

*Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien*

## PFLANZENSCHUTZMITTEL IN GRUNDWASSER UND BODEN

F. FILA

### Das Konzept des Integrierten Pflanzenschutzes

Am Anfang der Anwendung von Agrarchemikalien stand ausschließlich deren als segensreich empfundene Wirkung im Vordergrund. Erst ein "Stummer Frühling" (1962) markierte den Beginn des kritischen Umweltbewusstseins.

Die Zeiten der "hemmungslosen" Anwendung von Agrarchemikalien ist in Österreich schon längst Vergangenheit ein gänzlicher Verzicht auf sie scheint jedoch noch immer nicht denkbar. Die Produktionssteigerung auf dem Gebiet der Landwirtschaft verdeutlicht am besten folgende Gegenüberstellung:

Tab. 1: Gegenüberstellung

1850	
ernährten 4 Landwirte zusätzlich	1 Person
1968	
ernährte 1 Landwirt zusätzlich	25 Personen
1979	
ernährte 1 Landwirt zusätzlich	40 Personen

(Integrierter Pflanzenschutz Beratungsschrift 43 des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien)

An dieser Entwicklung haben neben pflanzenbaulichen Maßnahmen (Züchtung, Ernährung, Pflege, Technik, ...) Pflanzenschutzmethoden ganz wesentlichen Anteil. Im Zuge einer zunehmend umweltorientierten Güterabwägung gelangt man zum Konzept des "Integrierten Pflanzenschutzes". "Integrierter Pflanzenschutz" bedeutet, alle wirtschaftlich, ökologisch und toxikologisch vertretbaren Methoden anzuwenden, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu halten, wobei die bewußte Ausnutzung natürlicher Begrenzungsfaktoren im Vordergrund steht. (Arbeitsdefinition der "Internationalen Organisation für Biologische Schädlingsbekämpfung" in Anlehnung an die Definition der FAO.)

Das Eindringen von Chemikalien in Kreisläufe oder Depots im Ökosystem erfolgt oft mit beachtlicher Verzögerung, Wirkungen treten daher verspätet und an manchmal gänzlich unerwarteter Stelle auf. Die Situation ist vergleichbar mit einem multidimensionalen unüberschaubaren Netzwerk von Kräfteparallelogrammen mit ausgeprägten Hysterese- und Retardierungseffekten. Ökologische Gleichgewichte sind für Störungen durch Einflußgrößen, in deren Wechselspiel sie sich entwickelt haben, zumeist recht unempfindlich, können sich jedoch gegenüber neuartigen Faktoren als recht instabil erweisen:

Kleine Störung → Große Wirkung

Landwirtschaftliche Kulturflächen stellen auch ohne jedwede Anwendung von Agrarchemikalien massive Störungen ökologischer Gleichgewichte dar - eine Folge davon ist sicher z.B. das Überhandnehmen bestimmter Schadorganismen. Im Interesse einer gesicherten Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln aus der Agrarproduktion sind daher diese Schadorganismen zu bekämpfen.

Im Integrierten Pflanzenschutz ist der optimale Bekämpfungszeitpunkt, im Sinne eines strategischen Vorgehens, einer der wichtigsten Aspekte.

Die Schadorganismen sind dann zu bekämpfen, wenn sie (ihre Populationen) am empfindlichsten reagieren.

Von einem modernen Pflanzenschutzmittel ist sohin, wenn seine Anwendung im Integrierten Pflanzenschutz empfohlen werden soll, bei gleichzeitig starker Wirksamkeit ein rascher Abbau zu in jeder Weise ungefährlichen Produkten zu fordern.

("Der Mohr hat seine Schuldigkeit getan, ...). Nützlingspopulationen befinden sich in einem anderen Entwicklungsstadium, sie sind daher von der Pflanzenschutzmittelanwendung nicht so sehr betroffen ("nützlings schonend").

Das Zusammenspiel von Maßnahmen im Konzept des Integrierten Pflanzenschutzes gestaltet sich gemäß folgendem Schema zunehmend leichter:

Tab. 2:

Bekämpft werden:	wenn chemisch, mit:
unerwünschte Pflanzen	Herbiziden
↓	
unerwünschte Pilze	Fungiziden
↓	
"kleine tierische Schädlinge (Insekten, Milben u.a.)	Akariziden u.a.
↓	
"große" tierische Schädlinge (Säuger, Vögel u.a.)	chemische Pflanzenschutzmittel meist überflüssig!

---

ein(zwei)jährige Kulturen	(Feldbau, Gemüsebau)
mehrjährige Kulturen	(Obst- u. Weinbau)

Pestizide

Den überwiegenden Teil aller angewendeten Pestizide stellen die Herbizide dar, ihre Anwendung erfolgt typischerweise großflächig in ein(zwei)jährigen Kulturen direkt auf das Kultursubstrat Boden.

Die Alternative mechanische Maßnahmen ist extrem arbeitsintensiv und daher teuer, so daß bei den niedrigen Preisen für feldbauliche Ernteprodukte nicht viel ökonomisch vertretbarer Spielraum für deren Anwendung bleibt.

Tab. 3: Pestizidverbrauch in Österreich (gerundet)  
(Bundesanstalt für Pflanzenschutz)

	1970	1985
	(Angaben in Kilotonnen = Gg)	
Herbizide	1.037	2.333
Fungizide	0.892	1.685
Insektizide	0.292	0.446
Sonstige	<u>0.013</u>	<u>0.042</u>
Pestizide gesamt	2.234	4.506

Die unerwünschte Pflanze ("Das Unkraut") im Feldbau repräsentiert

- a) einen meist überlegenen Konkurrenten um Raum, Licht und Nährstoffe und
- b) eine wesentliche Beeinträchtigung maschineller Pflege- und Erntemaßnahmen.

Der Integrierte Pflanzenschutz kann hier nur einen Beitrag zur Ermittlung wirtschaftlicher Schadensschwellen liefern (z.B. Windhalm, Flughafer, Ackerfuchsschwanz ...).

Dazu am Rande:

Das österreichische Bundesinstitut für Gesundheitswesen schlägt u.a. dazu, was der einzelne zur Verminderung des Umweltchemikalienproblems beitragen kann, folgendes vor:

oft genügt die Anwendung altbewährter Naturstoffe, bzw. der Einsatz von etwas Muskelkraft, z.B. kann gering verschmutzte Wäsche mit Seife gewaschen werden und Holz mit Wachs gebeizt werden.

Unkraut kann gejätet werden und Schadinsekten können eingesammelt oder von befallenen Zimmerpflanzen abgestreift werden

Diese Ratschläge kann jeder für sich beherzigen, aber sollte sie erst dann als Richtlinie für die Landwirtschaft propagieren, wenn er in einem Hektar Mais Unkraut gejätet hat.

Noch 1977 schreibt BERAN: "Die Gefahr der Verunreinigung von Grundwasser durch Pflanzenschutzmittel ist gering einzuschätzen, da die Bodensysteme in der Regel ausreichen, solche Verunreinigungen zu verhindern" und "Im Boden können nützliche Organismen tierischen und pflanzlichen Ursprungs durch Pflanzenschutzmittel beeinträchtigt werden. Diese Gefahr ist praktisch nur bei Einbringen von Pflanzenschutzmitteln direkt in den Boden gegeben. Langzeitwirkungen dieser Art gehören allerdings zur Seltenheit."

Diese Einschätzung erfolgte aufgrund des damaligen Wissensstandes zu Recht. Heute rund 10 Jahre später erlaubt der Stand der Analysentechnik den Nachweis von Belastungen, die um Größenordnungen niedriger liegen.

Das Abbauverhalten der angewandten Pestizide wird nun weit gründlicher untersucht, und zwar nicht nur innerhalb der behandelten Kultur, sondern auch in bezug auf eine Beeinflussung des Naturhaushaltes.

Aus dem Abbauverhalten innerhalb der Nutzpflanze ergibt sich die Festlegung der "Wartezeiten". Hierunter ist die Zeitspanne zwischen der letzten Anwendung des Pflanzenschutzmittels und der Ernte (Inverkehrbringen) zu verstehen. Die Einhaltung dieser Wartezeit garantiert, sofern die Anwendung des in Österreich registrierten Mittels auch vorschriftsmäßig erfolgt ist, ein der Schädlingsbekämpfungsmittel-Höchstwertverordnung entsprechendes Produkt (= direktes Interesse des Konsumenten).

