise ausgesprochen (GSF 1993).

Die Gesellschaft Deutscher Chemiker hat im Rahmen ihrer Aufgaben als wissenschaftliche Gesellschaft eine Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie eingerichtet, die sich den Fragen beider Arbeitsgebiete durch wissenschaftlichen Informationsaustausch widmet.

Auf dem Hintergrund dieser vielfältigen Forschungsaktivitäten in der Vergangenheit überrascht es, dass der Wissenschaftsrat 1994 wie auch die Enquête-Kommission des 12. Bundestages zu ihrer oben zitierten Einschätzung des wissenschaftlichen Profils der Ökotoxikologie in Deutschland kommen müssen.

6.2 Ökotoxikologie als Thema universitärer und außeruniversitärer Forschung in Baden-Württemberg

Es liegen hierzu verschiedene Unterlagen vor (u.a. Bericht des Wissenschaftsrates, Forschungsberichte der Universitäten, Datenbankausdrucke, Science Citation Index), die eine mögliche Vielfalt von Forschungsansätzen in Teilbereichen oder zu Teilfragen der Ökotoxikologie erahnen lassen, die aber eine detaillierte Auswertung erfordern, soll nicht die z.T. thematisch unscharfe und damit nur begrenzt aussagekräftige Bestandsaufnahme und Evaluation des Wissenschaftsrates wiederholt werden. Hier wäre erhebliche Arbeit zu investieren. Eine Expertenanhörung zu diesem Thema könnte eine effektive Vorgehensweise sein.

6.3 Waldschadensforschung in Baden-Württemberg

Die Waldschadensforschung in Baden-Württemberg wird häufig als mögliches exemplarisches Beispiel einer ökotoxikologischen Forschung gesehen. Andererseits

ist aber auch deutlich, dass weite Bereiche der Umsetzung der Waldschadensforschung der Ökosystemforschung zuzurechnen sind.

Die Bedeutung des Vorhabens im forstwissenschaftlichen Sinne oder als Beispiel ökosystemarer Forschung in Ergänzung des Solling-Projektes steht nicht in Frage.

Vom Ministerium für Ländlichen Raum Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg ist mit Datum vom 21.09.95 ein Bericht „Waldschadensforschung als Beispiel für Forschung in der Ökotoxikologie“ erstellt worden. Er lag den Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Umweltforschung“ vor.

6.4 Limnologische Forschung in Baden-Württemberg

Eine zusammenfassende Darstellung der limnologischen Forschung in Baden-Württemberg und ihre Einstufung als teilweise oder direkte Umsetzung einer ökotoxikologischen Forschung im Verständnis des vorliegenden Diskussionspapiers sollte - wenn notwendig - erarbeitet werden. Die Ergebnisse ökosystemarer Forschung in diesem Bereich stehen nicht zur Debatte.

6.5 Ressortforschung in Baden-Württemberg zur Ökotoxikologie

Vom Umweltministerium Baden-Württemberg, von der Landesanstalt für Umweltschutz und vom Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg werden im ökotoxikologischen Bereich sowohl Daueraufgaben im Rahmen der Umweltbeobachtung wahrgenommen, als auch befristete Forschungsvorhaben mit thematischem Landesbezug gefördert.

Projektvergabe durch das Umweltministerium

PWAB: Hauptsächlich Einzelfragestellungen mit aktuellem Bezug werden im Projekt Wasser-Abfall-Boden (PWAB) gefördert. Beispiele für Vorhaben mit ökotoxikologischer Fragestellung in diesem Bereich sind u.a. Pestizidtransport im Boden, Verhalten pathogener Keime im Abwasser in Abhängigkeit von verschiedenen Phosphatfällungsmethoden, genetische Konsequenzen von schwermetallhaltigen Deponie-Altlasten auf Asselpopulationen als Indikatorsystem.

PAÖ: Themenschwerpunkte des Förderkonzeptes im Projekt Angewandte Ökologie (PAÖ) für den Bereich Ökotoxikologie sind die Auswirkungen belastender oder schädigender Stoffeinträge sowie die Weiterentwicklung der ökologischen Zustandskataster, vor allem im Bereich von Bioindikationsverfahren und Biotests.

