

# **Pestizide und ihre negativen Auswirkungen – natur- und gesellschaftswissenschaftlich betrachtet**

Svenja Schlachter  
Christian Neukirchen  
Dominic Jehle

Seminarkurs 2005/2006  
Kursleiter: Herr Forderer und Herr Rösler

Wieland-Gymnasium Biberach

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Allgemeines über Pestizide (Dominic)</b>	<b>7</b>
1.1. Begriff und Definition . . . . .	7
1.2. Aufteilung der Pestizide . . . . .	7
1.3. Form, Anwendung und Gebrauch von Pestiziden . . . . .	8
<b>2. Bhopal-Unglück</b>	<b>12</b>
2.1. Übersicht (Christian) . . . . .	12
2.1.1. Bhopal . . . . .	12
2.1.2. Union Carbide . . . . .	12
2.1.3. Dow Chemical . . . . .	13
2.2. Sevin chemisch betrachtet (Dominic) . . . . .	14
2.2.1. Herstellung . . . . .	14
2.2.2. Wirkung . . . . .	14
2.2.3. Metabolismus . . . . .	15
2.2.4. Einsatz . . . . .	15
2.3. Methylisocyanat chemisch betrachtet (Dominic) . . . . .	16
2.3.1. Herstellung . . . . .	16
2.3.2. Wirkung . . . . .	16
2.3.3. Anwendung . . . . .	17
2.4. Detaillierter Tathergang (Christian) . . . . .	17
2.5. Gründe für das Unglück (Christian) . . . . .	18
2.6. Folgen (Svenja) . . . . .	19
2.6.1. Die gesundheitlichen Folgen . . . . .	19
2.6.2. Die Hilfsorganisation IMCB . . . . .	21
2.6.3. Sambhavna Trust . . . . .	22
2.6.4. Gerechtigkeit für Bhopal? . . . . .	23
2.6.5. Die regionalen Folgen . . . . .	24
2.6.6. Die Lehren aus dem Unglück . . . . .	25

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
*Inhaltsverzeichnis*

---

<b>3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)</b>	<b>30</b>
3.1. Worin besteht die falsche Anwendung?	30
3.2. Die Folgen der falschen Anwendung	33
3.3. Der Fall "Nemagon"	34
3.4. Die Gegenmaßnahmen	39
3.5. Die Alternative am Beispiel Bribri	39
3.6. Gründe für die falsche Anwendung	41
3.7. Schlusswort	46
<b>4. Dirty Dozen (Christian)</b>	<b>48</b>
4.1. Überblick	48
4.2. Auflistung der 12+ Stoffe	48
4.3. Gemeinsamkeiten, Unterschiede	50
4.4. Stockholmer Konvention	51
4.5. Beschränkte Stoffe	51
<b>5. DDT: Dichlordiphenyltrichlorethan (Christian)</b>	<b>53</b>
5.1. Geschichte	53
5.2. Probleme	55
5.3. Wirkung	56
<b>6. Chemische Betrachtung der Pestizide (Dominic)</b>	<b>58</b>
6.1. Eigenschaften der Pestizide	58
6.2. Zusammensetzung und Aufbau einiger Pestizidgruppen	60
6.2.1. Fungizide	61
6.2.2. Herbizide	61
6.2.3. Insektizide	63
6.3. Genaue Betrachtung einiger Wirkstoffe und Synthesen	64
6.3.1. Der Wirkstoff Atrazin	64
6.3.2. Der Wirkstoff Parathion	65
6.3.3. Der Wirkstoff Permethrin	66
6.3.4. Der Wirkstoff Dieldrin	67
<b>7. Wirkung und Metabolismus eines Pestizids (Dominic)</b>	<b>70</b>
7.1. Wirkung der Pestizide	70
7.2. Metabolismus der Pestizide	72
7.3. Das Beispiel Parathion	73

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
*Inhaltsverzeichnis*

---

<b>8. Immunisierung und Resistenzbildung (<i>Dominic</i>)</b>	<b>76</b>
8.1. Neue Schädlinge . . . . .	76
8.2. Selektion als Immunisierungsmechanismus . . . . .	77
8.3. Gewöhnung als Vorstufe der Resistenz . . . . .	77
8.4. Die Resistenz . . . . .	78
8.5. Die Probleme der Pestizide . . . . .	80
8.6. Das Rückstandsproblem . . . . .	80
 <b>A. Glossar</b>	 <b>84</b>

## Vorwort (Svenja)

So, Sie halten hier unsere Seminarkursarbeit in Ihren Händen. Das Produkt von einem Schuljahr Arbeit! Unsere Thema lautet, wie Sie sicher schon gelesen haben: *Pestizide und ihre negativen Auswirkungen – natur- und gesellschaftswissenschaftlich betrachtet*. Nun das ist doch ein ziemlich langer und komplizierter Titel. Wir hätten die Seminarkursarbeit auch einfach "Warum Pestizide schlecht sind!" taufen können, aber das hätte lang nicht so seriös geklungen. Also stellt sich die Frage, wie wir auf diesen langen und komplizierten Titel gekommen sind bzw. wie sind wir überhaupt über das Thema Pestizide gestolpert?

Ganz zu Anfang des Schuljahres gab man uns das Oberthema Landwirtschaft vor und wir sollten als Hausaufgabe Brainstorming zu diesem Thema machen. Als erstes fielen Begriffe wie Bauernhof, Landwirt oder Gentechnik. Von Pestiziden war da noch keinerlei Rede. Das kam erst beim zweiten Seminarkurs-Treffen am 22. September. Herr Rösler brachte einen Karton mit allen möglichen wissenschaftlichen Zeitschriften mit und meinte, wir sollten uns welche holen, Ideen sammeln und dann über die gefundenen Ideen kurz referieren. Schon ging das Gewühle los. Mir stach ein GEO-Heft ins Auge, umrahmt von Giftgrün war ein weißes Viereck, in dem in dicken Buchstaben NEID stand. Klingt nicht wirklich nach Landwirtschaft, aber wer weiß, vielleicht finde ich da drin ja was, dachte ich mir und schnappte mir das Heft. Ich blätterte es durch und stieß dabei auf den Artikel Mittelamerika: Leben mit dem Gift. Es ging darin um den Pestizidgebrauch in Mittelamerika und wie sehr die Plantagenarbeiter unter den Folgen davon leiden. Der Artikel faszinierte mich sofort und darüber berichtete ich dem Kurs auch. Und dann am Donnerstag, den 10. November, kam die Stunde der Entscheidung, wir sollten uns grob auf ein Thema festlegen. Den Meisten fiel die Wahl nicht schwer, ich war noch unentschlossen. Findet man über Pestizide denn genug, fragte ich mich. Ich besprach mich kurz mit Christian und wir beschlossen es mit den Pestiziden mal zu versuchen. Schließlich schloss sich Dominic noch an, das Pestizid-Trio war komplett.

Es folgte eine Zeit der intensiven Internetrecherche. Christian und ich stolperten auf der Homepage von Greenpeace dann über die Themen DDT und Bhopal. Von Bhopal hatten wir beide noch nie was gehört, aber Überschriften wie "Größtes Chemie-Unglück aller Zeiten" weckten unser Interesse. Bhopal und DDT wurden in unser Repertoire aufgenommen.

Nach dem jeder seine Themen hatte, musste natürlich noch ein Titel gefunden werden. Bloß, wie bringt man all diese Themen unter einen Hut? Wir dachten über die Inhalte der Themen

nach, alle besagten, dass Pestizide schlecht sind. Seriöser ausgedrückt: negativ. Da Christian und ich Seminarkurs im 3. und Dominic im 2. Feld machten, wurde darauf im Titel noch mal hingewiesen.

So der Titel stand, fehlten nur noch die Inhalte. Man suchte im Internet, wälzte Chemie-Bücher und blätterte in Umwelt-Zeitschriften. Die Zusammenarbeit verlief ohne Zickereien seitens der Jungs. Wir arbeiteten wirklich gut zusammen, da klappte einfach alles. Nach und nach gewann dann alles an Form. Am Donnerstag, den 16. Februar, sollten wir dann unsere bisherigen Ergebnisse vorstellen. Erfreulicherweise gab es fast nur positive Reaktionen auf unseren Vortrag.

Mit aufgebautem Selbstvertrauen ging es weiter und schließlich kam die heiße Phase, die Pfingstferien vor dem Abgabetermin unserer Dokumentationen. Man saß Stunden vorm Computer, manchmal sogar bis nach Mitternacht. Man las sich die Quellen nochmals durch und versuchte die Fülle an Informationen geordnet in die Dokumentation zu packen. Und das Ergebnis liegt nun vor Ihnen. Hoffentlich merkt man unserer Seminarkursarbeit an, wie sehr uns die Themen fasziniert und beeindruckt haben. Wir hoffen, wir können Ihr Interesse für die Thematik wecken und Sie zum nachdenken anregen.

## **Notationen**

Sämtliche verwendete und/oder zitierte Quellen sind am Rand mit einem ungefüllten Dreieck ▷ 666 (siehe links) gekennzeichnet und durchnummeriert. Am Ende jedes Kapitels finden sich die jeweiligen Quellenangaben.

Bildquellen sind direkt an den Bildunterschriften zu finden.

Einträge im ► *Glossar* (Seite 84) sind mit einem gefüllten Dreieck gekennzeichnet.

Jedes Kapitel enthält im Titel den Namen des Autors in *kursiver* Schrift. Sind Abschnitte des Kapitels von anderen Autoren erarbeitet, wird deren Namen in der betroffenen Unterüberschrift erwähnt. Beim Kapitel über Bhopal (Seite 12) sind aus Gründen der Übersichtlichkeit die Autoren nur in den Unterüberschriften vermerkt.

Alle Limericks sind dem OEDILF (*Omnificent English Dictionary In Limerick Form*) entnommen.

# 1. Allgemeines über Pestizide (*Dominic*)

## 1.1. Begriff und Definition

Der Begriff ► *Pestizide* ist die aus den lateinischen Worten "pestis" für Pest und "cidere" töten ► 1 zusammengesetzte Bezeichnung für Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel.

Im deutschen Pflanzenschutzgesetz in der Fassung vom 14. Mai 1998 werden Pflanzen- ► 2 schutzmittel als

... Stoffe, die dazu bestimmt sind,

- (a) Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen,
- (b) Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse vor Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen zu schützen, die nicht Schadorganismen sind,
- (c) die Lebensvorgänge von Pflanzen zu beeinflussen, ohne ihrer Ernährung zu dienen (Wachstumsregler),
- (d) das Keimen von Pflanzenerzeugnissen zu hemmen,

ausgenommen sind Wasser, Düngemittel im Sinne des Düngemittelgesetzes und Pflanzenstärkungsmittel; als Pflanzenschutzmittel gelten auch Stoffe, die dazu bestimmt sind, Pflanzen abzutöten oder das Wachstum von Pflanzen zu hemmen oder zu verhindern, ohne dass diese Stoffe unter Buchstabe a oder c fallen;

beschrieben und definiert.

## 1.2. Aufteilung der Pestizide

Pestizide umfassen eine große Wirkungsbreite und teilen sich in verschiedene Wirkgruppen ► 3 ein. Anhand einer alphabetischen Auflistung der Wirkgruppen wird das große Spektrum der ► 4 Pestizide deutlich.

Akarizide	Mittel gegen ► <i>Akariden</i> , Milben (z.B. Spinnmilben)
Algizide	Mittel gegen Algen
Aphizide	Mittel gegen Blattläuse
Fungizide	Mittel gegen Pilze
Herbizide	Mittel gegen Unkräuter
Insektizide	Mittel gegen Insekten, Gliederfüßer
Larvizide	Mittel gegen Insektenlarven
Molluskizide	Mittel gegen Weichtiere (z.B. Schnecken)
Nematizide	Mittel gegen Fadenwürmer, Ringwürmer (z.B. ► <i>Älchen</i> )
Ovizide	Mittel gegen Insekteneier
Rodentizide	Mittel gegen Nagetiere
Virizide	Mittel gegen Viren

Die Anteile der Zahl insgesamt hergestellter Pestizide sind sehr verschieden. Die drei Wirkgruppen der Fungizide, Herbizide und Insektizide machen zusammen 90% aller hergestellten Pestizide aus und haben weltweit die größte Bedeutung. ▷ 5

### 1.3. Form, Anwendung und Gebrauch von Pestiziden

Ein Pestizid ist nicht nur der Wirkstoff allein, dieser würde sich nur in Ausnahmefällen direkt ausbringen lassen. Die physikalischen Eigenschaften eines Wirkstoffes oder die geringen Mengen, die pro Hektar ausgebracht werden sollen, verlangen meist eine Aufbereitung eines Wirkstoffes mit Zusatzstoffen. Wirkstoff und Zusatzstoff bilden das Pestizid, wobei die Zusatzstoffe die Eigenschaften und Wirkungsweise des Wirkstoffes noch verbessern können. Zusatzstoffe sind: ▷ 1  
▷ 5

- Haftmittel zur besseren Haftung des Spritzbelages
- Netzmittel zur besseren Benetzung, bzw. Verteilung des Spritzbelages
- Schaumbremser zur Verhinderung zu starker Schaumentwicklung beim Ansetzen und Einfüllen der Spritzbrühe
- Emulgatoren zur feinsten Verteilung eines öligen Mittels in Wasser
- Warnfarbstoffe bei giftigen Wirkstoffen (z.B. Giftgetreide)
- Lösungsmittel
- Streckmittel zur besseren Handhabung des Mittels (oftmals 50% und mehr des Endproduktes)



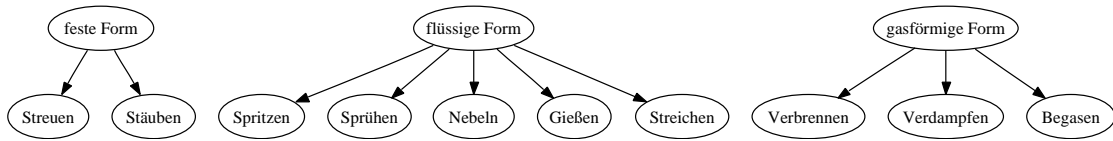


Abbildung 1.1.: Ausbringung von Pestiziden

Durch dieses Zusammenführen der Wirkstoffe mit Zusatzstoffen wird ein Pestizid in Form gebracht, d.h. formuliert, sodass es transport- und lagerfähig, sowie vom Anwender einfach und sicher anzuwenden ist.

Pestizide werden in vielen Bereichen eingesetzt, sowohl zur Vorbeugung als auch zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen oder Unkräutern. Einige der bekanntesten Einsatzorte sind in der Landwirtschaft, im Gartenbau und in der Forstwirtschaft. Die verschiedenen Pestizidgruppen haben auch verschiedene Anwendungsgebiete.

▷ 6

Herbizide werden generell überall dort eingesetzt, wo störender Bewuchs vernichtet werden soll, so z.B. in Kleingärten, am Straßenrand, auf Gleisanlagen und Truppenübungsplätzen.

Insektizide werden vorrangig auf Feldern eingesetzt, aber auch gegen Parasiten bei Mensch und Tier, sowie gegen krankheitsübertragende Insekten.

Insektizide und Fungizide werden unter anderem auch zum Materialschutz, vor allem bei Holz, verwendet.

Die Geschichte hat auch eine sehr untypische Verwendungsweise der Pestizide hervorgebracht, den Einsatz zur Vernichtung von Nahrungs- und Lebensgrundlagen von Menschen, so auch im Vietnam-Krieg, der weder Anfang noch Ende dieser Zweckentfremdung darstellt.

Die praktische Anwendung der Pestizide erfolgt heutzutage meist maschinell. Pestizide werden mit Pflanzenschutzgeräten auf einer bestimmten Fläche, der Pflanze oder dem Boden, möglichst gleichmäßig verteilt, um größtmögliche Erfassung aller Zielorganismen zu erreichen. Ihre Ausbringung ist in vielen verschiedenen Formen und Verfahren möglich.

▷ 7

**Spritzen** Beim Spritzen wird die Behandlungsflüssigkeit, auch Spritzbrühe genannt, unter Druck über Düsen ausgebracht. Die Tropfengröße schwankt zwischen 0,15 und 0,60 mm Durchmesser. Im Obst-, Wein- und Hopfenbau werden Gebläsespritzen eingesetzt, wobei die Spitztropfen mit einem Luftstrom auf die Pflanzen gebracht werden.

**Sprühen** Beim Sprühen wird die Behandlungsflüssigkeit (Brühe) durch Luftdruck in sehr feine Tröpfchen mit einem Durchmesser von 0,05–0,15 mm zerstäubt. Der Wasserbedarf ist daher geringer als beim Spritzen, wegen der kleinen Tröpfchen ist jedoch die Abdriftgefahr höher.

**Nebeln** Beim Nebelverfahren wird die Behandlungsflüssigkeit in noch kleineren Tröpfchen mit

einem Durchmesser von 0,005–0,05 mm verteilt. Dieses Verfahren ist nur für die Anwendung in geschlossenen Räumen geeignet, z.B. in Gewächshäusern.

**Gießen** Beim Gießen wird die Behandlungsflüssigkeit mit einfachen oder speziellen Gießgeräten, also auch Gießkannen, ausgebracht. Dieses Verfahren findet vor allem im Feldgemüse- und Gartenbau Anwendung.

**Streichen** In diesem Verfahren werden die Pflanzen mit konzentrierter Behandlungsflüssigkeit bestrichen. In der Ampferbekämpfung wird mit einem Dochtstreichgerät gestrichen.

**Streuen** Das Pflanzenschutzmittel wird in Granulatform ausgebracht.

**Stäuben** Das pulverförmige Pflanzenschutzmittel wird mit Hilfe eines von einem Gebläse erzeugten Luftstromes zerstäubt.

**Verbrennen, Verdampfen** Das Pflanzenschutzmittel kommt als Räucher- oder Verdampfungsmittel in geschlossenen Räumen zum Einsatz.

**Begasen** Der Wirkstoff wird durch chemische Reaktionen in gasförmiger Form freigesetzt. Dieses Verfahren wird zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen oder Wühlmäusen eingesetzt.

**Beizen, Inkrustieren** Beim Beizen oder Inkrustieren wird das Pflanzenschutzmittel an das Saatgut angelagert, dieses bekämpft somit Saatgutschädlinge.

## **Quellen**

- 1 Umweltchemie; Claus Bliefert; VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim 1994; (ISBN 3-527-28692-6)
- 2 Wolfgang Odzuk; Umweltbelastungen/Belastete Ökosysteme; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1982; (ISBN 3-8001-2496-3)
- 3 <http://www.fh-hoexter.de/fachbereiche/fb8/fachgebiete/chemie/downloads/pestizide.pdf>
- 4 Kleine Giftkunde; Gisela Wurm; 5. vollständig überarbeitete Auflage; Govi-Verlag, 1996
- 5 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 10; Pflanzenschutz; Hrsg. Fonds der chemischen Industrie zur Förderung der Chemie und biologischen Chemie im Verband der Chemischen Industrie, Karlstraße 21, 6000 Frankfurt/Main, November 1992; (ISSN 0174-366-X)
- 6 Zum Beispiel Pestizide; Hrsg. Pestizid-Aktions-Netzwerk; Red.: Carina Weber; Jürgen Knirsch; Göttingen: Lamuv-Verlag, 1991; (ISBN 3-88977-268-4)
- 7 Sachkundig im Pflanzenschutz; Arbeitshilfe zum Erlangen des Sachkundenachweises im Pflanzenschutz mit einem Fragenkatalog als Beilage; Dr. Klaus König, W. Klein, W. Gabler; 2. überarbeitete Auflage; BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1988; (ISBN 3-405-13595-8)

## 2. Bhopal-Unglück

Bhopal is in Madhya Pradesh;  
It's a city where memories are fresh  
Of the havoc once wreaked  
When some holding tanks leaked  
And the culprits all prayed to Ganesh.

---

(speedysnail)

Schädliche Auswirkungen von Pestiziden können in zwei verschiedenen Stadien eintreten: bei der Produktion und beim Einsatz der Chemikalien. Da sich die typischen Unfälle dabei stark unterscheiden, sollen sie im Folgenden getrennt betrachtet werden.

Paradebeispiel für ein Chemieunglück im großen Stil ist das sogenannte *Bhopal-Unglück*, das hier genauer geschildert werden soll.

### 2.1. Übersicht (*Christian*)

#### 2.1.1. Bhopal

Bhopal ist eine große Industriestadt in Indien, etwa 740 Kilometer von Delhi entfernt, und hatte zum Zeitpunkt des Unglückes etwa 1,5 Millionen Einwohner. Sie liegt an zwei großen, künstlich angelegten Seen und ist daher attraktiv für die chemische Industrie. ▷ 8

Unter anderem hatte die in Danbury, Connecticut ansässige Chemiefirma *Union Carbide* eine Produktionsstätte in Bhopal, die dort das Pestizid *Sevin* herstellte. ▷ 9

#### 2.1.2. Union Carbide

Union Carbide wurde 1898 gegründet und nahm kurz darauf mehrere andere Firmen auf, darunter die *National Carbon Company*, *Linde Air Products*, *Prest-O-Lite* und später (1937) auch die *Bakelite Cooperation*. ▷ 9  
▷ 10

1969 eröffnete Union Carbide eine Pestizidfabrik in Bhopal, die zuerst allerdings nur aus den ▷ 11

USA importierte Fertigungskonzentrate verwendete. 1975 erhielt Union Carbide dann von der indischen Regierung die Erlaubnis, selbst Methylisocyanat (MIC), ein wichtiges Zwischenprodukt der Sevinherstellung, zu produzieren und tat dies auch kurz darauf; Union Carbide gehörten 51% der Produktionsstätte, der Rest war im Besitz verschiedener indischer Privatfirmen.

Seit den Fünfzigern sind mehrere Chemieunfälle bekannt, die durch Union Carbide verursacht worden: Über tausend Tonnen Quecksilber gingen "verloren", 215 Tonnen davon gelangten in Gewässer und 13 Tonnen in die Luft. 1955 hatte fast jeder zweite Chemiarbeiter der Firma erhöhte Quecksilberwerte im Urin. ▷ 12

Im Februar 1985 wurde bekannt, dass Union Carbide seit 1980 190 Lecks hatte, darunter 61 mal Methylisocyanat, das später noch wichtig wird und 107 mal Phosgen, einem extrem giftigen Gas, das im ersten Weltkrieg auch als Kampfgas eingesetzt wurde. Beide Stoffe sind Synthesebausteine für Insektizide.

In Bhopal wurde aus Chlor und Kohlenstoffmonoxid, das dort aus Kohle gewonnen wurde, Phosgen hergestellt. Dieses konnte dann durch ► *Pyrolyse* mit Monomethyamin zu Methylisocyanat reagieren; als Lösungsmittel diente Chloroform. Das MIC wurde in zwei großen, unterirdischen, über 50000 Liter fassenden Tanks namens "610" und "611" zwischengelagert, bevor es mit  $\alpha$ -Naphthol zum gewünschten Endprodukt, dem Carbaryl (oder Sevin), reagierte. ▷ 11

Union Carbide hatte 1998 ungefähr 11.500 Angestellte. ▷ 13

### 2.1.3. Dow Chemical

Die andere wichtige Firma, die im Bhopal-Unglück eine signifikante Rolle spielt, ist *Dow Chemical*. Sie wurde 1897 gegründet und stellte damals Chlorbleiche her. Im ersten Weltkrieg versorgte sie das US-Militär mit Senfgas und Pikrinsäure, das damals für Granaten verwendet wurde. Im zweiten Weltkrieg stellte sie Magnesiumbrandbomben her; später dann, im Vietnamkrieg, auch Napalm und ► *Agent Orange*. ▷ 14

Auch Dow Chemical fiel in der Firmengeschichte immer wieder durch verschiedene Unfälle auf. In den Achtzigern und Neunzigern wurde herausgefunden, dass Brustimplantate, die in Zusammenarbeit mit Dow Chemical produziert wurden, Brustkrebs und Autoimmunschwächenkrankheiten verursachten. Nach der Jahrtausendwende verklagten Anwohner der Gebiete um das Hauptquartier der Firma diese, da im Tittabawassee eine erhöhte Dioxinbelastung zu finden war. ▷ 15

1979 stellte Dow Chemical in Entwicklungsländern immer noch Dibromochloridpropan (DBCP) her, obwohl dies seit 1978 in den USA verboten war. Dieser Stoff gehört zu den *Dirty Dozen* (Seite 48) und ist als krebserregend und sterilisierend bekannt. Da dieser Stoff besonders auf Bananenplantagen verwendet wurde, sind ein Fünftel bis ein Viertel aller männlichen Plantagenarbeiter Costa Ricas unfruchtbar: dort wurde DBCP manuell angerührt. Mehr dazu ▷ 16

im Kapitel über falsche Anwendung von Pestiziden, besonders Nemagon (Seite 34).