Das Eindringen der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in die Umwelt läßt sich im Überbegriff "Ökotoxizität" einordnen.

Zur Messung und Abschätzung, z.B. der Humantoxizität einer Chemikalie gibt es umfangreiche, standardisierte Vorschriften. Genau definierte Parameter erlauben für den jeweiligen Fall eine Reihung nach zunehmender "Giftigkeit" (MAK-Wert, LD<sub>50</sub>, No-effect-level, und viele andere mehr).

Die Einordnung einer Chemikalie in bezug auf ihre Umweltgefährlichkeit könnte nur durch eine Aufsummierung aller jedoch zu gewichtender Wirkungen erfolgen.

Die Gewichtung der Einzelwirkungen ist je nach Meinungs- und Interessenslage des Beurteilenden oft unterschiedlich, so daß ein und denselben Stoff betreffend diametrale Expertenmeinungen eher die Regel denn die Ausnahme darstellen.

Eines ist jedoch sicher klar:

"Handfeste" Umweltschäden lassen sich in den Medien optisch wirksam darstellen (Waldsterben Fischsterben Schaumkronen auf Flüssen, usw.). Sie sind daher in der Öffentlichkeit gegenüber optisch schwer umsetzbaren und nicht mit dem alltäglichen Erfahrungsschatz zu begreifenden wissenschaftlich fundierten Aussagen überbewertet.

#### Belastungen des Grundwassers

Die in jüngerer Zeit zunehmend in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses rückenden Belastungen von Wasser und Boden stellt, was den Sektor Pestizide betrifft, sicher kein akutes Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung dar. Beunruhigend wirkt aber vor allem die Tatsache, daß fast überall Spuren anthropogener Schadstoffe nachweisbar sind.

Tab. 4: Typische PSM-Ergebnisse belasteter Grundwässer aus der PSM-Überwachung in den USA und anderen Ländern (MILDE & FRIESEL, 1987)

Pflanzenschutzmittel	Verbindungstyp	gefunden in	typische Gehalte µg/l
Alachlor	Acetanilid	1 US-Staat	0,04
Aldicarb (+Sulfoxid u. Sulfon)	Carbamat	13 US-Staaten USSR	1 - 50
Atrazin	Triazin	2 US-Staaten	0,3 - 3
Bromacil	Uracil	1 US-Staat	300
Carbofuran	Carbamat	2 US-Staaten Ungarn	1 - 5
Dibromchlorpropan	flüchtiger HKW	5 US-Staaten	0,02 - 20
DCPA	Phthalat	1 US-Staat	50 - 700
1,2-Dichlorpropan	flüchtiger HKW	3 US-Staaten	1 - 50
Dinoseb	Dinitrophenol	1 US-Staat	1 5
1,2-Dibromethan	flüchtiger HKW	4 US-Staaten	0,05 - 20
Lindan		1 US-Staat	bis 0,02
MCPA		CSFR	bis 1,2
Picloram		Kanada	<0,1 - 11
Oxamyl	Carbamat	1 US-Staat	5 - 65
Simazin	Triazin	1 US-Staat	1 - 2

In Deutschland liegen umfangreiche Untersuchungen über die Grundwasserbelastung durch das Maisbauherbizid Atrazin vor (Schwäbische Alb, Donautal, Schleswig-Holstein; GIEßL & HURLE, 1984).

Tab. 5: Pflanzenschutzmittelbefunde aus der Bundesrepublik Deutschland (MILDE & FRIESEL, 1987)

PSM im Grundwasser

ATRAZIN

in µg/l

Sande der niederen Geest  
Langfristuntersuchungen (6/84-7/85) { 3 von 6 Br.  
>0,1; Max.>1

Kurzfristuntersuchungen (7/85)  
an 44 Brunnen { 26 Br.>0,1  
6 Br.>1  
1 Br. 17,5

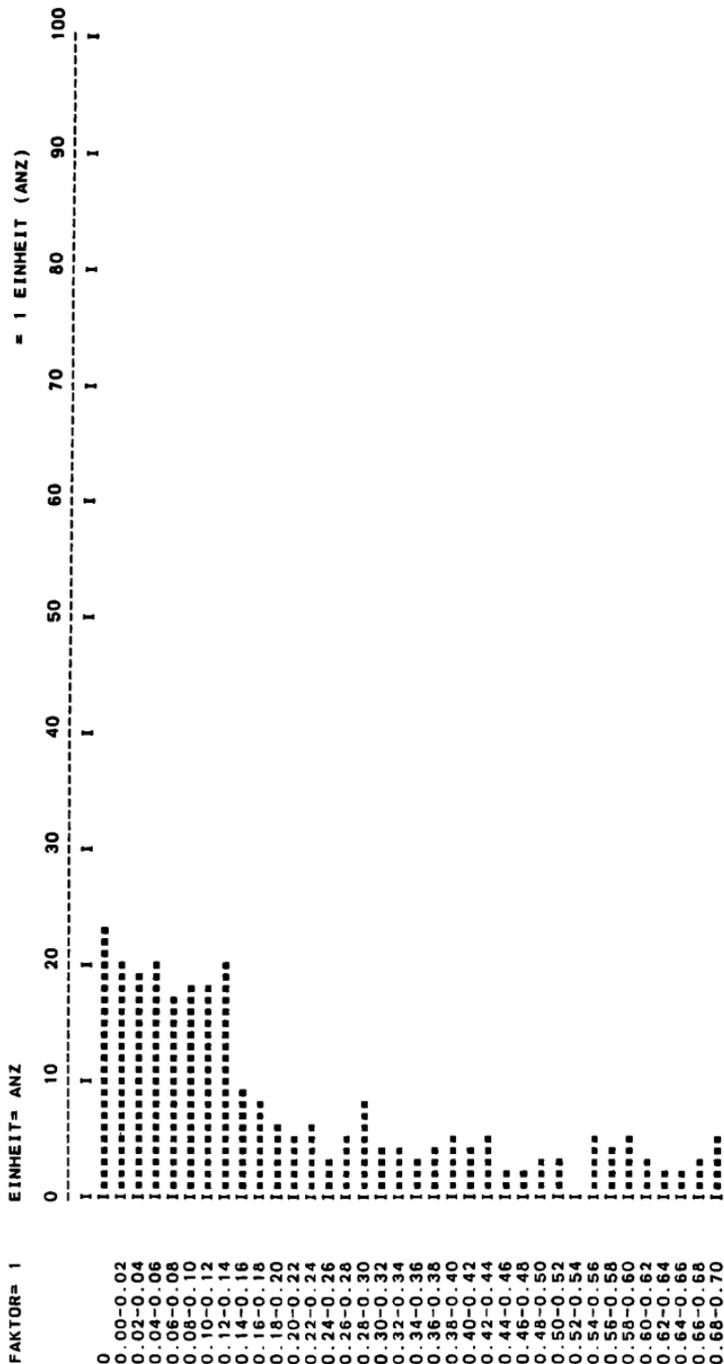
9 Karstquellen d. schwäb. Alb  
11 Probetermine 1-12/83 { Max.0,05-0,5  
Min. nn-0,03

Die Bundesanstalt für Pflanzenschutz hat in den Jahren seit 1984 im Rahmen verschiedener Projekte mit den Schwerpunkten Marchfeld und Leibnitzer Feld umfangreiche analoge Untersuchungen vorgenommen.

Die für Atrazin erhobenen Werte liegen zwischen nicht nachweisbar ( $<0,005$ ) und ca. 200  $\mu\text{g/l}$ .

