

Feldstudien zur Anwenderexposition

Von Anette Inkmann-Koch, Wuppertal*)

DK 632.934.1:331.43

Das Ziel der beschriebenen Untersuchungen ist die Ermittlung der Exposition eines Anwenders bei praxisüblicher Arbeitsweise bei der Ausbringung von Pflanzenschutzpräparaten. Da die Applikationsart neben der Aufwandmenge den wohl einflußreichsten Parameter auf die Exposition darstellt, sind die nachfolgend geschilderten Versuche nach Applikationsmethoden zusammengefaßt. Für Feldkulturen und verschiedene Raumkulturen zeichnen sich jeweils Expositionsbereiche ab, wobei in allen Fällen die Handexposition während des Ansetzens der Spritzbrühe den prozentual größten Anteil beiträgt. Eine wesentliche Reduktion der Exposition ist somit eher über eine gründliche Aufklärung der Anwender beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln zu erzielen als über technische Verbesserungen der Ausbringungsart.

1. Einleitung

Die nachfolgend beschriebenen Meßreihen wurden durchgeführt, um Aufschluß über die Anwenderexposition bei der praxisüblichen Handhabung von Pflanzenschutzmitteln zu bekommen. Unter Exposition ist nach allgemeiner Auffassung die Einwirkung eines Pflanzenschutzmittels bis zur Systemgrenze Mensch zu verstehen. Zu den wichtigsten Expositionswegen zählen die Haut und die Atemwege, wobei die dermale Expositionswahrscheinlichkeit durch einfache Schutzmaßnahmen eher zu reduzieren ist als die inhalatorische Expositionswahrscheinlichkeit.

Es ist bekannt, daß neben der Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln die Applikationsart einen erheblichen Einfluß auf die Expositionshöhe ausübt. Auf der Basis der nachfolgend geschilderten Expositionsstudien werden somit für verschiedene Applikationsarten je nach Dichte des Datenrasters mehr oder weniger enge wirkstoffunabhängige Expositionsbereiche angegeben; gleiche oder vergleichbare Randbedingungen vorausgesetzt, sollten diese Bereiche auf andere Präparate übertragbar sein bzw. adaptiert werden können.

2. Allgemeine Methodik der Probenahme

Es ist bekannt, daß die Anwenderexposition von zahlreichen Randbedingungen beeinflusst werden kann [1, 2]. Um den Einfluß einzelner Parameter gezielt erkennen zu können, ist die Dokumentation dieser Daten vor Beginn der eigentlichen Messung sehr wichtig. Hierzu gehört auch eine sorgfältige Beschreibung und Protokollierung des Geländes und der zu behandelnden Kultur. Ebenso sind alle relevanten meteorologischen Daten im Versuchsprotokoll festzuhalten. Eine genaue Beschreibung der Ausbringungskonzentration, des Ausbringungsdrucks, der Art der Geräte und Düsen und des Applikationsablaufs ist unerlässlich. Die Dauer der Probenahme sollte für den jeweiligen Arbeitsablauf repräsentativ sein.

*) Dr. A. Inkmann-Koch ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Sparte Pflanzenschutz Anwendungstechnik/CE des Instituts für Produktinformation und Qualitätsüberwachung der Bayer AG, Wuppertal.

Um kritische Einflußgrößen erkennen zu können, staffelt sich die Probenahme in

- Vorbereitungsarbeiten bis zur Applikation
- praxisübliche Ausbringung.

Gemessen wird die inhalatorische und dermale Anwenderexposition. Bei der Ausbringung von Phosphorsäureestern ist außerdem die Cholinesterasehemmung mit einzubeziehen.

Für die Messung der inhalatorischen Exposition wird mit einem *personal-air-sampler* die Probe in Mundhöhe des Anwenders gezogen. Es werden Adsorptionsröhrchen mit auf die Eigenschaften des jeweiligen Wirkstoffes abgestimmten Adsorptionseigenschaften bzw. Impinger eingesetzt. Die Strömungsgeschwindigkeit entspricht der durchschnittlichen Ansauggeschwindigkeit der Atemluft von 1,25 m/s [3].