Umweltbeobachtung durch die Landesanstalt für Umweltschutz: Um Verteilung, Verbleib und Anreicherung von Stoffen in der Umwelt im Sinne einer Ökotoxikokinetik erfassen zu können, besteht seit 1984 an der Landesanstalt für Umweltschutz das ökologische Wirkungskataster, das auf 60 Wald-, 15 Grünland- und 38 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsstellen die Wirkung von Immissionen auf Ökosysteme des Landes erfasst. Dazu werden pflanzliche und tierische Bioindikatoren zur Schadenserkenkung eingesetzt und Untersuchungen an Populationen durchgeführt, um Schwankungen zu erkennen.

Es werden Gewässergütekarten zum Zustand der baden-württembergischen Fließgewässer anhand der gesamten nachzuweisenden Biozönose herausgeben. Es findet auch eine Gewässergüteüberwachung und Gewässerstörfallüberwachung mit Biomonitorssystemen an Messstationen des Rheins statt.

Projektvergabe durch das Ministerium für Ländlichen Raum

Das Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg war und ist federführend für den Bereich Waldschadensforschung. In Ergänzung hierzu werden mit aktuellem Bezug in Wahrnehmung der Ressortaufgaben Einzelvorhaben mit thematischer Orientierung zur Ökotoxikologie gefördert.

7 Materialien (Auswahl)

Wissenschaftsrat: „Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland“ Bd. I und II, Köln 1994

Der 12. Deutsche Bundestag - Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“. Bericht: Die Industriegesellschaft gestalten - Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Economica Verlag, Bonn 1994

G.C. Butler: „Principles of Ecotoxicology“ (SCOPE 12). John Wiley, Chichester 1978

F. Korte: „Lehrbuch der ökologischen Chemie“. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1987

H. Parlar, D. Angerhöfer: „Chemische Ökotoxikologie“. Springer Verlag, Berlin 1991

B. Streit: „Lexikon Ökotoxikologie“. VCH, Weinheim 1991

- K. Fent: „Ökotoxikologie als Umweltwissenschaft“ (Stellungnahme 15.01.1996), EAWAG und ETH Zürich. Landesforschungsbeirat Baden-Württemberg
- H. Hulpke, H.A. Koch, R. Wagner, Hrsg.: „Römpp Lexikon“, Band „Umwelt“. Thieme Verlag, Stuttgart 1993
- W. Tischler: „Einführung in die Ökologie“. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1976
- H. Walter, S.-W. Breckle: „Ökologie der Erde: Ökologische Grundlagen in globaler Sicht“. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1983
- K. Ballschmiter: „Transport und Verbleib organischer Verbindungen im globalen Rahmen“ 1992, Angewandte Chemie, 104: 501 - 528 (Übersichtsartikel)
- K. Ballschmiter: „Reaktionskessel Erde: Ökoaudit unter globalen Aspekten“ 1995, GAIA - Ecolog. Persp. Sci. Human. Econom., 4: 72-76
- K.C. Jones (Hrsg.): „Organic Contaminants in the Environment: Environmental Pathways and Effects“. Elsevier Applied Science, London 1991
- M. Weißer (Hrsg.): „Untersuchungen zur Belastung kommunaler Klärschlämme durch organische Schadstoffe“. Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe 1992
- R.B. Clark: „Kranke Meere? Verschmutzung und ihre Folgen“. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1992
- B.J. Alloway, D.C. Ayres: „Schadstoffe in der Umwelt: Chemische Grundlagen zur Beurteilung von Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen“. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996
- Deutsche Forschungsgemeinschaft - Senatsausschuss für Umweltforschung: „Beiträge zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit chemischer Stoffe“. Harald Boldt Verlag, Boppard 1979
- P.J. Sheehan, D.R. Miller, G.C. Butler, Ph. Bourdeau: „Effects of Pollutants at the Ecosystem Level“(SCOPE 22). J. Wiley, Chichester 1984
- Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Wasserchemie: „HOV-Studie: Halogenorganische Verbindungen in Wässern“. Berlin 1987
- Gesellschaft Deutscher Chemiker, Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA): Symposium: „Bewertung und Begrenzung stoffbedingter Umweltrisiken“. Sonderdruck: „Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium“ Heft 1/90, Seiten 85-114. VCH, Weinheim 1990

