

Aus dem Bezirkshygieneinstitut und der Hygieneinspektion Leipzig,  
der Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Chemie  
und dem Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung der AdW der DDR

## **Umweltchemie – ein hochschul-methodischer Beitrag für eine Fachdisziplin der Chemie**

Von Joachim Tauchnitz, Günter Kiesel, Heinrich Hübner und Richard Mahrwald

Mit 6 Tabellen und 1 Abbildung

(Eingegangen am 16. November 1984)

### 1. Einleitung

Die Entwicklung der materiell-technischen Basis der menschlichen Gesellschaft führt in immer zunehmenderem Maße zu Veränderungen der Umwelt. Das Bewußtsein der Menschen zu „ökonomischen“ Fragestellungen ist dem ökologischen Verständnis weit vorausgeeilt.

So mußten notwendigerweise anthropogene Aktivitäten zur Verringerung des Anteils ungestörter und stabiler Ökosysteme (Müller 1970) führen. Das bedeutet: Eutrophierung von Binnengewässern (Krause 1972, Werner 1971, Forsberg u. Ryding 1980), Kontamination von Oberflächengewässern (von Oertzen 1977), Verunreinigung der Luft (Wohlrab 1982, UBA 1982), chemisch modifizierte Niederschläge (Stumm, Morgan u. Schnorr 1983, Malissa u. a. 1980), Schädigung der Wälder (UBA 1982, Wohlrab 1982, Herberz 1983), Rückgang verschiedener Vogelarten (Blaszyk 1972) und Vergrößerung der Streßfaktoren beim Menschen (Prinz 1976, Schlipköter u. Bruch 1976).

Um diesen Prozeß der zunehmenden Veränderungen der Biosphäre ohne signifikante Belastungen für Mensch und Umwelt in deren Wechselbeziehungen durchzuführen, ist die Aufklärung dieser Zusammenhänge und Wechselwirkungen in den Ökosystemen der Umwelt durch fast alle Wissenschaftsdisziplinen dringend erforderlich.

Die Fülle der Problemstellungen und Aufgaben läßt es erforderlich erscheinen, sie in speziellen Umweltfachdisziplinen zusammenzufassen, wobei es schwierig ist, diese Umweltwissenschaftsdisziplinen von den klassischen Wissenschaften abzugrenzen und zu definieren. Oliver und Manners (1972) (in: Fortescue 1980) versuchten es mit folgender Formulierung: „Das Entstehen der Umweltwissenschaften als eigenständige Wissenschaftsdisziplinen ist eine Widerspiegelung der Unzulänglichkeit existierender Disziplinen, sich mit der Komplexität des gesamten Umweltsystems zu befassen.“ Daraus ergeben sich die Aufgaben der Umweltwissenschaften „unter Einsatz und Berücksichtigung aller naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, Erfahrungen und Methoden die Systemhaftigkeit der Umwelt, auch des modernen Menschen, verstehen zu lernen und zu lehren“ (Müller (1974).

In jüngster Vergangenheit entwickelten sich deshalb eine Vielzahl von Umweltwissenschaften und weisen sich als selbständige Disziplinen aus (Abb. 1).

Unabhängig von dieser Entwicklung wird als einzige sich entwickelte Umweltwissenschaft die Ökologie den o. g. Aufgaben gerecht, da ja die Ökologie die „Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt“ überhaupt ist (Tischler 1983, siehe auch Müller 1970, 1974).

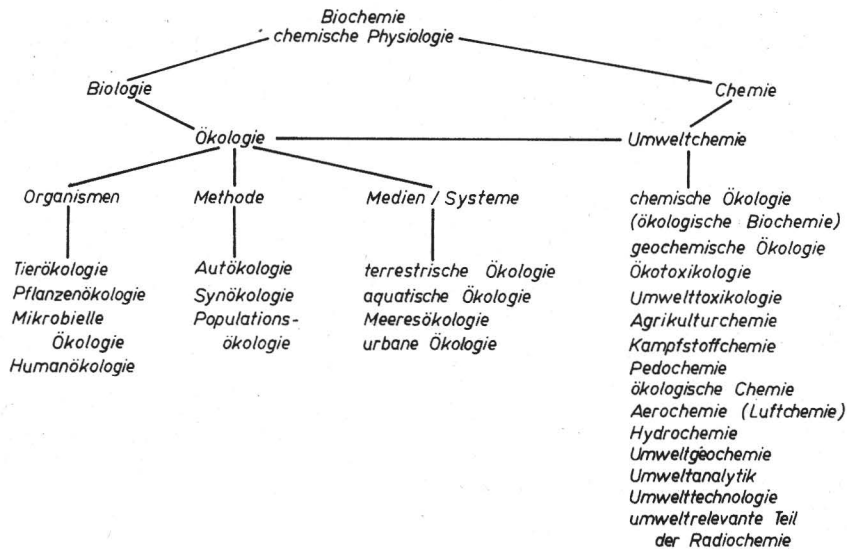


Abb. 1. Stellung der Umweltchemie in der Hierarchie ausgewählter Umweltwissenschaftsdisziplinen

Aufgrund der Vielschichtigkeit dieser Wechselwirkungen und des Systemcharakters der Materie kann sich ökologische Forschung nur mit Systemansätzen durchsetzen und realisieren. „Die Anwendung des Systemkonzepts in der Ökologie erfordert ... sachbezogene Entscheidung über die Abgrenzung des zu betrachtenden Systems. Die Abgrenzung muß sowohl nach außen, durch Festlegung der relevanten Umwelt, als auch nach innen, durch Festlegung der als Elemente zu betrachtenden Teile des ökologischen Objekts, erfolgen“ (Knijnenburg u. a. 1980, siehe auch Ellenberg 1973). Ausgangspunkt ökologischer Forschung muß demzufolge das Ökosystem mit seinen Strukturen, Funktionen und Entwicklungstendenzen sein.