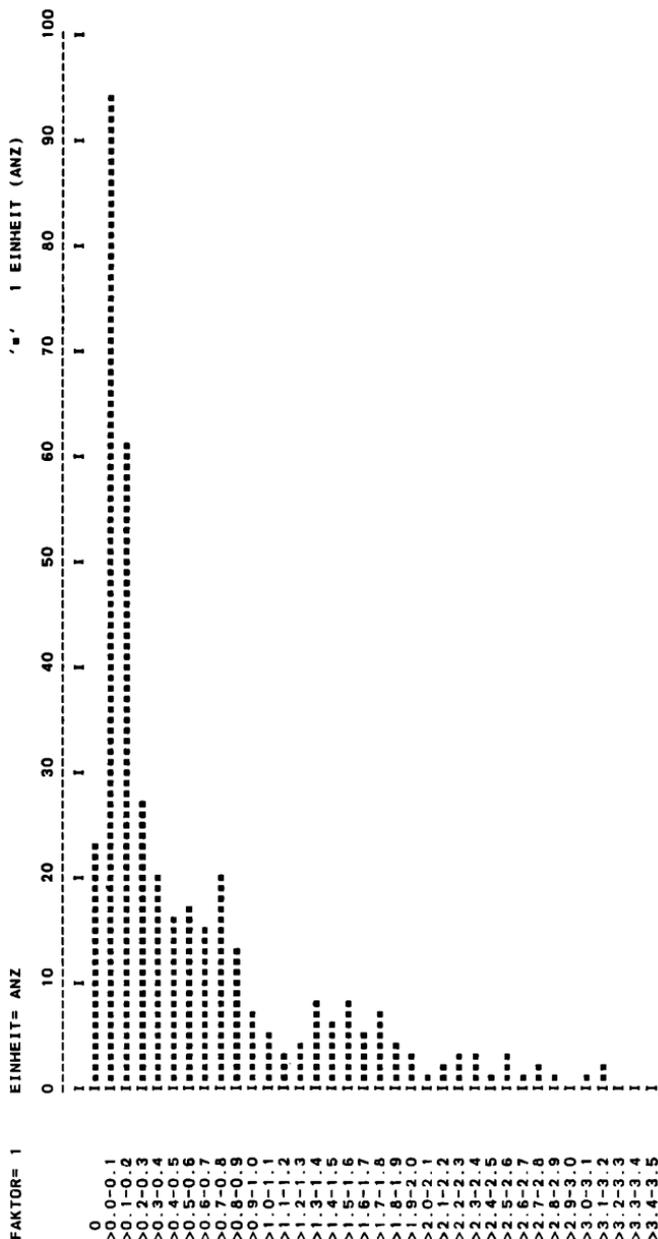
Tab. 6:

ATRAZINE IM WASSER  
JAHR: 1986

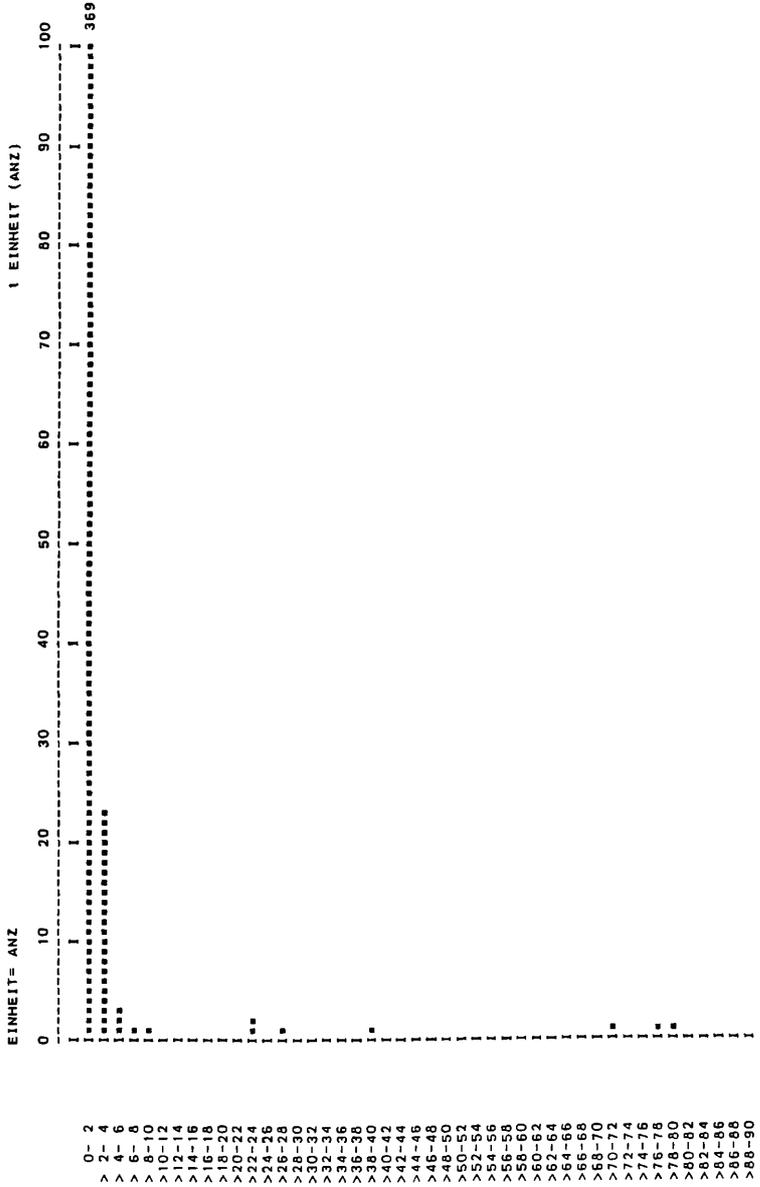


Tab. 7:

ATRAZINE IM WASSER  
JAHR: 1966



Tab. 8:



Das Land Niederösterreich hat davon Werte in eine Studie "Grundwasserkontamination durch Pestizide" einfließen lassen (TSCHULIK, 1986) und auch gründlich kommentiert.

Das Leibnitzer Feld kann als "Worst Case"-Gebiet für die Anwendung von Herbiziden gelten hoher Grundwasserstand, hochreichender Schotterboden, geringe Mächtigkeit des Oberbodens.

Hier stehen also Ursache und Wirkung in einem leicht nachweisbaren zeitlich und örtlich engen Konnex.

Bei Grundwasserlagerstätten hoher Speicherkapazität und verhältnismäßig geringer Transportgeschwindigkeit sind zeitliche Verzögerungen bis zu fünf Jahren durchaus möglich. Die Suche nach dem Verursacher einer Kontamination gestaltet sich dann sehr schwierig (aktuelles Beispiel ist die Mitterndorfer Senke).

Chemische Alternativprodukte für Atrazin, nämlich Simazin und Terbutylazin, dringen leider, obwohl günstigere Abbau- daten vorliegen, ebenfalls bis ins Grundwasser vor.

Als Faustregel kann man sagen, daß die Persistenz eines Pflanzenschutzmittelwirkstoffes im Grundwasserbereich um eine Größenordnung höher liegt als im Bereich der obersten Bodenschichten:

Atrazin	Halbwertszeit Boden	max. 1 Jahr
	Halbwertszeit Grundwasser	ca. 7,5 Jahre

Auch wenn die Risiken, die aus der Benützung von leicht kontaminiertem Grundwasser als Trinkwasser entstehen, als klein im Vergleich zu denen, die aus dem Konsum erlaubter Lebensmittelzusatzstoffe stammen, zu schätzen sind, fordert die Bevölkerung für das "natürlich vorkommende Wasser" das absolute Reinheitsgebot.

Kühles, klares sprudelndes Wasser verkörpert in der Vorstellungswelt des Menschen geradezu die Sauberkeit und Reinheit. Dem ist Rechnung zu tragen!

In Österreich wurde im Jahr 1984 eine Regelung über die Beschaffenheit von Trinkwasser im Interesse des Schutzes der Gesundheit erlassen (Regelung f. Trinkwasser, BMGU, 1984).

Hierin wird festgelegt,

- a) welche Anforderungen an Trinkwasser in geruchlicher und geschmacklicher Hinsicht zu stellen sind und
- b) welcher Katalog an Richt- und Grenzwerten für eine hygienische Gesamtbeurteilung heranzuziehen ist.

Als Ergebnis einer Sinnenprüfung für einwandfreies Trinkwasser werden die Kategorien

**klar - farblos - geruchlos - einwandfreier Geschmack** verwendet. Diese Begriffe, insbesondere die letzten zwei, räumen dem Prüfer einen breiten individuellen Spielraum für seine Beurteilung ein.