Im Dezember 1999 kaufte Dow Chemical Union Carbide für 11,6 Milliarden US-Dollar, die geschätzten 2,3 Milliarden US-Dollar Schulden eingenommen. Dadurch hatte Dow Chemical nun 49.000 Angestellte in 168 Ländern (darunter auch 12 Standorte in Deutschland, u.a. München, Hamburg und Düsseldorf) und war damit das zweitgrößte Chemieunternehmen weltweit.

▷ 17

## 2.2. Sevin chemisch betrachtet (*Dominic*)

Sevin ist eines der ältesten und umsatzmäßig das bedeutendste Carbamat-Insektizid.

▷ 18

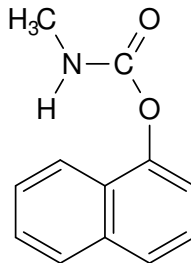


Abbildung 2.1.: Strukturformel von Sevin: 1-Naphthyl-methylcarbamat

### 2.2.1. Herstellung

Es gibt zwei technische Methoden N-Methylcarbamate von Phenolen herzustellen.

- (a) Durch Reaktion von Phenol mit MIC in Gegenwart einer Spur eines Elektronendonators wie Tri-ethylamin.
- (b) Eine zweistufige Reaktionsfolge: 1. Gewinnung von Chlorameisensäureester aus der Reaktion von Phenol mit Phosgen. 2. Vorsichtige Umsetzung von Chlorameisensäure mit Methylamin zum Carbamat.

### 2.2.2. Wirkung

Die Gruppe der Carbamate, zu der Sevin gehört, sind Cholinesterasehemmer. Die Moleküle lagern sich an die aktiven Zentren des Cholinesterase-Enzyms an. Das Cholinesterase-Enzym ► *hydrolysiert* Acetylcholin. Die Carbamate greifen das Zentrum an und carbamylieren das Enzym. Das Enzym kann sich nur sehr langsam regenerieren und ist daher lange blockiert, kann also keine Hydrolyse mehr vollziehen. Dadurch versagen die Synapsen in den Nervenbahnen

ihre Funktion und die Reiz- oder Impulsweiterleitung ist unterbrochen. Es folgt eine kurze Phase von unkontrollierten Bewegungen und Lähmungen. Danach sind die betroffenen Insekten nicht mehr lebensfähig. Die Blockierung währt zu lange und es kommt zum Kollaps mit Todesfolge.

Im Allgemeinen setzt die Wirkung je nach Art des Carbamats in etwa 1–30 Minuten ein. Fallen gelähmte Schädlinge jedoch sofort aus dem behandelten Bereich heraus, so wird gelegentlich eine Wiedererholung beobachtet.

Carbamate wirken allgemein als Fraß-, Kontakt- und Atmungsgifte, was sie universell einsetzbar macht. Einige Carbamate werden auch gut von Pflanzen aufgenommen und in den Leitungsbahnen vornehmlich im Xylem über das ganze Pflanzensystem verteilt und vorübergehend gespeichert.

### 2.2.3. Metabolismus

Das Schicksal von Handels-Carbamat-Insektiziden wurde in Pflanzen, Insekten und Warmblütern mit Präparaten verfolgt, die entweder am Methyl-, am Carbonyl- oder an einem Ring-Kohlenstoffatom, bzw. an einem Kohlenstoffatom des Ketoxin-Restes, radioaktiv markiert waren. Der Abbau erfolgt durch Oxidationen des Phenylkerns und der N-Methyl-Gruppe, sowie durch Hydrolyse neben- und nacheinander. Die Endprodukte werden als CO<sub>2</sub> ausgeatmet oder als Konjugationsverbindungen mit den Sekreten ausgeschieden.

In Insekten wird die Entgiftung der Phenylcarbamate vorwiegend durch eine Hydroxylierung des phenolischen Rings eingeleitet. Bei Carbamaten mit einer Thiomethyl-Gruppe wird diese erst zum Sulfon oxidiert. Bisher wurde bei den Carbamaten kein Umwandlungsprodukt gefunden, das in seinen insektiziden Eigenschaften und in der Warmblütertoxizität die Ausgangsverbindungen übertroffen hätte oder das eine chronische Toxizität besaß. Auch bei Warmblütern besteht eine Wirkung als Cholinesterasehemmer. Bei Ratten liegt die orale LD<sub>50</sub> bei Werten zwischen 1 und 1000 mg/kg.

Typische Anzeichen für eine Cholinesterasevergiftung sind Übelkeit, Erbrechen, Schweißausbruch und vermehrter Stuhldrang. In schweren Fällen treten Atemnot und Krämpfe mit Todesfolge auf.

### 2.2.4. Einsatz

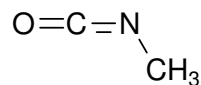
1970 hatte Sevin in den USA die amtliche Anerkennung für 150 Schadinsekten, konnte also bei einem Befall mit diesen Schadinsekten angewendet werden. Anwendungsbereiche von Sevin sind vor allem der Baumwollanbau, der Obstanbau und der Gemüseanbau. In den Baumwollanbau flossen noch 1970 40% der Gesamtproduktion von Sevin. Bei Fliegen und Spinnmilben hat Sevin keine Wirkung, bei Blattläusen besteht nur geringe Wirkung, es kann also bei Anwendung

zu starker Vermehrung von Blattläusen und Spinnmilben kommen, durch die Vernichtung derer natürlicher Feinde. In Gebieten mit längerem Einsatz von Sevin werden erste Resistenzerscheinungen beobachtet. Außerdem ist Sevin bienengefährlich.

### 2.3. Methylisocyanat chemisch betrachtet (*Dominic*)

Ein Nebenprodukt zur Herstellung von Sevin.

▷ 19



▷ 20

Abbildung 2.2.: Strukturformel von Methylisocyanat (MIC)  
MIC ist der einfachste Ester der Isocyansäure.

#### 2.3.1. Herstellung

Um MIC herzustellen lässt man Phosgen und Methylamin miteinander reagieren. Zuerst wird Salzsäure (HCl) abgespalten und dann wird das Zwischenprodukt Carbamoylchlorid zu MIC umgewandelt.

#### 2.3.2. Wirkung

MIC ist ein Fraß-, Kontakt- und Atemgift, es ist außerdem sehr ► *nukleophil*. Es greift bevorzugt Biomoleküle, die im Stoffwechsel aktiv sind, an. Der Transportmechanismus wurde erst 1992 geklärt: Gluthation, ein Tripeptid mit der Aufgabe den Organismus vor Schäden durch toxische Substanzen zu schützen, addiert MIC reversibel an die Thiolgruppe und transportiert es somit im Körper.

MIC wirkt bei Kontakt ätzend auf Schleimhäute, Augen und Lungen. Bei Freisetzung von MIC bei 20°C Lufttemperatur erfolgt eine schnelle Kontamination der Luft. Ein paar beispielhafte Reaktionen an den Augen bei Einwirkung von MIC sind Schmerzen, Verbrennungen, Verätzungen und Sehbeeinträchtigungen. Auf der Haut können diese Symptome, wie Schmerzen, Verbrennungen und Verätzungen auftreten. Bei oraler Aufnahme von MIC können sich Symptome, wie Übelkeit, Erbrechen, ► *abdominelle* Krämpfe, Halsschmerzen oder Verätzungen einstellen. Nach inhalativer Aufnahme des Wirkstoffs können einige Symptome, wie Übelkeit, Erbrechen, Schwindel, Verätzungen, Halsschmerzen, ein Husten, eine ► *Dyspnoe* oder auch Bewusstseinsstörungen bis zur Bewusstlosigkeit eintreten. Das Auftreten der Symptome ist verzögert möglich. Als schlimmste inhalatorische Folge kann sich ein toxisches Lungenödem bilden. Die



Einwirkung des Stoffes kann letal enden, wiederholter oder länger andauernder Kontakt kann eine Sensibilisierung auslösen. Bei wiederholter oder längerer Einwirkung folgen Schädigungen der Lunge.

### 2.3.3. Anwendung

MIC wird zur Herstellung von Carbamaten durch Umsetzung mit Alkoholen genutzt. Es wird darüber hinaus auch zur Herstellung von speziellen Harnstoffen durch Umsetzung mit Aminen genutzt.

## 2.4. Detaillierter Tathergang (*Christian*)

Was also geschah an jenem 3. Dezember 1984, dass dieser wenig später dann als größtes "Chemie-Unglück aller Zeiten" oder gar "Hiroshima der Chemieindustrie" in die Geschichte eingehen sollte?

Fünfundzwanzig bis vierzig Tonnen Methylisocyanat wurden zwischen Mitternacht und zwei Uhr explosionsartig freigesetzt. Im Tank "610" gelangten 450–900 Liter Wasser und verursachten so eine starke, exotherme Reaktion. Der genaue Hergang ist unklar. Es wird spekuliert, es sei zu einer Verwechslung von Leitungen gekommen (Wasser statt Stickstoff), möglicherweise gab es defekte Ventile. Andere vermuten, der Druck wurde absichtlich erhöht, um ein Leck zu finden (die Sevin-Produktion verwendete inzwischen Tank "611", da auf Tank "610" nicht zugegriffen werden konnte). Auch Sabotage ist nicht ausgeschlossen, bei späteren Untersuchungen wurde ein Manometerstutzen gefunden, an dem eine Wasserzuleitung angeschlossen war(!).

Was auch immer der eigentliche Grund für das Leck war, es kommt noch schlimmer. Gegen 1 Uhr nachts bewegte sich die Gaswolke unerwartet über die Nachbarschaft Bhopals.

Ganze zwei Stunden lang wurden keine Maßnahmen getroffen und die Reaktionsprodukte konnten ungehindert in das Stadtgebiet austreten—der Großteil der Bewohner schlief. Unter anderem wurde Dimethylamin frei, ein Gas das schwerer als Luft ist und sich so am Boden ausbreitete und vom Wind in alle Richtungen getragen wurde. Das Gas unterliegt speziellen gesetzlichen Beschränkungen, da es für die Giftgasproduktion und auch für illegale Drogen (z.b. Psilocybin) eingesetzt werden kann.

Sechzehn Stunden tat Union Carbide einfach nichts. Viele Bewohner Bhopals rannten in Richtung der Klinik, die durch ungünstige Windverhältnisse nun inmitten der Giftwolke lag.

Dann wurde eine Pressekonferenz vorbereitet. Die ersten Atemwegsspezialisten kamen nach einer Woche. Zu dieser Zeit war die ► *Toxikologie* von MIC völlig unbekannt, die Ärzte wussten nicht genau, wie sie die Opfer behandeln sollten.

## 2.5. Gründe für das Unglück (*Christian*)

Wie konnte es dazu überhaupt kommen?

Definitiv bekannt ist, dass das MIC nicht spezifikationsgerecht bzw. verunreinigt war und in viel zu vollen und zu großen Tanks lagerte. Der Chlorgehalt war viel zu hoch (entweder war das MIC durch Phosgen oder Chloroform kontaminiert), und dadurch geschah etwas fatales: Die Chlorionen griffen den Eisentank an und die so entstandenen Eisenionen katalysierten die Reaktion des MIC. Bei spezifikationsgerechtem MIC wäre das Eintreten des Wassers bei weitem nicht so gefährlich gewesen. ▷ 11

Die Sevinproduktion in Bhopal war nicht auf große Zwischenspeicherung von MIC angewiesen; da die Produktion jedoch kurzfristig wegen Reparaturarbeiten eingestellt wurde, fielen größere Mengen MIC an, und die Tanks mussten mehr als bis zur Hälfte (der maximal empfohlenen Füllwert) genutzt werden. Schon damals wäre es möglich gewesen, Sevin ohne jegliche Zwischenspeicherung von MIC herzustellen; in einer Sevinfabrik von DuPont gibt es beispielsweise nie mehr als 10 Kilogramm MIC, da es sofort weiterverarbeitet wird. Sevinproduktion gänzlich ohne MIC wäre auch denkbar, allerdings wird vermutet, dass das MIC auch für andere Zwecke gedacht war, da es ein flexibel einsetzbares Zwischenprodukt ist. ▷ 11

Theoretisch hätte eine Unlagerung des MIC von Tank 610 in Tank 611 und den Reservetank 619 die Reaktion stark abgeschwächt oder zumindest verzögern können. Allerdings war nicht bekannt, wieviel MIC in diesen Tanks war, da die Arbeiter den Ventilen nicht trauten. Daher wollten sie nicht, dass sich die Reaktion in diesen Tanks fortsetzte. ▷ 11

Viel schlimmer jedoch ist die Liste der mangelnden und mangelhaften Sicherheitsvorkehrungen Union Carbides. Normalerweise gibt es Sicherheitskühlsysteme für die Lagerung von MIC, die dieses im Notfall stark kühlen und so reaktionsträger machte; diese waren aber seit fünf Monaten(!) abgeschaltet, da die Kühlmittel anderwertig gebraucht wurden und Geld gespart werden musste. Auch eine Gasfackel und andere Mittel gegen Gasaustritt waren nicht funktionsfähig—diese hätten allerdings auch nicht mehr viel geholfen, möglicherweise hätte die Gasfackel sogar zu einer Explosion der MIC-Wolke geführt. Der Versuch einiger Arbeiter, die ungehindert austretenden Gase mit Wasser zu neutralisieren, scheiterte schnell.

Es dauerte lange, bis der Unfall überhaupt bekannt wurde, da das Anlagenpersonal reduziert war (nur sechs statt zwölf Personen) und die Schichtleiter außerdem alle Teepause hatten. Aus Kostengründen wurden auch die Sicherheitsausbildung der Arbeiter stark vernachlässigt. Alle Warnschilder und Dokumentationen waren auf Englisch, ein Großteil der Arbeiter konnte jedoch nur Hindi.

Später wurde auch die Alarmsirene abgestellt, um die Bevölkerung nicht zu beunruhigen(!).

Schon vorher ist die Produktionsstätte durch Unsicherheiten aufgefallen: Im Dezember 1981 starb ein Arbeiter durch ein Phosgen-Leck, zwei Wochen später gab es ein weiteres. In Februar ▷ 11

und August 1982 wurde MIC frei; im Oktober darauf MIC, Salzsäure und Chloroform. Schon 1976 beschwerten sich die Gewerkschaften über unzureichende Sicherheitsvorkehrungen.

Trotz alledem wurde an der Situation nichts geändert.

Es gab keinerlei Katastrophenpläne seitens Union Carbide, die bei der Bevölkerung als "Pflanzenmedizin"-Fabrik bekannt war; die Bevölkerung wusste nicht um die Gefährlichkeit der Stoffe, die dort produziert wurden. Bereits einfachste Maßnahmen, wie sich auf den Boden zu legen und ein feuchtes Tuch vor den Mund zu nehmen, hätten gereicht, um viele Menschenleben zu retten.

## 2.6. Folgen (Svenja)

### 2.6.1. Die gesundheitlichen Folgen

Die Giftwolke überraschte die Bewohner von Bhopal im Schlaf. Die Bevölkerung wusste nicht, was sie tun sollte, es gab keinerlei Verhaltensregeln für so einen Fall. Denn immerhin dachte die Bevölkerung, dass die Fabrik "Pflanzenmedizin" herstelle. Es brach Panik aus, die Menschen liefen in Richtung Klinik und somit direkt in die Giftwolke. ▷ 22  
▷ 23  
▷ 25

Laut Schätzungen starben rund 8.000 Menschen sofort, nachdem sie mit der Giftwolke Kontakt hatten. In den nächsten Wochen und Monaten erstickten Tausende qualvoll. Offiziell starben 15.000 Menschen durch den direkten Kontakt mit dem Giftgas, aber Hilfsorganisationen schätzen die Opferzahlen auf 20.000 bis 30.000. So genau kann das keiner sagen, denn rund um die Fabrik waren die Armenviertel von Bhopal, deren Bewohnerzahlen niemand genau kannte. Außerdem machte sich niemand die Mühe, die Leichen, die die Straßen um die Fabrik herum pflasterten, zu zählen. Denn wen interessieren schon ein paar tote Arme?

Des Weiteren gab es rund 500.000 Verletzte. Sie waren durch das Giftgas erblindet oder/und erlitten Hirnschäden, Lungenödeme, Nieren-, Magen-, Herz-, Leberleiden und Lähmungen. Außerdem wurden viele der Opfer unfruchtbar. Aber die Opfer erlitten nicht nur körperliche Schäden, sondern auch psychische. Viele wurden mit schweren psychischen Traumata eingeliefert. Die ohnehin schon zumeist unterqualifizierten Ärzte waren total überfordert und die Krankenhäuser nicht ausreichend ausgestattet. Da Union Carbide die Bevölkerung und die Ärzte niemals über die Gefährlichkeit der von ihnen hergestellten Stoffe aufgeklärt hatte, waren die Ärzte ratlos. Die Toxikologie von MIC war bis dahin nicht bekannt und somit kannten die Ärzte kein Gegengift und keine spezielle Therapie. Sie konnten die Opfer nur ► *symptomatisch behandeln*. Die derzeitigen bekannten Symptome der Gasopfer sind laut dem Umweltinstitut wie folgt:

- Dyspnoe
- Thoraxschmerzen (Schmerzen im Brustkorb)

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
2. Bhopal-Unglück

---



Abbildung 2.3.: Überall auf der Straße liegen Leichen  
<http://yasminthestoryteller.blogspot.com/2005/10/bhopal-2005-rashida-bees-nieces-apply.html>

- Angst und Panikattacken
- Husten, Auswurf
- Konzentrations-/Gedächtnisstörungen
- Müdigkeit
- Irritabilität (Reizbarkeit, Empfindlichkeit)
- Muskelschmerzen
- Kopfschmerzen
- Abdominelle Beschwerden
- Menstruationsstörungen
- Kribbeln und Taubheitsgefühle
- Fluor vaginalis (Ausfluss aus der Scheide oder Gebärmutter)
- Sehkraftverminderung
- Physische und mentale Retardierung bei Nachkommen
- Augentränen



Abbildung 2.4.: Beerdigung eines Kindes, das in dieser Nacht ums Leben kam  
<http://www.astrosurf.org/lombry/sysol-terre-plaidoyer5.htm>

Es kam nicht nur zu akuten gesundheitlichen Schäden. Es wird geschätzt, dass ca. 150.000 Menschen seit der Katastrophe chronisch krank sind und jährlich sollen ca. 380 weitere Gasopfer an den Langzeitschäden der Vergiftung sterben. Viele der Betroffenen leiden unter den Spätfolgen, wie Atemwegserkrankungen, Krebs und Sehbehinderungen. Man fand durch Autopsien heraus, dass das Giftgas auch neurotoxische Wirkungen hat, die zu Auflösungserscheinungen in den Gehirnen der Betroffenen führen können. Viele der Opfer leiden außerdem unter starken psychischen Problemen.

Und das Gift breitet sich auch in der nächsten Generation aus. Viele der Kinder von Gasopfern sind geistig und/oder körperlich behindert. Viele kommen mit Missbildungen zur Welt.

Noch heute ist die Rate der Geburtsfehler in Bhopal viermal so hoch wie durchschnittlich in Indien.

### 2.6.2. Die Hilfsorganisation IMCB

Die Betroffenen und ihre Angehörigen haben sich zu verschiedenen Organisationen zusammengeschlossen, die Anerkennung und Hilfe wollen. Diese Organisationen baten dann 1992 das International Institute for Environmental Concern darum, dass die Situation in Bhopal durch eine unabhängige, internationale Expertenkommission aus Ärzten überprüft werden solle.

So wurde die Internationale Medizinische Kommission zu Bhopal (engl.: *International Medical*

▷ 23

*Commission on Bhopal*) zusammengestellt und 1994 nach Bhopal geschickt, um dort ausführliche Untersuchungen durchzuführen. Die IMCB setzte sich aus ehrenamtlichen Wissenschaftlern und indischen Fachkollegen zusammen und wurde hauptsächlich durch Spenden von "Brot für die Welt" und Greenpeace finanziert.

Erstmals wurden die Opfer eingehend untersucht, besonderes Augenmerk lag hierbei auf den chronischen Gesundheitsschäden der Opfer. Die IMCB befasste sich des Weiteren mit der sozialen Situation und der medizinischen Versorgung der Opfer. Die Kommission untersuchte, informierte und beriet die Opfer. Durch ► *spirometrische* und neurologische Untersuchungen konnte die IMCB beweisen, dass die Beschwerden der Opfer auf die Katastrophe zurückzuführen sind und dass sie somit Anspruch auf Entschädigung haben.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen war, dass die gesundheitliche Versorgung der Opfer unzureichend ist und verbessert werden muss. Eine Verbesserung ist das "Gesundheitsbuch" (*Health booklet*), das alle Ergebnisse und Befunde dokumentiert und somit eine bessere medizinische Versorgung gewähren soll. Eine weitere Verbesserung ist die Einführung von Patientenpässen mit Foto, in denen alle Befunde zur Person eingetragen werden. Dieser Patientenpass soll gewährleisten, dass die Opfer kostenlos medizinisch behandelt werden. Doch von vielen Betroffenen wird dieses staatliche Angebot nicht genutzt, da es in den staatlichen Kliniken oft große Warteschlangen gibt. So gehen viele zu den Privatärzten, die in Bhopal zahlreich angesiedelt sind und bekommen dafür hohe Arztrechnungen. Leider fand man heraus, dass viele dieser Privatärzte nicht professionell medizinisch qualifiziert sind. Man schätzt, dass dies bei 70%(!) der Privatärzte der Fall ist.

### 2.6.3. Sambhavna Trust

In Verbindung mit Organisationen, die aktiv bei der Verbesserung der Situation in Bhopal helfen, muss der Sambhavna Trust auf jeden Fall genannt werden. Der Sambhavna Trust ist eine Nichtregierungsorganisation, die in Bhopal eine Klinik betreibt. Er wurde 1995 gegründet und finanziert sich aus Spendenmitteln, die hauptsächlich aus England, Australien, Indien und den USA kommen. Der Sambhavna Trust wird von Satinath Sarangi geleitet. In den meisten Nachrichten über Bhopal taucht sein Name auf, er gilt als einer der engagiertesten Aktivisten in Bhopal. Der Sambhavna Trust verwaltet ein kleines Gesundheitszentrum, in dem über 4.000 Langzeit-Patienten mit chronischen Beschwerden betreut werden.

In diesem Gesundheitszentrum wird aber nicht nur moderne Medizin praktiziert, sondern man benutzt auch traditionelle Heilverfahren wie die Ayurvedamedizin oder Yogatechniken. Diese Verfahrensweisen sind sehr erfolgreich. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich durch die traditionelle Behandlung die Lungenfunktion verbessert und der Medikamentenkonsum gemindert hat.