Eine brauchbare Systemkonzeption dazu wird von Knijnenburg et al. (1980) gegeben. Diese führt letztendlich mit der Unterscheidung zwischen dem „biotisch ökologischen Kompartiment“ und dem „abiotisch ökologischen Kompartiment“ zu den Kompartimenten, durch die chemisch vergleichbare Stoffe oder Prozesse, z. B. die Stickstoff-, Sauerstoff-, Kohlenstoffkreisläufe, die Funktion der Humin-, Nähr- und Schadstoffe, „die DDT-Akkumulation im Fettgewebe von Vögeln oder Methyl-Quecksilber im Leber- und Muskelgewebe von Fischen“ (Knijnenburg, Matthäus u. Stöcker 1981), beschrieben bzw. abgebildet werden. Damit kann man zur Umweltchemie kommen. Diese stellt letztendlich die Chemie der Ökosysteme (Ökosystemchemie) oder, wie auch in der Literatur bezeichnet, die Ökochemie dar. Es entsteht also eine Fachdisziplin, in der die Zusammensetzung und Struktur der Ökosysteme als chemische, physikalisch-chemische und biochemische Sachverhalte beschrieben werden.

## 2. Inhalt der Umweltchemie

Ähnlich der Ökologie ist auch die Umweltchemie eine interdisziplinäre Wissenschaft, die auf Kenntnisse der Biochemie, physiologischen Chemie, einschließlich der Ökophysiologie, Geochemie und Geophysik zurückgreifen muß.

Während die Biochemie und die physikalische Chemie die chemischen Sachverhalte innerhalb von Organismen untersuchen und die Geochemie „die Verteilungsgesetze der

chemischen Elemente und Isotope der Erde in Vergangenheit und Gegenwart studiert“ (Rösler u. Lange 1965), hat die Umweltchemie die chemischen Sachverhalte der Auseinandersetzung der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt und die Wechselwirkungen der chemischen Faktoren eines Ökosystems bzw. der Biosphäre zu untersuchen.

Damit werden die Agrikulturchemie, Teilgebiete der Toxikologie (Ökotoxikologie, chemische Toxikologie, Industrietoxikologie), die ökologische Chemie (Korte 1980), die geochemische Ökologie (Kovalskij 1971), die chemische Ökologie (Schaefer 1980) („ökologische Biochemie“ nach Schlee 1981), die Luft- und Wasserchemie (Aero-, Hydro- bzw. limnische Chemie, Potamologie) und der umweltrelevante Teil der Radiochemie (Radioökologie), Inhalte und Formen der angewandten Umweltchemie (siehe auch Sukopp, Schneider u. Matthes 1983, Kraus u. Miersch 1983, Kühnelt 1965, Hutzinger 1980).

Inhalte der Umweltchemie lassen sich gut mit den Prinzipien und Konzepten der Ökologie von Odum (1980) bestimmen. Die Eigenschaften der Organismen, auf bestimmte Umweltsituationen reagieren zu können, hat Odum (1980) in den Prinzipien der limitierenden Faktoren zusammengefaßt. Dazu gehören:

- a) Liebigs Gesetz des Minimums,
- b) Schellfords Gesetz der Toleranz,
- c) Mitscherlichs „Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren“,
- d) das kombinierte Konzept der limitierenden Faktoren („Danach werden Organismen in der Natur kontrolliert von a) der Menge und Variabilität von Stoffen, die sie mindestens in kleinen Mengen benötigen, und chemischen Faktoren, die kritisch sind, b) durch die Toleranzgrenzen der Organismen gegenüber den genannten Faktoren und anderen Komponenten der Umwelt“ (Odum 1980),
- e) die Existenzbedingungen als regulierende Faktoren und
- f) darüber hinaus hängen umweltchemische Eigenschaften von Substanzen, wie das Bioakkumulationsverhalten, die Verteilung in der Biosphäre, die verschiedensten Abbauprozesse auch von chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten und den Eigenschaften der Substanzen ab (Stumm et al. 1983).

Damit sind die grundlegenden ökologischen und chemischen Aspekte der Umweltchemie erfaßt worden.

Am Beispiel des DDT sollen Inhalt und Aufgabe der Umweltchemie näher dargestellt werden.

Durch die Anwendung von DDT und den anderen chlorierten Kohlenwasserstoffen in der Landwirtschaft werden tierische „Schaderreger“, also heterotrophe Konkurrenten von dem Nettoprodukt des Agrarökosystems ferngehalten.

So wurden durch den DDT-Einsatz die Hektarerträge gesteigert und die Malaria-morbidität wesentlich gesenkt (Heinisch u. a. 1976).