Parallel ist die Partikelgröße des anfallenden Nebels oder Staubes mit einem tragbaren Kaskadenimpaktor zu ermitteln. Messungen dieser Art sind mit einem tragbaren Impaktor eines amerikanischen Herstellers (*Sierra Instruments*) im Bereich aerodynamischer Durchmesser von 0,6–20 µm über 8 Stufen möglich.

Die Probenahme zur Ermittlung der dermalen Exposition erfolgt dadurch, daß man geeignete Materialien für Sorption des ausgebrachten Präparates auf der Oberfläche der üblicherweise getragenen Schutzkleidung anbringt. Durch bekannte Umrechnungsfaktoren kann man die Exposition der einzelnen Körperbezirke berechnen [4].

Als Anhaltspunkt, wo die zur Bestimmung der Exposition der jeweiligen Körperfläche notwendigen Pflaster zu befestigen sind, dient der Vorschlag der *Environmental Protection Agency* (EPA) aus den "*Guidelines for Registering Pesticides*" [4].

Die Probenahme erfordert zunächst gewisse Vorarbeiten im Labor, durch die überprüft werden muß, ob die Adsorptionsfähigkeit der zu verwendenden Adsorbentien den physikalischen und chemischen Eigenschaften des jeweiligen Wirkstoffes angepaßt ist.

Zunächst wird die Adsorptionsfähigkeit verschiedener Adsorbentien, z.B. Tenax, Chromosorb, Aktivkohle, Kieselgel, Porapak und ähnliches, getestet, indem man mit dem Adsorbens gefüllten Glasröhrchen eine geringe Menge einer Lösung des jeweiligen Wirkstoffes zudosiert wird und das Röhrchen unter den gleichen Bedingungen wie im Versuch über einen gewissen Zeitraum an eine Pumpe angeschlossen wird. Wird der aufgegebenen Wirkstoff nach ca. 4–6 h vollständig extrahiert, so ist weiterhin zu überprüfen, ob die Adsorption auch aus einem Sprühnebel vollständig verläuft. Zwei hintereinandergeschaltete, mit einer Pumpe verbundene Adsorptionsröhrchen werden hierfür in der Nähe einer Sprühdüse positioniert. Über einen gewissen Zeitraum wird eine Probe des Sprühnebels genommen. Anschließend werden beide Röhrchen in jeweils 2 Etappen (vordere Fraktion und hintere Fraktion des Adsorbens) eluiert und der Wirkstoffgehalt bestimmt.

Ist das zweite, nachgeschaltete Röhrchen wirkstofffrei und enthält die hintere Fraktion des ersten Röhrchens deutlich weniger Wirkstoff als die vordere Fraktion, so ist die Adsorptionsfähigkeit der jeweiligen Füllung für diesen Wirkstoff befriedigend. Bei den meisten Wirkstoffen haben sich bisher Tenax-Adsorptionsröhrchen als besonders geeignet erwiesen.

Außerdem sind Cellulose- bzw. Verbandmullpatches auf ihre Reinheit bezüglich der sich anschließenden Analyse und ebenfalls auf ihre Adsorptionsfähigkeit zu überprüfen. Bei leichtflüchtigen Substanzen bietet sich eine Imprägnierung des Patches mit z.B. Ethylenglykol und nach beendeter Probenahme eine direkte Extraktion am Probenahmeort an.

3. Expositionen während Feldapplikationen

Im Ackerbau wurden zwei Präparate mit heckangebauten Spritzgeräten ausgebracht – ein Fungizid im Getreidebau und ein Insektizid im Rübenbau.