▷ 23

#### 2.6.4. Gerechtigkeit für Bhopal?

Jeder normale Mensch würde eine beträchtliche Entschädigung seitens Union Carbides für eine logische Folge der Katastrophe halten. So auch die Betroffenen des Unglücks. Aber viele warten noch heute auf eine Entschädigung. ▷ 22  
▷ 25  
▷ 26

Nach ca. einem halben Jahr reichten die Ersten Einzelklagen gegen den Chemiekonzern ein. Ein langwieriger Rechtsstreit folgte und 1989 schloss die indische Regierung einen Vergleich mit Union Carbide. Der Chemiekonzern wollte sich durch die Schadensersatzzahlung von rund 470 Millionen US-Dollar (1999 betrug der Umsatz der Firma 4,1 Milliarden US-Dollar!) weiteren Klagen entziehen. Das Problem war nur, dass zum Zeitpunkt des Vergleichs nur von einem Bruchteil der Opferzahlen die Rede war. Somit erhielt ein Betroffener zwischen 370 US-\$ und 533 US-\$. Das Geld reichte gerade einmal um die Arztkosten der letzten Jahre zu begleichen. Außerdem verliefen die Auszahlungen nur schleppend und nicht die gesamte Schadensersatzsumme wurde an die Opfer ausgezahlt. Viele der Opfer werden aber noch ein Leben lang ärztliche Hilfe benötigen. Außerdem werden die Menschen, die durch das verseuchte Grundwasser vergiftet werden, überhaupt nicht entschädigt. ▷ 27  
▷ 28  
▷ 29

1999 wird die Union Carbide Corporation dann von dem Chemiekonzern Dow Chemical übernommen. Dow Chemical weigert sich aber, auch die Haftung für das Unglück zu übernehmen. Der damalige Dow-Präsident Frank Popoff gab 1999 folgenden Kommentar ab: "Es liegt nicht in meiner Macht, Verantwortung zu übernehmen für ein Ereignis, das sich vor 15 Jahren mit einem Produkt ereignet hat, das wir nicht entwickelt haben, an einem Ort, wo wir nie eine Fabrik betrieben haben."

Die Folge waren viele Proteste und die Bildung von Organisationen, die Gerechtigkeit fordern. Eine Organisation dieser Art ist die Internationale Kampagne für Gerechtigkeit in Bhopal (engl.: International Campaign for Justice in Bhopal). Sie besteht hauptsächlich aus Betroffenen, indischen Studenten und Menschenrechts- und Umwelt-Aktivisten. Die ICJB fordert von Dow Chemical die vollständige Sanierung des verseuchten Gebiets und des Grundwassers in Bhopal, außerdem finanzielle Wiedergutmachung für alle Betroffenen und schließlich die Garantie für medizinische Langzeitversorgung und sauberes Grundwasser für alle Betroffenen.

Ein weiterer Streitpunkt ist Warren Anderson. Er war zum Zeitpunkt des Unglücks Chef von Union Carbide. Die ICJB fordert, dass Anderson sich der indischen Justiz stellen soll. 1992 erfolgte ein Haftbefehl gegen Anderson, doch dieser tauchte in den USA unter und war offiziell von der US-Regierung nicht auffindbar. 1993 wurde er dann von der indischen Justiz für justizflüchtig erklärt. 2002 wurde Anderson von Journalisten in den USA aufgespürt, aber Auslieferungsanträge werden immer wieder abgelehnt.

So wurden die Verantwortlichen an dem Unglück noch immer nicht zur Rechenschaft gezogen und die Opfer warten noch immer auf Gerechtigkeit. Aber die Aktivisten geben nicht auf und

kämpfen weiter. Satinath Sarangi ist von ihrer Sache überzeugt: "Wir kämpfen für wirkliche Gerechtigkeit, und wir werden immer mehr."

### 2.6.5. Die regionalen Folgen

Wie erwähnt leiden viele unter den Langzeitfolgen der Katastrophe. Es wird geschätzt, dass 90% der Gas-Opfer nur eingeschränkt arbeitsfähig sind. Bis heute haben die Opfer nur unzureichende Entschädigung erhalten. Aber die Betroffenen brauchen Geld, um die hohen Arztkosten zu bezahlen, denn die Meisten benötigen wegen ihren chronischen Krankheiten regelmäßig ärztliche Hilfe. Fast das gesamte Einkommen geht für die Rechnungen drauf. Das führt dazu, dass die Bevölkerung in Bhopal noch ärmer wird. Viele können sich nicht einmal einen Arzt leisten und siechen qualvoll vor sich hin.

▷ 23  
▷ 25  
▷ 28  
▷ 29

Außerdem ist es sehr problematisch, Ansprüche auf Entschädigung zu beweisen. Denn mittlerweile liegt das Unglück über 20 Jahre zurück und die Schäden durch MIC lassen sich nicht so leicht nachweisen. Die Betroffenen müssen nachweisen, dass sie in der Nacht der Katastrophe in dem betroffenen Gebiet wohnten und ein ärztliches Attest liefern, das bestätigt, dass sie krank sind. Um das alles zu beweisen, brauchen die Betroffenen Papiere, die sie nur über den bürokratischen Weg erhalten können, der ihnen aufgrund ihrer Armut oftmals nicht offen steht. In Bhopal herrscht sogar ein reger Schwarzmarkt, auf dem solche Papiere teuer verkauft werden.

Ein weiteres großes Problem ist, dass das Fabrikgelände und das Gebiet herum niemals saniert wurden. Kurz nach der Katastrophe hat sich Union Carbide fluchtartig aus Indien zurückgezogen und hunderte Tonnen Giftmüll und schätzungsweise 27.000 Tonnen vergiftetes Erdreich zurückgelassen. Das Grundwasser ist vergiftet, aber es wird trotzdem noch getrunken und ihm alltäglichen Leben gebraucht, z.B. um die Felder zu bewässern und die Tiere zu tränken. Im dort angebauten Gemüse und sogar in Muttermilch von Frauen aus Bhopal wurden Giftstoffe gefunden. Zwar wird den Leuten in Bhopal von der indischen Regierung sauberes Wasser zur Verfügung gestellt, aber davon viel zu wenig. So fand der Sambhavna Trust heraus, dass monatlich rund 800.000 Liter Wasser fehlen, um den Bedarf der Bevölkerung zu decken und weitere Vergiftungen zu verhindern. Vor allem die Kinder sind betroffen, denn das Fabrikgelände ist teilweise zugänglich. Die Kinder spielen auf dem vergifteten Boden und baden in vergifteten Seen. Deshalb kommt es immer wieder zu neuen Vergiftungen, zu neuen Langzeit-Patienten und zu noch mehr Toten. Das ist ein Teufelskreis, dem die arme Bevölkerung in Bhopal nicht ohne Hilfe von außen entkommen kann!

Des Weiteren herrscht in Bhopal eine allgemeine Verbitterung. Ihren Unmut drücken die Betroffenen mit Demonstrationen, Protesten und Hungerstreiks aus. Sprüche wie "hang Anderson" an den Hauswänden sind keine Seltenheit.





Abbildung 2.5.: Solche Parolen zeigen, wie tief die Verbitterung der Bevölkerung ist  
<http://www.greenpeace.de>

Da Dow Chemical sich noch immer weigert, das Gebiet zu sanieren, wurden 2005 von indischen Regierungsstellen Wanderarbeiter nach Bhopal geschickt, um das Fabrikgelände aufzuräumen. Problematisch daran ist nur, dass die Regierung den Arbeitern keinerlei Schutzkleidung zur Verfügung stellt. So räumen die Arbeiter das Gebiet mit bloßen Händen auf. Ohne Atemschutzmasken oder Handschuhe fassen die Arbeiter die hochgiftigen Chemikalien an. Sie tragen auch keine Schutzkleidung, gerade mal ein T-Shirt, wenn überhaupt. Somit wird die Gesundheit der Wanderarbeiter bewusst gefährdet. Die Internationale Kampagne für Gerechtigkeit in Bhopal (ICJB) protestierte dagegen und verwies darauf, dass es laut den Paragraphen 283 und 284 des indischen Strafgesetzes verboten ist, Männer, Frauen oder Kinder ohne entsprechende Schutzmaßnahmen mit Arbeiten mit gefährlichen Chemikalien zu beauftragen. Die ICJB errichtete vor dem Eingang zum Fabrikgelände einen Informations-Stand, um die Arbeiter über die Gefahren aufzuklären. Außerdem forderte die ICJB die Regierung auf, die unprofessionellen Aufräumarbeiten einzustellen und professionelle Aufräumaktionen zu starten, die von Dow Chemical finanziert werden sollen. Hiermit forderte die ICJB die indische Regierung zur Mithilfe im Prozess gegen den Chemiekonzern auf.

### 2.6.6. Die Lehren aus dem Unglück

Nach dem Unglück stellte man sich die Frage, wie es zu diesem Unglück kommen konnte und wie ähnliche Katastrophen verhindert werden können. ▷ 23

Man diskutierte heftig über die Sicherheit in solchen Fabriken. Besonders die Sicherheitsvor-

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
2. Bhopal-Unglück

---



Abbildung 2.6.: Immer wieder finden Demonstrationen statt  
[http://www.foei.org/publications/interlinkages/dec\\_jan2005.html](http://www.foei.org/publications/interlinkages/dec_jan2005.html)

kehrungen in Industrieanlagen in Entwicklungsländern waren Thema. Denn ein Grund für das Unglück in Bhopal war, dass man aus Geldgründen die Sicherheitsvorkehrungen nur unzureichend eingehalten hatte. Es stellt sich die Frage, ob es in reichen Ländern, wie der Bundesrepublik Deutschland, zu einem Unglück mit solchem Ausmaß kommen kann. Denn in reichen Ländern sind die Sicherheitsbestimmungen nicht so leicht zu umgehen und die zuständigen Behörden nicht so korrupt. Somit wurde eine bessere Überwachung der Sicherheitsvorkehrungen in Fabriken in Entwicklungsländern gefordert.

Eine weitere Lehre aus dem Unglück ist, dass man durch Katastrophenschutzpläne vielen das Leben retten kann. Denn hätte man die Bewohner vor dem Unglück aufgeklärt und sie über Verhaltensregeln im Falle eines Unfalls in der Fabrik informiert, könnten ein Großteil der Opfer noch leben und dies auch in Gesundheit.

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
2. Bhopal-Unglück

---



Abbildung 2.7.: Der Informations-Stand vor dem Eingang des Fabrikgeländes  
<http://www.greenpeace.org>



Abbildung 2.8.: Die Arbeiter beseitigen die hochgiftigen Stoffe mit bloßen Händen  
<http://www.greenpeace.de>

Traurigerweise musste erst eine Katastrophe wie die in Bhopal geschehen, dass man die Toxikologie von Methylisocyanat (MIC) genau erforscht. Vor dem Unglück waren die Kenntnisse über Auswirkungen von MIC auf den Körper unzureichend; man wusste nicht, wie der Körper auf das MIC reagiert. Und trotzdem kam es zum Einsatz. Da stellt man sich schon die Frage, wie die Chemiekonzerne die Arbeit mit MIC überhaupt verantworten konnten.

Außerdem muss die medizinische Akutversorgung im Falle von Katastrophen verbessert werden. Mindestens die Ärzte hätten über das MIC und seine Toxikologie Bescheid haben müssen, um die Anzahl der Toten und der Langzeit-Patienten beträchtlich zu mindern.

Des Weiteren wurde kritisiert, dass man nicht von Anfang an die Namen und Symptome der Opfer dokumentiert hatte. Dies hätte die Entschädigungsverfahren um ein Vielfaches vereinfacht und hätte frühzeitige Studien ermöglicht. Denn bei solchen Katastrophen ist die Dokumentation sehr wichtig, um Rückschlüsse ziehen zu können und sich besser auf folgende Katastrophen vorzubereiten.

## Quellen

- 8 <http://bhopal.nic.in>
- 9 [http://en.wikipedia.org/wiki/Union\\_Carbide](http://en.wikipedia.org/wiki/Union_Carbide)
- 10 <http://www.endgame.org/carbide-history.html>
- 11 <http://www.bhopal.net/oldsite/documentlibrary/unionreport1985.html>
- 12 <http://www.endgame.org/carbide-spills.html>
- 13 <http://webpages.marshall.edu/~ewen/UnCarb.htm>
- 14 <http://www.endgame.org/dtc/d.html>
- 15 [http://en.wikipedia.org/wiki/Dow\\_Chemical\\_Company](http://en.wikipedia.org/wiki/Dow_Chemical_Company)
- 16 <http://www.panna.org/campaigns/caia/corpProfilesDow.dv.html#focusDBCP>
- 17 <http://www.endgame.org/carbide-merger.html>
- 18 Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; Hrsg. R. Wegler; Band 1; Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York 1970
- 19 <http://www.gifte.de/Chemikalien/methylisocyanat.htm>
- 20 <http://de.wikipedia.org/wiki/Methylisocyanat>
- 21 [http://en.wikipedia.org/wiki/Bhopal\\_disaster](http://en.wikipedia.org/wiki/Bhopal_disaster), *Stand: 2006-06-01*
- 22 <http://de.wikipedia.org/wiki/Bhopalunglück>, *Stand: 2006-06-01*
- 23 <http://www.umweltinstitut.org/frames/all/m99.htm>
- 24 <http://de.wikipedia.org/wiki/Dimethylamin>
- 25 <http://www.greenpeace.de>
- 26 <http://www.krisennavigator.de/rifa4-d.htm>
- 27 <http://www.bhopal.net>
- 28 <http://www.taz.de/pt/2004/12/10/a0028.1/text.ges,1>
- 29 <http://www2.amnesty.de>

## 3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)

In Lateinamerika werden so viele Pestizide benutzt wie fast nirgendwo sonst auf der Erde. Denn das feucht-heiße Klima begünstigt nicht nur das Wachstum von Nutzpflanzen, sondern auch das Wachstum von Schädlingen, wie Insekten, Fadenwürmer, Milben, Schnecken, sowie Pilze und Viren. ▷ 30  
▷ 31

Da die Länder Lateinamerikas größtenteils sehr arm sind und Pestizide die billigste Möglichkeit sind, Schädlinge loszuwerden, kommt es hier zu einer überdosierten Anwendung.

Außerdem gibt es in diesen armen Ländern fast keine Kontrollen und einige Pestizide, die in Europa oder Amerika wegen ihrer Schädlichkeit schon lange verboten sind, werden nach Lateinamerika verkauft und dort angewendet.

### 3.1. Worin besteht die falsche Anwendung?

Zu allererst besteht die falsche Anwendung darin, dass man sich in Lateinamerika nicht an die Dosierungen hält, frei nach dem Motto: "Viel hilft viel". Die lateinamerikanischen Länder sind Spitzenreiter was den Import von Pestiziden angeht. Oft werden Pestizide aus Amerika importiert, weil sie dort verboten sind oder nur stark eingeschränkt benutzt werden dürfen. Allein 1999 wurden 60 000 Tonnen Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmittel in die mittelamerikanischen Länder importiert und es werden jedes Jahr mehr. 2002 wurden in Costa Rica pro Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche durchschnittlich 18 Kilogramm Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmittel verbraucht, auf Bananenplantagen sind es sogar bis zu 40 Kilogramm pro Hektar! In Deutschland waren es unter drei Kilogramm. ▷ 30  
▷ 31  
▷ 32  
▷ 33

Außerdem werden die Pestizide meistens völlig falsch angewendet.

Die Plantagenarbeiter, die sog. ► *campesinos*, sind den ganzen Tag von den giftigen Dämpfen der Pestizide umgeben. Sie tragen keinerlei Schutzkleidung. Obwohl die Mittel, die sie tagtäglich versprühen, von der Weltgesundheitsorganisation WHO als gefährlich eingestuft wurden. Normalerweise würde man solche Mittel nicht ohne Schutzkleidung, Gesichtsmasken und Waschmöglichkeiten anwenden. In Deutschland müssen Landwirte sogar durch Zertifikate oder

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)



Abbildung 3.1.: Pestizid-Importe in Mittelamerika  
GEO 07/2003 Mittelamerika: Leben mit dem Gift

Sachprüfungen Fachkenntnisse über Pestizide aufweisen können. Beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln müssen sich deutsche Landwirte streng an die Unfallverhütungsvorschriften der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft halten. Doch Schutzkleidung ist zu teuer und somit auf den Plantagen nicht vorhanden.

Statt Schutzkleidung tragen sie gewöhnliche Kleidung: T-Shirts und kurze Hosen.

Die Pestizide werden mit bloßen Händen von den Arbeitern angerührt. Dass die Pestizide ihre bloße Haut reizen, merken sie schon lange nicht mehr. Dann werden die Pestizide in Kanister gefüllt und auf die Felder gesprüht. Viele der Kanister lecken, das giftige Mittel läuft über den Rücken und die Arme der Arbeiter.

Mehrmals täglich fliegt ein Sprühflugzeug über die Felder hinweg und versprüht giftige Pesti-



PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)

---



Abbildung 3.2.: Die *campesinos* haben ständig direkten Kontakt mit den Pestiziden.  
GEO 07/2003 Mittelamerika: Leben mit dem Gift

zide. Dabei ist es egal, dass Arbeiter mitten auf den Feldern stehen; sie bekommen eine Pestizid-Dusche nach der anderen ab.

Und wäre das nicht schon schlimm genug, ist sauberes Wasser auch noch Mangelware. Statt sich die Hände mehrmals gründlich zu waschen, werden sie einfach an der Hose abgetrocknet. Nicht mal vor dem Essen werden die Hände gewaschen. Die Arbeiter sind den ganzen Tag in Kontakt mit den Pestiziden, aber geduscht wird höchstens einmal pro Tag nach der Arbeit, wenn überhaupt. Wasser ist nun mal zu teuer.

Des Weiteren werden die Pestizide nicht nur auf den Feldern gebraucht. Die Pestizide sind in das Leben der *campesinos* fest integriert. Die leeren Kanister werden nicht ordnungsgemäß entsorgt, sondern oft als Wasserkanister gebraucht. Die Pestizide werden auch im Haushalt genutzt und zwar nicht nur zur Schädlingsbekämpfung im Haus oder im Garten. Pestizide wirken gegen Pilze und kleine Tierchen, so denkt die Landbevölkerung. Also werden die Schädlingsbekämpfungsmittel schon mal gegen die Kopfläuse der Kinder oder gegen Pilzerkrankungen am Penis benutzt.





Abbildung 3.3.: Das Sprühflugzeug versprüht die giftigen Pestizide, egal ob noch ein Arbeiter auf Feld ist. GEO 07/2003 Mittelamerika: Leben mit dem Gift

Aber nicht nur als Haushaltsmittel werden die Pflanzenschutzmittel gebraucht, sondern auch zur Nahrungsbeschaffung. Die Plantagenarbeiter nehmen sich Pestizide von der Arbeit mit nach Hause – das geht dort ohne weiteres – und benutzen sie, um Fische zu fangen. Sie kippen einfach ein bisschen was von dem Mittel in Teiche und töten so die Fische, die darin leben. Danach werden die Fische zubereitet und die Arbeiter und ihre Familien nehmen die giftigen Pestizide durch die Nahrung auf.

### 3.2. Die Folgen der falschen Anwendung

Die falsche und überdosierte Anwendung von Pestiziden hat große Auswirkungen auf die Lebensqualität der Plantagenarbeiter und ihrer Familien. ▷ 30

Nach einem Tag auf dem Feld haben die Plantagenarbeiter meistens Kopfschmerzen, ihnen ist schwindelig und ihre Haut juckt. Aber sie halten das für normal, es gehört zu ihrer Arbeit. ▷ 34

Akute Vergiftungen gehören hier zum Alltag. Es gibt viele Schätzungen über die Anzahl, doch ▷ 35

genau sagen kann es keiner, denn die medizinische Versorgung in den ländlichen Gegenden ist spärlich und meistens unterqualifiziert. Oder die Betroffenen suchen wegen Geldmangel gar nicht erst einen Arzt auf. 1990 schätzte die WHO die Anzahl der weltweiten Vergiftungen durch Pestizide auf drei Millionen pro Jahr, mittlerweile liegen die Schätzungen bei 25 Millionen pro Jahr. Tendenz steigend. Wobei wiederum betont werden muss, dass diese Zahlen nur Schätzungen sind und in Wirklichkeit wahrscheinlich noch größer sind. Erschreckender Weise passierten diese Vergiftungen zu 70% in Entwicklungsländern. Die Todesfälle durch Pestizide schätzte die WHO 1990 auf etwa 220.000! Ca. 20.000 der Fälle waren unbeabsichtigt, aber der Rest war beabsichtigt (Suizid). 99% der Todesfälle traten in Entwicklungsländern auf. Immerhin ist eine Vergiftung durch Pestizide in Nicaragua die viert häufigste Todesursache!

Die Symptome dieser akuten Vergiftungen sind in den meisten Fällen Hautausschläge, Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen, Schwindel, Seh- und Verdauungsstörungen sowie Atemlähmung, die zum Tod führen kann.

Durch chronische Vergiftungen kommt es häufig zu motorischen Störungen, Depressionen und Gedächtnisstörungen bzw. Gedächtnisverlust.

Außerdem leidet ein großer Teil der Plantagenarbeiter und ihrer Familien unter den Langzeitschäden, die der täglich Umgang mit Pestiziden mit sich bringt. Die meisten Pestizide sind nämlich krebserregend und erbgutschädigend. 2002 veröffentlichte das Cancer Registry of Central California die Ergebnisse ihrer Langzeitstudie an Beschäftigten in der Landwirtschaft. Die Untersuchten waren größtenteils Saisonarbeiter/innen mit hispanischer Abstammung. Die Ergebnisse waren wie folgt: "Es erkrankten im Vergleich zur Kontrollgruppe 59 Prozent mehr Landarbeiter/innen an Leukämie, 63 Prozent mehr an Gebärmutterhalskrebs bzw. 68 Prozent mehr an Gebärmutterkrebs und 69 Prozent mehr an Magenkrebs." Außerdem haben viele der Plantagenarbeiter Hodenkrebs. Viele der *campesinos* sind deshalb steril. Bei den Plantagenarbeiterinnen kommt es oft zu Fehl- oder Totgeburten. Des Weiteren ist die Zahl der Kinder mit Geburtsfehlern sehr hoch. Viele der Kinder von Plantagenarbeitern haben starke geistige und/oder körperliche Behinderungen.

### 3.3. Der Fall "Nemagon"

Wie stark sich der falsche und übermäßige Gebrauch von Pestiziden auf die Lebensqualität der Plantagenarbeiter auswirkt, zeigt der Fall "Nemagon". ▷ 30

Dibromchlorpropan (► *DBCP*) ist ein Wurmgift, das zwischen 1960 bis 1980 auf Bananenplantagen versprüht wurde. Sein Handelsname ist Nemagon. ▷ 32

Im Herbst 1977 wurde dann bewiesen, dass *DBCP* die Spermienproduktion der Hoden zerstört. Die Folge: Zusätzlich zu den oben genannten Beschwerden werden weltweit ca. 40.000 ▷ 36

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)

---

Plantagenarbeiter durch das Wurmgift unfruchtbar. Man schätzt, dass allein in Costa Rica 20.000 Männer betroffen sind, in Honduras sind es immerhin ca. 5.000 Männer. Und das in einer Gegend, in der Kinder das Lebensglück sind.

Kurz nachdem die Aufsichtsbehörde ► *EPA* den Wirkstoff im Sommer 1977 hatte sperren lassen, kam raus, dass die Konzerne Dow und Shell schon 1958 durch Tierversuche herausgefunden hatten, dass das DBCP steril macht und krebserregend ist. Die Konzerne hatten dies gegenüber der Aufsichtsbehörde *EPA* heruntergespielt und behauptet, dass die Ergebnisse nicht auf Menschen zutreffen würden.