Für bestimmte Pestizide gelten folgende Grenzwerte:

**Tab. 9:** Grenzwerte für bestimmte Pestizide "Regelungen für Trinkwasser", Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, 1984

Aldrin und Dieldrin gesamt, berechnet als Dieldrin	0,03 µg/l
Chlordan (Summe der Isomeren)	0,3 µg/l
DDT, DDE, TDE und deren Isomeren gesamt berechnet als DDT	1 µg/l
2,4- Dichlorphenoxyessigsäure, einschließlich deren Salze und Ester gesamt, berechnet als 2,4- Dichlorphenoxyessigsäure	50 µg/l
2,4,5- Trichlorphenoxyessigsäure, einschließlich deren Salze und Ester gesamt, berechnet als 2,4,5- Trichlorphenoxyessigsäure	10 µg/l
Heptachlor und Heptachlorepoxyd gesamt, berechnet als Heptachlor	0,1 µg/l
Hexachlorbenzol	0,01 µg/l
Lindan	3 µg/l
Methoxychlor	30 µg/l
Pentachlorphenol	10 µg/l
Atrazine (Nachtrag Bundeskanzleramt 1988)	2 µg/l
Polychlorierte Biphenyle (PCBs)	0,1 µg/l

Die EG-Trinkwasserrichtlinie vom 15. Juli 1980 toleriert  
 pro Einzelsubstanz (Pflanzenschutzmittelwirkstoff) 0,1 µg/l  
 Summe aller 0,5 µg/l

Atrazinrückstände in Spargel sind in Österreich bis zu 10 mg/kg toleriert (BGBl.f.d.Rep.Österr.Nr. 243/1988). Das heißt, um die gleiche Menge Atrazin, die man beim Verzehr von 100 g Spargel aufnehmen könnte, sich mit ("EG")Wasser zuzuführen, müßte man davon 10 Kubikmeter trinken. Für Salat und den Wirkstoff Iprodione (Fungizid) gilt die gleiche Relation!

Das Umweltbundesamt hat in einer jüngst erstellten Studie (UBA-IB-172 "Pestizidrückstände in Boden und Grundwasserproben des Bezirkes Gänserndorf, 1989) über Belastungen des Grundwassers (Feldbrunnen) im Bezirk Gänserndorf durch ausgewählte Getreideherbizide und Fungizide berichtet.

Die erhobenen Werte überschreiten häufig die EG-Richtlinie. Die österreichischen Grenzwerte sind nur beschränkt heranzuziehen, da bloß wenige Wirkstoffe berücksichtigt sind. Es heißt nämlich in den Schlußbemerkungen zur Trinkwasserregelung: "Andere als die im Vorangegangenen genannten Stoffe dürfen im Trinkwasser nicht in solchen Konzentrationen enthalten sein, daß eine Gefährdung der Gesundheit möglich ist." Dies weist die Beurteilung der Pflanzenschutzmittelrückstände nicht angeführter Wirkstoffe, dem § 7 Abs(1) lit a des LMG 75 zu. Das heißt, die Gesundheitsschädlichkeit muß bewiesen werden.

Ein selbstverständliches Ziel gemeinsamen Bemühens aller ist es, unsere Grundwasservorräte in möglichst hoher Qualität zu erhalten. Die einzige Möglichkeit dazu ist, den Eintrag unerwünschter Stoffe hintanzuhalten.

Dies führt zu einer gründlichen Beschäftigung mit dem so vielseitigen Substrat "BODEN".

Nur aus dem Wissen um das Schicksal, das die eingebrachten Schadstoffe auf ihrem Weg durch den Boden bis ins Grundwasser erleiden, können verbindliche Aussagen über potentielle Grundwassergefahren erwachsen.

#### Belastungen des Bodens

Die Merkblätter 36 und 56 der BBA Braunschweig wurden überarbeitet und sind jetzt als Richtlinie 4 1 "Verbleib von Pflanzenschutzmitteln im Boden Abbau, Umwandlung und Metabolismus" (1986) gültig.

In der Einleitung hierzu wird festgehalten:

"Der Boden stellt ein wichtiges Kompartiment der Umwelt dar. Dem Verbleib von Pflanzenschutzmitteln im Boden ist daher auch hinsichtlich der vom Gesetzgeber geforderten Prüfungen der Auswirkungen auf den Naturhaushalt besondere Beachtung zu schenken.

Daher sind im Rahmen der Prüfungen, die die BBA im Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel durchzuführen hat, Abbauege und Abbaugeschwindigkeiten der Wirkstoffe im Boden zu beurteilen

Unter Berücksichtigung der etwas unterschiedlichen Gesetzgebung stellt die BBA Braunschweig die (viel) größere Schwesteranstalt der Bundesanstalt für Pflanzenschutz dar.

Wenn die Beurteilung der Wirkung eines Pflanzenschutzmittels auf den Boden bei der Bundesanstalt für Pflanzenschutz liegt, so kann sie diese realistischerweise nur durch kritische Bewertung vorhandener Unterlagen und in ausgewählten akutellen Fällen aufgrund eigener (oder deren anderer Bundesanstalten) Untersuchungen vornehmen. Hierzu

ist eine breite Zusammenarbeitsbasis zwischen den betroffenen Ministerien unverzichtbar.

In der Studie des Umweltbundesamtes "Bodenschutz, Probleme und Ziele" (UBA Wien, 1988) wird in den "Prinzipien eines umfassenden Bodenschutzes" gefordert, daß "strengere Maßstäbe für die Zulassung neuer Stoffe anzulegen seien. Als Kriterium hat dabei ihre

#### **nachgewiesene Unschädlichkeit**

insbesondere für die Umwelt zu gelten und in der Folge "ist als langfristiges Ziel eine Landwirtschaft mit minimiertem oder gar fehlendem chemischen Pflanzenschutz anzustreben".

Der Nachweis der Unschädlichkeit kann für Pestizide nicht erbracht werden. Man erwartet ja eine populationsfeindliche Wirkung auf einen bestimmten Schadorganismus - nur für den einen ist der Kohlweißling ein gefährlicher Schädling, für den anderen ein hübscher weißer Schmetterling, Bestandteil einer schonenswerten Natur.

Zweifelsohne sind den Fragen von Schonung und Schutz der Umwelt große Bedeutung beizumessen, zweifelsohne ist die vertretbare Minimierung des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel anzustreben und zweifelsohne sind Kriterien für die Zulassung neuer Stoffe zu erstellen. Doch müssen diese Zulassungsaufgaben

#### **erfüllbar**

sein (Kosten für die notwendigen Untersuchungen ökonomisch vertretbar, Parameter objektivierbar, meßbar).

Auf dem Gebiet der Insektizide haben zunehmend neue umweltschonendere Substanzen die alten "Killer" verdrängt. Man darf sich, wie zu sehen, die Chance auf Verbesserung nicht durch unerfüllbare Forderungen verbauen.

So mühsam auch die Arbeit der Standardisierung ist, so unvermeidlich ist sie jedoch, um international anerkannte Richtlinien auszuarbeiten.

Seit Gründung des ISO-Komitees "Soil Quality" nimmt die Bundesanstalt für Pflanzenschutz über das Österreichische Normungsinstitut als interessierter Beobachter an dessen Aktivitäten Anteil.

Insbesondere die neue Arbeitsgruppe "Soil Quality Determination on persistent herbicides" 1988 ins Leben gerufen verdient im Zusammenhang mit dem Fragenkomplex "AtragegröÙte Beachtung.

Wie vielschichtig der Begriff "Soil Quality" ist, zeigt die Zusammenstellung der verschiedenen Unter- und Arbeitsgruppen von ISO TC 190 (Österr.Normungsinstitut, 1988).