Zu diesem Zweck wurden von 1951 bis 1976 etwa 1,5 Mio t (Heinisch u. a. 1976) und allein im Jahre 1973 60 000 t DDT (Korte 1980) produziert und ausgebracht.

Die folgende Tab. 1 enthält umweltchemisch bedeutende Eigenschaften des DDT.

Was für ökologische Auswirkungen das ubiquitär verteilte DDT hat, wird in den folgenden Ausführungen beispielhaft beschrieben.

Carson (1964) berichtete über einen Fall des Eindringens von DDT in die Nahrungskette: Um den Ulmensplintkäfer zu bekämpfen, wurden 0,9 bis 1,36 kg DDT auf einen etwa 15 m hohen Baum versprüht. (Eine 174 ha große Fläche wurde 1949–1953 jährlich zweimal mit 6%iger DDT-Lösung behandelt – Maier-Bode 1965.) Das DDT

Tabelle 1. Umweltchemische Charakteristik von DDT

Eigenschaft			Literatur
M	354,5		
Spez. Gew.	d <sub>4</sub> <sup>25</sup>	1,556	Maier-Bode (1965)
Fp.	108—109		Maier-Bode (1965)
Kp 1mm Hg	185—187		Maier-Bode (1965)
Dampfdruck (20 °C)	1,9 · 10 <sup>-7</sup> mm Hg		Maier-Bode (1965)
Löslichkeit:			
H <sub>2</sub> O: 25 °C	5,5 µg/l p,p'-DDT		Heinisch (1978)
H <sub>2</sub> O: 25 °C	26,0 µg/l o,p'-DDT		Heinisch (1978)
Alkohol: 24 °C	22 g/l		Maier-Bode (1965)
Petroläther: 24 °C	48 g/l		Maier-Bode (1965)
CHCl <sub>3</sub> : 24 °C	310 g/l		Maier-Bode (1965)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> : 24 °C	440 g/l		Maier-Bode (1965)
Fette, Öle	gut		Maier-Bode (1965)
Kokosöl: 30 °C	100 g/l		Maier-Bode (1965)
Flüchtigkeit:			
	— 6,7 % von dünn aufgetragenem DDT verdampfen bei 45 °C in 3 h		Maier-Bode (1965)
	— 50 % des in Wasser suspendierten DDT verflüchtigen sich bei 25 °C in 24 h.		
Stabilität			
thermische	— Zersetzung ab 120 °C unter HCl-Abspaltung		Maier-Bode (1965)
	$\text{DDT} \xrightarrow[ -\text{HCl} ]{120\text{ }^\circ\text{C}} \text{DDE}$		
hydrolytische	— ab 195 °C schnelle Zersetzung		Maier-Bode (1965)
	— beim Sieden mit H <sub>2</sub> O, Laugen, NH <sub>3</sub> , Aminen und bei Zimmertemperatur in alkoholischer KOH HCl-Abspaltung		Maier-Bode (1965)
	— Dehydrochlorierung von DDT durch Fe-Ionen		Heinisch u. a. (1976)
Photostabilität			
	— DDTg $\xrightarrow{\text{(UV)}}$ DDE		Korte (1980)
	— DDT $\xrightarrow[\text{sorbiert an Oberflächen}]{> 290\text{ nm}}$ CO <sub>2</sub> , HCl		Heinisch u. a. (1976)
	— Es sind 10 Photoprodukte bekannt (z. B. PCB, p,p'-Dichlorbenzophenon)		Korte (1980)
Stabilität im Boden			
	— ist abhängig von: Bodenart und -typ, bodenphysikalischen, -chemischen und -biologischen Verhältnissen		Naumann (1974)
	— 7 Jahre nach Bodenbehandlung wurden noch 80 % und 7 Jahre nach Grünlandbehandlung noch 29 % des eingesetzten DDT wiedergefunden		Maier-Bode (1965)
	— DDT-Gehalte in Böden nach 3–4maliger Applikation/a		Maier-Bode (1965)