Aber nicht nur die Männer sind betroffen, viele Frauen, die mit DBCP in Berührung kamen, leiden unter Gebärmutterhalskrebs. Sie haben Totgeburten oder bringen geistig und/oder körperlich behinderte Kinder zur Welt. So kommt es, dass in einem kleinen Dorf in Costa Rica, namens Batáan, ca. 14% der Kinder eine Sonderklasse besuchen müssen.

Die ► *Epidemiologin* des Toxikologischen Instituts der Universidad Nacional (IRET) Catharina Wesseling fand während einer Studie heraus, dass das Krebsrisiko bei Leuten, die längere Zeit Kontakt mit dem Wurmgift hatten, stark erhöht ist: das Hodenkrebsrisiko ist um 70%, das Hirn- und Lungenkrebsrisiko um 80% größer.

Immerhin zahlt die Regierung von Costa Rica, die mitverantwortlich an der Nemagon-Katastrophe war, unfruchtbaren Männern und Frauen, die wegen DBCP an Gebärmutterhalskrebs erkrankten und/oder behinderte Kinder bekommen haben, Entschädigungen. Die Entschädigungen sind nicht hoch, gerade mal ca. 1.500 Euro pro Person, und die Zahlungen verlaufen bis jetzt eher schleppend, aber es ist ein Anfang.

Aber in vielen anderen Ländern, in denen die Leute von der Nemagon-Katastrophe betroffen sind, sind die Regierungen nicht bereit, Entschädigungen zu zahlen.

Aber nicht alle Plantagenarbeiter nehmen dies ohne weiteres hin. 1984 reichten die Ersten Sammelklagen gegen die Frucht- und Chemiekonzerne Dole, Shell Oil, Chiquita Brands International, Standard Fruit Company, Del Monte Tropical Fruit Company, Occidental Chemical Corporation, Dow Chemical und Aka del Monte Foods ein. Diese Firmen hatten das preisgünstige Wurmgift Ende der Fünfziger Jahre auf den Markt gebracht. Alle Firmen bis auf Dole bezahlten den Klägern Entschädigungen, um weiteren gerichtlichen Auseinandersetzungen aus dem Weg zu gehen. Die Konzerne einigten sich auf anfangs 20, später auf 41 und 1999 dann auf 52 Millionen US-Dollar Entschädigung. Das klingt nach viel, aber durchschnittlich erhielt jeder Betroffene

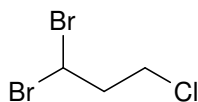


Abbildung 3.4.: Strukturformel von DBCP

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)

---



Abbildung 3.5.: Ein Nemagon-Opfer, <http://www.oneworld.at>

gerade mal 1.500 US-Dollar. Die Firmen betonen immer wieder, dass diese Entschädigungen keinerlei Schuldeingeständnis sind.

2001 wurde in Nicaragua dann das "Gesetz 364" verabschiedet. Es ist ein "Sondergesetz für die Handhabung von Rechtsstreitigkeiten von Personen, welche durch die Nutzung von Pestiziden betroffen sind, die auf der Basis von DBCP produziert wurden".

Im selben Jahr reichten die zwei nicaraguanischen Anwälte Walter Gutiérrez und Angel Espinoza eine Sammelklage gegen die Plantagenbesitzer ein. "Wir sind nicht auf außergerichtliche Einigung aus!", versicherten sie immer wieder ihren Klienten. Und tatsächlich gelingt es den zwei ehrgeizigen Anwälten im Dezember 2002 eine Verurteilung der Konzerne Dow Chemical, Shell Oil und Standard Fruit zu erreichen. Ein nicaraguanischer Richter verurteilte sie aufgrund des "Gesetzes 364" dazu, die ersten 583 Kläger mit insgesamt 490 Millionen US-Dollar zu entschädigen. Das war ein großer Erfolg, doch die zwei Anwälte sind noch nicht fertig. Sie wollen so lange kämpfen, bis alle Betroffenen in Nicaragua entschädigt wurden. Aber die Zahlungen erfolgten bis heute nicht, weil die beklagten Konzerne das "Gesetz 364" nicht anerkennen und es für verfassungswidrig erklären.

Im März 2005 begannen die betroffenen Plantagenarbeiter dann mit öffentlichen Streiks und Protesten. Im Sommer 2005 wurden die Streiks durch das Gerichtsurteil des nicaraguanischen Richters Socorro Toruno beendet. Er verurteilte die Firmen Standard Fruit Company, Dole Food,

Dow Chemicals, Shell Oil und Occidental Chemical Corporation zu einer Kompensationszahlung von 97 Millionen US-Dollar an 150 ehemalige Arbeiter, die durch den Einsatz von Pestiziden unter bleibenden gesundheitlichen Schäden leiden.

Folgendes Interview, das ein Mitarbeiter der Fair-Trade-Organisation BanaFair führte, zeigt deutlich, wie unwissend und hilflos die Plantagenarbeiter waren:

*"Keiner von uns wusste, dass es schädlich war."*

Vertreter der Bananen-Kampagne trafen sich mit Mitgliedern von CONATRAM (Nationalrat der Arbeiter). Diese Organisation kämpft für die Anerkennung der Rechte von Pestizid-Opfern, insbesondere der Betroffenen von DBCP (Markenname: Nemagon). Das Gespräch führte Boris Scharlowski (BS) von BanaFair. Beteiligt waren die Nemagon-Geschädigten José Angel Porroz Quesada (41, JPQ) und Gerardo Marín Nunez (41, GMN). Allein Gerardo Nunez war 19 Jahre lang auf Bananenplantagen beschäftigt.

*BS:* War den Menschen auf den Plantagen, auf denen Nemagon eingesetzt wurde, bewußt, dass das Produkt Schaden anrichten kann? Gab es einen Schutz vor Vergiftungen?

*GMN:* Zu keiner Zeit wußte jemand von uns, dass es schädlich war. Auch gab es weder Schutzkleidung noch eine ausreichende technische Ausrüstung. Es wurde in normaler Kleidung gearbeitet.

*JPQ:* Die Mütter und Ehefrauen wuschen die Kleidung, mit der wir nach Hause zurückkehrten. Wir nahmen außerdem das Nemagon, um Fische zu töten und sie zu essen.

*BS:* Sie sind Opfer von Nemagon geworden. Was waren die Auswirkungen?

*GMN:* Im Gegensatz zu vielen anderen bin ich nicht unfruchtbar geworden. Doch alle meine sechs Kinder sind nicht gesund. Eine Tochter ist heute 16 Jahre alt und spielt nur mit Püppchen. Im Kinderkrankenhaus wurde uns gesagt, sie sei auf dem Stand von drei Jahren zurückgeblieben. Die dritte Tochter ist völlig allergisch auf alles mögliche, u.a. auf Staub und Regen, mit allem hat sie Probleme. Zwei Jungen sind auf der Schule und haben Probleme mit der Ausbildung, sie vergessen vieles. Meine Frau ist ständig krank, sie hat Kopf- und Magenschmerzen.

Auch ich bin schwer getroffen: mit meinen 41 Jahren fühle ich mich schon total fertig. Ich erhalte eine psychologische Behandlung wegen meines Kopfes. Ich vergesse vieles, es ist anstrengend, mich auf Leute einzulassen. Es kostet mich Anstrengung zu reden und von meinem Problemen zu erzählen.

Die Nemagonfälle nur als ein Problem der Unfruchtbarkeit darzustellen, heißt, das Problem sehr stark zu reduzieren. Es gibt reihenweise verborgene Fälle von

Alkoholismus, Selbstmorden, Scheidungen und Trennungen, die auf die DBCP-Erkrankungen zurückzuführen sind. Anders gesagt: Der Nemagon-Skandal betrifft das ganze Leben der Bananenarbeiter.

Ich stelle mich als Spiegel vor meine beiden Jungen, damit sie erkennen können, wie krank ich bin und ich lasse sie lernen, damit sie nicht auf eine Plantage zum Arbeiten gehen müssen und dort einen erbärmlichen Lohn bekommen, sondern damit sie ein Diplom haben. Damit sie nicht das durchmachen müssen, was wir durchgemacht haben.

*BS:* Als Sie Ihre Erkrankung bemerkten, gab es da schon die Idee, sich zu organisieren und eine Entschädigung zu fordern?

*JPQ:* Da ich damals in der Stadt lebte, war ich nicht so auf dem Laufenden mit den Sachen, die auf dem Land passierten. Als wir zurückkehrten, wurde mir klar, dass die Leute, die zu jener Zeit hier gearbeitet hatten, in den siebziger Jahren, quasi alle geschädigt waren.

Ich bekam mit, dass es Leute gab, die sich organisiert hatten, weil es ein Problem ist, für eine Entschädigung zu streiten. Es wurde aber ausschließlich für eine Entschädigung für die Unfruchtbarkeit gestritten. Von den körperlichen, mentalen und psychischen Leiden wurde keine Notiz genommen.

Ich machte auch mit und ging zu einer Rechtsanwältin. Am Ende war alles, was sie mir bezahlten, 1071 US-\$. So eine Entschädigung für mein Leiden, ich habe chronische Niereninsuffizienz, also ehrlich, das ist alles andere als eine gerechte Bezahlung. Ich halte die Summe für sehr ungerecht, weil in Wirklichkeit der Schaden wesentlich höher ist. Ich konnte z.B. nicht mehr arbeiten. Das Geld reichte kaum, um einige Zeit etwas zu essen zu haben.

*GMN:* Auch mein Fall wurde von dieser Rechtsanwältin betreut. Aber er wurde schon nicht mehr berücksichtigt, da sie mir eine Entschädigung gezahlt hatten von hundert Dollar wegen meiner persönlichen Ausgaben. Die ökonomische Situation ist kritisch hier, wir können kaum von meinem Gehalt leben.

*BS:* Was wünschen Sie sich für die Zukunft?

*JPQ:* Wir, die Nemagon-Geschädigten, durchschreiten eine schwierige Situation, und wir wollen, daß dies bekannt wird in der Welt, damit man sich mit uns solidarisiert. Damit wir in Zukunft Bananenplantagen haben können mit einem würdigen System und nicht nur hier, sondern auch in anderen Ländern.

### 3.4. Die Gegenmaßnahmen

Schon Anfang der Neunziger beschloss die Weltgesundheitsorganisation, dass etwas gegen das Pestizidproblem in Lateinamerika getan werden muss. Und so wurde die Gesundheitsorganisation ► *PLAGSALUD* gegründet. Sie soll die Plantagenarbeiter über die richtige Handhabung von Pestiziden und die gesundheitlichen Risiken informieren und die örtlichen Mediziner über die Vergiftungssymptome aufklären, um somit eine bessere medizinische Versorgung möglich zu machen. Außerdem soll *PLAGSALUD* dafür sorgen, dass die gesetzlichen Regelungen eingehalten werden. Weitere Ziele dieser Organisation sind, mehr über die Ursachen für die Vergiftungen durch Pestizide herauszufinden und eine Datenbank über die Anzahl, Ursachen und Folgen der Vergiftungen zu erstellen. Ein wichtiger Bereich der Arbeit bei *PLAGSALUD* liegt vor allem in der Prävention von Vergiftungen. Unterstützung dabei erhält diese Organisation von der Panamerikanischen Gesundheitsorganisation PAHO.

▷ 30  
▷ 33

All diese Präventionsprogramme sind natürlich nur mit Besuchen direkt vor Ort machbar. Deshalb hat *PLAGSALUD* Berater wie den amerikanischen Soziologen Douglas Murray. Er reist regelmäßig durch Lateinamerika und macht Kontrollbesuche auf Plantagen. Aber Douglas Murray hält die Unwissenheit der Plantagenarbeiter nicht für den Hauptgrund für die Millionen Vergiftungen, für ihn sind die giftigen Pestizide selbst das Hauptproblem. Deshalb postuliert er schon lange das Verbot der giftigsten Mittel.

### 3.5. Die Alternative am Beispiel Bribri

Dass es auch ohne Pestizide geht, zeigen die Bananenplantagen in Bribri, in den Talamanca-Bergen im der Südosten Costa Ricas. Hier werden Bananen für den fairen Handel und vor allem für Biomus für Babynahrung angepflanzt und zwar von den dortigen Eingeborenen, den gleichnamigen Bribri, ganz ohne Pestizide. In Bribri sieht es nicht so aus wie auf den für Lateinamerika üblichen Bananeplantagen. Es gibt keine Monokulturen, sondern die Bananenstauden wachsen direkt neben Kokospalmen, Kakaobäumen und anderen Nutzpflanzen. Dadurch stehen die Bananenstauden im Schatten und werden von dem sonnenliebenden Sigatoka-Pilz gar nicht erst befallen. Und sollte das doch mal der Fall sein, benutzen die Bribri biologische Mikroorganismen, z.B. benutzen sie Viren, die sie aus parasitierenden Pilzen am Boden gewinnen.

▷ 30  
▷ 32  
▷ 37

Die Bio-Bananen werden hauptsächlich in die USA exportiert. Der Export nach Europa gestaltet sich schwieriger, da die Bananenschalen auf der längeren Überfahrt braune Flecken bekommen, welche bei den europäischen Käufern nicht so beliebt sind. Denn man will ja immer beides: die Bananen sollen frei von Pestiziden sein und natürlich schön aussehen, denn das Auge ist ja schließlich mit! Unterstützt werden die Lieferungen von Bio-Bananen durch die

PESTIZIDE UND IHRE NEGATIVEN AUSWIRKUNGEN  
3. Falsche Anwendung von Pestiziden (Svenja)



Abbildung 3.6.: <http://encarta.msn.com>

deutsche Fair-Trade-Organisation BanaFair, die sich, wie der Name schon sagt, für einen fairen Preis für die Bio-Bananen einsetzt. Denn ohne solche Organisationen wären Plantagen wie die in Bribri vielleicht gar nicht möglich. Die alternativen Plantagen könnten ohne solche Hilfe wohl niemals auf dem Markt bestehen.



Abbildung 3.7.: Siegel für fair gehandelte Produkte <http://www.transfair.org>



### 3.6. Gründe für die falsche Anwendung

Für die falsche Anwendung gibt es vielerlei Gründe. Die wichtigsten sind wohl Armut und die schlechte Bildung in den lateinamerikanischen Ländern. ▷ 30  
▷ 33

Die meisten Plantagenbesitzer denken nur an den schnellen Profit und vergessen dabei die Gesundheit ihrer Arbeiter. Zum Beispiel kaufen die Plantagenbesitzer die billigsten Pestizide auf dem Markt. Für Schutzkleidung geben sie kein Geld aus und auch Wasser zum nötigen Händewaschen oder Duschen ist zu teuer. Außerdem nutzen die Plantagenbesitzer oftmals die Armut ihrer Arbeiter, die in den lateinamerikanischen Ländern sehr hoch ist, aus. Denn wenn ein Arbeiter nach Schutzkleidung fragen würde, könnte ihm der Plantagenbesitzer mit der Kündigung drohen. Genug Interessenten für die Arbeit gibt es ja. In den lateinamerikanischen Ländern ist die Arbeitslosigkeit zum Teil sehr hoch und so kommt es, dass viele der armen Menschen jeden Job machen würden. Gerade auch, weil die meisten nur eine sehr schlechte Bildung besitzen und somit keine bessere Arbeit erhalten können. ▷ 38  
▷ 39  
▷ 40  
▷ 41

Bevölkerung unterhalb der Armutsgrenze in %

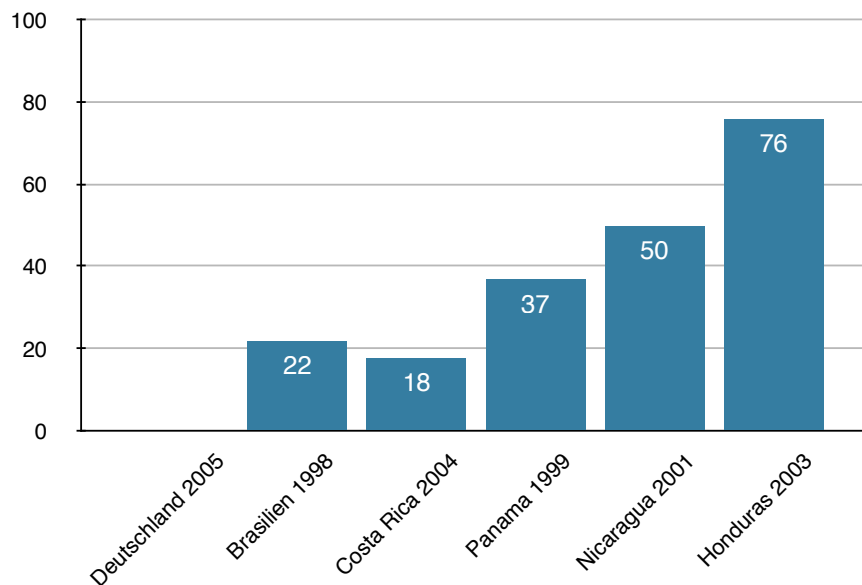


Abbildung 3.8.: Bevölkerung unterhalb der Armutsgrenze in %  
Basierend auf den Zahlen von <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>

### Pro-Kopf-Einkommen 2005 in US-\$

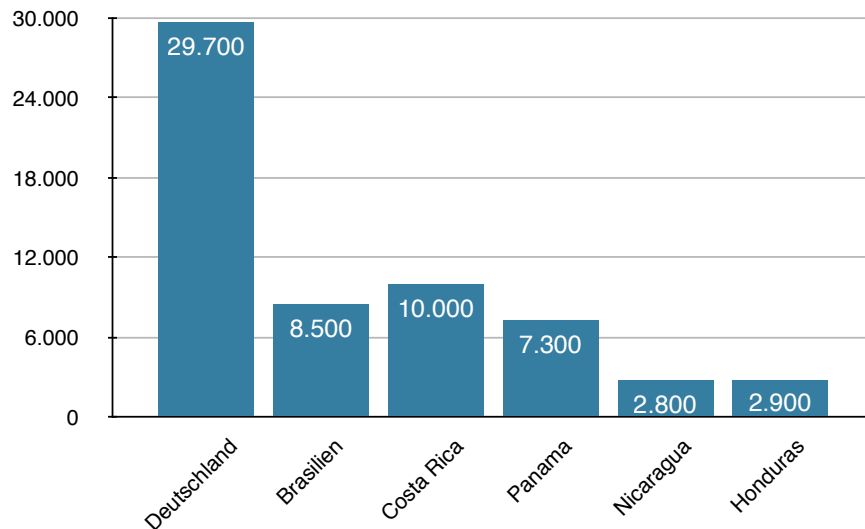


Abbildung 3.9.: Pro-Kopf-Einkommen 2005 in US-\$  
Basierend auf den Zahlen von <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>

Außerdem ist die Bildung in diesen Ländern oftmals nicht ausreichend. Viele sind Analphabeten und können die Warnhinweise auf den Pestiziden nicht mal lesen. Wenn diese überhaupt in ihrer Sprache dabeistehen. Des Weiteren haben Befragungen von Plantagenarbeitern, die die Warnhinweise lesen können, ergeben, dass die Hinweise oftmals sehr kompliziert und für die Arbeiter nur schwer verständlich sind. Vor allem erkennen die meisten Plantagenarbeiter nicht das gesundheitliche Risiko ihrer Arbeit, denn sie halten die Beschwerden, die sie nach der Arbeit haben, für Begleiterscheinungen ihrer Arbeit, die normal sind, und nicht für Anzeichen einer Vergiftung. Und die Pestizide werden auch noch in den Alltag der Arbeiter integriert, denn sie wurden niemals für ihre Arbeit mit Pestiziden ausgebildet oder überhaupt über die Gefahren aufgeklärt. Ganz im Gegenteil: Vielerorts wird von den Chemiekonzernen für die Pestizide geworben. Sie werden geradezu als Freund und Helfer in der Not beschrieben.

Ein weiteres Problem ist, dass selbst wenn Schutzkleidung vorhanden ist, wird sie von den Arbeitern oftmals nicht genutzt. Denn die Schutzkleidung ist nicht für dieses feucht-heiße Klima gemacht und somit bei den Arbeitern alles andere als beliebt. Also entscheiden sich die Arbeiter für luftigere Kleidung und nehmen die juckende Haut dafür in Kauf.

Des Weiteren spielt der wirtschaftliche Aspekt eine wichtige Rolle. Denn in diesen Gegenden

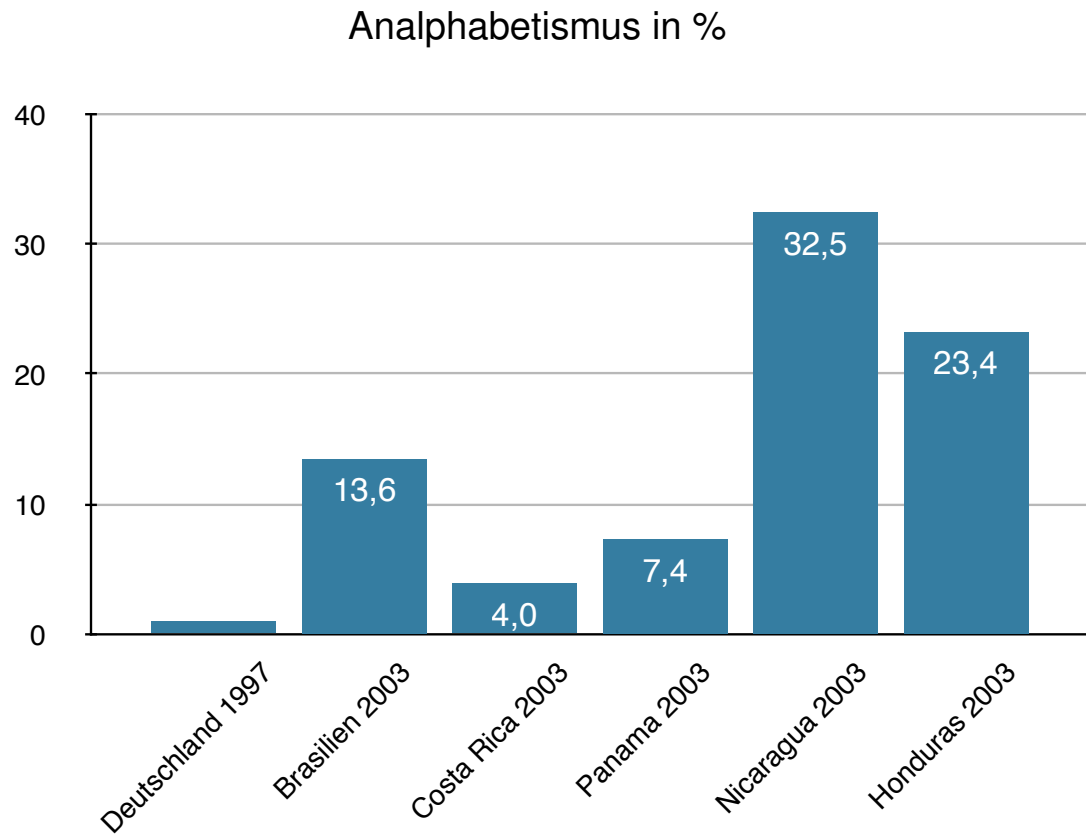


Abbildung 3.10.: Analphabetismus in %  
Basierend auf den Zahlen von <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>

hat der Agrarsektor eine große Bedeutung und Agrarprodukte sind die wichtigsten Exportgüter. Somit ist die Landwirtschaft dort oftmals abhängig von den Pflanzenschutzmitteln, denn ohne sie besteht eine große Gefahr von Missernten, die sich die Wirtschaft nicht leisten kann. Außerdem ist in Lateinamerika ein relativ hoher Prozentsatz der Beschäftigten in der Landwirtschaft tätig.