Das Getreide-Fungizid wurde als WP (*wettable powder*)-Formulierung mit 25 %igem Wirkstoffgehalt eingesetzt. Die Expositionsmessungen schlossen den Anmisch- und Applikationsvorgang ein. Die Anwender waren gehalten, sich vom Meßvorgang in ihrer normalen Arbeitsweise nicht beeinflussen zu lassen. Zum Anmischen der Spritzbrühe wurde aus der Originalpackung die WP-Formulierung in die Tanköffnung geschüttet. Die Anwender arbeiteten ihrer Gewohnheit gemäß ohne Schutzhandschuhe. Für die Behandlung einer Fläche von 2 ha war das Volumen einer Tankfüllung von 700 l erforderlich. Es ergaben sich die in **Tafel 1** aufgeführten Expositionsdaten.

Die Wirkstoffkonzentration in der Luft während der Applikation ist vernachlässigbar klein. Sie liegt zwischen 2 und 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Behandlung	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
Aufwandmenge (Wirkstoff) (kg/ha)	0,125	0,125	0,125	0,125
Ausbringungsgeschwindigkeit (Wirkstoff) (kg/h)	0,5	0,5	1,3	1,3
Wirkstoffgehalt in der Luft während der Applikation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,4	<2	<2	3,3
Wirkstoffgehalt in der Luft während des Anmischens ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	–	82	69	–
Dermale Gesamtexposition (mg/Person Tag)	68	84	85	117
Anteil der Handexposition während des Anmischens an der dermalen Gesamtexposition (%)	96	94	96	89

Tafel 1. Expositionsdaten bei der Ausbringung eines Getreidefungizids (WP-Formulierung).

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß von *Batel* [5] zu dieser Studie eine Prognose erstellt wurde, wonach unter den genannten Bedingungen mit einer Wirkstoffkonzentration in der Luft von 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu rechnen wäre. Der prognostizierte Wert liegt im Bereich der gemessenen Daten. Die dermale Gesamtexposition durch Wirkstoff, wobei nur die nicht von Schutzkleidung bedeckte Körperoberfläche berücksichtigt wurde, liegt bei 68–117 mg/Person Tag, wobei ein 8-Stunden-Tag zugrunde gelegt wurde. Die Handexposition während des Anmischens liegt in allen Fällen bei 89–96 % der dermalen Gesamtexposition. Setzt man die Einhaltung der in den *Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt* (BBA) aufgestellten Forderungen nach Schutzhandschuhen voraus, so ist die Handexposition um einen beträchtlichen Anteil zu reduzieren bzw. zu vernachlässigen. Die dermale Gesamtexposition durch Wirkstoff liegt dann bei maximal 5 mg/Person Tag.

Die Ergebnisse werden von einer in den USA durchgeführten *mixer-loader-applicator*-Studie bei der Ausbringung des gleichen Fungizids bestätigt. Hiernach betrug die dermale Exposition durch Wirkstoff beim Tragen von Schutzhandschuhen 3–6 mg/Tag. Auch hier entfielen 70–90 % der Gesamtexposition auf die Handexposition [6].

Die angesprochene dermale Exposition bezieht sich ausschließlich auf die außen auf die Haut auftreffende Menge an Wirkstoff. Amerikanische Untersuchungen, bei denen die Ausscheiderate an Chlorphenol, eines Wirkstoffmetaboliten, mit der dermalen Exposition des Wirkstoffs verglichen wurde, zeigten, daß die Resorptionsrate 2–3 % betrug. Berücksichtigt man eine 3 %ige Resorption, so verbleibt insgesamt eine dermale Gesamtbelastung, womit die Aufnahme durch den Organismus gemeint ist, von 0,15 mg/Person Tag.

Im Ackerbau, hier im Rübenbau, wurde weiterhin ein Insektizid eingesetzt, das als emulgierbares Konzentrat (EC) im Handel ist. Dieses emulgierbare Konzentrat wurde per Meßbecher abgemessen und 1,3 l jeweils in einen 700 l fassenden Tank gefüllt, dessen Inhalt ebenfalls für die Behandlung einer Fläche von ca. 2 ha ausreichte. Der Wirkstoffgehalt des emulgierbaren Konzentrats betrug 25 %. Es ergaben sich die aus **Tafel 2** zu entnehmenden Expositionsdaten.