Tab. 10:

Structure, at the end of the year

SC	WG	Title	Secretariat or convener	Sub-report
1		Evaluation of criteria, terminology and codification	AFNOR	X
1	1	Terminology	AFNOR	
2		Sampling	DIN	X
2	1	Sampling - General aspects	DIN	
3		Chemical methods and soil characteristics	DIN	X
3	1	Heavy metals, selenium and arsenic	DIN	
3	2	Total nitrogen and nitrogen compounds	DIN	
3	3	Sulphur and inorganic sulphur compounds	BSI	
3	4	Cyanide	MSZH	
3	5	Total phosphor and phosphate	UNI	
3	6	Mineral oil	DIN	
3	7	Chlorinated pesticides and PCB's and chlorinated hydrocarbons	DIN	
3	8	Electrical conductivity, pH-value and redox potential	NNI	
4		Biological methods	BSI	X
4	1	Biodegradability	NNI	
4	2	Effects on soil fauna	AFNOR	
4	3	Effects on soil flora	DIN	
4	4	Effects on soil microorganisms	BSI	
5		Physical methods	NNI	X
5	1	Water retention characteristics	BSI	
5	2	Hydraulic conductivity	NNI	
5	3	Water content	NNI	
5	4	Soil water potential	BSI	
5	5	Geo-electrical and electromagnetic investigations	--	
5	6	Particle size distribution	--	
5	7	Bulk density	DIN	
6		Radiological methods	DIN	X

Bei Durchsicht dieser Liste fällt auf, daß sich der Großteil der Themen um das Messen physikalischer und chemischer Werte gruppiert. Der viel komplexere Bereich des "Bodenlebens" ist spärlicher vertreten. Die Bedeutung des Bodenlebens für eine intakte Umwelt muß auch aus der Sicht der Befriedigung der Grundbedürfnisse des Menschen relativiert werden.

Stellt man den Flächenbedarf "Wohnen, inkl. Verkehrsflächen" dem der "Ernährung" gegenüber, so muß man sich z.B. fragen:

- .) Warum werden die Häuser nicht so gebaut, daß das Bodenleben darunter nicht Schaden leidet?
- .) Wie sieht es mit dem Bodenleben unter Autobahnen und Straßen aus?

Tab. 11:

VERGLEICH :

Österreich 1986

Gesamtverkehrsfläche (Straßenfläche x 2)	0,30 Mio ha
Anbaufläche Getreide	0,80 Mio ha
Anbaufläche Mais	0,30 Mio ha
Anbaufläche Zuckerrüben	0,03 Mio ha

( Quelle ÖSTZ 1986-)

Es ist trivial, daß man Autobahnen so baut, daß sie die in sie gestellten Erwartungen in optimaler Weise erfüllen. Die Erwartung, die man an eine funktionierende Landwirtschaft stellt, ist die Versorgung der Bevölkerung mit ausreichenden, gesundheitlich hochwertigen Agrarprodukten.

Nun, auf einem Feld kann nicht gleichzeitig Getreide stehen und der Wind in den Blättern eines Eichen-Hainbuchen-Mischwaldes spielen.

In den letzten Jahrzehnten ist eine Abnahme der landwirtschaftlichen Fläche zugunsten anderer Bodennutzungsarten zu bemerken gewesen. Züchtung, Ertragssicherungsmaßnahmen und intensive Bewirtschaftungsmethoden ließen aber die landwirtschaftliche Gesamtproduktion nicht abnehmen. Das kann durchaus ein richtiger Weg sein:

1. Nur die Flächen, die für eine gesicherte und ausreichende Versorgung notwendig sind, werden mit Schwerpunkt Produktoptimierung genutzt.
2. Das Bodenleben in den genutzten Gebieten ist nur soweit von Bedeutung, als es Einfluß auf Menge und Qualität des Agrarproduktes hat.
3. Die natürliche (naturnahe) Gestaltung der agrarisch nicht genutzten Flächen ist entsprechend dem jeweiligen Standort vorzunehmen (Biotopverbunde).

(Die Förderung für ÖKO-Flächen gibt es seit dem Jahr 1987.)

Wenn wir auch das Bodenleben vor allem im Sinne des Punktes 2.) bewerten, so enthebt uns dies nicht gründlicher Untersuchungen über all die Wirk-, Transport-, Abbau- und Metabolisierungswege der angewendeten Chemikalien im Interesse des Schutzes der umliegenden Kompartimente (Luft, Wasser, Boden, Organismen).

Die Vielfältigkeit rein physikalisch-chemischer und mikrobieller Wirkungen im Boden bewirkt ein sehr breitgestreutes Muster von Abbauprodukten. Als Beispiel dafür diene folgende Tabelle:

Tab. 12: Im Sickerwasser identifizierte Umwandlungsprodukte von Quintozen (8 1/2 Jahre nach Applikation im Boden) (MILDE & FRIESEL, 1987)

Nr.	Verbindung	Anteil in % *
1	2-Chlorphenol	0,10
2	3-Chlorphenol	0,21
3	4-Chlorphenol	0,31
4	2,3,5-Trichlorphenol	4,51
5	2,4,6-Trichlorphenol	3,95
6	2,4,5-Trichloranisol	4,10
7	2,4,6-Trichloranisol	4,36
8	3,4,5-Trichloranisol	0,15
9	2,3,5-Trichloranisol	0,97
10	2,3,6-Trichloranisol	0,21
11	ein Dichloranisol	0,10
12	ein Dichlordimethoxybenzol	< 0,1
13	ein weiteres Dichlordimethoxybenzol	< 0,1
14	ein Dichlormethoxyethoxybenzol	< 0,1
15	1,2,4-Trichlor-5-ethoxybenzol	< 0,1
16	1,3,5-Trichlorbenzol	3,13
17	1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	0,77
18	Pentachloranilin	0,15
19	3,4-Dichloranilin	1,13
20	2,3-Dichloranilin	1,13
21	ein Dichloranilin	0,05
22	2,6-Dichlor-4-aminophenol	2,57
23	ein Dichloranisidin	2,82
24	ein Trichloranisidin	1,28
25	ein Dichloranisidinacetat	3,03
26	4-Chloracetanilid	1,18
27	2,4-Dichloracetanilid	0,77
28	2,5-Dichloracetanilid	0,72
29	Vanillin	1,08
30	Benzoessäure	1,03
31	4-Nitrobenzaldehyd	0,51
32	3,4-Dimethoxybenzaldehyd	0,72
		<u>41,04</u>

\* % der Radioaktivität im Sickerwasser

In den schon zitierten neuen Richtlinien der BBA Braunschweig (1986) sind die zuerst wesentlichen Begriffe

DT-50-Wert            Disappearance Time for 50%

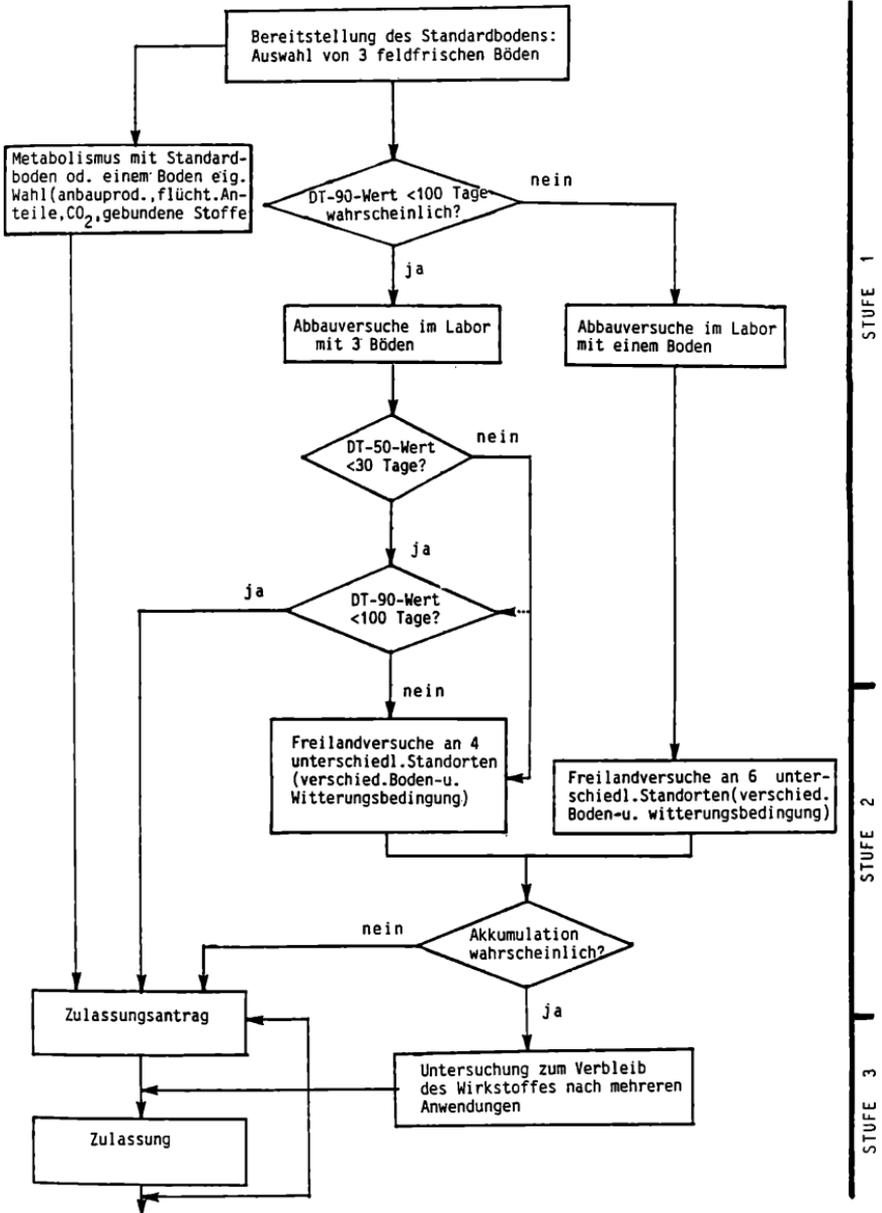
DT-90-Wert            Disappearance Time for 90%