Anteile am Bruttoinlandsprodukt 2005 in %

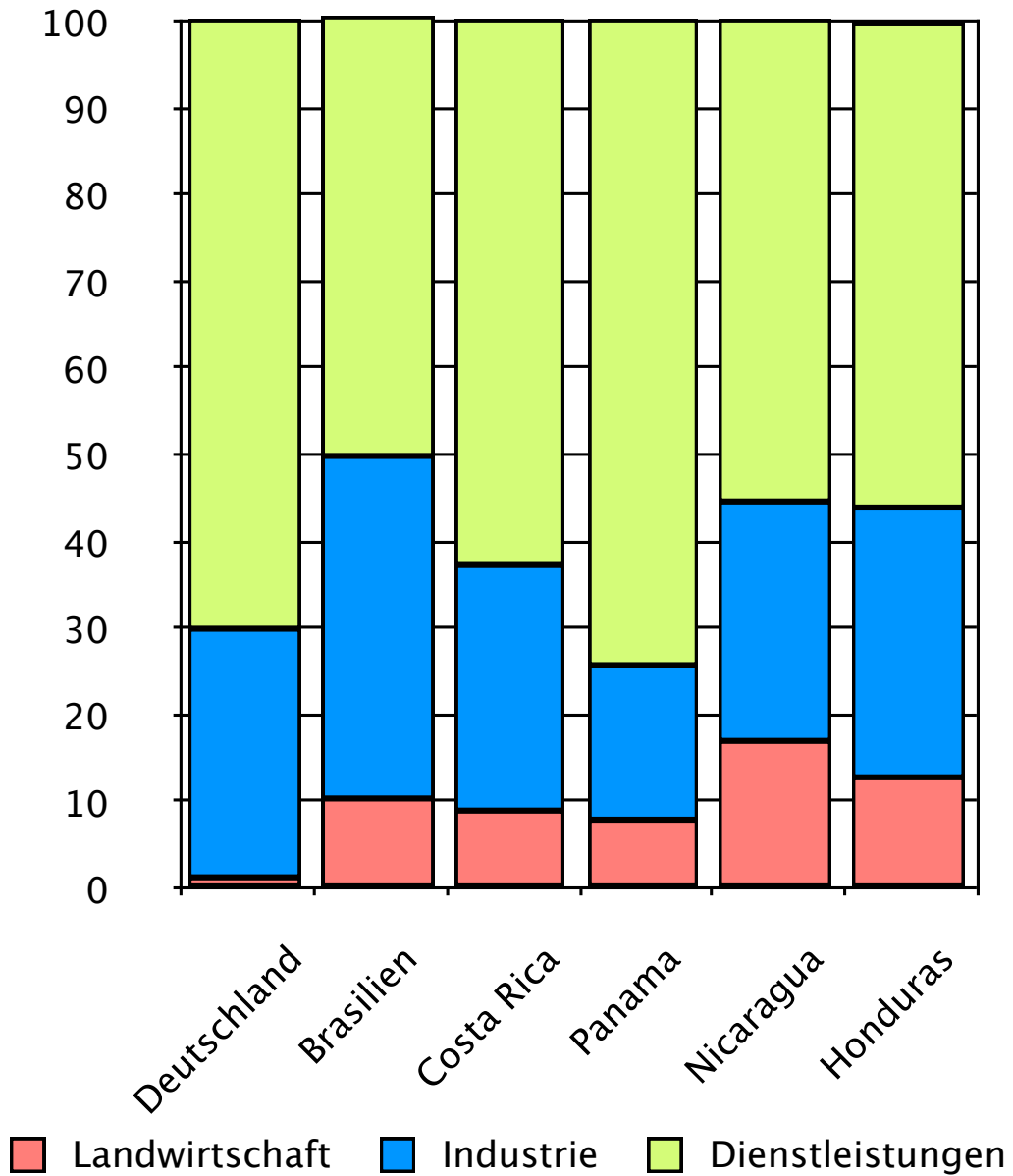


Abbildung 3.11.: Anteile am Bruttoinlandsprodukt 2005 in %  
Basierend auf den Zahlen von <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>

Anteile der Beschäftigten in %

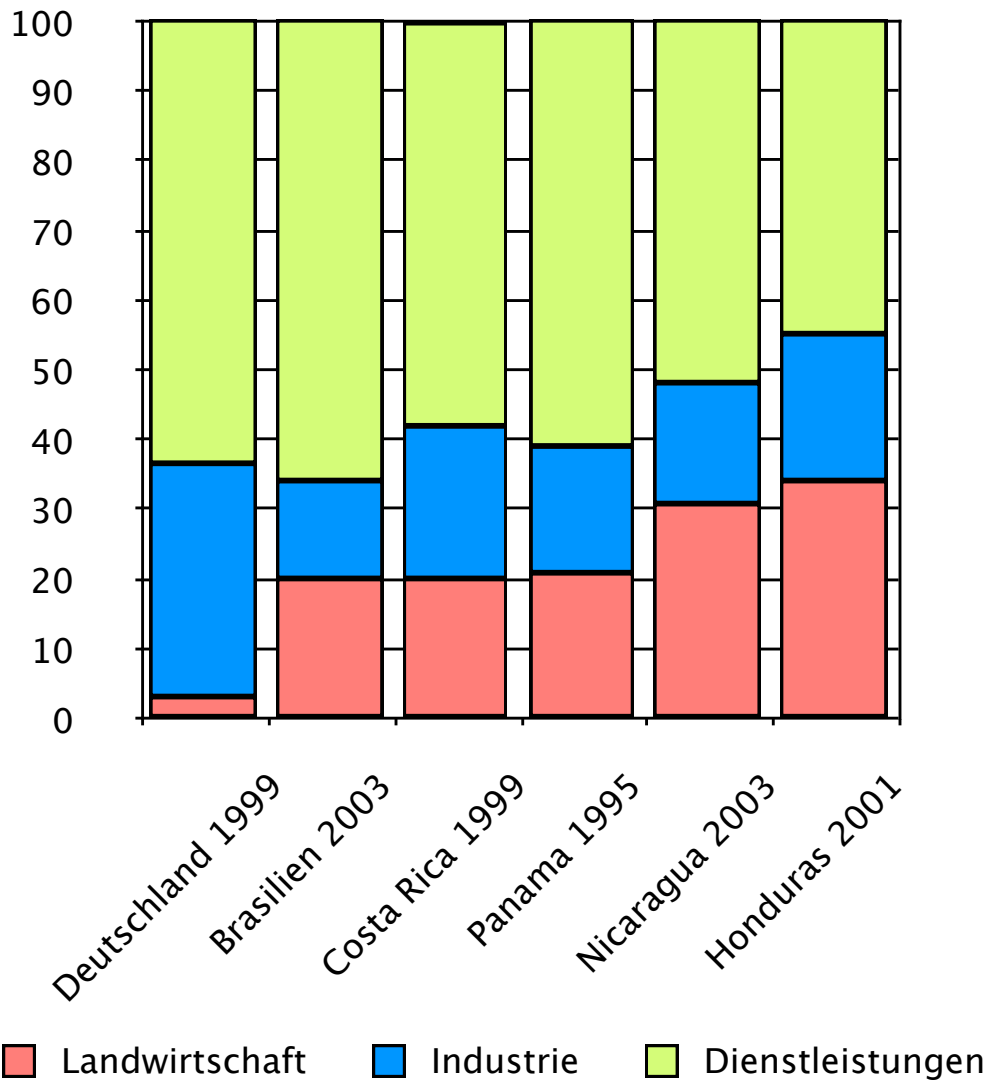


Abbildung 3.12.: Anteile der Beschäftigten in %  
Basierend auf den Zahlen von <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>

### 3.7. Schlusswort

Das alles, dieses ganze Kapitel, ja eigentlich die ganze Seminarkursarbeit begann mit der dem GEO-Heft Ausgabe 07/2003 und dem darin enthaltenen Bericht *Mittelamerika: Leben mit dem Gift*.

Als ich den Bericht zum ersten Mal las, musste ich ziemlich lachen. "Wie kann man nur so blöd sein?!", dachte ich mir. Aber je mehr ich mich über das Thema, insbesondere über die Gründe für die falsche Anwendung, informierte, desto mehr verging mir das Lachen. Ganz besonders der Fall "Nemagon" hat mich tief beeindruckt. Vor allem bewundere ich Menschen wie Douglas Murray, die aktiv etwas gegen diese Problem tun und den Menschen dort helfen. Und – ob unabsichtlich oder unterbewusst – habe ich, seit ich mich mit dem Thema beschäftige, keine einzige Banane gegessen. Und wenn ich es mal wieder tun sollte, werde ich die Banane wohl vorher misstrauisch beäugen. Vielleicht tun Sie, werter Leser, ja dasselbe. Vielleicht werden Sie sich bei dem Genuss einer Banane darüber Gedanken machen, was Sie hier gelesen haben. Und vielleicht werden Sie beim nächsten Bananenkauf ja mal eine Banane mit einem Fair-Trade-Siegel kaufen und über die braunen Flecken auf der Schale hinweg sehen. Denn schließlich sind es doch die inneren Werte (einer Banane), die zählen!

Und wenn es so ist, hat meine Seminarkursarbeit ihren Sinn erfüllt.

## **Quellen**

- 30 GEO 07/2003 Mittelamerika: Leben mit dem Gift
- 31 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 10; Pflanzenschutz; Hrsg. Fonds der chemischen Industrie zur Förderung der Chemie und biologischen Chemie im Verband der Chemischen Industrie, Karlstraße 21, 6000 Frankfurt/Main, November 1992; (ISSN 0174-366-X)
- 32 <http://www.banafair.de>
- 33 <http://www1.evb.ch/p10127.html>
- 34 <http://www.pan-germany.org>
- 35 <http://www.greenpeace.de>
- 36 <http://www.oneworld.at>
- 37 <http://www.biothemen.de>
- 38 <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>
- 39 <http://www.auswaertiges-amt.de>
- 40 <http://de.wikipedia.org>
- 41 <http://www.alles-ueber-tabak.de>

## 4. Dirty Dozen (*Christian*)

To kill insects, you'll want it because  
It kills insects: that's what the stuff does.  
Just stir up a cauldron  
Of bug-bustin' aldrin.  
One sip and they'll no longer buzz.

---

(Tim Alborn)

### 4.1. Überblick

Als *Dirty Dozen* bekannt wurden ursprünglich 12, bald jedoch 18 sogenannter *Persistent Organic Pollutants* (POPs), also "beständige, organische Verschmutzer", oder auch: "Dauergifte". ▷ 42

### 4.2. Auflistung der 12+ Stoffe

Zu den Dirty Dozen wird gezählt:

▷ 43

#### **Aldrin**

▷ 44

▷ 45

Ein Insektizid gegen Termiten, Heuschrecken und Drahtwürmer. In Pflanzen und Tieren wird es zu Dieldrin umgewandelt. Etwa 5 Gramm sind tödlich für den Menschen. ▷ 46

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft, maximal 0,00003 mg/l.

MAK-Wert: 0,25 mg/m<sup>3</sup>.

#### **Chlordan**

▷ 47

Ein Insektizid gegen Termiten und Feuerameisen. Wurde schon 1988 von der EPA (*Environmental Protection Agency*) gänzlich verboten, jedoch noch bis 1997 in den USA hergestellt und u.a. nach Mexiko verkauft. ▷ 48

MAK-Wert: 0,5 mg/m<sup>3</sup>. ▷ 49

#### **DDT**

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft.



MAK-Wert: 1 mg/m<sup>3</sup>.

Siehe auch das Kapitel über DDT (Seite 53).

**Dieldrin**

▷ 50

MAK-Wert: 0,25 mg/m<sup>3</sup>.

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft, maximal 0,00003 mg/l.

Sehr giftig (T+).

**Dioxine und Furane**

▷ 51

Stoffe, die bei der Verbrennung von organischen Stoffen und Chlor entstehen.

▷ 52

Wurden auch absichtlich hergestellt, zum Beispiel als Teil des Entlaubungsmittel ► *Agent Orange*, das im Vietnamkrieg großflächig eingesetzt wurde.

**Endrin**

▷ 53

Ein Insektizid, wurde allerdings auch gegen Mäuse verwendet. Starkes Nervengift. Sehr giftig (T+).

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft.

MAK-Wert: 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

**Heptachlor**

▷ 54

Ein Insektizid gegen Termiten und Bodeninsekten, auch gegen Malariaüberträger.

Verursacht Leber- und Nervenschäden.

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft, maximal 0,00003 mg/l.

MAK-Wert: 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

**Hexachlorbenzol (HCB)**

▷ 55

Ein Fungizid und Getreidebeizmittel.

Bereits 1981 in Deutschland nicht mehr als Pflanzenschutzmittel zugelassen.

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft.

Kein MAK-Wert.

**Mirex**

▷ 56

Insektizid gegen Termiten, Feuerameisen und Blattschneiderameisen; wurde auch als Flämmschutzmittel eingesetzt.

Wird durch Einwirken von UV-Licht zu *Photomirex*, einem noch giftigeren Stoff.

Kein MAK-Wert.

**Polychlorierte Biphenyle (PCB)**

▷ 57

Stoffgruppe giftiger Substanzen, die früher gerne als Weichmacher und in elektronischen Bauteilen verwendet wurde.

▷ 58

Von den 209 Isomeren fanden nur 20 bis 60 Verwendung in kommerziellen Produkten.

PCBs führen zu Haarausfall, Chlorakne und stehen in Verdacht, sowohl Krebs zu erregen also auch hormonell zu wirken und unfruchtbar zu machen. In Extremfällen kam es zu Kindern ohne definiertes Geschlecht.

In Deutschland als *stark wassergefährdend* eingestuft.

**Toxaphen**

▷ 59

Eines der meistverwendeten Insektizide, bis 1993 wurden etwa 1.000.000 Tonnen ausge-  
tragen.

▷ 60

Bereits 1971 in Deutschland für landwirtschaftliche Zwecke verboten. Zerstört die Lunge, das Nervensystem und die Leber.

**4.3. Gemeinsamkeiten, Unterschiede**

Alle 12 Stoffe haben gemeinsam, dass sie erbgutverändernd wirken können, und daher Ur-  
sachen für Geburtsfehler und Krebs darstellen. Sie sind besonders gefährlich, da sie sich im  
Gewebe anreichern, nur langsam abbaubar sind und sich z.B. durch die Nahrungskette weit  
verbreiten können. Mehr zur Bioakkumulation ist im Kapitel über Immunisierung und Resistenz-  
bildung zu finden (Seite 76).

▷ 61

Bioakkumulierende Chemikalien werden in Studien der 50er und 80er Jahre dafür verantwort-  
lich gemacht, dass Hodenhochstand bei männlichen Säuglingen fast verdoppelt so oft auftrat.  
Da viele der oben erwähnten Stoffe im Verdacht stehen, hormonelle Wirkung zu haben, wurden  
in Extremfällen sogar Jungen ohne Geschlechtsorgane geboren.

▷ 62

Trotzdem gibt es einige Unterschiede bei den Stoffen des Dirty Dozen. Gerade die aku-  
te Toxizität (LD<sub>50</sub>) variiert oft stark—einige Stoffe, wie zum Beispiel DDT, könnten Menschen  
grammweise aufnehmen, ohne das es zu einer lebensgefährlichen Vergiftung oder gleich zum  
Todeseintritt kommt. Dies jedoch macht die Stoffe nicht weniger, sondern eher mehr gefährlich,  
da gefahrloser und häufiger mit ihnen umgegangen wird, und sie sich weiterverbreiten können,  
bevor genaue Erkenntnisse über eventuelle Nebenwirkungen bekannt sind.

## 4.4. Stockholmer Konvention

Im Mai 2001 fand die *Stockholmer Konvention* statt, bei der 122 Staaten unterzeichneten, Gebrauch und Herstellung oben angegebener 12 Stoffe (9 Pestizide, 1 Industriechemikaliengruppe und 2 unerwünschte Nebenproduktgruppen) zu verbieten bzw. stark einzuschränken. ▷ 63  
▷ 64  
▷ 65

Die Konvention wurde am 22. Mai 2001 unterzeichnet und trat am 17. Mai 2004 in Kraft.

Die Stockholmer Konvention ist insofern problematisch, da viele Staaten, besonders Entwicklungsländer, aber auch der ehemalige Ostblock viele der Stoffe noch produzierten und anwendeten, vor allem da sie billiger herzustellen sind als ungefährlichere Alternativen. So schreibt das *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)*:

In Osteuropa und auf dem afrikanischen Kontinent bereiten Alt- und Lagerbestände von Pflanzenschutzmitteln in Größenordnungen von mehreren 100.000 Tonnen, die häufig in alten Fässern vor sich hinrotten, Anlass zu großer Sorge. Dioxine und Furane gelangen in hohen Konzentrationen oftmals völlig ungefiltert in die Luft, sei es durch die Verbrennung von Müll auf der "grünen Wiese" oder, wie z.T. in Süd-Ost-Asien, durch Emissionsquellen wie Krematorien. ▷ 66

## 4.5. Beschränkte Stoffe

Nicht alle zwölf Stoffe des Dirty Dozen wurden vollständig verboten, eine Ausnahme stellt DDT dar. Nach Anlage B der Stockholmer Konvention darf es zur "Verwendung zur Bekämpfung von Krankheitsüberträgern nach Teil II dieser Anlage" und als "Zwischenprodukt bei der Produktion von Dicofol" hergestellt und eingesetzt werden. Staaten, die weiterhin DDT verwenden und einsetzen wollen, werden in einem *DDT-Register* verzeichnet. Weiterhin gilt: ▷ 65

Jede Vertragspartei, die DDT produziert und/oder verwendet, beschränkt diese Produktion und/oder Verwendung auf die Bekämpfung von Krankheitsüberträgern nach den Empfehlungen und Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation zur Verwendung von DDT, wenn der betreffenden Vertragspartei keine örtlich unbedenklichen, wirkungsvollen und erschwinglichen Alternativen zur Verfügung stehen.

Die Stockholmer Konvention empfiehlt allerdings, dass sich die betroffenen Staaten nach alternativen Bekämpfungsmöglichkeiten umsehen.

Für alle der zwölf Stoffe existieren Alternativen, die weniger gefährlich sind, diese sind jedoch im Allgemeinen teurer und oft auch schwieriger herzustellen.

## Quellen

- 42 <http://www.ghorganics.com/Dirtydozen.htm>
- 43 <http://www.itk.ca/environment/contaminants-about-dirty-dozen.php>
- 44 <http://www.chem.unep.ch/pops/alts02.html>
- 45 [http://de.wikipedia.org/wiki/Dirty\\_dozen](http://de.wikipedia.org/wiki/Dirty_dozen), *Stand: 2006-06-01*
- 46 <http://de.wikipedia.org/wiki/Aldrin>, *Stand: 2006-06-01*
- 47 <http://de.wikipedia.org/wiki/Chlordan>, *Stand: 2006-06-01*
- 48 <http://en.wikipedia.org/wiki/Chlordane>, *Stand: 2006-06-01*
- 49 [http://www.lef.org/magazine/mag2002/jul2002\\_report\\_curcumin\\_01.html](http://www.lef.org/magazine/mag2002/jul2002_report_curcumin_01.html)
- 50 <http://de.wikipedia.org/wiki/Dieldrin>, *Stand: 2006-06-01*
- 51 <http://de.wikipedia.org/wiki/Furane>, *Stand: 2006-06-01*
- 52 <http://de.wikipedia.org/wiki/Dioxine>, *Stand: 2006-06-01*
- 53 <http://de.wikipedia.org/wiki/Endrin>, *Stand: 2006-06-01*
- 54 <http://de.wikipedia.org/wiki/Heptachlor>, *Stand: 2006-06-01*
- 55 <http://de.wikipedia.org/wiki/Hexachlorbenzol>, *Stand: 2006-06-01*
- 56 <http://de.wikipedia.org/wiki/Mirex>, *Stand: 2006-06-01*
- 57 [http://de.wikipedia.org/wiki/Polychlorierte\\_Biphenyle](http://de.wikipedia.org/wiki/Polychlorierte_Biphenyle), *Stand: 2006-06-01*
- 58 [http://en.wikipedia.org/wiki/Polychlorinated\\_biphenyl](http://en.wikipedia.org/wiki/Polychlorinated_biphenyl), *Stand: 2006-06-01*
- 59 <http://de.wikipedia.org/wiki/Toxaphen>, *Stand: 2006-06-01*
- 60 <http://en.wikipedia.org/wiki/Toxaphene>, *Stand: 2006-06-01*
- 61 [http://de.wikipedia.org/wiki/Dirty\\_dozen](http://de.wikipedia.org/wiki/Dirty_dozen), *Stand: 2006-06-02*
- 62 <http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/eur0307-st.pdf>
- 63 [http://de.wikipedia.org/wiki/Stockholmer\\_Konvention](http://de.wikipedia.org/wiki/Stockholmer_Konvention), *Stand: 2006-06-02*
- 64 <http://www.pops.int/>
- 65 [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pop\\_konvention.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pop_konvention.pdf)
- 66 <http://www.bmu.de/chemikalien/pop-konvention/doc/2176.php>

## 5. DDT: Dichlordiphenyltrichlorethan (*Christian*)

The insects were heard to complain  
That man had poisoned their rain  
The cause of their sorrow  
Was para-dichloro-  
diphenyl-trichloroethane

*(anonymous)*

DDT war wohl das bekannteste und meist verbreitete Pestizid in der Geschichte der Menschheit. Damals wusste man jedoch noch nicht um die Gefahren, und bald stellte sich starke Ernüchterung ein.

Doch nun, alles der Reihe nach.

### 5.1. Geschichte

DDT wurde erstmals 1874 von Othmar Zeidler synthetisiert, der jedoch noch nicht um die Eigenschaften des Stoffes wusste. Erst 1939 wurde es von Paul Müller der Ciba Geigy AG wiederentdeckt und seitdem als Pestizid verwendet. Es wurde in der Schweiz (1940), England (1942) und den USA (1943) patentiert. ▷ 67  
▷ 68

1943 fand die erste DDT Großproduktion statt, als Merck für Italien über 1800 Liter DDT ▷ 69

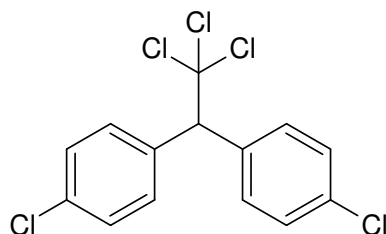


Abbildung 5.1.: Strukturformel von DDT

produzierte um eine durch Läuse übertragene Typhus-Epidemie zu verhindern. Im gleichen Jahr verteilte die US-Armee kleine Dosen mit DDT-Staub an die Soldaten, um Kopf- und sonstige Läuse zu töten.

Im Jahre 1948 bekam er "für die Entdeckung der starken Wirkung von DDT als Kontaktgift gegen mehrere ► *Arthropoden* (Gliederfüßer)" den Nobelpreis für Medizin, obwohl er gar kein Mediziner war.

Höhepunkt der DDT-Produktion war das Jahr 1962, in dem 82 Millionen Kilogramm DDT produziert und 80 Millionen Kilogramm verwendet wurden.