Behandlung	R ₁	R ₂	R ₃
Aufwandmenge (Wirkstoff) (kg/ha)	0,163	0,163	0,133
Ausbringungsgeschwindigkeit (Wirkstoff) (kg/h)	1,3	1,3	0,72
Wirkstoffgehalt in der Luft während der Applikation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<2,5	3	<2,5
Wirkstoffgehalt in der Luft während des Anmischens ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<2,5	<2,5	<2,5
Dermale Gesamtexposition (mg/Person Tag)	4	34	11
Anteil der Handexposition während des Anmischens an der dermalen Gesamtexposition (%)	98	99	99

Tafel 2. Expositionsdaten bei der Ausbringung eines Rübeninsektizids (EC-Formulierung).

Die Handexposition während des Anmischens macht wiederum den Hauptanteil der Gesamtexposition aus, wobei jedoch, verglichen mit der WP-Formulierung, nur maximal ein Drittel der dort gemessenen Handkontamination zu beobachten ist. Die Schwankungen sind in der unterschiedlichen Arbeitsweise und dem unterschiedlich starken Schäumen der Spritzbrühe bedingt.

Verständlich ist die geringe Wirkstoffkonzentration in der Luft, da kein Staub anfällt und außerdem die Substanz nicht flüchtig ist, so daß nachweisbare Mengen in der Atemluft nicht vorhanden sein können.

Bei den Feldapplikationen wurden die ermittelten Expositionsdaten von toxikologischer Seite aus anhand von Tiertoizitäts-Studien als nicht gesundheitsschädlich für den Anwender beurteilt, selbst dann, wenn man – praxisfern – kontinuierliche Applikationen über den Jahresverlauf annimmt.

4. Expositionen während Applikationen in Raumkulturen

4.1 Applikationen im Obstbau

Ein Entwicklungsprodukt mit akarizider Wirkung wurde als wasserdispergierbares Pulver mit 50 %igem Wirkstoffanteil im Obstbau eingesetzt. Die Applikationen wurden in einem Versuchsgut auf einer Parzelle von 0,2 ha durchgeführt. Eingesetzt wurde ein Schlepper mit einem heckangebauten Turbulator. Die Fahrerkabine war, wie bei dem größten Teil der im Obstbau verwendeten Schlepper üblich, nicht überdacht, so daß der Fahrer während des Spritzens dem herabregnenden Nebel ungeschützt ausgesetzt war. Der Abstand zwischen Sitzfläche und Turbulator betrug wegen des geringen Tankvolumens nur 1,5 m.

Vor der Ausbringung wurden 130 g der WP-Formulierung aus Kunststofftüten in den 130 l fassenden Tank entleert. Der Tank wurde anschließend aufgefüllt. Die Expositionsdaten, die sich bei zwei Applikationen von ein und derselben Person ergaben, sind **Tafel 3** zu entnehmen.

Insgesamt macht die Gesamtexposition der Hände wegen der durch die ungeschützte Position des Fahrers bedingten höheren dermalen Gesamtexposition mit 58–80 % verständlicherweise einen geringeren Anteil als bei den Feldapplikationen mit zumindest teilweise geschlossener Fahrerkabine aus. Hier tritt auch zum ersten Mal, aus den bekannten Gründen, eine deutliche Kontamination der Hände während der Applikation auf.

Einschränkend muß jedoch angemerkt werden, daß die Anwender mit größeren als den hier zur Verfügung stehenden Ausbringungsflächen normalerweise über Turbulatoren mit größeren Tankvolumina verfügen. Ein größeres Tankvolumen vergrößert den Abstand zwischen Spritzdüsen und Anwender und setzt somit unter den bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 5–6 km/h in den meisten Fällen herrschenden Gegenwindbedingungen voraussichtlich die Exposition weiterhin herab. Die hier geschilderten Daten decken also den ungünstigen Fall ab.

