

## Schutzwirkung der Fahrerkabine beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln

Von Wilhelm Batel, Braunschweig-Völkenrode\*)

*Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft,  
Braunschweig-Völkenrode*

DK 631.372:631.348:614.7

Beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln können Bedingungen vorliegen, die einen Schutz des Anwenders durch die Fahrerkabine empfehlen. Mit dieser Maßnahme läßt sich ein Gesundheitsrisiko voll ausschließen, wenn einige Voraussetzungen erfüllt sind. Hierzu gehören eine hinreichende Abscheidegüte des Filters (Abscheider) in der Zuluft, eine leckfreie Abdichtung des Filters und eine ausreichende Dichtheit der Kabine. Bei Auswahl und Betrieb des Filters ist zu bedenken, daß ein gewisser Anteil der Wirkstoffe auch in gasförmigem Zustand vorliegt.

### 1. Einleitung

Die Frage nach einem Gesundheitsrisiko beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln durch Spritzen und Sprühen war Grund für umfangreiche Messungen und für die Erarbeitung von Grundlagen zur Prognose der Belastung des Arbeitsplatzes [1, 2]. Danach besteht bei diesen Arbeiten im allgemeinen kein Anwen-  
derrisiko, wenn die bestehenden Richtlinien hinsichtlich Aufwand, Geräteausrüstung und Umgebungsbedingungen beachtet werden. In einigen Fällen, wie beim Spritzen mit sehr großem Abstand der Spritzbalken oder Spritzbögen vom Boden, bei Frontanbau und beim Sprühen in geschlossenen Raumkulturen, ist ein gewisses Risiko nicht auszuschließen. Dann sind Schutzmaßnahmen angebracht oder erforderlich, um die Belastung des Arbeitsplatzes sicher auf unbedenkliche Werte zu begrenzen. Für diese Aufgabe sind geeignet:

1. personengetragene Schutzeinrichtungen wie die Atemschutzmaske, der Atemschutzhelm oder die schultergetragene Kopfhäube mit geeignetem Abscheider in der Zuluft und
2. fahrzeugintegrierte Einrichtungen wie die Fahrerkabine.

\*) Prof. Dr.-Ing. W. Batel ist Leiter des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Für kurzzeitige Arbeiten empfehlen sich personengetragene Einrichtungen. Da sie aber zu einer gewissen Behinderung führen, ist für längerzeitige Arbeiten, wie in Großbetrieben und bei Lohnunternehmen, an die Fahrerkabine zu denken.

Über die Schutzwirkung einer Fahrerkabine gegen teilchenförmige feste Fremdstoffe in der Luft, also Staub, liegen hinreichende Meßergebnisse vor [3]. Man kann diese Ergebnisse aber nur begrenzt auf Pflanzenbehandlungsmittel übertragen, weil flüssige Teilchen während der Transmission ihren Aggregatzustand verändern können, z.B. durch Übergang von der flüssigen in die feste oder auch in die gasförmige Phase. Die Frage nach der Schutzwirkung von Kabinen soll daher mit Hilfe grundsätzlicher Überlegungen und durch Messungen beantwortet werden.

### 2. Entlastungs-, Abscheide-, Durchlaß- und Schutzgrad einer Fahrerkabine

Zur Beurteilung der Schutzwirkung einer Fahrerkabine lassen sich unterschiedliche Kriterien heranziehen. Der Entlastungsgrad E bezieht die Abnahme der Belastung durch eine Fahrerkabine auf die Belastung am offenen oder ungeschützten Fahrerplatz:

$$E = \frac{\xi_F - \xi_{FKab}}{\xi_F} \cdot 100 \% .$$

Zur Bestimmung dieses Wertes ist die Belastung am Fahrerplatz mit und ohne Kabine bei sonst gleichen Bedingungen zu messen.

Der Abscheidegrad A bezieht die Abnahme der Arbeitsplatzbelastung auf den Wirkstoffgehalt in der vom Gebläse angesaugten Zuluft  $\xi_{Zu}$ :

$$A = \frac{\xi_{Zu} - \xi_{FKab}}{\xi_{Zu}} \cdot 100 \% .$$

Der Durchlaßgrad einer Kabine ist definiert als

$$D = 100 \% - A .$$

Dieser Wert ist recht anschaulich und allgemein auch üblich zur Charakterisierung personengetragener Schutzeinrichtungen.