Nach Veröffentlichung des Buches *Silent Spring*, das die amerikanische Biologin Rachel Carson schrieb, begann ein Kreuzzug gegen die Verwendung von DDT. Schnell spitzte sich der Konflikt zwischen DDT-Gegnern und -Befürwortern zu, und laufend wurden die gleichen Argumente gebetsmühlenartig hervorgebracht, ohne auf den Stand der Wissenschaft zu achten. Rachel Carson vertrat in ihrem Buch die sicherlich sinnvolle Einstellung "So viel wie nötig, so wenig wie möglich", genauer gesagt, "Die Empfehlung sollte sein, so wenig wie möglich zu sprühen statt so viel zu sprühen, bis nichts mehr geht". Die DDT-Gegner sahen das strikter und forderten das totale Verbot von DDT. Auch heute noch ist es sehr schwer, die Sache neutral zu betrachten; man kann eigentlich nur die Argumente der beiden Parteien gegenüberstellen. ▷ 70

Oft wird berichtet, DDT würde die Eierschalen von Wildvögeln dünner machen und so deren Bestand gefährden. Dies konnte jedoch selbst in Laborversuchen, in denen den Tieren die hundertfache Konzentration verabreicht wurde, nicht nachgewiesen werden oder bräuchte Dosen, die in der Natur nie auftreten würden. Selbst dann war die Schalenverdünnung geringer als sie in der Natur gefunden wurde. Einige Eischalen, beispielsweise die von Rotschwanz-Falken oder Goldadlern waren nach den Jahren der DDT-Anwendung sogar dicker geworden. ▷ 69

Wissenschaftlich nachgewiesen ist jedoch, dass Öl, Blei, Quecksilber und Stress sowie Magnesium- und Phosphormangel sich negativ auf die Schalendicke auswirken. Auch für andere Pestizide, wie zum Beispiel Dieldrin (siehe Seite 67) konnte diese Eigenschaft nachgewiesen werden, nicht aber für DDT.

Es wird gerne spekuliert, dass die USA DDT nur verboten habe, weil ihr Wappentier, der Weißkopf-Seeadler, vom Aussterben bedroht war. Dies war sicherlich nicht der einzige Grund, allerdings auch kein triftiger. Bereits 1921 bis 1925 waren Weißkopf-Adler vom Aussterben bedroht, und nach 15 Jahren exzessiver DDT-Anwendung wurden 1960 25% mehr Adler als 1941 vor DDT gezählt. Es wurde auch kein relevanter Zusammenhang zwischen DDT-Resten und Schalendicke gefunden. Der Rückgang der Adler wurde daher damit begründet, dass diese weniger Lebensraum hatten und teils illegal geschossen wurden, die mangelnde Fortpflanzung konnte auf Quecksilber zurückgeführt werden. 1984 befand die *National Wildlife Foundation* Strommasten, Flugkollisionen und blei-belastete Enten als hauptsächliche Todesursachen der Weißkopf-Adler.

Weiterhin konnte nicht bewiesen werden, dass DDT für den Menschen krebserregend ist. In einigen Tierversuchen führte DDT sogar zum Rückgang bestehender Tumore.

Viele Argumente der DDT-Gegner können also wissenschaftlich leicht entkräftet werden; dies stellt jedoch keinen Blankoscheck für DDT dar. Schließlich *ist* in allen untersuchten Vögeln DDT, wenn auch nur in geringen Mengen, gefunden worden. Ein Stoff, den es vorher in der Natur *nie* gab, ist nun weltweit auf jedem Fleck der Erde nachzuweisen. Spätestens das sollte auch den DDT-Befürwortern zu denken geben; die Carson'sche Maxime ist sicherlich ein guter Maßstab für die Anwendung von DDT.

Durch Propaganda und Einwirken namhafter Politiker erreichten die DDT-Gegner jedoch ihr Ziel. 1970 wurde DDT in Norwegen und Schweden verboten, 1972 in den USA und in Deutschland, in Großbritannien erst 1984. In der DDR wurde DDT noch 1988 hergestellt und auch angewendet, hauptsächlich in der Forstwirtschaft gegen Borkenkäfer. ▷ 71

Durch die Stockholmer Konvention (siehe 51) wurde DDT in 98 Ländern verboten, gesundheitliche Maßnahmen wie Malaria- und Typhus-Bekämpfung ausgeschlossen.

## 5.2. Probleme

DDT kennzeichnet sich, wie alle POPs, durch eine langsame Abbaubarkeit aus, die Halbwertszeit in der Natur beträgt etwa 10 bis 20 Jahre, im menschlichen Körper ist es über 1 Jahr. Da es fettlöslich ist, reichert es sich in der Nahrungskette an und findet daher die höchste Konzentration am Ende der Nahrungskette, also auch beim Menschen. DDT wird schnell aufgenommen, aber nur langsam abgegeben. ▷ 71

Wie bereits erwähnt, ist DDT als solches für den Menschen und Säugetiere im Allgemeinen weniger giftig, die lethale Dosis  $LD_{50}$  liegt bei 0,1 bis 0,5 Gramm DDT pro Kilogramm Körpergewicht. Ein normaler Mensch müsste also gut 20 Gramm zu sich nehmen, um direkt und sofort daran zu sterben. Fälle, in denen Personen versehentlich 285 Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht eingenommen haben, führten zu sofortigem Erbrechen, aber keinem Todeseintritt. Toxikologisch ist daher nur die Langzeitwirkung des DDT interessant. Keiner der 35 Arbeiter, die 9 bis 19 Jahre lang dem 600-fachen der normalen DDT-Konzentration ausgesetzt waren, hat dadurch Krebs bekommen. ▷ 69

Trotzdem ist zu befürchten, dass DDT den Hormonhaushalt beeinflusst, so die Spermienqualität senkt und sogar zu einer Verweiblichung von Embryonen führen kann. Es ist bekannt, dass ein DDT-Isomer, das bei der Produktion entsteht und so ins Endprodukt gelangen kann, östrogene Wirkung hat.

Obwohl man durch alternative Pestizide inzwischen vollständig auf DDT in der Landwirtschaft verzichten kann, ist es immer noch das wirkungsvollste, einfachste und billigste Mittel gegen ▷ 72

die Malaria. Kein anderes Pestizid wirkt so gut gegen die Stechmücke *Anopheles*, die Malaria überträgt. Leider gibt es inzwischen jedoch auch DDT-resistente Stechmücken; es gelang nicht, wie in den 50ern und 60ern erhofft, die Malaria entgültig auszurotten.

Am Beispiel Sri Lankas ist dies einfach nachzuvollziehen: 1948 gab es dort 2,8 Millionen Malariakranke, 1963 nur noch 17 Fälle. 1964 waren es jedoch bereits 150 Fälle, und 1969, nur sechs Jahre später, waren es schon wieder 2,5 Millionen. ▷ 73

DDT wird heutzutage vor allem in den Häusern und besonders deren Wänden verwendet, da sich dort die Mücken gerne niederlassen.



Abbildung 5.2.: Ein Moskito setzt zum Stich an <http://www.aenvironment.com/DDT.htm>

### 5.3. Wirkung

DDT wirkt auf das zentrale Nervensystem, reduziert die Abwehrkraft des Immunsystems, schädigt den Fötus, ist im Verdacht Zellveränderungen vorzurufen und belastet die Leber bei Säugetieren. ▷ 74

Gegen Insekten wirkt DDT, da es die Natriumkanäle der Neuronen öffnet und so zu zufälligen Verkrampfungen bis zum Tode führt. Insekten, deren Natriumkanäle durch bestimmte Mutationen verändert sind, können gegen DDT resistent sein. ▷ 75



## Quellen

- 67 <http://en.wikipedia.org/wiki/DDT#History>
- 68 [http://de.wikipedia.org/wiki/Paul\\_Hermann\\_Müller](http://de.wikipedia.org/wiki/Paul_Hermann_Müller)
- 69 <http://www.junkscience.com/ddtfaq.htm>
- 70 [http://en.wikipedia.org/wiki/Rachel\\_Carson](http://en.wikipedia.org/wiki/Rachel_Carson), *Stand: 2006-06-05*
- 71 <http://de.wikipedia.org/wiki/Dichlordiphenyltrichlorethan>, *Stand: 2006-06-05*
- 72 <http://de.wikipedia.org/wiki/Malaria>, *Stand: 2006-06-09*
- 73 [http://de.wikipedia.org/wiki/Malaria#Vorbeugung\\_und\\_Behandlung](http://de.wikipedia.org/wiki/Malaria#Vorbeugung_und_Behandlung), *Stand: 2006-06-09*
- 74 <http://www.arguk.de/infos/ddtinfo.htm>
- 75 <http://en.wikipedia.org/wiki/DDT>, *Stand: 2006-06-05*

## 6. Chemische Betrachtung der Pestizide (*Dominic*)

### 6.1. Eigenschaften der Pestizide

Pestizide werden aufgrund ihrer vielfältigen Arten und Eigenschaften in großen Mengen angewendet. Dabei sind viele Eigenschaften der Pestizide gut erforscht und auch viele der unerwünschten Eigenschaften sind allgemein bekannt. ▷ 76

Einige erwünschte Eigenschaften sind:

- Sicherung der Ernteerträge
- Sicherung der Milch und Fleischproduktion
- Reduzierung von Ausfällen bei der Nahrungsmittellagerung
- Unterdrückung gefährlicher Seuchen
- Verbesserung der Körperhygiene
- Einsparung von Arbeitskräften in der Landwirtschaft
- Desinfektion von sanitären Anlagen

Jedoch kommen mit der Anwendung der Pestizide ebenso unerwünschte Eigenschaften zu tragen. Neben ihren positiven Wirkungen auf ihre Zielorganismen besitzen Pestizide auch negative Wirkungen auf Nichtzielorganismen, man spricht in diesem Zusammenhang von *Nebenwirkungen*. Einige Nebenwirkungen sind: ▷ 77

- Giftigkeit für die Menschen
- Rückstandsbildung und globale Ausbreitung
- Lange Haltbarkeit der Pestizide im Boden
- Anreicherung in der Nahrungskette oder in bestimmten Tierorganen (z.B. Fettgewebe)
- Beeinträchtigung von Nützlingen und von Bodenorganismen
- Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit

- Schwierige Dosierung
- Belastung von Grund- und Oberflächenwasser
- Beeinträchtigung des Trinkwassers
- Störung biologischer Kläranlagen
- Giftige Begleitstoffe
- Giftigkeit gegenüber den behandelten Kulturpflanzen
- Geschmacksveränderungen bei behandelten Früchten

Das Ausmaß dieser Nebenwirkungen wird durch die Beurteilung mit einer geeigneten Messgröße, des absoluten und zeitlichen Ausmaßes der Beeinflussung durch ein Pflanzenschutzmittel, d.h. die ökologische Reaktionsbreite eines Prozesses (einer Art) wiedergegeben. Treten reversible Populations- und Leistungsbeeinträchtigungen aus, die 30 Tage nach der Anwendung weniger als 20% betragen, gelten sie als vernachlässigbar. Solche, die bis zu 100% betragen gelten als tolerierbar. Schwankungen dieser Art treten auch durch natürliche Stressfaktoren, wie Eintrocknen, Gefrieren, Wassersättigung, Nahrungsmangel oder mechanische Bodenbearbeitung auf. Laut diesen Kriterien besaßen 60% der im Jahre 1990 gängigen Pflanzenschutzmittel keine Nebenwirkungen. Als kritisch werden Beeinträchtigungen von Bodenprozessen, die nach 60 Tagen noch 85% oder nach 90 Tagen noch 70% betragen angesehen. Dies wurde bei 1% der Handelspräparate 1990 gefunden, unter anderem bei Breitbandherbiziden. Diese Nebenwirkungen werden durch die natürliche Pufferkapazität bei einmaliger Behandlung mit Pestiziden aufgefangen. ▷ 77

Neben diesen Eigenschaften und Nebenwirkungen bringen Pestizide auch gewisse andere Eigenschaften mit sich, so z.B. die ► *Spezifität* der Mittel. Es gibt vier verschiedene Arten von Spezifität: ▷ 78

**Artspezifität** Jede Organismenart registriert und interpretiert die Einwirkung derselben Einflussgröße spezifisch.

**Charakteristisches Wirkungsspektrum** in ihm spiegelt sich die Artspezifität wider. Der Begriff bezeichnet die Vielfalt der verschiedenen Arten, die auf den betreffenden Wirkstoff ansprechen.

**Stadienspezifität** Wirkstoffe entfalten ihre Toxizität in der Regel nur gegen ein bestimmtes Entwicklungsstadium einer Art, etwa das Ei oder die Larve oder das Vollinsekt, bzw. die ausgewachsene Milbe. Daraus ergeben sich die verschiedenen Wirkungen von Pestiziden, ovizid, larvizid und adultizid.

**Rassenspezifität** In zahlreichen Arten unterscheiden sich Rassen in der Wirkstoffresistenz erheblich, sie unterscheiden sich in Ansprechbarkeit auf die verschiedenen Wirkstoffe sehr. Die rassenspezifischen Anfälligkeitsunterschiede sind oft größer, als die artsppezifisch bedingten Differenzen.

Bei der chemischen Betrachtung von Pestiziden spielen viele weitere Eigenschaften eine Rolle. Am Beispiel des Insektizids Lindan werden einige Eigenschaften aufgezeigt. ▷ 79

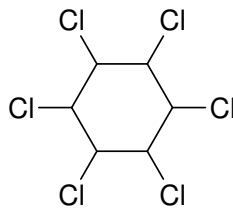


Abbildung 6.1.: Strukturformel von Lindan

Lindan ( $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan) gehört zu den chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW).

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

rel. Molekülmasse:	290,85
Schmelzpunkt (°C):	112,8
Siedepunkt (°C):	323,4
Dampfdruck (hPa, 20°C):	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Wasserlöslichkeit (g/L, 20°C):	$7 \cdot 10^{-3}$

(b) Grenzwerte:

NOEL	1,0 mg/kg KG
ADI	0,0125 mg/kg KG/d
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	150–230 mg/kg
MAK	0,5 mg/m <sup>3</sup>
MIK	4 mg/m <sup>3</sup>

## 6.2. Zusammensetzung und Aufbau einiger Pestizidgruppen

Die große Bedeutung von nur drei Pestizidgruppen veranlasst zu einer näheren Betrachtung der gruppenspezifischen Eigenschaften dieser drei Pestizidgruppen.

### 6.2.1. Fungizide

Die Fungizide sind Wirkstoffe, die die Entwicklung von Schadpilzen an Kulturpflanzen hemmen oder völlig unterbinden. Früher wurden neben den anorganischen Schwefel- oder Kupferpräparaten auch quecksilberorganische Verbindungen als Fungizide eingesetzt, die heute als Pestizide nicht mehr zugelassen sind. Über die Zeit hinweg haben sich organ-synthetische Verbindungen als Fungizide durchgesetzt.

▷ 80

Die Fungizide teilen sich in zwei Gruppen nach Wirkungsweise:

**Kontaktfungizide** töten Pilzsporen und deren Keimschläuche nur auf der Pflanzen- oder Saatgutoberfläche ab. Sie müssen daher vor dem Eindringen des Pilzes in die Pflanze, d.h. vorbeugend eingesetzt werden. Sie müssen als Schutzbelag auf die Oberfläche der zu schützenden Organe möglichst gleichmäßig verteilt werden. Neu zuwachsende Blätter ohne Spritzbelag sind nicht geschützt.

**Systemisch wirkende Fungizide** dringen in das Pflanzengewebe ein und werden im Gefäßsystem überwiegend nach oben transportiert. Dies bietet Schutz vor Abwaschung durch Niederschläge und Schutz von neu zuwachsenden Pflanzenteilen und Bekämpfung bereits vorhandenem Pilzbefall, daher wird ihnen eine heilende Wirkung zugeschrieben.

Fungizide Wirkstoffe sind z.B. Chlorthalonil und Fentinhydroxid.

▷ 81

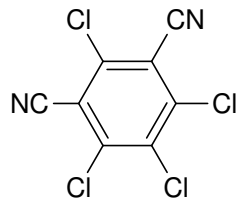


Abbildung 6.2.: Strukturformel von Chlorthalonil

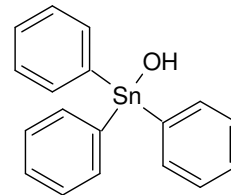


Abbildung 6.3.: Strukturformel von Fentinhydroxid

### 6.2.2. Herbizide

Die Herbizide werden in drei Klassen nach Wirkungsweise eingeteilt, den Kontaktherbiziden, Wuchsstoff- oder wuchsstoffähnlichen Mitteln und Bodenherbiziden.

▷ 80

**Kontaktherbizide** wirken nur am Ort der Benetzung auf der Pflanze, sie werden innerhalb der Pflanze nicht oder nur unwesentlich weitertransportiert. Das Haupteinsatzgebiet der Kontaktherbizide liegt im Getreide- und Maisanbau, wo sie vorzugsweise in Nähe von

wachststoffempfindlichen Kulturen verwendet werden. Sie besitzen eine gute Kulturpflanzenverträglichkeit und schonen auch grasartige Pflanzen. Die Wirkung ist rasch und sicher, wobei sie nur Samen-, nicht Wurzelunkräuter erfassen. Die betroffenen Pflanzen gehen durch Chlorophyllzerstörung zugrunde.

**Wachststoff- oder wachststoffähnliche Mittel** führen zu übersteigertem Wachstum, wie auch schweren Missbildungen, Stoffwechselstörungen und schließlich zum Tod der Unkräuter. Die Einsatzgebiete dieser Mittel sind im Getreideanbau und Dauergrünland zu finden. Die Wirkstoffaufnahme erfolgt größtenteils über das Blatt des Unkrauts. Diese Mittel erfassen auch Wurzelunkräuter, da sie sich in der ganzen Pflanze verteilen. Die Mittel liegen in Salz- oder Esterform vor, wobei die Ester schneller in Pflanzen eindringen als die Salzverbindungen. Eine Anwendung ist ab dem Drei- bis Vier-Blattstadium bis Ende der Bestockung des Getreides möglich. Jedoch können durch Abdrift breitblättrige Kulturen wie Hopfen, Wein, Rüben, Raps und Gemüse stark geschädigt werden.

**Bodenherbizide** werden von vorwiegend über die Wurzel aufgenommen. Für einen Erfolg sind ausreichende Bodenfeuchtigkeit und Berücksichtigung des Ton- und Humusgehalts des Bodens entscheidend. Bodenherbizide können sowohl im Vorsaateinarbeitungs- als auch im Vorauf- und Nachaufverfahren eingesetzt werden. Ihr Anwendungsgebiet beinhaltet alle Kulturen des Ackerbaus. Die Dauerwirkung der Bodenherbizide begünstigt die Erfassung später keimender Unkrautpflanzen.

**Breitbandherbizide** sind Kombinationspräparate mit großer Wirkungsbreite gegen breitblättrige Unkräuter. In der Regel bestehen die Breitbandherbizide aus Kontaktherbiziden und Wachststoffherbiziden, teilweise mit einem zusätzlichen Bodenherbizid.

Zwei Beispiele moderner herbizide Wirkstoffe sind Atrazin (Seite 64) und Glyphosphat.

▷ 81

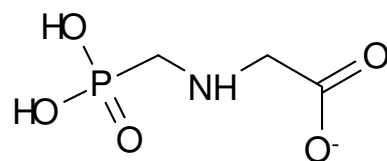


Abbildung 6.4.: Strukturformel von Glyphosphat

### 6.2.3. Insektizide

Die Insektizide lassen sich in Insektizide mit lokaler Wirkung und Insektizide mit systemischer Wirkung aufteilen. Die lokal wirkenden Insektizide treffen Schädlinge entweder direkt oder werden durch möglichst gleichmäßiges Verteilen auf der Pflanzenoberfläche durch sie aufgenommen. Viele dieser Insektizide verfügen über eine gute Tiefenwirkung, die insbesondere zur Bekämpfung kleinerer Schädlinge erforderlich ist. Insektizide mit systemischer Wirkung besitzen wichtige Anwendungsvorteile:

- eine schnelle Aufnahme durch die Pflanze, die gleichzeitig die Gefährdung nützlicher Insekten mindert und schon Stunden nach der Behandlung nur noch pflanzensaugende oder -fressende Insekten erfasst, deren natürliche Feinde aber verschont.
- eine gute Verteilung in der Pflanze, die auch versteckt sitzende, nicht mit lokal wirkenden Insektiziden zu treffende Schädlinge, erreicht.
- geringere Anforderungen an die Verteilung des Mittels und an die Wirkbeständigkeit, denn die Wirkstoffe sind durch schnelle Aufnahme dem Einfluss der Außenfaktoren weitgehend entzogen.

Des Weiteren kann man Insektizide in vier verschiedene Wirkstoffgruppen einteilen:

**Chlorierte Kohlenwasserstoffe** sind nur noch wenige davon heute zugelassen. Die hohe Beständigkeit in der Pflanze und in der Umwelt steht den Vorteilen einer relativ geringen Giftigkeit für Anwender und einer Eignung zur Bekämpfung von Bodeninsekten gegenüber.

**Phosphorsäureester** besitzen eine gute Wirksamkeit gegen fressende und saugenden Insekten und Milben, einen schnellen Wirkungsbeginn und kürzere Wirkungsdauer. Außerdem erfolgt ein schneller Abbau in und auf der Pflanze, d.h. geringere Rückstandsgefahr und kürzere Wartezeiten bis zur nächsten Behandlung.

**Carbamat-Insektizide** besitzen eine Vielzahl an Wirkstoffen, die sich hinsichtlich Wirkungsweise, Wirkungsbreite und der akuten Giftigkeit unterscheiden. Ihr Einsatz ist bevorzugt bei Resistenzerscheinungen gegen Wirkstoffe aus anderen Mittelgruppen.

**Synthetische Pyrethroide** besitzen vorwiegend eine Kontakt- und Fraßwirkung. Synthetische Pyrethroide haben eine hohe Wirksamkeit bei bereits geringen Aufwandmengen und geringe Warmblütergiftigkeit. Dagegen sind sie sehr fischgiftig und werden z. T. auch als bienengefährlich eingestuft. Des Weiteren verfügen sie über eine ausgeprägte Sofortwirkung und einen breiten Wirkungsbereich. Pyrethroide sind bereits bei niedrigen Temperaturen voll wirksam und haben eine relativ lange Wirkungsdauer.

Beispiele für moderne insektizide Wirkstoffe sind das bereits aufgeführte Lindan und Phosphamidon. ▷ 81

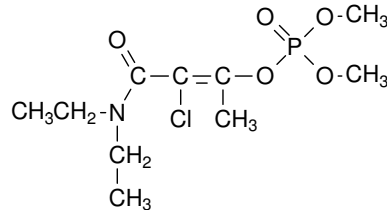


Abbildung 6.5.: Strukturformel von Phosphamidon

## 6.3. Genaue Betrachtung einiger Wirkstoffe und Synthesen

### 6.3.1. Der Wirkstoff Atrazin

Atrazin ist ein herbizid eingesetzter Wirkstoff, der als systemisches Wurzel- und Blattherbizid gegen einjährige Unkräuter und breitblättrige Gräser eingesetzt wird. ▷ 82

▷ 83

▷ 84

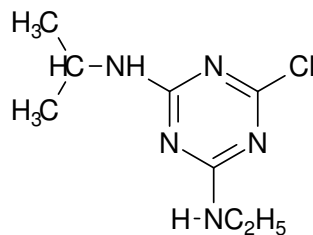


Abbildung 6.6.: Strukturformel von Atrazin: 2-Chlor-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazin

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

rel. Molekülmasse:	215,7
Schmelzpunkt (°C):	175–177
Siedepunkt (°C):	—
Dampfdruck (mPa, 25°C):	0,039
Wasserlöslichkeit (g/L, 20°C):	0,033

(b) Grenzwerte:



NOEL	—
ADI	—
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	3080 mg/kg
MAK	2 mg/m <sup>3</sup>
MIK	—

### 6.3.2. Der Wirkstoff Parathion

Parathion ist ein äußerst giftiges Insektizid, es wirkt als Fraß-, Kontakt- und Atemgift.