In die dermale Gesamtexposition geht außerdem ein hoher Betrag durch die Exposition des Kopfes ein. Wir hatten den Anwender gebeten, wie schon erwähnt, sich durch unsere Messungen nicht von seiner normalen Arbeitsweise abbringen zu lassen. Er trug also – wie auch sonst bei ihm üblich – bei der Applikation keinen Kopfschutz. Jedoch ist wohl gerade im Obstbau das Tragen von über den Nacken hinausreichenden Kopfbedeckungen durchaus üblich, so daß auch in dieser Beziehung der *worst-case* abgedeckt wurde.

Verglichen mit Feldapplikationen in teilweise geschlossenen Kabinen, liegt die dermale Exposition ohne Berücksichtigung der Anmischung bei der Obstbauapplikation um einen Faktor von ca. 8 bis 10 höher.

Die inhalatorische Belastung macht mit 0,2–0,3 % der Gesamtexposition wiederum auch hier den geringsten Anteil der Gesamtexposition aus. Wegen der im Tierversuch beobachteten geringen Hautpenetrationsfähigkeit der wäßrigen Formulierung dieses Wirkstoffes ist selbst bei den relativ hohen Expositionen nicht mit einer signifikanten Hautresorption zu rechnen, so daß die dermale Exposition hier nur hinsichtlich der lokalen Verträglichkeit zu diskutieren war. Aus toxikologischer Sicht besteht somit bei dieser Applikation nicht die Gefahr einer Gesundheitsgefährdung.

Behandlung	O ₁	O ₂
Aufwandmenge (Wirkstoff) (kg/ha)	0,75	0,75
Ausbringungsgeschwindigkeit (Wirkstoff) (kg/h)	0,2	0,2
Wirkstoffgehalt in der Luft während der Applikation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34	36
Wirkstoffgehalt in der Luft während des Anmischens ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	–	–
Dermale Gesamtexposition (mg/Person Tag)	171	248
Anteil der Handexposition während des Anmischens an der dermalen Gesamtexposition (%)	58	45
Anteil der Handexposition während der Applikation an der dermalen Gesamtexposition (%)	22	13

Tafel 3. Expositionsdaten bei der Ausbringung eines Obstbau-akarizids (WP-Formulierung).

4.2 Koniferenbehandlung

Als weitere Applikationsform in Raumkulturen wurden Expositionsmessungen bei Rückenspritzenapplikationen im Koniferenbestand mit einem insektizidwirksamen Phosphorsäureester durchgeführt, der zu 90 % im Kleingartenbereich Einsatz findet.

Das Insektizid liegt als emulgierbares Konzentrat vor, von dem eine 0,5 %ige Lösung ausgebracht wurde. Bei den durchgeführten Messungen unterschied sich das Tankvolumen, so daß eine unterschiedliche Anzahl von Anmischungen notwendig wurde. Zur Anmischung wurden 25 ml bzw. 100 ml des emulgierbaren Konzentrats mit einem Meßbecher abgefüllt und in den Tank, der 5 bzw. 20 l faßte, umgefüllt. Die Bäume wurden bis zu einer Höhe von 3,5 m gespritzt.

Die Ergebnisse sind in **Tafel 4** zusammengestellt.

Behandlung	K ₁	K ₂
Ausbringungskonzentration (%)	0,5	0,5
Tankvolumen (l)	5	20
Wirkstoffkonzentration in der Luft während der Applikation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6	4
Dermale Gesamtexposition (mg/Person Stunde)	19 (7 Anmischungen)	1 (3 Anmischungen)
Anteil der Handexposition während des Anmischens und der Applikation an der dermalen Gesamtexposition (%)	95	96

Tafel 4. Expositionsdaten bei der Ausbringung eines Insektizids (EC-Formulierung) im Koniferenbestand mit einer Rückenspritze.