- Gesellschaft Deutscher Chemiker, Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA), E. Bayer, H. Behret, Hrsg.: „Bewertung des Ökologischen Gefährdungspotentials von Chemikalien“. Gesellschaft Deutscher Chemiker, Frankfurt 1994
- Deutsche Forschungsgemeinschaft - Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft: „Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln“. VCH, Weinheim 1994
- Bundesministerium für Forschung und Technologie: Förderkennzeichen 03 73934; H. J. Schlosser, Hrsg., Projektleitung PBE: „Auswertung ökotoxikologischer Forschung zur Belastung von Ökosystemen durch Chemikalien“. Kernforschungsanlage Jülich GmbH 1988
- Deutsche Forschungsgemeinschaft: „Ökosystemforschung als Beitrag zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit von Chemikalien“. VCH, Weinheim 1983
- Deutsche Forschungsgemeinschaft - Senatskommission für Wasserforschung; H. Kobus, U. de Har, Hrsg.: „Perspektiven der Wasserforschung“. VCH, Weinheim 1995
- Deutsche Forschungsgemeinschaft - Senatskommission für Wasserforschung; F.H. Frimmel, B.Ch. Gordalla, Hrsg.: „Gewässergütekriterien“. VCH, Weinheim 1996
- GSF: „Ökotoxikologie - Bestandsaufnahme und Perspektiven für ein ökosystemares Bewertungskonzept“. GSF-Bericht 40/93, Neuherberg 1993
- Umweltministerium Baden-Württemberg: „Umweltforschung in Baden-Württemberg: Forschungsreport V, 1995, Vorhaben Ökotoxikologie“. Karlsruhe 1995
- Umweltministerium Baden-Württemberg / Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Umweltdaten 93/94“. Karlsruhe 1995
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Signale aus der Natur: 10 Jahre Ökologisches Wirkungskataster“. Karlsruhe 1995
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Zelltests in der Ökotoxikologie“. Karlsruhe 1995
- Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg: „Waldschadensforschung als Beispiel für Forschung in der Ökotoxikologie“ (Bericht 21.09.95). Stuttgart 1995
- Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg: „Landesforschungsbericht 1995“. Stuttgart 1995

8 Empfehlungen

Es ist dringend geboten, in Baden-Württemberg zu einer thematisch klar definierten Orientierung und auch Förderung der Forschung im Bereich der Ökotoxikologie zu kommen, um die wissenschaftlichen Grundlagen dieses wichtigen Gebiets weiterzuentwickeln.

Rundgespräch

Eine kritisch bewertende Bestandsaufnahme von Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg, die in Teilbereichen oder in Teilfragen sich mit der Ökotoxikologie als einer stoffbezogenen Wissenschaft im Sinne des vorliegenden Diskussionspapiers befassen, soll in der Form eines Rundgesprächs, das sich in seiner Organisation dem in der DFG erprobten Vorgehen anlehnt, durchgeführt werden. Diese Bestandsaufnahme, die von den Herren Prof. K. Ballschmiter, Ulm und Dr. K. Fent, EAWAG, Dübendorf, Schweiz, organisiert werden soll, hat das Ziel, zu konkreten Forschungsvorhaben in der Ökotoxikologie auf der Basis des LFB-Papiers zu kommen. Zu diesem Rundgespräch sollen auch Vertreter aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg und aus dem europäischen Raum eingeladen werden. Diese kritisch-bewertende Bestandsaufnahme und Koordination vorhandener Ressourcen ist um so notwendiger, als im universitären Raum und auch darüber hinaus mit hoher Beliebtheit in der Verwendung des Begriffes „Ökotoxikologie“ gearbeitet wird.

Pilotprojekte

Zur Schwerpunktsetzung und Koordination einer Forschung in der Ökotoxikologie sollen Pilotprojekte für einen Zeitraum von etwa 5 Jahren ausgeschrieben werden, die die effektive Zusammenarbeit bisher nicht zueinander orientierter Arbeitskreise aus u.a. Umweltchemie, Analytischer Chemie, Molekularbiologie, Pflanzen- und Tierphysiologie, Ökologie und Biochemie in einem Kompetenzzentrum zum Ziel haben. Dabei soll auf einer eindeutigen thematischen Orientierung der Arbeit an dem vorliegenden Diskussionspapier bestanden werden, um zu erwartende Mitnahmeeffekte möglichst auszuschließen. Eine integrierende Zusammenarbeit soll durch ein Netzwerk mit kompetenter Koordination und mit Eingriffsmöglichkeiten durch Bewertungsverfahren erzielt werden. Dafür sollen aus der Arbeit der Deutschen Forschungsgemeinschaft bekannte und bewährte Organisationsformen gewählt werden.