▷ 79

▷ 85

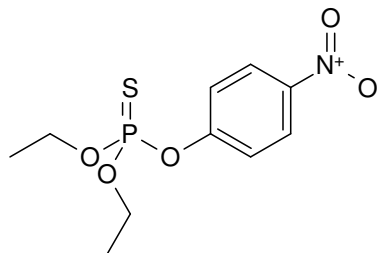


Abbildung 6.7.: Strukturformel von Parathion:  
0,0-Diethyl-O-(p-nitrophenyl)-thionphosphorsäureester

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

rel. Molekülmasse:	291,26
Schmelzpunkt (°C):	6,1
Siedepunkt (°C):	375,0
Dampfdruck (hPa, 20°C):	$7,6 \cdot 10^{-3}$
Wasserlöslichkeit (g/L, 20°C):	—

(b) Grenzwerte:

NOEL	0,10 mg/kg KG
ADI	0,001 mg/kg KG/d
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	2 mg/kg
MAK	0,1 mg/m <sup>3</sup>
MIK	0,02 mg/m <sup>3</sup>

### Die Parathion-Synthese

Um Parathion herzustellen reagieren 0,0-Diethylthionphosphorsäurechlorid und das Natrium-

▷ 81

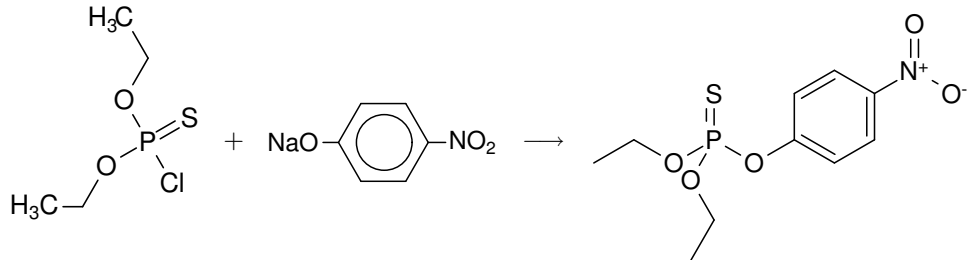


Abbildung 6.8.: Synthese von Parathion

salz von p-Nitrophenol miteinander unter Abspaltung von Kochsalz, NaCl. Da Phosphorsäureester in der Umwelt relativ kurzlebig sind, wird Parathion schnell in das eigentlich insektizidal wirkende Paraoxon umgewandelt. Dies geschieht z.B. durch Zusammentreffen von Parathion mit einem OH-Radikal.

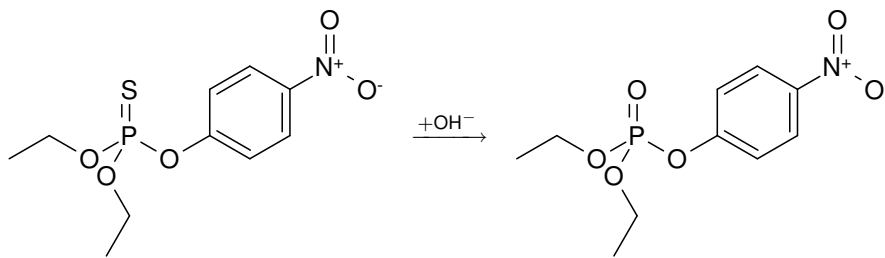


Abbildung 6.9.: Synthese von Paraoxon

### 6.3.3. Der Wirkstoff Permethrin

Permethrin ist ein Wirkstoff aus der Gruppe der Pyrethroide in der Pestizidgruppe der Insektizide. Sein Wirkungsspektrum ist so breit, dass es auch als Akarizid verwendet wird.

▷ 79

▷ 86

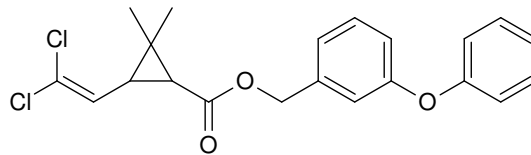


Abbildung 6.10.: Strukturformel von Permethrin:  
3-(2,2-Dichloroethenyl)-2,2-dimethylcyclopropancarboxylsäure-(3-phenoxyphenyl)methylester

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

rel. Molekülmasse:	391,3
Schmelzpunkt (°C):	34–35
Siedepunkt (°C):	200
Dampfdruck (hPa, 20°C):	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Wasserlöslichkeit (g/L, 20°C):	kaum löslich

(b) Grenzwerte:

NOEL	—
ADI	—
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	1750 mg/kg
MAK	nicht festgelegt
MIK	—

### 6.3.4. Der Wirkstoff Dieldrin

Dieldrin wurde vor dem Verbot des “Dirty Dozen” (siehe Seite 48) gegen Bodeninsekten und krankheitsübertragende Insekten eingesetzt. ▷ 87  
▷ 88

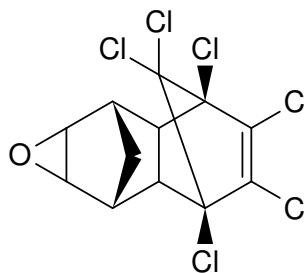


Abbildung 6.11.: Strukturformel von Dieldrin:  
1,2,3,4,10,10-Hexachlor-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-endo-5,8-exo-dimethanonaphthalin

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

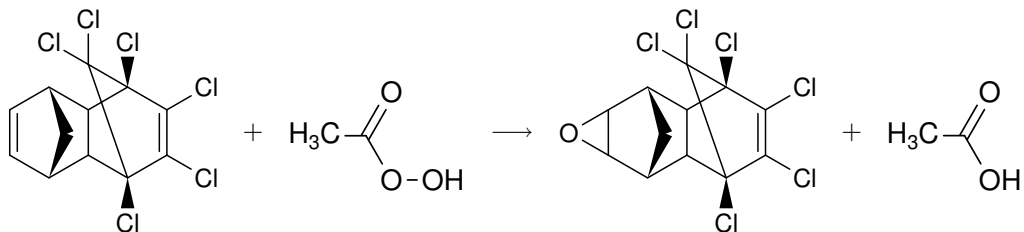
rel. Molekülmasse:	380,9
Schmelzpunkt (°C):	176
Siedepunkt (°C):	—
Dampfdruck (hPa, 20°C):	0,00024
Wasserlöslichkeit (g/L, 20°C):	0,1–0,2

(b) Grenzwerte:

NOEL	0,01 mg/kg KG
ADI	0,0001 mg/kg KG/d
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	40–100 mg/kg
MAK	0,25 mg/m <sup>3</sup>
MIK	—

**Die Dieldrin-Synthese**

Zur Herstellung von Dieldrin, wobei auch Essigsäure entsteht, reagieren Aldrin und Peressigsäure miteinander in einer Diels-Alder-Reaktion. Dieser Syntheseweg wurde nach seinen Entdeckern benannt und brachte diesen sogar den Chemienobelpreis. Als Diels-Alder-Reaktion wird die Reaktion eines 1,3-Diens mit einem Alken oder Alkin zu einem ungesättigten Sechsering bezeichnet. ▷ 81



## Quellen

- 76 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 10; Pflanzenschutz; Hrsg. Fonds der chemischen Industrie zur Förderung der Chemie und biologischen Chemie im Verband der Chemischen Industrie, Karlstraße 21, 6000 Frankfurt/Main, November 1992; (ISSN 0174-366-X)
- 77 Bodenökologie; Ulrich Gisi; 1990 Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York; (ISBN 3-13-747201-6)
- 78 Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; Hrsg. R. Wegler; Band 1; Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York 1970
- 79 <http://www.free.de/WiLa/derik/HSM.Einleitung.html>
- 80 Sachkundig im Pflanzenschutz; Arbeitshilfe zum Erlangen des Sachkundenachweises im Pflanzenschutz mit einem Fragenkatalog als Beilage; Dr. Klaus König, W. Klein, W. Gabler; 2. überarbeitete Auflage; BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1988; (ISBN 3-405-13595-8)
- 81 <http://www.uni-lueneburg.de/fb4/institut/oeckchem/uchemie/palm/pestizide/pesticide.pdf>
- 82 [http://www.chemiedidaktik.ipn.uni-kiel.de/1992\\_umweltbelastung/pesti4.htm](http://www.chemiedidaktik.ipn.uni-kiel.de/1992_umweltbelastung/pesti4.htm)
- 83 [http://sylvester.bth.rwth-aachen.de/dissertationen/2004/238/04\\_238.pdf](http://sylvester.bth.rwth-aachen.de/dissertationen/2004/238/04_238.pdf)
- 84 <http://de.wikipedia.org/wiki/Atrazin>, Stand: 2006-06-07
- 85 <http://www.gifte.de/Chemikalien/alkylphosphate.htm>
- 86 <http://de.wikipedia.org/wiki/Permethrin>, Stand: 2006-06-08
- 87 <http://de.wikipedia.org/wiki/Dieldrin>, Stand: 2006-06-08
- 88 <http://www.gifte.de/Chemikalien/dieldrin.htm>

# 7. Wirkung und Metabolismus eines Pestizids (*Dominic*)

## 7.1. Wirkung der Pestizide

Pestizide entfalten ihre Wirkung auf verschiedenste Weise. Zum einen wirken die Pestizidgruppen gegen unterschiedliche Schadorganismen, zum anderen wirken auch in den Pestizidgruppen die eigentlichen Wirkstoffe verschiedenartig. Einige exemplarische Wirkungen von Pestiziden werden an Beispielen aufgezeigt und besprochen.

Bei den Fungiziden z.B. ist die Auswahl der Wirkstoffe unter dem Gesichtspunkt der Wirkungsbreite und der Vermeidung von Resistenzbildung beim Schadenserreger zu treffen. Die Kontaktfungizide greifen den Stoffwechsel der Schadpilze gleichzeitig an mehreren Stellen an, sie wirken unspezifisch und besitzen somit ein größeres Erregerspektrum und die Gefahr der Resistenzbildung ist als gering zu betrachten. Dagegen haben systematische Fungizide meist sehr spezifische Wirkungsweisen, greifen den Stoffwechsel der Schadpilze primär nur an einem Wirkungsort an und das Risiko resistenter Erregerformen ist hoch.

▷ 89

Aus den Gründen für die Anwendung von Pestiziden und aus den Eigenschaften leiten sich schon einige allgemeine Wirkungen der Pestizide ab. Sie werden unter anderem dafür eingesetzt, um durch Schwächung oder Vernichtung von Schädlingen oder Unkraut die Ernte und Produktion zu sichern. Sobald die Pestizide ausgebracht sind kann sich ihre Wirkung voll entfalten. Die einzelnen Pestizidgruppen zielen auf ihre spezifischen Zielorganismen. Dabei gibt es verschiedene Wege, diese Zielorganismen zu erreichen. So erreichen Herbizide diese schon durch Kontakt mit den Unkräutern, ein Molluskizide jedoch, das als Fraßgift wirkt, muss erst vom betreffenden Schädling aufgenommen werden, um seine Wirkung entfalten zu können. Daher wird zwischen der Fraß-, Kontakt- und Atmungsgiftwirkung unterschieden. Charakteristisch für Pestizide ist ihre toxische Wirkung.

Es gibt verschiedene Formen der toxischen Wirkung. Die akute Toxizität wird in Untersuchungen mit Versuchstieren, meist Ratten, ermittelt und ist in drei Formen aufgeteilt. Die *orale*, d.h. einmalige Verabreichung des Wirkstoffes mittels Schlundsonde direkt in den Magen, *kutane*, d.h. einmaliger Kontakt des Stoffes mit einer rasierten Hautstelle und *inhalative* Toxizität, d.h.

▷ 90

▷ 91

einmalige Aufnahme durch die Atmung. Des Weiteren gibt es Hautreizwirkungen und Schleimhautreizwirkungen, die an Kaninchen getestet werden. Weitere Arten der toxischen Wirkung sind die *subchronische* und *chronische* Toxizität. Die Untersuchung auf subchronische Toxizität verläuft 90 Tage, die Untersuchung der chronischen Toxizität mindestens 2 Jahre. Diese Untersuchungen werden dazu benutzt, das toxikologische Wirkprofil zu ermitteln, d.h. die Zielorgane der toxischen Schädigung und das für den Wirkstoff typische Schädigungsbild. Zuletzt werden in speziellen Untersuchungen die Kanzerogenität, Untersuchung ob und ab welcher Konzentration Wirkstoffe Tumore auslösen oder fördern, Mutagenität, Untersuchung auf Gen-Mutation, Chromosomen-Mutation und Mitose-hemmende Eigenschaften, und die Teratogenität, Untersuchung auf den Embryo-schädigende Eigenschaften, bestimmt. Außerdem können Wirkstoffe auch eine Reproduktionstoxizität besitzen, die in einem 2-Generationen-Reproduktionsversuch an Ratten aufzeigt, ob die Aufnahme des Wirkstoffes durch Elternteile negative Auswirkungen auf folgende Generationen hat.

Zu den Wirkungen von Pestiziden zählen auch die Gifteffekte am Zielorgan, bzw. Wirkungs- ▷ 91  
ort. Als Beispiel für mögliche Wirkungen wird das Pentachlorphenol (PCP), ein seit 1989 in Deutschland verbotener, stark bakterizid, fungizid und insektizid wirkender Wirkstoff, in seinen Wirkungen bei einer vergifteten Person betrachtet.

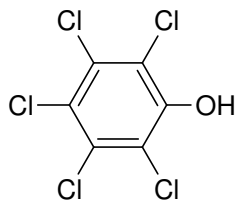


Abbildung 7.1.: Strukturformel von Pentachlorphenol

(a) Physikalisch-chemische Eigenschaften:

rel. Molekülmasse:	266,3
Schmelzpunkt (°C):	191,0
Siedepunkt (°C):	309–310
Dampfdruck (hPa, 20°C):	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Löslichkeit in Wasser (g/L, 20°C):	pH 5: 14

(b) Grenzwerte:

NOEL	—
ADI	3 mg/kg KG/d
LD <sub>50</sub> (Ratte, or.)	50 mg/kg
MAK	0,5 mg/m <sup>3</sup>
MIK	—

Pentachlorphenol gilt als hochtoxisch, es besitzt kanzerogene und mutagene Wirkung. Es wird vorwiegend über die Haut und die Atemwege aufgenommen. Sobald der Wirkstoff im Körper ist, bindet er sich an die Plasmaproteine des Blutes, wodurch er im Körper weitertransportiert wird. Die höchste Konzentration des Wirkstoffes findet sich in Leber und Niere, etwas weniger im Herz und in der Lunge. Als Symptome bei Vergiftung treten hier z.B. Fieber mit Herzjagen, profuses Schwitzen und beschleunigte Atmung auf. ▷ 91  
▷ 92  
▷ 93

Der Wirkungsmechanismus des Pentachlorphenols wird als "Entkoppelung der oxidativen Phosphorylierung" beschrieben. Unter der oxidativen Phosphorylierung versteht man die ATP-Synthese in Mitochondrien, bei der die Oxidation von Substraten, wie z.B. NADH oder Succinat, über einen Protonengradienten an die ATP-Synthese gekoppelt ist. Pentachlorphenol behindert diese Synthese von ATP, indem es einen Kurzschluss im H<sup>+</sup>-Gradienten auslöst. Dies geschieht, indem es Protonen an der Außenseite der Membran aufnimmt, in der Membran diffundiert und auf der Matrixseite auftaucht und dort Protonen auf Grund der niedrigen H<sup>+</sup>-Konzentration wieder abgibt. Da aber durch die oxidative Phosphorylierung Energie in den Zellen gewonnen wird, sinkt die Energieausbeute in den Zellen. Die Energie, die in der Elektronentransportkette freigesetzt wird, produziert nicht ATP, sondern wird in Wärme umgewandelt. Der Körper versucht den Energiemangel durch Mehrverbrennung im Citronensäurecyclus zu kompensieren, wodurch ein größerer Sauerstoffbedarf entsteht, so dass die Atmung beschleunigt wird. Die zusätzliche Verbrennung führt dazu, dass noch mehr Wärme freigesetzt wird und der Vergiftete Fieber bekommt. Häufig ist bei schweren Vergiftungen die erhöhte Körpertemperatur die Todesursache.

## 7.2. Metabolismus der Pestizide

Metabolismus ist die

Bezeichnung für die chemischen Reaktionen, mit denen die Zellen eines Lebewesens Energie umsetzen, ihre Identität aufrechterhalten und sich vermehren. Alle Lebewesen, von den einzelligen Algen bis zu den Säugern, sind von vielen hundert gleichzeitig ablaufenden, genau gesteuerten Stoffwechselreaktionen abhängig – beginnend mit der Entstehung des Organismus, über Wachstum und Reifung bis

▷ 94



zum Lebensende. Ausgelöst, kontrolliert und beendet wird jede einzelne derartige Reaktion von besonderen Enzymen (biologischen Katalysatoren) in den Zellen, und alle diese Reaktionen werden im Lebewesen exakt gesteuert und koordiniert.

Der Metabolismus ist in Bezug auf Pestizide im erweiterten Sinne zu verstehen, nicht nur als Summe der regulären biochemischen Umbildungen von Nährstoffen in Energie und Körperbestandteile, sondern als Gesamtheit chemischer Umwandlungen der Vielzahl von natürlichen und synthetischen Fremdmolekülen, die in den Organismus aufgenommen werden. So z.B. der Weg eines Pestizids durch den Stoffwechsel eines Organismus, in dem das Pestizid über Metabolisierungsprozesse chemisch verändert wird.

Die metabolischen Reaktionen werden eingeteilt in

- (a) strukturverändernde Reaktionen, die meist nur den ersten Schritt bilden auf dem Weg zu möglicherweise aktiveren Produkten. Es finden Hydrolysen, Oxidationen und Reduktionen statt.
- (b) aufbauende Reaktionen unter anderem mit Glucuronsäure, Schwefelsäure, Essigsäure oder Aminosäuren in meist inaktive, wasserlösliche, so genannte Konjugate.

Der Um- und Abbau der Fremdstoffe im Körper findet über Enzyme statt. Es gibt einige besondere Enzymsysteme für Fremdstoffe, meist greifen auch die Katalysatoren des körpereigenen Stoffwechsels ein. Die Fremdstoffe werden oftmals auch in verschiedene Metaboliten biotransformiert und auf mehrere Weisen ausgeschieden. Der biologische Umbau ist für die Wirkung von großer Bedeutung und kann sie sehr beeinflussen.

▷ 95

### 7.3. Das Beispiel Parathion

Am Beispiel Parathion wollen wir die Wirkung und den Metabolismus verfolgen. Parathion besitzt eine Wirkung als Acetylcholinesterasehemmer. Nachdem das Wirkstoffpräparat mit Parathion ausgebracht wurde und auf die Pflanze gelangt, wird es innerhalb von zwei Tagen vollständig von den Blättern aufgenommen. Es verteilt sich in der Pflanze und sobald ein Schädling die Pflanze oder einen Teil davon frisst, ist das Gift in den Magen des Schädlings gelangt. Die Wirkung des Parathions lässt sich im menschlichen Organismus zeigen.

▷ 95

▷ 96

Im menschlichen Körper beginnt der Wirkstoff die Acetylcholinesterasen zu besetzen. Acetylcholinesterasen sind die Enzyme, die vorübergehend das Acetylcholin, eine Überträgerersubstanz, die bei eintreffendem Reiz aus Vesikeln (Vorratsbehältern) der Nervenendigungen freigesetzt wird und mit den Rezeptoren der subsynaptischen Membran reagiert, binden und zu Cholin und Acetat hydrolysieren. Das verursacht eine Anreicherung des Acetylcholins und es kommt

schließlich zu einer "endogenen Acetylcholinvergiftung". Eine solche Vergiftung hat eine gefährliche Veränderung der normalen Erregungsübertragung zur Folge. Acetylcholinvergiftungen rufen infolge der muskarinartigen Wirkung des Acetylcholin Übelkeit, Erbrechen, Bauchschmerzen, Durchfälle, Bradykardie, vermehrte Schweißbildung und übermäßige Bronchialinsekretion, die durch gleichzeitige Engstellung der Bronchien zum Tode, wie durch Ertrinken, führt. Infolge der nicotinartigen Wirkung treten fibrilläre Zuckungen, Muskelschwäche und Krämpfe auf. Zentralnervöse Erscheinungen sind Angst, Ataxie, Koma und Krämpfe mit Atemlähmungen.

Der Metabolismus von Parathion setzt im Rind in Pansenflüssigkeit mit einer Reduktion von Parathion ein. Daraufhin zirkulieren Parathion, Paraoxon, Aminoparathion und Aminoparaoxon im Blut des Rindes. Ein weiterer Metabolit, das p-Aminophenol wird als Glucuronid oder Sulfonsäureester abgesondert. Die p-Amino-Derivate sind biologisch viel weniger aktiv als die Nitroderivate. Aminoparathion greift Peroxidasen in Milch weit stärker an als Parathion. Jedoch greifen Phosphorsäureester wie Parathion vorwiegend Hydrolasen an. Die selektive Toxizität könnte mit der Tatsache, dass bei Hausfliegen die Hydrolyse hauptsächlich an der Phenylgruppe und bei Ratten an der Methylgruppe stattfindet erklärt werden. Den genauen Weg kann man anhand der ausgeschiedenen Produkte jedoch nicht nachverfolgen.

## **Quellen**

- 89 Sachkundig im Pflanzenschutz; Arbeitshilfe zum Erlangen des Sachkundenachweises im Pflanzenschutz mit einem Fragenkatalog als Beilage; Dr. Klaus König, W. Klein, W. Gabler; 2. überarbeitete Auflage; BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1988; (ISBN 3-405-13595-8)
- 90 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 10; Pflanzenschutz; Hrsg. Fonds der chemischen Industrie zur Förderung der Chemie und biologischen Chemie im Verband der Chemischen Industrie, Karlstraße 21, 6000 Frankfurt/Main, November 1992; (ISSN 0174-366 X)
- 91 <http://www.free.de/WiLa/derik/HSM.Einleitung.html>
- 92 [http://www.biologie.uni-regensburg.de/Biochemie/Tschochner/pdf/oxphossem\\_051103.pdf](http://www.biologie.uni-regensburg.de/Biochemie/Tschochner/pdf/oxphossem_051103.pdf)
- 93 [http://www.uni-leipzig.de/biochem/V2004/OxPhos\\_04.html](http://www.uni-leipzig.de/biochem/V2004/OxPhos_04.html)
- 94 Microsoft Encarta Enzyklopädie 2005
- 95 Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; Hrsg. R. Wegler; Band 1; Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York 1970
- 96 Kleine Giftkunde; Gisela Wurm; 5. vollständig überarbeitete Auflage; Govi-Verlag, 1996

## 8. Immunisierung und Resistenzbildung (*Dominic*)

Der Einsatz von Pestiziden brachte viele Probleme mit sich. Einige Probleme hängen mit der Toxizität der angewendeten Stoffe zusammen, denn es wurden Feldarbeiter unwissentlich vergiftet, andere Probleme traten auf, als Schädlinge begannen Resistenzen gegenüber angewandten Pestiziden zu bilden und mit der Ausbringung und dem Erfolg der Pestizide war es nicht getan, denn die aufgehäuften Rückstände verursachen noch heute weltweit große Probleme.

### 8.1. Neue Schädlinge

Das ökologische Gleichgewicht auf Feldern wurde durch den Einsatz von Pestiziden nachhaltig gestört. Aus dem Drang der Menschen die Produktion oder die Wirtschaftlichkeit des Betriebes durch Einsatz von Pestiziden zu steigern ergaben sich neue Probleme. Die Worte "Verschiebung der Artendominanz" drücken nicht nur die Verschiebung des Gesamtgleichgewichts, sondern auch die Störung der Lebensräume von vielen Arten, die durch den Pestizideinsatz verändert oder gar zerstört wurden.

Dieses Phänomen tritt z.B. nach der Beseitigung von Unkräutern oder von schädlichen Bodenorganismen ein, es entsteht eine ökologisch leere Nische. Den frei gewordenen Lebensraum im Boden besiedeln alsbald die Folgeorganismen. Anfangs wird der neue Lebensraum intensiver und einseitiger besiedelt, bis sich ein neues Gleichgewicht zwischen den Konkurrenten eingestellt hat. Bei langjährigem Einsatz des gleichen Herbizids treten aber schwer bekämpfbare Unkrautarten, wie z.B. Hirsen im Mais auf, die nur früher nicht konkurrenzfähig waren. Nun aber, da ihre Konkurrenz durch das Herbizid vernichtet wurde, können sie sich behaupten.