Die Wirkstoffkonzentration in der Luft liegt bei einem Zwanzigstel des für dieses Insektizid bestehenden MAK-Wertes von $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Die dermale Exposition ist insbesondere auf die Handexposition während des Anmischens zurückzuführen, wobei sich ein kleines Tankvolumen durch die häufiger notwendigen Anmischvorgänge ungünstig auswirkt.

Die hier ermittelten Expositionsdaten werden durch zahlreiche Literaturzitate bestätigt, wonach insgesamt die dermale Gesamtexposition bei Rückenspritzenapplikationen mit den hier verwendeten Konzentrationen zwischen 10 und 20 mg/Person h angegeben sind. Wohl wegen des geringeren Ausbringungsdrucks und der erst langsam abregnenden Tröpfchen erreicht die Exposition nicht die Werte der Ausbringung im Obstbau. Die geringeren Werte lassen sich möglicherweise dadurch erklären, daß im Kleingartenbereich und auch bei den beschriebenen Messungen nicht dicht beieinanderstehende Bestände, sondern vor allem mehr oder weniger einzeln stehende Bäume behandelt wurden.

Eine erkennbare Cholinesterasehemmung wurde weder direkt, noch 24 Stunden nach der Applikation bei den Anwendern beobachtet.

4.3 Hopfenbau

Im Hopfenbau wurden vergleichende Messungen bei verschiedenen Ausbringungsarten durchgeführt. Die Anwenderexposition wurde bei der Applikation eines systemisch wirkenden Insektizids durch Sprühen und Spritzen gemessen, wobei im Hopfenbau dem Spritzen flächenmäßig eine geringere Bedeutung zukommt. Das Insektizid wurde als emulgierbares Konzentrat eingesetzt.

Verwendet wurden verschiedene Schlepper mit heckangebautem Tank und Turbulatoren bzw. Spritzgestänge. Ein direkter Zusammenhang zwischen Exposition und Aufwandmenge läßt sich bei diesen Werten nicht feststellen, **Tafel 5**. Ebenso ist kein deutlicher Unterschied zwischen den Expositionsdaten der Spritz- und Sprühapplikationen zu erkennen.

Die dermale Exposition liegt insgesamt zwischen 10 und 60 mg/Person Tag, die inhalatorische Belastung bei maximal $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Auch hier läßt sich die dermale Gesamtexposition durch das Tragen wirkstoffundurchlässiger Schutzhandschuhe reduzieren.

Bezüglich der Exposition bedenklich ist die insbesondere im Hopfenbau verbreitete, jedoch nicht zulässige Streichapplikation von systemischen Insektiziden. Trotz zahlreicher Hinweise auf Pakungsbeilagen zum Verbot dieser Applikationsart und vermehrter Aufklärungsaktionen seitens der Behörden und der Pflanzenschutzmittelhersteller, ist diese Applikationsart noch verbreitet. Die Ausbringung ist in keiner Weise standardisiert und die Exposition ausschließlich von der individuellen Arbeitsweise und -geschwindigkeit des Anwenders abhängig. Expositionsbereiche sind somit nicht kalkulierbar.

Behandlung	Sprühapplikation					Spritzapplikation
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	
Aufwandmenge (Wirkstoff) (kg/ha)	2,4	2,4	1,8	1,6	2,0	2,5
Ausbringungsgeschwindigkeit (Wirkstoff) (kg/h)	4,8	1,6	1,0	1,5	1,8	1,5
Wirkstoffgehalt in der Luft während der Applikation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<1	8	<1	28	21	<1
Dermale Gesamtexposition (mg/Person Tag)	30	60	10	43	45	42
Anteil der Handexposition an der dermalen Gesamtexposition (%)	83	84	10	19	34	78

Tafel 5. Expositionsdaten bei der Ausbringung eines Insektizids (EC-Formulierung) im Hopfenbau.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich für die beschriebenen Applikationsarten und Formulierungen die in Tafel 6 aufgeführten Maximalexpositionen angeben.