Toxizität	Verabreich. bzw. Exposit.		Weg der Stoffaufnahme	Kriterien
	Häufigkeit	Dauer		
akute	einmalig	kurzzeitig	respiratorisch	Letale Dosis LD
subakute		28 Tage		Letale Konzentration LC
subchronische	wiederholt	90 Tage		No-observed effect level
chronische		> 6 Monate	dermal	Acceptable daily intake ADI
cancerogene		> z.B. 2 Jahre	gastrointestinal (oral)	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration MAK-Wert
mutagene	wiederholt	z.B. mehrere Generationen		
teratogene	– auch einmalig –			
allergene				

Tafel 1. Für das Anwenderrisiko relevante toxikologische Begriffe.

Der Schutz- oder Sicherheitsgrad verknüpft das Risiko mit und ohne Kabine. Das Risiko [4] wiederum wird vom Verhältnis der aufgenommenen Dosis zur zulässigen Dosis beschrieben. Da es sehr unterschiedliche toxikologische Kennwerte [5, 6] gibt, **Tafel 1**, in die auch Größe und Verteilung der Expositionszeiten eingehen, muß an dieser Stelle auf eine weitergehende Darstellung dieser auch begrifflich noch in der Entwicklung stehenden Bewertung verzichtet werden.

### 3. Grundsätzliches zur Schutzwirkung einer Kabine

Nach den angesprochenen Gleichungen für den Entlastungs-, Abscheide- und Durchlaßgrad sind der Luftzustand (einschl. der Luftbewegungen) der Kabinenumgebung und die Möglichkeiten des Eintritts von Wirkstoffen in die Kabine entscheidende Faktoren.

#### 3.1 Zustand der Kabinenumgebung beim Spritzen und Sprühen

Nach durchgeführten Untersuchungen nimmt, bezogen auf den Atembereich, der Wirkstoffgehalt in der Luft beim Sprühen mit der Höhe, also nach oben, zunächst zu. Im Transmissionsstrom befinden sich auch nicht atembare Teilchen, die vergleichsweise schnell und damit auch im Bereich des Fahrerplatzes sedimentieren.

Beim Spritzen liegt eine umgekehrte Konzentrationsverteilung vor. Der Wirkstoffgehalt nimmt, vom Atembereich aus gesehen, nach unten zu. Im Transmissionsstrom befinden sich hier im wesentlichen nur atembare Teilchen. Auch ist der Wirkstoffgehalt im Atembereich wesentlich niedriger als beim Sprühen.

Wird in einen Transmissionsstrom mit solchen Konzentrationsverteilungen eine Kabine eingebracht, so verändert sich mit den dadurch verknüpften Strömungsvorgängen die örtliche Konzentration. Im allgemeinen steigt dadurch die Konzentration in Nähe der Kabine an. Diese Zunahme ist beim Spritzen prozentual deutlich höher als beim Sprühen. Wegen der mit dem Aufbau der Kabine verbundenen Änderung der örtlichen Konzentration erfolgt auch eine Unterscheidung in Entlastungs- und Abscheidegrad. Der zahlenmäßige Unterschied zwischen diesen beiden Kriterien nimmt mit wachsendem Abscheidegrad ab und ist bei hohen Abscheidegraden zu vernachlässigen.

#### 3.2 Eintrittswahrscheinlichkeit der Wirkstoffe in eine Kabine

Wirkstoffe aus der Umgebung können auf drei Wegen in die Kabine gelangen: über das Zuluftfilter, über Lecköffnungen (Undichtigkeiten) und gegebenenfalls über einen kontaminierten Fahrer. Der zuletzt genannte Fall wird für die weiteren Betrachtungen vernachlässigt.

Für den Stoffwechsel des Menschen ist der Kabine eine bestimmte Frischluftmenge zuzuführen. Der mit dieser Zuluft eindringende

Wirkstoffstrom hängt vom Wirkstoffgehalt, dem physikalischen Zustand der Wirkstoffe und der Arbeitsweise bzw. Güte des Abscheiders ab.

Die Wirkstoffe sind beim Austritt aus der Quelle in Flüssigkeit dispergiert oder gelöst; die Tropfengrößenverteilung stellt sich in Abhängigkeit von den Zerstäubungsparametern ein. Mit diesem Zeitpunkt beginnt eine Verdunstung, die von den Stoffeigenschaften und dem Luftzustand abhängt. Am Arbeitsplatz können Wirkstoffe daher außer in Form von Tropfen auch in festem und gasförmigem Zustand vorliegen. Zu bedenken ist ferner,

daß Tropfen, die das Fahrzeug beaufschlagen, insbesondere an den erwärmten Bauteilen des Motors und in dessen Abluft verdunsten. Der auf diese Weise entstehende gasförmige Anteil steigt daher mit der abgegebenen Motorleistung des Fahrzeuges.