in einem Standardboden und drei feldfrischen Böden eigener Wahl im Labor zu ermitteln. Insbesondere ist auch auf Vorliegen von sogenannten "bound residues" zu achten, da diese eine "disappearance" vortäuschen können.

Die Beständigkeit eines Wirkstoffes im Boden muß auch in Zusammenhang mit der geplanten Anwendungshäufigkeit gesehen werden, um einer allfälligen, erst nach längerer Zeit auftretenden Akkumulierung vorzubeugen.

Die Zulassung eines neuen Pflanzenschutzmittels (Frage des Verhaltens im Boden) hat gemäß folgendem Schema zu erfolgen:

Tab. 13:



Der Transport von Pestiziden im Boden erfolgt hauptsächlich in der Wasserphase, doch spielt Luft, die im Oberboden in der Größenordnung von ca. 20 Volumsprozent vorhanden ist, eine nicht unbedeutende Rolle.

Treibende Kräfte für Transport und die Verteilung sind

gerichtete Kräfte	Schwerkraft (Vorzugsrichtung!) und
ungerichtete Kräfte	chemische Potentialunterschiede (keine Vorzugsrichtung!).

Letztere sind der Überbegriff für alle anderen Effekte (Kapillarwirkung, Diffusion, Osmose, Sorptionsvorgänge usw.) mit den bekannten thermodynamischen und kinetischen Abhängigkeiten von Druck, Temperatur und Konzentration.

Um zu überschaubaren mathematischen Modellen zu gelangen, ist es primär wichtig, die Metabolisierung (den Abbau) außer Betracht zu lassen und die Formelanpassung unter Vernachlässigung von Nebeneffekten über die Einführung verschiedener Klassen von Adsorptionsstellen vorzunehmen.

Eine große Anzahl von Lösungsansätzen wurde entworfen (HUTSON & ROBERTS, 1987).

Die derzeit beste Beschreibung (BOESTEN et al., 1989) verwendet die folgenden Grundannahmen:

1. Es gibt verschiedene Kategorien von Adsorptionsmechanismen (Adsorptionsstellen " $X_1$ ", " $X_2$ ", und " $X_3$ "):
  - a) Rasche Gleichgewichtseinstellung (" $X_1$ "), d.h. die Konzentrationen des betrachteten Wirkstoffes in stationärer Phase (= adsorbiert) und in mobiler Phase (= Wasser) sind zu jeder Zeit im Gleichgewicht.
  - b) Langsame Gleichgewichtseinstellung (" $X_2$ "), d.h. erst nach einer Einwirkdauer in der Größenordnung mehrerer Tage würde sich Gleichgewicht einstellen.

Die Beschreibung der Konzentrationsänderungen erfolgt durch kinetische Berechnungen.

c) Extrem langsame Gleichgewichtseinstellung (" $X_3$ "), d.h. erst nach einer Einwirkdauer von Hunderten (!!!) von Tagen würde sich Gleichgewicht einstellen.

Daher sind umsomehr hier kinetische Berechnungen heranzuziehen.

2. Die Adsorptionsgleichgewichte an allen drei Kategorien von aktiven Stellen sind durch den Ansatz einer Freundlich-Isotherme zu beschreiben.

Der mathematische Ansatz gestaltet sich daher wie folgt:

Tab. 14:

$$C^* = \theta c + \rho (X_1 + X_2 + X_3)$$

mit

$C^*$  Massenkonzentration des Pestizides im Boden ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\theta$  Volumenanteil wässriger Phase im Gesamtsystem

$c$  Massenkonzentration des Pestizides in der wässrigen Phase ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\rho$  Dichte des trockenen Bodens ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$X_i$  Gewichtsanteile ( $\text{kg}/\text{kg}$ ) Pestizid an den Adsorptionsstellen

Unter Berücksichtigung der Grundannahmen gilt dann:

$$\begin{aligned} X_1 &= K_1 c^{1/n} \\ \frac{\partial X_2}{\partial t} &= k_2 (K_2 c^{1/n} - X_2) \\ \frac{\partial X_3}{\partial t} &= k_3 (K_3 c^{1/n} - X_3) \end{aligned}$$

Für " $X_1$ " wird Gleichgewichtseinstellung gemäß Freundlich-Isotherme angenommen, für  $X_2$  und  $X_3$  gelten zwei gekoppelte Differentialgleichungen:

$K_{1,2,3}$  Freundlich Koeffizienten

$k_{2,3}$  Desorptionsgeschwindigkeitskonstanten ( $\text{d}^{-1}$ )

$1/n$  Freundlich Exponent.

Das Abnehmen der relevanten Pestizidkonzentration durch chemischen Abbau wird mit einer Kinetik erster Ordnung beschrieben.

Die oben angeführten charakteristischen Kenngrößen (Konstanten, Koeffizienten usw.) werden durch Extrapolationen von Adsorptionsmessungen unter Laborbedingungen gewonnen.

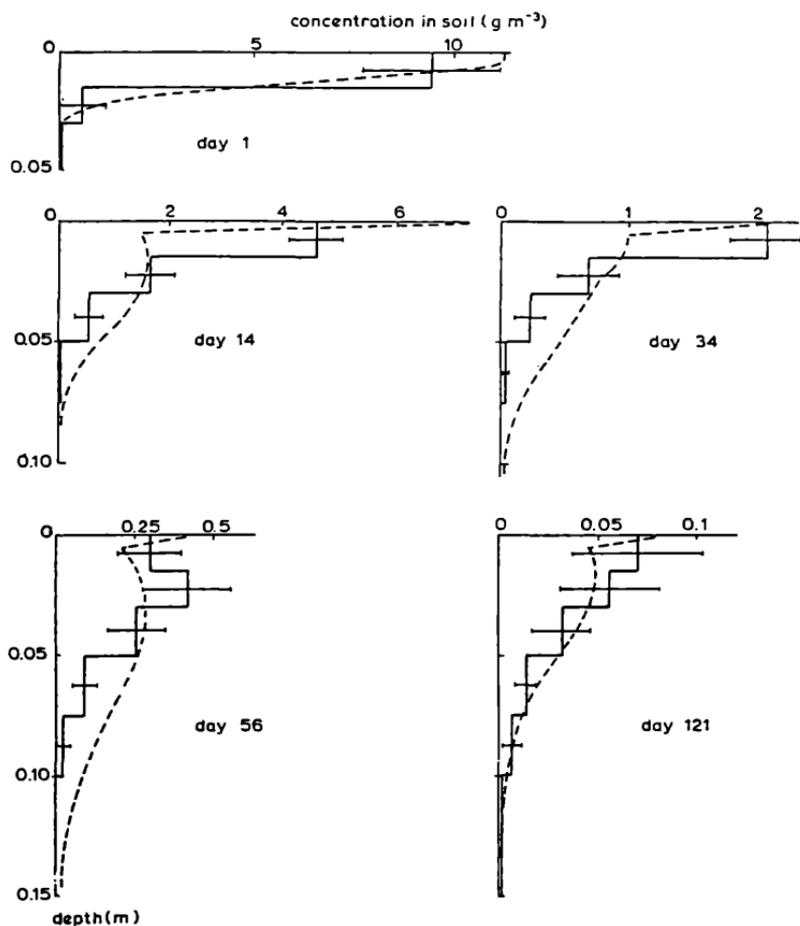
Als Marker (Tracer) diente das Bromid-Ion. Als wesentlich gilt anzumerken, daß zur Messung der " $X_3$ "-Stellen bis zu 260 (!!) Tagen nach Zugabe des Wirkstoffes (Cyanazin und Metribuzin) auf die Gleichgewichtseinstellung gewartet werden mußte.