Fortsetzung Tabelle 1

Eigenschaft	Literatur			
	Jahr	Tiefe [cm]	Gehalt [kg/ha]	
	nach 1.	7,6	21	
	nach 2.	7,6	52,5	
	nach 3.	7,6	80,5	
	nach 8.	15	34,5 ppm	
	nach 11.	Oberfläche	106 ppm	
	– DDT-Abbau im Boden ist abhängig vom Gehalt an organischer Substanz		Ko und Lockwood (1968)	
	– Nach 10 Jahren waren unter normalen Kulturbedingungen noch 5 % und nach 15 Jahren unter abbauhemmenden Bedingungen noch 39 % des eingesetzten DDT als Rückstand nachweisbar		Caro (1969)	
	– Mikrobieller Abbau von DDT unter streng anaeroben Bedingungen möglich (aerob keine Bildung von DDD beobachtbar, anaerob nach 14 d zwischen 40 und 50 % des DDT zu DDD umgewandelt)		Johnson et al. (1967)	
	– Mineralisierung erfolgt im Boden in 10–15 a		Heinisch u. a. (1976), Edwards (1966), Nash und Woolson (1967)	
Stabilität in den Organismen Insekten	DDT	DDT-Dehydrochlorinase Glutathion	→ DDE Chlorbenzoesäure	Maier-Bode (1965)
	DDT	in Schabenexkremente	→ p,p'-Dichlorbenzophenon	Maier-Bode (1965)
	DDT	Drosophila Arten	im Exkrement → 1,1,1-Trichlor-2,2-bis (p-chlorphenyl)-äthanol	Maier-Bode (1965)
Warmblütler	DDT	– HCl → DDE	+ 2 H <sub>2</sub> O → DDA – 2 HCl	Maier-Bode (1965) Wedemeyer (1967)
		→ Kondensationsprodukte Weitere metabolische Wege des DDT: siehe auch Wegler (1970)		
Wanderung im Boden und Wasser.	– nach 20jähriger Anwendung bis in 10 m Tiefe eingedrungen			Heinisch u. a. (1976)
	– DDT besitzt eine sehr geringe Beweglichkeit im Boden			Harries (1969)
	– an Tonmineralien werden 5–40 m M DDT/kg sorbiert			Sanks und Gloyna (1977)
	– Die DDT-Gehalte einiger Gewässertypen sind in Tab. 2 angegeben.			
Resistenzen bei Insekten:	enzymatische Entgiftungsprozesse; verminderte Aufnahme durch Cuticula			Wegler (1970)
Antiresistenzmittel	n-Di-n-butyl-p-chlorbenzol-sulfonamid (WARF)			Wegler (1970)

Tabelle 2. DDT-Gehalte verschiedener Wässer (aus Heinisch u. a. 1976)

Standort	Gehalt (ppt)	
	Durchschnitt	Bereich
Teltow-Kanal (Westberlin)	17	nn. — 135
Havel	650	nn. — 3200
Mikotajskie-See	500	200—1000
Meerwasser	< 10	
Sediment (Nordsee)	< $5 \cdot 10^2$	
Sediment (Ästuar)	< $4 \cdot 10^3$	
Plankton	~ $10^4$	
Regenwasser		
England (1967)	46	
Ohio (USA 1965)	150	
DDR (1970/72)	190	

blieb am Laub haften und gelangte über den Laubfall in den Boden und in die Regenwürmer. Diese wiederum sind Hauptnahrung der Wanderdrossel. Während vor Beginn des Sprühens mindestens 370 Jungvögel als normaler Nachwuchs für die vorhandene Population zu betrachten waren, wurde danach nur noch eine einzige junge Wanderdrossel entdeckt. Ursache der zunehmenden Unfruchtbarkeit und des Rückganges dieser Wanderdrosselpopulation war, daß die Männchen in den Hoden etwa 30 bis 109 ppm und die Weibchen 151 bis 211 ppm DDT in den Eizellen angereichert hatten. Im Gehirn tot aufgefundener Drosseln wurden immer  $> 50$  ppm DDT (maximal auch 140 ppm DDT) nachgewiesen (Maier-Bode 1965).

Für tiefgreifendere umweltchemische Betrachtungen des von Carson (1964) beschriebenen Falles ist es notwendig, über o. g. hinauszugehen und folgendes zu untersuchen:

- wie und in welcher Form das DDT aufgebracht worden ist, was für Abdriften entstehen dabei,
- durch welche Bindungskräfte (chemische und physikalische) das DDT am Laub gebunden wird,
- welcher Anteil des am Laub gefundenen DDT durch Niederschläge abgewaschen wird,
- wie stabil (Photostabilität, thermische, hydrolytische Stabilität, Biotransformation) das auf der Blattoberfläche feinverteilte DDT ist,
- ob das DDT in die Pflanze eindringt,
- ob das DDT auf der Blattoberfläche verdampft,
- was mit dem DDT nach dem Laubfall wird (wird es freigesetzt, wird es durch die entstehenden verschiedenen Humusarten chemisch oder physikalisch gebunden),
- wie schnell das DDT in den unterschiedlichen Böden und Lockergesteinen migriert,
- wie beweglich DDT im Grundwasserleiter ist,
- was für sorptive Leistungen die mineralischen und die organischen Komponenten der Böden und Lockergesteine übernehmen,
- in welcher Form das DDT in die Organismen (im konkreten Fall Regenwürmer) eindringt und
- wie groß die Verweilzeit des DDT in den betroffenen Ökosystemen ist?

Wie das DDT in die Nahrungsketten und bis zum Menschen gelangt, zeigen die weiteren Ausführungen.

Aus der Tab. 3 ist erkennbar, daß sich DDT in den Nahrungsketten (von den autotrophen zu den heterotrophen Organismen hin) anreichert, was letztendlich zum katastrophalen Rückgang carnivorere Vogelarten geführt hat.

Da der Mensch ein Endglied verschiedener Nahrungsketten ist, muß er auch am DDT-Kreislauf teilhaben, was durch die Tab. 4 belegt ist.