Die Populationsverschiebung ist ein ähnlicher Vorgang. Plötzlich werden früher durch natürliche Feinde zurückgedrängte Schädlinge sehr aktiv, denn die natürlichen Feinde wurden von einem Pestizid aus der Gleichung genommen und durch wiederholten Einsatz dieses Pestizids kann sich die betroffene Schädlingsart auch nicht regenerieren. Die "neuen Schädlinge" nehmen überhand.

Eine Gegenmaßnahme stellt die Bodenbegasung mit Fugimantien dar, die z.B. den Boden ▷ 97

sterilisiert. Im selben Zug begünstigt eine Bodenbegasung eine rasche und einseitige Wiederbesiedlung des Bodens durch neue Organismen.

Ein Beispiel des Prozesses der Verschiebung der Artendominanz lässt sich im Herbizideinsatz nachverfolgen. Eine dreiphasige Verschiebung wurde hier beobachtet. Zuerst traten nach der Anwendung der Pestizide 2,4-D und MCPA das Klebkraut (*Galium aparine*) und die Vogelmiere (*Stellaria media*) als dominante Unkräuter hervor, weil sie von den Pestiziden nicht erfasst wurden. Durch Einsatz von Wuchsstoffherbiziden mit andere Wirkungsspektren, wie, z.B. das MCPP, wurden auch das Klebkraut und die Vogelmiere erfasst. In dieser zweiten Phase jedoch wurden Gräser, wie der Flughafer (*Avena fatua*), das Ackerfuchsschwanzgras (*Alopecurus myosuroides*) und der Wildhalm (*Apera spicaventi*) zu den dominierenden Unkräutern, da diese wiederum von Wuchsstoffherbiziden nicht erfasst wurden. Schließlich traten in der dritten Phase nach mehrjähriger Anwendung von Triazin-Herbiziden, die besonders wirksam gegen die Gräser sind, die Hirsearten sehr deutlich in den Vordergrund. Schließlich konnte mit Harnstoffherbiziden der Linuron-Gruppe dieses Problem wieder einigermaßen reguliert werden.

▷ 98

## 8.2. Selektion als Immunisierungsmechanismus

Die Selektion ist in der Darwin'schen Evolutionstheorie allgemein bekannt:

▷ 99

Survival of the fittest – Das Überleben der Bestangepassten.

▷ 100

Die Auslese der Organismen, die am besten überleben können findet auch beim Pestizideinsatz eine Bedeutung. Die von Pestiziden beseitigten Schadorganismen machen Platz für solche, die nicht von einem Pestizid aufgrund dessen spezifischer Wirkung erfasst wurden. Darüber hinaus herrscht ein hoher Selektionsdruck unter Schädlingen, selbst in einer Insektenart gibt es ein paar Insekten, die von einem Insektizid, das spezifisch diese Insektenart vernichten soll, nicht getötet werden. Aus diesen Insekten heraus entwickelt sich die nächste Generation, der ein weiterer Einsatz des Insektizids nichts anhaben kann. Sie wurden selektiert. Mitunter liegt die Selektion an bestimmten Eigenschaften der Organismen, die sie von anderen unterscheiden, z.B. eine genetisch bedingte Enzymabweichung. Diese Selektion kann dazu führen, dass die Insekten im Beispiel auf ein bestimmtes Insektizid nicht mehr ansprechen, werden sie aber mit einem anderen Insektizid behandelt, ist dieser Effekt dahin, es werden neue Insekten, die auch dieses Mal nicht erfasst wurden selektiert, ein natürlich fortlaufender Prozess.

## 8.3. Gewöhnung als Vorstufe der Resistenz

Die Wirkung von bestimmten Giften nimmt bei regelmäßiger Kontamination ab. Dieser Effekt

▷ 100

▷ 101

wird als Gewöhnung oder Toleranz bezeichnet. Durch Enzyminduktion, vermehrte Bildung von inaktivierenden Biokatalysatoren, kann sie entstehen. Die Enzyminduktion beschleunigt die Biotransformation und daraus resultiert eine erhöhte Ausscheidung, die die Konzentration des Giftes am Wirkungsort verringert. Infolgedessen kommt es zur pharmakokinetischen Toleranzentwicklung. Toleranz tritt ebenfalls auf, wenn der Rezeptor, bzw. das Erfolgsorgan bei regelmäßiger Zuführung seine Empfindlichkeit mindert oder sich die Rezeptordichte, bzw. nachgeordnete Prozesse verändern. Dies wird als pharmakodynamische Toleranzentwicklung bezeichnet. Eine Toleranz wird darüber hinaus auch durch eine geringe Absorption des Stoffes durch eine bestimmte Morphologie des Insektenkörpers begünstigt. Tritt eine solche Toleranz auf hat dies denselben Effekt wie eine selektierte Insektenart. Die Vielfalt einer Insektenart begünstigt das Auftreten einiger Insekten, die es vermögen, sich an eine Dosis des Pestizids zu gewöhnen und auf diese Weise die Grundlage für eine neue Generation bilden.

## 8.4. Die Resistenz

Das größte Problem für den Erfolg der Pestizide ist die Resistenz der Schädlinge. Denn mit jeder neuen resistenten Rasse entsteht vom Bekämpfungsstandpunkt aus gesehen eine neue Art, gegen die ein neues Mittel entwickelt werden muss.

Die *Weltgesundheitsorganisation* (WHO) hat Resistenz als

▷ 98

... die Ausbildung zur Tolerierung von toxischen Mengen in einem Insektenstamm, welche bei der Mehrzahl der Individuen in einer normalen Population der gleichen Spezies tödlich wirken

definiert.

Die Resistenzentwicklung ist ein natürlicher, nicht vermeidbarer Vorgang, bei dem es sich nicht um ein die chemische Bekämpfung allein betreffendes Geschehen handelt, sondern um einen allgemein biologisch-physiologischen Anpassungsprozess. Es sind verschiedene Arten von Resistenzen bekannt.

▷ 98

**Kreuzresistenz** Unter Kreuzresistenz versteht man die gleichzeitige Resistenz eines Schädlings gegenüber mehreren Wirkstoffen oder Wirkstoffgruppen.

**Mittelresistenz** Diese Resistenz beschreibt den Wirkungsabfall des Pestizids durch eine Resistenzentwicklung infolge natürlicher Selektion.

**Morphologisch bedingte Resistenz** Morphologische Strukturen des Schädlings verhindern das Eindringen in den Körper.

**Multiresistenz** Diese Art der Resistenz entwickelt sich dann, wenn ein durch Insektizid A selektierter Stamm unter dem Druck eines später angewandten Insektizids B auch eine Resistenz gegen B entwickelt.

**Physiologisch bedingte Resistenz** Ein Organismus besitzt die Fähigkeit einem eingedrungenen Gift durch biochemische Prozesse zu widerstehen.

**Verhaltensmäßig bedingte Resistenz** Das Verhalten des Insekts ist derartig verändert, dass die Individuen die Berührung mit dem Gift oder dessen Aufnahme vermeiden.

Die Entwicklung der Resistenz wird durch Selektion, Toleranz und Gewöhnung begünstigt. Der Selektionsdruck spielt eine große Rolle bei der Entwicklung, denn

- (a) Arten mit einer hohen Generationsanzahl, deren Bekämpfung also häufig notwendig ist, entwickeln sehr schnell Resistenz.
- (b) In Gebieten, in denen durch die ökologischen Verhältnisse bedingt eine hohe Generationenanzahl gegeben ist, vollzieht sich die Resistenzentwicklung schneller, als in ökologisch weniger geeigneten Umweltverhältnissen.
- (c) Je umfassender eine Population erfasst wird, desto schneller entsteht Resistenz. Nicht wirtswechselnde so genannte autochthone Arten unterliegen einem Selektionsprozess in stärkerem Maße, als wirtswechselnde, nicht autochthone Arten.

Untersuchungen ergaben, dass sich die Entwicklung von Resistenz verzögern lässt.

- (a) Es ist experimentell nachgewiesen, dass die Schnelligkeit, mit der sich Resistenz entwickelt, unter sonst gleichen Bedingungen, eine Funktion des selektierenden Agens ist.
- (b) Eine weitere Möglichkeit, Resistenzentwicklung zu verzögern, besteht in der Anwendung von Kombinationspräparaten, in denen Wirkstoffe mit unterschiedlichem Wirkungsmechanismus enthalten sind.
- (c) Die dritte Möglichkeit, Resistenzausbildung hinauszuschieben, steht mit der vorgenannten in engem Zusammenhang. Sie besteht im turnusmäßigen Wechsel der Wirkstoffe bei den Bekämpfungsmaßnahmen. Dieser Weg wird schon auf vielen Gebieten beschritten und scheint sich zu bewähren.

Außerdem wurde in Zusammenhang mit der DDT-Resistenz die Entdeckung gemacht, dass aufgetretene Resistenz gebrochen werden kann. Es bestehen so genannte Resistenzbrecher, wie z.B. WARF, das die DDT-Resistenz eindämmen, aber nicht so weit aufheben konnte, dass

▷ 98

wieder die Anfangsanfälligkeit bei resistenten Schädlingen herrschte. Jedoch konnten nach einer Weile Insekten auch gegen WARF und DDT Resistenzen bilden.

Der eigentliche Prozess der Resistenzentwicklung in Organismen wie Pilzen und Insekten, erfolgt über eine Mutation eines oder mehrerer Gene. Die Vererbung der Resistenzgene wurde von Georghiou und Oppenoorth untersucht und sie fanden heraus, dass Resistenz dominant ist und von beiden Geschlechtern vererbt wird. So ist bei Nachfahren von genetisch resistent gewordenen Pilzen und Insekten über das mutierte Gen im Erbgut die Entfaltung der Giftwirkung eines Pestizids gehemmt. ▷ 102

## 8.5. Die Probleme der Pestizide

Der Einsatz von Pestiziden hat eine Verschiebung der Artendominanz, ein Aufkeimen neuer Schädlinge und die Resistenzentwicklung gefördert. Früher wurde angenommen, dass bei Auftreten dieser Probleme immer neue Präparate zur Verfügung stehen würden. Doch es wurde immer aufwendiger und schwieriger neue Pestizide zu entwickeln, die weniger oder keine Probleme hervorriefen. Daher wird in der Forschung heute sehr viel Wert darauf gelegt, dass allgemein ein hoher Wirkungsstandard gegenüber den Zielorganismen bei gleichzeitig möglichst geringen Nebenwirkungen besteht. Daraus ergaben sich einige Zielkonflikte z.B. über die Wirkungsbreite oder die Wirkungsdauer der Präparate. Die größte Herausforderung ist es, resistenzüberwindende Stoffe zu finden. ▷ 102  
▷ 103

Der weitere Einsatz von Pestiziden rief mehr Resistenzen hervor, neue Schädlinge traten auf und die Artendominanz verschob sich weiter. Doch ein weiteres Problem der Pestizide machte gerade mit DDT fast weltweit auf sich aufmerksam.

## 8.6. Das Rückstandsproblem

Es ist das größte Problem des Pestizideinsatzes. Die Definition des Begriffes Pestizidrückstand lautet:

[Ein] Pestizidrückstand ist definiert als die verbleibende Konzentration irgendeiner Chemikalie, die zur Schädlingsbekämpfung benutzt wurde, einschließlich ihrer Derivate in oder auf einem Nahrungsmittel, Pflanze, Boden oder Wasser. ▷ 104

Die Pestizide werden ausgebracht, von der Pflanze oder dem Boden aufgenommen, und an den betreffenden Schädling weitergegeben. Es gibt unzählige Rückstandsmöglichkeiten. Pestizide können ▷ 102



- auf der Pflanzenoberfläche für längere Zeit haften bleiben
- von der Pflanzenoberfläche oder vom Boden aus ins Innere der Pflanze dringen und dort in die Zellen der Pflanzen eingelagert werden
- über die Pflanzen als Futtermittel von Tieren aufgenommen und abgespeichert werden
- von den oberen Bodenschichten ins Grundwasser sickern und so ins Trinkwasser gelangen
- vom Feld durch Regen in Flüsse und Seen geschwemmt werden und damit ins Trinkwasser gelangen
- von der Pflanzenoberfläche und vom Boden verdunsten und über Luft, Nebel, Regen und atmosphärische Strömungen in Regionen fernab vom Anwendungsort transportiert werden.

Es besteht jedoch keine Gefahr, dass die Rückstände in Nahrungsmitteln für den Menschen nach der Einnahme eine tödliche Wirkung entfalten, denn die Lebensmittel werden auf Rückstände kontrolliert. Es gibt hierfür sowohl von der WHO vorgeschlagene, als auch national gültige Richtlinien.

Für den Abbau von Rückständen spielen einige Faktoren eine wichtige Rolle. Die physikalischen Faktoren, z.B. Wind, Regen, Sonne, Beschaffenheit der Pflanzenoberfläche, die chemischen Faktoren, z.B. Hydrolyse und Oxidation durch Luftsauerstoff, und die enzymatischen Faktoren, z.B. Umwandlungen durch Enzyme. Hinzu kommen die Persistenz des Wirkstoffes und die Stabilität der Rückstände. So wurde z.B. in Untersuchungen deutlich, dass Pflanzen unter Glas Rückstände langsamer abbauen als Freilandpflanzen. Die Abbaugeschwindigkeiten von Rückständen können allgemein von Pflanze zu Pflanze sehr unterschiedlich sein. Betrachtet man eine bestimmte Pflanze können sich andererseits beträchtliche Unterschiede von Wirkstoff zu Wirkstoff ergeben. Wird ein Pestizid wiederholt angewendet kommt es zu einer Akkumulation des Wirkstoffes zwangsläufig dann, wenn aus der vorhergegangenen Applikation noch Rückstände bestehen. Bei weiterer Applikation gleicher Mengen in regelmäßigen Abständen ist beim Abbau zu irgendeinem Zeitpunkt eine Wirkstoffkonzentration erreicht, bei der der Wirkstoffverlust bis zur nächsten Applikation gleich der applizierten Dosis ist. Der Rückstand hat sich dann in der Pflanze oder im Boden so weit akkumuliert, also angehäuft, dass er einen Grenzwert erreicht hat. Dann treten Rückstandsprobleme insofern auf, als die Möglichkeit besteht, dass in solchen Böden neu wachsende Pflanzen den akkumulierten Wirkstoff aufnehmen können. Der Rückstandgehalt in Pflanzen kann jedoch bis zu ihrem Verzehr durch Transport, Lagerung und Verarbeitung des Ernteguts noch erheblich sinken.

Die Anhäufungen der Rückstände in ganzen Ökosystemen, auch Bioakkumulation genannt,

▷ 98

▷ 105

▷ 106

und in der Nahrungskette nehmen immer zu. Dabei rufen die Resistenzen der Schädlinge einen weiteren Effekt hervor, der als Giftspirale bezeichnet wird. Dieser Begriff beschreibt die Reaktion auf die Resistenz einer Insektenart mit Einsatz von neuen Giftsorten, die dann bald wieder neue resistente Insektenformen auf den Plan rufen und die Rückstände nur weiter anhäufen werden. Die Giftspirale dreht sich immer weiter nach oben und mit jeder neuen Resistenz ein Stückchen weiter.

Die Probleme des Pestizideinsatzes türmen sich und Alternativen zum Pestizideinsatz sind noch im Forschungsstadium. Solange der Pestizideinsatz sich nicht verringern wird, wird auch die Resistenzentwicklung nicht ausbleiben, genauso wenig die Verschiebung der Artendominanz oder das Auftreten neuer Schädlinge. Auch nach dem Ende des Einsatzes der Pestizide werden die Rückstände der Pestizide weiter bestehen. Doch sie werden sich nicht weiter ansammeln und der Abbau kann seinen Lauf nehmen.

**Quellen**

- 97 Bodenökologie; Ulrich Gisi; 1990 Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York; (ISBN 3-13-747201-6)
- 98 Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; Hrsg. R. Wegler; Band 1; Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York 1970
- 99 <http://www.biosicherheit.de/de/lexikon/75.selektion.html>
- 100 Kleine Giftkunde; Gisela Wurm; 5. vollständig überarbeitete Auflage; Govi-Verlag, 1996
- 101 <http://www.geo.tu-freiberg.de/hydro/oberseminar/pdf/Manja%20Doege.pdf>
- 102 Zum Beispiel Pestizide; Hrsg. Pestizid-Aktions-Netzwerk; Red.: Carina Weber; Jürgen Knirsch; Göttingen: Lamuv-Verlag, 1991; (ISBN 3-88977-268-4)
- 103 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Textheft 10; Pflanzenschutz; Hrsg. Fonds der chemischen Industrie zur Förderung der Chemie und biologischen Chemie im Verband der Chemischen Industrie, Karlstraße 21, 6000 Frankfurt/Main, November 1992; (ISSN 0174-366 X)
- 104 Lehrbuch der Ökologischen Chemie; "Grundlagen und Konzepte für die ökologische Beurteilung von Chemikalien"; Hrsg. Friedhelm Korte (3. neu bearbeitete Auflage); (ISBN 3-13-586703-X)
- 105 <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/b/bioakkumulation.htm>
- 106 [http://www.presse.uni-bremen.de/pressespiegel/wk\\_texte/2004\\_11\\_20\\_www-p-weser-kurier-p-de-sl-btg-sl-btag\\_1348-p-php-fr-artid-glch-2004112001104.php3](http://www.presse.uni-bremen.de/pressespiegel/wk_texte/2004_11_20_www-p-weser-kurier-p-de-sl-btg-sl-btag_1348-p-php-fr-artid-glch-2004112001104.php3)

## A. Glossar

**ADI** *Acceptable Daily Intake*. Die "tolerierbare Tagesdosis" wird aus dem NOEL, bzw. NOAEL, errechnet. Der NOEL wird mit einem Sicherheitsfaktor 1/100 multipliziert. Der Sicherheitsfaktor 1/100 kommt zustande, da unterstellt wird, dass der Durchschnittsmensch 10fach empfindlicher ist, als das empfindlichste Versuchstier, ein besonders empfindlicher Mensch wiederum 10fach empfindlicher als der Durchschnittsmensch. Der Sicherheitsfaktor ist also nicht wissenschaftlich begründet, reicht aber für den praktischen Gebrauch aus. Die Einheit gibt mg/kg Körpergewicht pro Tag an.

**Abdominelle Beschwerden** Beschwerden im Bauch oder Unterleib.

**Agent Orange** Militärischer Codename für ein Herbizid, das vor allem im Vietnam-Krieg zur Entlaubung eingesetzt wurde.

**Älchen** Als Aaltierchen oder auch Älchen werden verschiedene Gruppen freilebender und meist mit bloßem Auge gerade noch erkennbarer Fadenwürmer benannt.

**Akariden** Klasse der Spinnentiere, u.a. Milben und Zecken.

**Arthropoden** Zu den Arthropoden zählen Spinnentiere, Krebstiere, Tausendfüßler sowie die Insekten, deren größte Gruppe die Käfer sind.

**Dampfdruck** Druck des Stoffgases bei angegebener Temperatur in °C.

**DBCP** Dibromochloridpropan, auch als *Nemagon* bekannt. Siehe Seite 34.

**DDT** Dichlordiphenyltrichlorethan, bekanntestes Pestizid. Siehe Seite 53.

**Dyspnoe** Kurzatmigkeit, Atemnot.

**EPA** *U.S. Environmental Protection Agency*, Organisation der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika zum Schutz der Umwelt und zum Schutz der menschlichen Gesundheit, gegründet 1970.

**Epidemiologie** Wissenschaft von der Entstehung, Verbreitung, Bekämpfung und den sozialen Folgen von Epidemien, zeittypischen Massenerkrankungen und Zivilisationsschäden.

- Hydrolyse** Spaltung einer chemischen Verbindung unter Anlagerung eines Wassermoleküls.
- ICJB** *International Campaign for Justice in Bhopal* (Internationale Kampagne für Gerechtigkeit in Bhopal).
- IMCB** *International Medical Commission on Bhopal* (Internationale Medizinische Kommission zu Bhopal).
- LD<sub>50</sub>** Halbletale Dosis. Sie gibt die Menge einer Substanz an, die für 50% der Versuchsobjekte nach Verbringen in Magen oder auf der Haut innerhalb einer bestimmten Zeit tödlich ist. Sie wird in mg/kg Körpergewicht angegeben. Die Tierart, an der sie ermittelt wurde und die Applikationsform werden angeführt, z.B. Ratte, oral. Je höher der LD<sub>50</sub> Wert ist, desto ungiftiger der betreffende Stoff.
- MAK** Maximale Arbeitsplatz-Konzentration. Die durchschnittliche Konzentration eines gefährlichen Stoffes, die einen mit dem betreffenden Stoff arbeitenden Menschen bei 8 Stunden Einwirkung täglich über Jahre hinweg i.d.R. gesundheitlich nicht beeinträchtigt. Dieser Wert gilt nur am Arbeitsplatz, im geschlossenen Raum.
- MIC** Methylisocyanat, siehe Seite 16.
- MIK** Maximale Immissions-Konzentration. Sie gibt die durchschnittliche Konzentration für Umweltschadstoffe im Freien an, die Mensch, Tier und Pflanze über Jahre hinaus nicht schädigen darf.
- Metabolismus** Siehe Seite 72.
- neurotoxikologisch** Das Nervensystem schädigend.
- NOEL** *No observable effect level* ("Kein messbarer Effekt"-Wert), Messgröße für Toxizität eines Stoffes. Der Wert, bei dem keinerlei Effekte bei den Versuchstieren gefunden werden. Entsprechend gibt der NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) die Dosis an, die gerade noch keine kritischen toxischen Wirkungen hervorbringt.
- nukleophil** Eigenschaft eines Atoms, ein Elektronenpaar für eine neue Bindung zu liefern.
- PLAGSALUD** *Plaguicidas y Salud en Países del Istmo*, Projekt für Gesundheit und Pestizide.
- POP** *Persistent Organic Pollutant*, Dauergift.
- Pyrolyse** Thermische Spaltung chemischer Verbindungen unter Sauerstoffausschluss.
- Schmelzpunkt** Übergangspunkt eines Stoffes in den flüssigen Aggregatzustand.

**Siedepunkt** Übergangspunkt eines Stoffes in den gasförmigen Aggregatzustand.

**Spezifität** In der Immunologie die Gesamtheit aller Eigenschaften, die für eine Materie kennzeichnend ist. Auch das Ausgerichtetsein auf etwas Bestimmtes.

**Spirometrische Untersuchung** Untersuchung der Atmung (z.B. Lungenkapazität).

**Symptomatische Behandlung** Behandlung, die nur auf die Symptome eingeht und die Krankheitsursache nicht behandelt.

**rel. Molekülmasse** Bezeichnet die Atommasse der Moleküle in g/mol.

**Toxikologie** Wissenschaft von der Giftwirkung von Stoffen auf Organismen.

**Wasserlöslichkeit** Menge des bei 20°C in Wasser gelösten Stoffes.

### **Kolophon (*Christian*)**

Diese Dokumentation wurde mit  $\LaTeX 2_{\epsilon}$  und  $pdf\TeX$  gesetzt, als Dokumentklasse kam KOMA-Scripts *scrreprt* mit einigen Modifikationen des Autors zum Einsatz.

Sämtliche Textbearbeitung fand unter *GNU Emacs 22* mit Hilfe von  $AUCT\TeX$  statt.

Die Diagramme wurden mit *Pages 1.0* erstellt; es diente auch, neben *OpenOffice*, zur Konvertierung der Word-Dokumente der Mitautoren. Zur Erstellung der chemischen Formeln wurde *EasyChem 0.6* mit kleinen Änderungen des Autors eingesetzt.

Als Schriftart wurde *Helvetica* verwendet.