Diese Befunde stellen viele der bisherigen Analysenergebnisse von Bodenproben in Frage. Wurden doch fast alle Wiederfindungsversuche zur Feststellung der Vollständigkeit einer Extraktion nur über die Zugabe des Wirkstoffes knapp vor der Extraktion durchgeführt.

Der Wirkstoff hatte also nicht Zeit genug, um auch auf den " $X_2$ " und " $X_3$ "-Stellen adsorptiert zu werden.

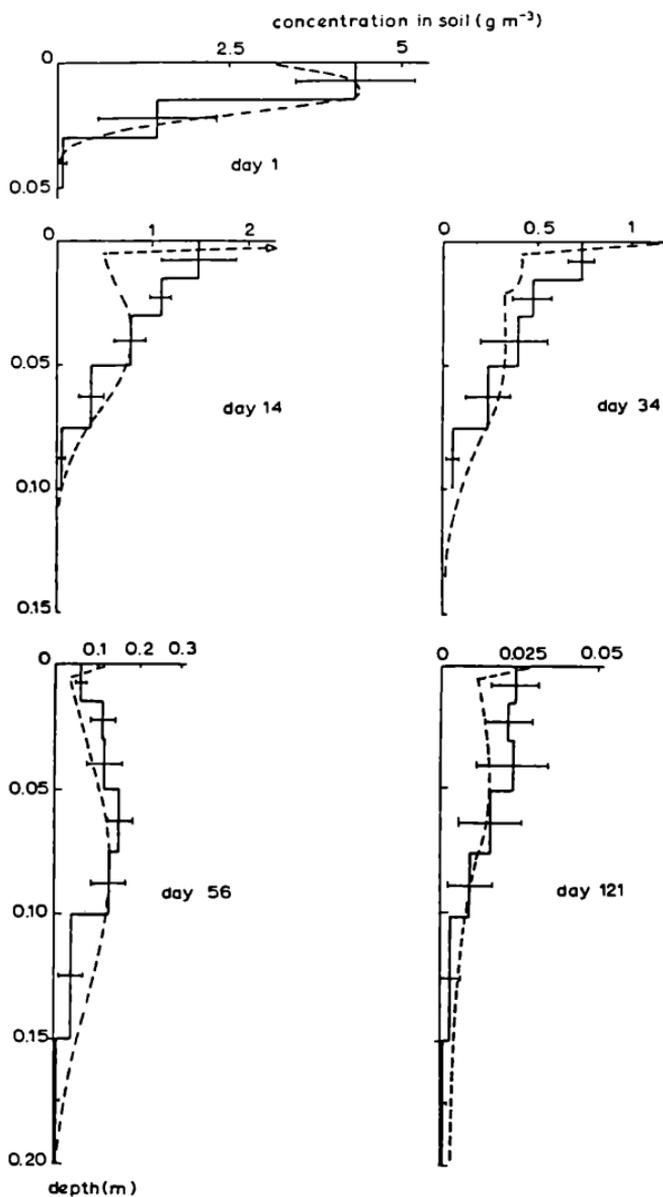
Die nachfolgenden Grafiken zeigen deutlich, welch großen Einfluß die Adsorptionsstellen mit extrem langsamer Gleichgewichtseinstellung auf den Massefluß des Pestizides Richtung Grundwasser ausüben.

Tab. 15: Vergleich Berechnung-Messung für Cyanazin (a) und Metribuzin (b)



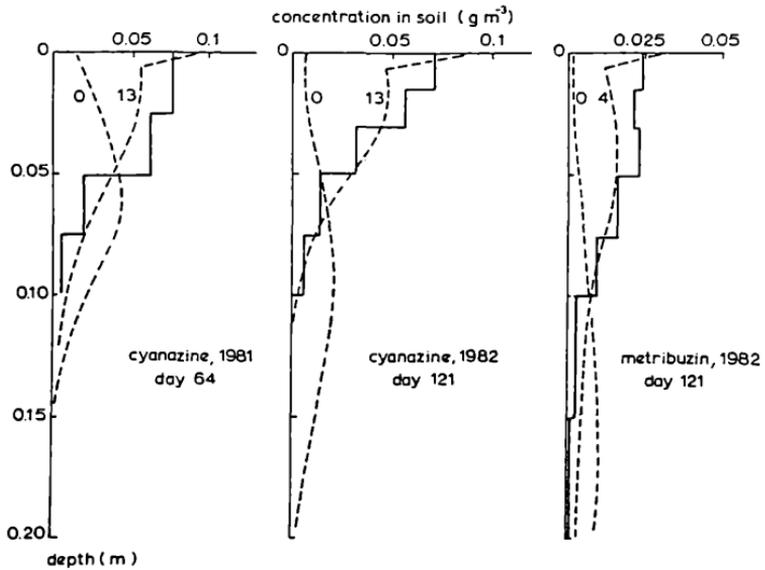
(a)

Tab. 15: Fortsetzung

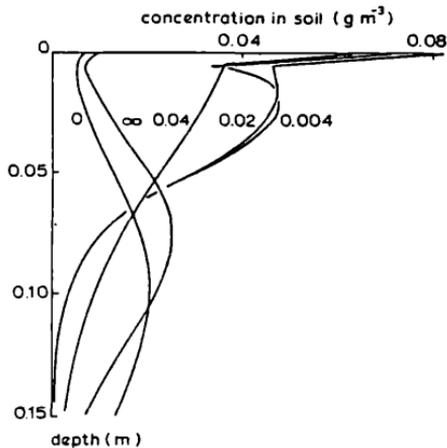


(b)

**Tab. 16:** Einfluß des Freundlich-Koeffizienten  $K_3$  auf das Konzentrationsprofil



Einfluß der Desorptionsgeschwindigkeitskonstante  $k_3$  auf das Konzentrationsprofil



Jeder, der wenn auch zuerst nur in Gedanken - versucht in die Problematik der Untersuchungen und Messungen am Substrat Boden einzudringen, merkt bald, daß zur Erlangung auch ernster Kritik standhaltender Resultate ein extrem kostenintensiver Forschungsaufwand betrieben werden muß.

Die Finanzierbarkeit ist bald nicht mehr gegeben. Im Rahmen der so gesteckten engen Grenzen ist es nur möglich, Einzelfragen herauszugreifen und diese aber dann mit der gebotenen wissenschaftlichen Genauigkeit zu bearbeiten.

In diesem Sinne läuft ab heuer unter der Federführung und Förderung des Landes Niederösterreich ein Forschungsprojekt über Auswaschungs- und Abbauverhalten von Pflanzenschutzmitteln (Testsubstanz Dichlorprop - ein Getreideherbizid), das an einer ausgewählten Stelle (Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf) eine beispielhafte Untersuchung über Verhalten und Wirkungen eines typischen Wuchsstoffherbizides in den Kompartimenten Boden und Wasser darstellt.

Dieses Projekt ist zu begrüßen und den daran Mitarbeitenden, was die Witterung betrifft, ein möglichst durchschnittliches Jahr 1989, zu wünschen.

#### Zum Abschluß

Das hier zum Thema "Pflanzenschutzmittel in Grundwasser und Boden" erwähnte ist lückenhaft und Stückwerk. Wenn jedoch die wenigen herausgegriffenen Aspekte und Beispiele dazu beigetragen haben, Dimensionen von "Gefahren" zu relativieren und zu zeigen, wie auch ohne "Skandal" intensiv gearbeitet wird und daß das "Gift" eigentlich nur deshalb auf Österreichs Felder gespritzt wird, um die Mägen derjenigen, die dies kritisieren, zu füllen, dann ist das Ziel dieses Vortrages erreicht.