Tabelle 3. Anreicherung von DDT [ppm] in der Nahrungskette (nach Woodwell et al. 1967)

Medium/Organismus	Ernährungsweise	DDT [ppm]
Wasser	—	0,0005
Plankton	autotroph	0,04
Krabbe	Aas	0,16
Muschel	Detritus	0,42
Elritze	Plankton	0,94
Hecht	Räuber	1,33
Reiher	lebt von kleinen Tieren	3,57
Fett (Seeadler)	Fischfresser	166 ( $\Sigma$ DDT-) (Engst 1974)

Tabelle 4. Durchschnittliche DDT-Gehalte im humanen Fettgewebe (nach Heinisch u. a. 1976, Maier-Bode 1965, Sukopp et al. 1983)

Land	durchschnittlicher DDT-Gehalt im Fettgewebe [ppm]
USA (mittel)	11
Alaska (Eskimo)	2,8— 3,0
Frankreich	5,2
Indien	12,8—31,0
DDR (Erwachsene)	13,1 Gesamt-DDT (Engst u. a. 1973)
DDR (Neugeborene)	7 Gesamt-DDT (Engst u. a. 1974)
Humanmilch (DDR)	8,2 (Engst u. a. 1973)

DDT gelangt in die Humanmilch, in das Nervensystem, in Drüsen und Gonaden und durchdringt auch die Placenta (Horn 1981 und An der Lan 1971). Dabei muß berücksichtigt werden, daß der DDT-Status im humanen Gewebe keine Konstante darstellt, sondern von der Exposition abhängt. Beispiele dazu führt Maier-Bode (1965) an.

Zur Humantoxizität existieren die in Tab. 5 genannten Werte.

Tabelle 5. Humantoxische Angaben zu DDT (aus Maier-Bode 1965)

Menge (mg/kg)	Vergiftungssymptome
10	allgemeine Vergiftungssymptome
500	letal
(10–30 g/Mensch)	

Die Bedeutung des bisher Gesagten und damit auch der Umweltchemie wird deutlich, wenn man davon ausgeht, daß in den Agrarökosystemen eine Vielzahl von chemischen Verbindungen, wie Fungizide, Insektizide, Herbizide, Akarizide, Nematizide, Molluskizide, Rodentizide, Abschreckmittel, Keimhemmungsmittel, Wachstumsregler,

Pharmaka und Düngemittel eingesetzt werden, die Hilfsenergieträger darstellen und zur Erhöhung der Nettoproduktion der Gemeinschaft und damit der Ernte führen.

Durch diese „Energiehilfsströme“ wird

- der Verbrauch durch heterotrophe Organismen (Insekten, Nager usw.),
- der Verbrauch autotropher Organismen (pflanzliche Konkurrenten) verringert und
- das „biologische Nutzungspotential“ für Sonnenenergie vergrößert (durch Düngung wird mehr Blattmasse gebildet). Das biologische Nutzungspotential für Sonnenenergie ist von etwa 0,25 % (Mittelalter) auf ~ 1,5 % (Gegenwart) gestiegen.

Verdeutlicht wird die Realisierung der anthropogenen Strategie von gegenwärtigen Agrarökosystemen durch Tab. 6.

Tabelle 6. Energiezufuhr durch Hilfsenergieträger in der schweizerischen Landwirtschaft 1939–1976 (nach Büchner und Isermann 1980 in Tj)

Jahr	1939	1960	1976
Mineraldünger	552	2141	4762
PSM	228	593	587

### 3. Schlußfolgerungen

#### 3.1. Notwendigkeit der Umweltchemie

Die Einführung der Wissenschaftsdisziplin „Umweltchemie“ in die Lehre ergibt sich aus der notwendig gewordenen Rückkopplung zu ökologischen Problemen der an Instituten und in Betrieben arbeitenden Hochschulkader.

Der Hochschulkader der Gegenwart und der Zukunft muß in die Lage versetzt werden, seine Wirksamkeit auf die Biosphäre einschätzen zu können.

#### 3.2. Allgemeine Aufgaben und Inhalte der Umweltchemie

Aus dem oben Gesagten hat die Umweltchemie folgende Untersuchungsgegenstände zum Inhalt:

- Ermittlung der umweltrelevanten stoffspezifischen Eigenschaften,
- die Art und Weise der Verteilung in den verschiedenen Umweltmedien (Luft, Wasser, Boden, Lockergestein),
- die Quellen und Senken von Elementen und Verbindungen,
- die möglichen Zustands- und Bindungsformen der Elemente und Verbindungen in den Umweltmedien (Komplexbildungen bei Schwermetallionen, Assoziatbildungen, Kryptate, Charge-Transfer-Komplexe organischer Xenobiotika usw.),
- die Mengenbilanzen der Stoffe,
- die Stoffkreisläufe der Elemente und Verbindungen,
- die Ermittlung der Stabilitäten von Verbindungen gegenüber Licht, Wasser, Wärme, Sauerstoff und anderen Materien,
- die Biotransformation und Bioakkumulation,
- die Untersuchung des Metabolismus in den verschiedenen Organismen (obwohl hierbei ein biochemischer Problemkreis berührt wird, ist der Metabolismus für die Stoffkreisläufe entscheidend),
- die Möglichkeiten der biotischen und abiotischen Akkumulation der Elemente und Verbindungen,
- Ermittlung der Zeitkonstanten für Elemente und Xenobiotika in den einzelnen Ökosystemen (Verweildauer),



- die Problematik des Eindringens radioaktiver Elemente der Kerntechnik (Endlagerung von hochradioaktiven Abfallstoffen) in die Umwelt und deren Verhalten und ökologische Wirksamkeit,
- Alternativlösungen für eine „Ökologisierung“ aller Bereiche der Volkswirtschaft und
- die Umwelttechnologie (z. B. Rauchgasentschwefelung, Autoabgaskatalysatoren, biologische Abwasserreinigung usw.).