Nachwuchsförderung

Es wird außerdem vorgeschlagen, ein Stipendienprogramm einzurichten, das junge Wissenschaftler auf Zeit an Institutionen arbeiten lässt, die in der Forschung zur Ökotoxikologie ausgewiesen sind. So kann mit wenig finanziellem Aufwand eine Ausbildung in Fragestellungen und Methoden der Ökotoxikologie und damit ein prägender Erfahrungseintrag in die wissenschaftlichen Institutionen in Baden-Württemberg erreicht werden.

Schwerpunktsetzung

Zusätzlich soll zur integrierenden Schwerpunktsetzung durch Zusammenführung von Forschergruppen in fächerübergreifenden Pilotprojekten auf regionaler Ebene in Form eines Forschungsverbundes (Kompetenzzentrum) in einer zweiten Phase die Einrichtung und/oder die Verstärkung bereits aktiver Forschungsansätze auf lokaler universitärer Ebene angestrebt werden. Die Bereitschaft einer oder mehrerer Universitäten, sich in der Ökotoxikologie als wissenschaftlicher Fragestellung im Sinne des vorliegenden Beschreibung neu oder vertieft längerfristig zu engagieren, soll dann durch ein entsprechendes Anreizsystem der Bereitstellung von Ressourcen gefördert werden.

Wiss. Kommission für Fragen der Ökotoxikologie

Es wird ferner vorgeschlagen zu prüfen, ob eine der MAK-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft analoge unabhängige Kommission für Fragen der Ökotoxikologie gegründet werden kann, die auf wissenschaftlicher Grundlage Bewertungen des ökotoxikologischen Potenzials von Stoffen erarbeitet und Vorschläge für eine Behandlung dieser Stoffe erstellt. Solch eine von Baden-Württemberg ausgehende Initiative könnte schnell bundesweite Beachtung und Mitarbeit finden.

Anhang 2

Projektbeteiligte

Teilnehmer an den Rundgesprächen:

Prof. Dr. Uwe Arndt (emeritiert)
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320)
Universität Hohenheim
70593 Stuttgart

HD Dr. Thomas Braunbeck
Zoologisches Institut I, Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 230, 69120 Heidelberg
Tel. 06221 - 54-5668 Fax: 06221 - 54-6162
e-mail: braunbeck@urz.uni-heidelberg.de

Dr. Alexander Breitenstein
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)
Postfach 21 07 52, 76157 Karlsruhe / Griesbachstr. 1, 76185 Karlsruhe
Tel. 0721 - 983-1593 Fax: 0721 - 983-1414

Prof. Dr. Daniel Dietrich
Abt. Ökotoxikologie, Universität Konstanz
Jacob-Burckhardt-Str. 25, 78457 Konstanz
Tel. 07531 - 88-3518 Fax: 07531 - 88-3170
e-mail: Daniel.Dietrich@uni-konstanz.de

Prof. Dr. Siegfried Eberle (emeritiert)
Institut für Technische Chemie
Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

PD Dr. Karl Fent
EAWAG/ETH Zürich, Abt. Chemische Ökotoxikologie
Überlandstr. 133, CH - 8600 Dübendorf, Schweiz
Tel. 0041 - 1-823-5332 Fax: 0041 - 1-823-5028
e-mail: fent@eawag.ch

PD Dr. Anette Fomin

Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320), Universität Hohenheim
70593 Stuttgart

Tel. 0711 - 459-2189 Fax: 0711 - 459-2831

e-mail: fomin@uni-hohenheim.de

Prof. Dr. Dr. Fritz H. Frimmel

Engler-Bunte-Institut IV: Wasserchemie, Universität Karlsruhe

Postfach 6980, 76128 Karlsruhe / Richard-Willstätter-Allee 5, 76131 Karlsruhe

Tel. 0721 - 608-2580 Fax: 0721 - 69 91 54

e-mail: Fritz.Frimmel@ciw.uni-karlsruhe.de

Ministerialrat Stefan Gloger

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg,

Referat 22 (Ökologie, Forschung, Klimaschutz), Lenkungsstelle Umweltforschung

Postfach 10 34 39, 70029 Stuttgart / Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