Beim Anmischen einer WP-Formulierung ist mit einer 3- bis 4fach höheren Handkontamination zu rechnen als beim Anmischen einer EC-Formulierung. Der Wirkstoffgehalt in der Luft während des Anmischens liegt bei einer WP-Formulierung ca. 20mal höher als bei einer EC-Formulierung.

Verglichen mit Flächenkulturen ist bei der Behandlung von Raumkulturen mit einer 10fach höheren Wirkstoffkonzentration in der Luft während der Applikation zu rechnen. Während des Anmischens steigt diese Konzentration beim Ansatz von WP-Formulierungen stärker als bei EC-Formulierungen. Die dermale Exposition liegt um einen Faktor von 2 höher als bei Flächenkulturen, wobei die Handkontamination prozentual einen geringeren Anteil an der Gesamtexposition ausmacht. Ohne Berücksichtigung der Handflächen liegt bei Raumapplikationen die Exposition um einen Faktor von ca. 10 höher als bei Flächenapplikationen.

Die großen Schwankungsbreiten, in denen sich Expositionen bei ein und derselben Applikationsart bewegen, sind wohl zuerst in unterschiedlichen Arbeitsweisen begründet. Die höchsten Expositionen fallen beim Anmischen der Spritzbrühe an. Der Anmischvorgang läßt sich aber bei den beschriebenen Formulierungen nicht standardisieren, so daß je nach Sorgfalt, Geschick und Fertigkeit des Anwenders Expositionsunterschiede auftreten müssen.

Der Einfluß dieser subjektiven Faktoren läßt sich erst dann weitgehend ausschalten, wenn empfohlene und vorgeschriebene Schutzmaßnahmen in stärkerem Umfang Beachtung finden. Eine wirksame Reduktion der Exposition kann deshalb nur über eine gründliche Aufklärung der Anwender beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln erfolgen und nur in geringerem Maße über technische Maßnahmen während der Applikation erzielt werden.

Flächenkulturen:	
Aufwandmenge (Wirkstoff)	Bis zu 0,16 kg/ha
Wirkstoffkonzentration in der Luft	Max. 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dermale Gesamtexposition	Max. 120 mg/Person Tag
Handexposition während des Anmischens und der Applikation	Max. 99 % der dermalen Gesamtexposition
Raumkulturen:	
Aufwandmenge (Wirkstoff)	Bis zu 2,5 kg/ha
Wirkstoffkonzentration in der Luft	Max. 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dermale Gesamtexposition	Max. 250 mg/Person Tag
Handexposition während des Anmischens und der Applikation	Max. 84 % der dermalen Gesamtexposition
Rückenspritzenapplikationen:	
Ausbringungskonzentration	0,5 %ige Wirkstoffkonzentration
Wirkstoffkonzentration in der Luft	Max. 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dermale Gesamtexposition	Max. 20 mg/Person Stunde
Handexposition während des Anmischens und der Applikation	Max. 96 % der dermalen Gesamtexposition

Tafel 6. Maximalexpositionen für die verschiedenen Applikationsarten und Formulierungen.

Schrifttum

- [1] Batel, W.: Belastung des Arbeitsplatzes durch Wirkstoffe beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln. *Grundl. Landtechnik* Bd. 31 (1981) Nr. 3, S. 94/108.
- [2] Batel, W.: Belastung des Arbeitsplatzes beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln durch Spritzen und Sprühen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 32 (1982) Nr. 4, S. 113/24.
- [3] Batel, W., M. Kunde und Mitglieder der ad-hoc-Gruppe "Abschätzung des Anwenderrisikos" des Industrieverbandes Pflanzenschutz e.V.: Methodik zur Ermittlung der Exposition von Anwendern bei der anwendungsempfohlenen Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. (Veröffentlichung vorgesehen im Bundesgesundheitsblatt 1984).
- [4] U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Guidelines for Registering Pesticides in the United States. Subpart k, Exposure Data Requirements: Reentry Protection, Draft May 4, 1981.
- [5] Batel, W.: Persönliche Mitteilung vom 27.7.1982.
- [6] Mobay Chemical Corporation Study. August 1981.