### 3.3. Vorschlag zur Lehrmethodik Umweltchemie

- Grundlagen  
Grundlagen zur Erarbeitung dieses methodischen Vorschlages zur Umweltchemie waren die Arbeiten von: Sukopp 1981, Overdieck 1981, Cardenas 1978, Odum 1980, Schubert 1984, Stugren 1977, Busch et al. 1983 und Hutzinger 1980.
- Teilnehmerkreis  
Studenten des dritten Studienjahres der Fachrichtungen: Chemie, Physik, Medizin, Geo- und Agrarwissenschaften und Postgradualstudenten mit Hochschulabschluß.
- Modus der Veranstaltung  
die Veranstaltung erfolgt in Form einer Vorlesung von 26 Stunden.

#### Zielstellung der Vorlesung

- Durch diese Vorlesungsreihe soll der Teilnehmerkreis Kenntnisse über die Wechselwirkungen von Stoffen und Verbindungen in Ökosystemen erwerben.
- Der Teilnehmer muß Verständnis für die ökologischen Zusammenhänge entwickeln, um die Grundlagen und den Inhalt der Fachdisziplin „Umweltchemie“ verstehen zu können.
- Unabhängig von der Studienrichtung des Teilnehmers ist der Teilnehmer in die Lage zu versetzen, das erworbene Wissen (unter besonderer Berücksichtigung seiner Studienrichtung und seines Einsatzgebietes) schöpferisch anzuwenden und weiterzuentwickeln.
- Der Teilnehmer muß die Zusammenhänge zwischen den gesellschaftspolitischen und naturwissenschaftlichen Aspekten der Ökologie und Umweltchemie verstehen, um verantwortungsbewußt handeln zu können.

Diese Zielstellungen werden erreicht durch die folgende Vorlesungskonzeption.

#### 1. Stunde

Ziel: Der Teilnehmerkreis soll das Fach Umweltchemie inhaltlich erfassen und wissenschaftssystematisch einordnen können. Umweltchemie als Fachdisziplin zur Widerspiegelung chemischer Sachverhalte eines Ökosystems.

- Inhalt: - Es wird eine Einführung in die Umweltchemie gegeben, mit Darstellung des Inhaltes, des Umfanges, der Grenzen und Beziehungen zu anderen Wissenschaftsdisziplinen.
- Beschreibung der Struktur unserer Umwelt als chemischen Sachverhalt.

#### 2. bis 3. Stunde

Ziel: Um den Teilnehmerkreis zu befähigen, die Gesamtheit umweltchemischer Fragestellungen verstehen und schöpferisch anwenden zu können, muß er die Grundlagen der Ökologie kennen und verstehen.

- Inhalt: - Es werden die Strukturen der biotischen und abiotischen Kompartimente von Ökosystemen behandelt.

- Es sind folgende Begriffe inhaltlich zu erläutern: Biosphäre, Pedosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biotop, Biozönose, Biogeozönose, Ökosystem, Autökologie, Synökologie, Populationsökologie, terrestrische, aquatische und urbane Ökologie usw.
- Chemische und physikalische Kommunikation – eine Basis der Integration von Organismen.
- Xenobiotika.

#### 4. Stunde

Ziel: Erkennen und Verstehen des Energieflusses in ökologischen Systemen und der Bedeutung der Stoffkreisläufe.

Inhalt: – Übersicht über fundamentale Konzepte zur Energetik in der Biosphäre  
– Energie als Umweltfaktor  
– Produktivität  
– Nahrungsketten, Nahrungsnetze und Trophiestufen  
– Stoffkreisläufe

#### 5. bis 6. Stunde

Ziel: Der Studierende soll die Prinzipien der limitierenden Faktoren beherrschen können.

Inhalt: – Umweltchemische Aspekte der Prinzipien der limitierenden Faktoren.  
– Anwendung der Prinzipien der limitierenden Faktoren in den urbanen Ökosystemen.

#### 7. Stunde

Ziel: Verstehen der Entwicklung von Ökosystemen

Inhalt: – Strategie der Ökosystementwicklung  
– Konzept der Klimax  
– Bedeutung der Theorie der Ökosystementwicklung für den Menschen

#### 8. Stunde

Ziel: Herausarbeitung der umweltchemischen Besonderheiten urbaner oder sonstiger anthropogen beeinflusster Ökosysteme.

Inhalt: – Strategie anthropogen beeinflusster Ökosysteme  
– Agrarökosysteme  
– Stadtökosysteme

#### 9. bis 19. Stunde

Ziel: Verstehen der Stoffkreisläufe von Xenobiotika.

Der Hörer ist zu befähigen, sein bisher angeeignetes Wissen schöpferisch auf konkrete Situationen in der Gesellschaft und in der Biosphäre anwenden zu können. Der Hörerkreis soll die Fähigkeit erhalten, die ökologischen Auswirkungen von Stoffemissionen bzw. -immissionen erkennen und das Ausmaß der Auswirkungen abschätzen zu können.