### Zusammenfassung

Man ist derzeit bemüht, die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf das unumgänglich notwendige Maß einzuschränken. Die Frage der Notwendigkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen steht jedoch außer Zweifel, eine umfassende Optimierung wird im Konzept des "Integrierten Pflanzenschutzes" angestrebt.

Tierische Schadorganismen und einige Pilzkrankungen (z.B. Apfelschorf) können mit den Methoden des Integrierten Pflanzenschutzes bereits erfolgreich unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle gehalten werden.

Das Hauptanwendungsgebiet der Herbizide liegt jedoch in ein(zwei)jährigen Kulturen, für die integrierte Bekämpfungsmaßnahmen viel schwieriger realisierbar sind.

Typisch für den Herbizideinsatz ist die großflächige Ausbringung direkt auf das Substrat Boden.

Noch 1977 wird die Gefahr für Grundwasser und Boden für vernachlässigbar gehalten.

Die chemische Analytik ist aber in den letzten Jahren um Größenordnungen empfindlicher geworden, so daß es kaum mehr ein Substrat gibt, das sich frei von anthropogenen "Schadstoffen" zeigt.

Die Studie "Bodenschutz - Probleme und Ziele" des Umweltbundesamtes fordert strengere Maßstäbe bei der Zulassung neuer Stoffe, die Unschädlichkeit insbesondere für die Umwelt müsse nachgewiesen werden.

Zur Wahrung der richtigen Dimension muß aber festgehalten werden, daß jede agrarisch genutzte Fläche einen gewaltigen (schädlichen??) Einfluß auf die Umwelt ausübt.

Im Boden wirken vielerlei Faktoren (Art und Struktur des Bodens, Temperatur, Feuchtigkeit, biologische Aktivität, Wettersituation und nicht zuletzt Zufallsgrößen) auf Abbau und Transport der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe ein. Ein Aufintegrieren aller wirksamen Momente ist unmöglich.

Die derzeit beste Beschreibung der Transportphänomene von PSM im Boden zieht zur Berechnung drei verschiedene Kategorien Adsorptionsstellen heran:

1. rasche Gleichgewichtseinstellung (kleiner 24h)
2. langsame Gleichgewichtseinstellung (Zeitraum Tage)
3. extrem langsame Gleichgewichtseinstellung (Zeitraum hunderte Tage).

Der reine Abbau läßt sich über eine Kinetik erster Ordnung beschreiben.

Im Bereich tiefgründiger Böden kann der Weg ins Grundwasser fünf Jahre und länger dauern. In extrem ungünstigen Lagen (Leibnitzer Feld) und jahrelanger Atrazinanwendung im Maisbau läßt sich ein jahreszeitliches Schwanken der Grundwasserbelastung durch diesen Wirkstoff feststellen.

Unter der Federführung des Landes Niederösterreich läuft ab heuer ein Forschungsprojekt über Auswaschungs- und Abbauverhalten von Pflanzenschutzmitteln (Testsubstanz: Dichlorprop), das an einer ausgewählten Stelle des Marchfeldes eine beispielhafte Untersuchung über Verhalten und Wirkungen eines typischen Wuchsstoffherbizides in den Kompartimenten Boden und Wasser darstellt.

So lange die Kausalkette Ursache - Wirkung - Spätfolgen für Wasser/Boden hinsichtlich der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nicht ausreichend untersucht ist, wird eine möglichst strenge Indikationsstellung zu befürworten sein.

## SUMMARY

### Plant protection products in ground-water and soil

At present, efforts are made to reduce the use of chemical pesticides to an essential minimum level. Although the need for plant protection is beyond all doubt, extensive optimizing is sought by the conception of integrated plant protection, by which some pests and some fungus diseases (e.g. apple scab) can be successfully reduced to an economic damage threshold. Concerning herbicides, however, which are commonly used for crops of one (two) year(s) vegetation period(s), integrated pest control is much more difficult. Usually herbicides are typically applied on large areas directly to the soil. Until very recently (1977), any danger to ground-water and soil was considered negligible, but chemical analysis can now detect small concentrations. Therefore almost no substrate is found free from damaging substances caused by man.

In the study of the Federal Institute of Environment, entitled "Soil Protection Problems and Aims" more rigid standards for the registration of new substances are required. It should be proved that these substances are harmless, especially to the environment. But in order to observe proper dimensions, it must be stated that each area used for agriculture will exercise a considerable (damaging?) influence upon the environment.

In soil, many factors (soil type and soil structure, temperature, moisture, biological activity, weather conditions and last, but not least, mere chance factors) are influencing the degradation and the movement of plant protection agents. Therefore it is impossible to consider every effective factor.

At present, the transport of plant protection products in the soil is described very well by the use of the following 3 categories of adsorption:

1. Balance quickly restored (within less than 24 hours)
2. Balance slowly restored (within                      days)
3. Balance very slowly restored (within ..hundred days)

Mere degradation can be described by first order kinetics.

In deep soils, the translocation of the substances into ground-water may take five and more years. In extremely disadvantageous sites, however, (e.g. in the Leibnitz area) and after atrazine has been applied to maize for years, the impact on ground-water, caused by this substance, can be observed as varying during the season.

Centrally handled by the authorities of Lower Austria, a research projekt on the eluviation and degradation of plant protection products has been established (test substance: dichlorprop) this year in a carefully chosen site of the Marchfeld area, representing a model study on the performance and the effects of a typical hormone-type herbicide in soil and water systems.

But as long as the chain of cause, effect and late consequences for water/soil with regard to the use of plant protection products has not have been investigated sufficiently, indications of utmost strictness will have to be recommended.

#### Literatur

ANNUAL REPORT of ISO/TC 190 for 1988.- Hsg.: Österr. Normungsinstitut, Wien.

BERAN, F. (1977): Pflanzenschutzmittelfibel.- Arbeitsgemeinschaft für Pflanzenschutz, Wien.

- BGBL f.d. Rep. Österreich Nr. 243 (1988): Schädlingsbekämpfungsmittel - Höchstwerteverordnung.- Vlg.: Öst. Staatsdruckerei, Wien.
- BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT BRAUNSCHWEIG (1986): Richtlinie für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Boden - Abbau, Umwandlung und Metabolismus (vormals BBA-Merkblätter Nr. 36 und 56).- Eigenvgl.
- BOESTEN, J. et al (1989): Field Test of a Mathematical Model for Non - equilibrium Transport of Pesticides in Soil".- Pestic.Sci. 25, 187 - 203.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, WIEN (1984): Regelungen für Trinkwasser.Erlaß d. BMGU Zl.III-50.966/11-6/84 vom 10. August 1984.- Mitt öst Sanit Verw 85,233-236.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, WIEN (Hsg.): Integrierter Pflanzenschutz - Umweltgerechte Pflanzenproduktion.- Eigenvgl.
- GISSL, H., HURLE, K. (1984): Pflanzenschutzmittel und Grundwasser - Untersuchungen zum Vorkommen des Herbizides Atrazin in Grundwässern der Schwäbischen Alb.- Vlg.: Eugen Ulmer GmbH&Co, Stuttgart.
- HUTSON, D.H., ROBERTS, T.R. (1987): Herbicide behaviour in the soil, with particular reference to the potential for ground water contamination. In: Herbicides, Chapter 7.- Vlg. J.Wiley & Sons Ltd.
- MILDE, G., FRIESEL, P. (1987): Grundwasserbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel.- Vlg. G. Fischer, Stuttgart.
- TSCHULIK, M.(1986): Grundwasserkontamination durch Pestizid-Situation in Niederösterreich.- Hsg.: Amt d. NÖ.Landesregierung Abt.B/9 Wasserwirtschaft, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, WIEN (1989): Pestizidrückstände in Boden und Grundwasserproben des Bezirkes Gänserndorf.- UBA-IB-172.
- (1988) Bodenschutz Probleme und Ziele.- Eigenvgl. Wien.
- Anschrift des Verfassers: Ob.Rat Dr. Friedrich FILA, Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Trunnerstr. 5, A-1020 Wien.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [1989](#)

Autor(en)/Author(s): Fila F.

Artikel/Article: [Pflanzenschutzmittel in Grundwasser und Boden 141-178](#)