Tel. 0711 - 126-2672 Fax: 0711 - 126-2881

Prof. Dr. Ernst E. Hildebrand

Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre

Alte Universität, Bertoldstr. 17, 79085 Freiburg

Tel.: 0761 - 203-3625 Fax: 0761 - 2003-3618

e-mail: hildern@uni-freiburg.de

Prof. Dr. Jeremias H. R. Kägi (emeritiert)

Institut für Biochemie, Universität Zürich

Winterthurer Str. 190, CH - 8057 Zürich, Schweiz

Tel. 0041 - 1-635-5550 Fax: 0041 - 1-635-6831

e-mail: jhrkagi@bioc.unizh.ch

Prof. Dr. Ulrich Platt

Institut für Umweltp Physik, Universität Heidelberg

Im Neuenheimer Feld 366, 69120 Heidelberg

Tel. 06221 - 54-6339 Fax: 06221 - 54-6405

e-mail: Ulrich.Platt@iup.uni-heidelberg.de

Prof. Dr. Bernhard Schink

Lehrstuhl für Mikrobielle Ökologie, Universität Konstanz

Postfach 5560, 78457 Konstanz / Universitätstr. 10, 78464 Konstanz

Tel.: 07531 - 88-7826 Fax: 07531 - 88-2966

e-mail: Bernhard.Schink@uni-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Schwarz
Institut für Toxikologie
Universität Tübingen
Wilhelmstr. 56, 72074 Tübingen

Prof. Dr. Michael Spiteller
Fachgebiet Ökologische Chemie und Ökotoxikologie
Universität Gesamthochschule Kassel
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen
Tel. 05542 - 98-1502 Fax: 05542 - 98-1504
e-mail: spitell@wiz.uni-kassel.de

Dr. Burkhardt Stock
BAYER AG
Konzernstab Qualitäts-, Umwelt- und Sicherheitspolitik (KS-QUS),
Abt. Product Stewardship
Gebäude 9115, 51368 Leverkusen
Tel. 0214 - 30-62148 Fax: 0214 - 30-50246

PD Dr. Rita Triebkorn
Abt. Physiologische Ökologie der Tiere
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 28, 72076 Tübingen
Tel.: 07071 - 29-72623 Fax: 07071 - 29-2623
e-mail: rita.triebskorn@uni-tuebingen.de

Für wertvolle Kommentare zu unseren Vorschlägen danken wir:

Prof. Dr. Hartmut Frank
Lehrstuhl für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Universität Bayreuth
Universitätstr. 30, 95447 Bayreuth
Tel.: 0921 - 552373 Fax: 0921 - 552334
e-mail: Hartmut.Frank@uni-bayreuth.de

**Projektmitarbeiter der Akademie für Technikfolgenabschätzung in
Baden-Württemberg:**

Prof. Dr. Karlheinz Ballschmiter (Projektleiter)
Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel. 0711 - 9063-130 Fax: 0711 - 9063-269
e-mail: karlheinz.ballschmiter@ta-akademie.de

Abt. Analytische Chemie und Umweltchemie, Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 11, 89069 Ulm
Tel. 0731 - 502-2751 Fax: 0731 - 502-2763
e-mail: karlheinz.ballschmiter@chemie.uni-ulm.de

Dr. Angela Deißler
(bis 30. 6. 1998)

Dr. Holger Flaig
Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel. 0711 - 9063-131 Fax: 0711 - 9063-299
e-mail: holger.flaig@ta-akademie.de

Dr. Oliver Froescheis
(bis 30. 9. 1997)

Dr. Barbara Kochte-Clemens
Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel. 0711 - 9063-140 Fax: 0711 - 9063-299
e-mail: barbara.kochte-clemens@ta-akademie.de

Dr. Ursula Lohmann
(bis 31. 5. 1997)
seit Juni 1997 beim Verband der Chemischen Industrie e.V., Landesverband
Rheinland-Pfalz e.V.