Inhalt: – Quellen und Senken von Stoffen  
– Schwermetallionen  
– Schwefelkreislauf mit Schwerpunkt  $\text{SO}_2$  und seinen ökologischen und umweltchemischen Folgen  
– Biozid-Kreisläufe mit Schwerpunkt von DDT, PCB und ökologischen Folgen  
– Stickstoffkreislauf mit Schwerpunkt  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Nitrosamine und ökologischen Folgen

- Emissionen und Immissionen radioaktiver Stoffe und ihre ökologischen Folgen.

20. bis 26. Stunde

Ziel: Der Hörer soll in die Lage versetzt werden, sein angeeignetes Wissen schöpferisch anwenden zu können, um die ökologischen Auswirkungen von Stoffimmissionen rückgängig zu machen bzw. zu verhindern.

- Inhalt: – Umwelttechnologien für
- Wasser
  - Abluft
  - Boden
  - Deponien
  - Endlagerung radioaktiver Abfälle

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Aus der gegenwärtigen Umweltsituation ergibt sich die Notwendigkeit der Herausbildung von Umweltwissenschaften. Als ein Beispiel solch einer Umweltwissenschaft wird die „Umweltchemie“ mit ihrem Inhalt und ihren Aufgaben dargestellt. Aufgrund der Verantwortung der Hochschulkader ist es unerlässlich, daß die Wissenschaftsdisziplin „Umweltchemie“ in die Lehre eingeführt wird. Es wird in dieser Arbeit dazu ein methodischer Vorschlag dargestellt.

### S c h r i f t t u m

- An der Lan, H.: Ursachen und Probleme der Umweltverseuchung. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. Bericht über das 111. Vereinsjahr, Wien 1971.
- Blaszyk, P.: Beeinträchtigung der freilebenden Tierwelt durch Pestizide. Ber. Ldw. 50 (1972) 404–416.
- Buchner, A., und K. Isermann: In: Chemie in der Landwirtschaft. BASF-Symposium vom 12. September 1979 im Limburgerhof, BASF Aktiengesellschaft. Verlag Wissenschaft und Politik, Berend von Nottbeck, Köln 1980.
- Busch, K.-F., D. Uhlmann und G. Weise: Ingenieurökologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1983.
- Cardenas, M. L.: Ökochemie: Schlüssel zum Überleben? – Ein didaktischer Entwurf für eine Einführungsvorlesung. Aus: Beiträge zur chemischen Kommunikation in Bio- und Ökosystemen. Witzgenhausen 1978, 17–34.
- Caro, J. H.: Accumulation by plants of organochlorine insecticides from the soil. Phytopathologie 59 (1969) 1191–1197.
- Carson, R.: Der Stumme Frühling. Biederstein-Verlag, München 1964.
- Edwards, C. A.: Insecticides Residues in soils. Res. Rev. 13 (1966), 83–132.
- Ellenberg, H.: Ökosystemforschung. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1973.
- Engst, R., und R. Knoll: Zur Anreicherung von Rückständen chlorierter Kohlenwasserstoffe in der Nahrungskette. Tag.-Ber., Akademie Landwirtschaftswissenschaften DDR, Berlin 126 (1974) 15–18.
- Engst, R., und R. Knoll: Zur Anreicherung von Rückständen chlorierter Kohlenwasserstoffe in der Nahrungskette. Ernährungsforschung 18 (1973) 1–8.
- Forsberg, C., und S.-O. Ryding: Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 swedish waste-receiving lakes. Arch. Hydrobiol. 89 (1980) 189–207.
- Fortescue, J. A. C.: Ecological Studies. 35. Environmental Geochemistry. A holistic Approach. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin 1980.
- Harries, C. I.: Movement of pesticides in soil. J. Agr. Food. Chem. 17 (1969) 80–82.

- Heinisch, E.: Biogeochemische Kreisläufe persistenter organischer Verbindungen. Sitzungsberichte der AdW der DDR, 20 N., 1978.
- Heinisch, E., H. Paucke, H.-D. Nagel und D. Hansen: Agrochemikalien in der Umwelt. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1976.
- Herberz, W.: Waldschäden und Luftverunreinigungen. Umweltbrief 27 (1983) 3–51.
- Horn, K. W.: Kommunalhygiene. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1981.
- Hutzinger, O.: The Handbook of Environmental Chemistry. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1980.
- Johnson, B. T., R. N. Goodman und H. S. Goldberg: Conversion of DDT to DDD by pathogenic and saprophytic bacteria associated with plants. *Science* 157 (1967) 560–561.
- Knijnenburg, A., E. Matthäus und G. Stöcker: Zur Begriffsbestimmung des ökologischen Compartments – eine Konzeption zur Ökosystemanalyse. *Flora* 170 (1980) 484–497.
- Knijnenburg, A., E. Matthäus und G. Stöcker: Zur Anwendung des ökologischen Compartmentbegriffs. *Arch. Naturschutz und Landschaftsforschung*, Berlin 21 (1981) 1–20.
- Ko, W. H., und J. L. Lockwood: Conversion of DDT to DDD in soil and the effect of these compounds on soil microorganismus. *Can. J. Microbiologie* 14 (1968) 1069–1073.
- Korte, F.: Ökologische Chemie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1980.
- Kovalskij, V. V. M.: Geochemische Ökologie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1977.
- Kraus, G.-J., und J. Miersch: Chemische Signale. Urania-Verlag, Leipzig – Jena – Berlin 1983.
- Krause, A.: Einfluß der Eutrophierung und anderer menschlicher Einwirkungen auf die Makrophytenvegetation der Oberflächengewässer. *Ber. Ldw* 50 (1972) 140–146.
- Kühnelt, W.: Grundriß der Ökologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1965).
- Maier-Bode, H.: Pflanzenschutzmittel-Rückstände. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1965.
- Malissa, H., u. a.: Zur chemischen Zusammensetzung von urbanen Niederschlägen. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 301 (1980) 279–286.
- Müller, H. J.: Stellung und Aufgaben der Ökologie in der modernen Biologie. *Biol. Rdsch.* 8 (1970) 65–76.
- Müller, H. J.: Entwicklung der Ökologie. *Biol. Rdsch.* 12 (1974) 30–38.
- Nash, R. G., und E. A. Woodson: Persistence of chlorinated hydrocarbon insecticides in soils. *Science* 157 (1967) 924–927.
- Naumann, K.: Neue Erkenntnisse über den biologischen Abbau von Insektiziden im Boden. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR*, Berlin 126 (1974) 85–89.
- Odum, E. P.: Grundlagen der Ökologie, in 2 Bänden. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1980.
- Oertzen, J. A. von: Biologische Konsequenzen der Ölverunreinigung des Meeres unter besonderer Berücksichtigung der Ostsee. *WWT* 27 (1977) 34–37.
- Overdieck: Einführung in die Ökologie. Konzept einer Vorlesung an der Universität Osnabrück 1981/82.
- Prinz, B.: Ambient Air Quality Standards and their Application. WHO Regional Publications, European Series No. 1. Copenhagen 1976.
- Rösler, H. J., und H. Lange: Geochemische Tabellen. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1965.
- Sanks, R. L., und E. F. Gloyna: Clay Beds for Storing Solid industrial Wastes – a Survey. *Proc. Ind. Waste Conf.* 1977. 32 (1978) 116–126.
- Schaefer, M.: Chemische Ökologie – ein Beitrag zur Analyse von Ökosystemen? *Naturwiss. Rdsch.* 33 (1980) 128–134.
- Schlee, D.: Ökologische Biochemie – Aufgaben und Möglichkeiten zwischen Ökologie und Biochemie. *Biol. Rdsch.* 19 (1981) 189–204.
- Schlipköter, H.-W., und J. Bruch: Die Lunge als Aufnahme und Reaktionsorgan bei Inhalation von Luftverunreinigungen. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig.* B 162 (1976) 1–17.

- Schubert, R.: Lehrbuch der Ökologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1984.
- Stugren, B.: Grundlagen der allgemeinen Ökologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1977.
- Stumm, W., J. J. Morgan und J. L. Schnorr: Saurer Regen, eine Folge der Störung hydrogeochemischer Kreisläufe. *Naturwissenschaften* 70 (1983) 216–223.
- Stumm, W., R. Schwarzenbach und L. Sigg: Von der Umweltanalytik zur Ökotoxikologie – Ein Plädoyer für mehr Konzepte und weniger Routinemessungen. *Angew. Chem.* 95 (1983 a) 345–355.
- Sukopp, H.: Ökologie im Hochschulunterricht. Aus: *Didaktik der Ökologie*, Hrsg.: G. Trommer und W. Riedel im Auftrag der Gesellschaft für Ökologie, Köln 1981.
- Sukopp, H., Chr. Schneider und H. Mattes: Einführung in die Landschaftsökologie (nur für Lehrzwecke). Institut für Ökologie, Ökosystemforschung und Vegetationskunde. Berlin 1983/1984.
- UBA: Jahresbericht des Umweltbundesamtes 1982 (BRD).
- Wedemeyer, G.: Dechlorination of 1.1.1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane by Metabolic products. *Appl. Microbiol.* 15 (1967) 569–574.
- Wegler, R.: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (Band 1). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1970.
- Werner, H.: Der Stoffhaushalt des Kummerower Sees, *WWT* 21 (1971) 22–24.
- Wohlrab, B.: Luftverunreinigungen. *Berichte zur Landeskultur*. Aus dem Institut für Mikrobiologie und Landeskultur der Justus-Liebig-Universität Gießen 1980.
- Woodwell, G. M., C. M. Wurster und P. A. Isaacson: DDT residues in an east coast estuary: A case of biological concentration of a persistent insecticide. *Science* 156 (1967) 821–824.

Dr. sc. nat. J. Tauchnitz  
Dipl.-Biol. G. Kiesel  
Bezirks-Hygieneinspektion und -institut Leipzig  
7010 Leipzig  
Beethovenstraße 25

Prof. Dr. R. Mahrwald  
Karl-Marx-Universität Leipzig  
Sektion Chemie  
7010 Leipzig  
Liebigstraße 18

Prof. Dr. H. Hübner  
Zentralinstitut für Isotopen- und  
Strahlenforschung der AdW der DDR  
7050 Leipzig  
Permoserstraße 5