Über die Abscheidung solcher Stoffgemische durch Filter liegen die meisten Erfahrungen aus dem Bereich der Atemschutzfilter vor. Diese bestehen für diese Aufgabe aus einem Faserfilter zur Abscheidung fester und flüssiger Teilchen und einem nachgeschalteten Aktivkohlefilter zur Adsorption der gasförmigen Wirkstoffe. Für hohe Anforderungen sollte man diese Lösung auch für den Abscheider im Zuluftstrom der Kabine wählen.

In vielen Fällen kann man bei Kabinen auf ein Aktivkohlefilter verzichten, weil wasserunempfindliche Normalfilter entsprechender Bauart einen hinreichenden Abscheidegrad für flüssige und feste Teilchen erreichen. Dagegen ist die Adsorption gasförmiger Komponenten meist gering. Weiter ist zu berücksichtigen, daß die auf dem Filter abgeschiedenen Flüssigkeitstropfen – wenn auch meist langsam – verdunsten, d.h. der Durchlaßgrad nimmt scheinbar mit der Expositionszeit zu und selbst nach Beendigung der Sprüh- und Spritzarbeits erfolgt noch ein Transport von Wirkstoffen in die Kabine.

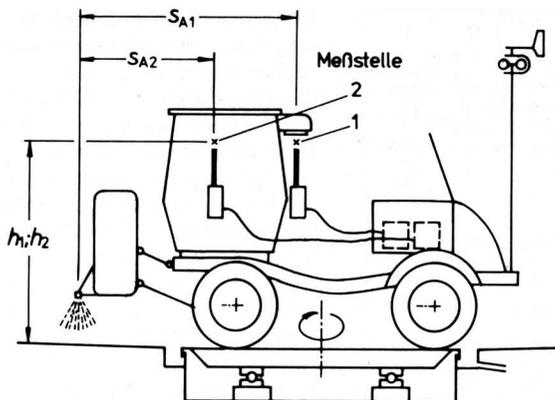
Die über die Lecköffnungen in die Kabine gelangende Wirkstoffmenge hängt von der Größe und Anordnung der Öffnungen und der Außendruckverteilung ab. Durch Begrenzen der Fläche der Lecköffnungen läßt sich bei einem Zuluftstrom von 100–300 m<sup>3</sup>/h ein ausreichend großer Überdruck erzeugen (z.B. > 50 Pa), so daß die Kabine bei den vorkommenden Anströmbedingungen genügend "dicht" ist.

## 4. Versuchsaufbau und Versuchsergebnisse

### 4.1 Versuchsaufbau

Um beim Spritzen und Sprühen Versuche mit und ohne Kabine unter gleichen Bedingungen durchführen zu können, wurde auf einem Unimogfahrzeug über der Hinterachse eine schnell abnehmbare handelsübliche Modulkabine angeordnet, **Bild 1**. Maßorte für den Wirkstoffgehalt sind der Atembereich (Meßstelle 2 –  $\xi_F$  bzw.  $\xi_{FKab}$ ) und der Eintritt der Zuluft (Meßstelle 1 –  $\xi_{(1)}$  bzw.  $\xi_{zu}$ ). Als Probennehmer werden mit flüssigem Sauerstoff gekühlte Abscheider verwendet. Die Pumpen zur Probenluftentnahme und die Geräte zur Luftmengenmessung befinden sich am Beifahrerplatz. Die Analyse der Proben erfolgte gaschromatografisch durch die LUFA in Hameln.

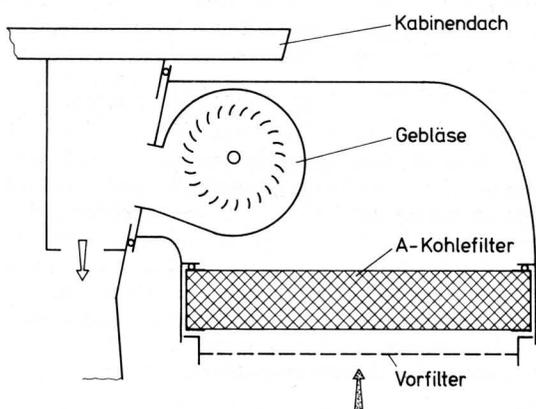
Bei der Fahrerkabine handelt es sich um eine serienmäßige Modulkabine mit geändertem Zuluftkanal, **Bild 2**. In Strömungsrichtung vor dem Gebläse befindet sich ein Rahmen mit den Abmessungen 800 x 300 mm, in den sich wahlweise ein 50 mm starkes Aktivkohlefilter oder ein gefaltetes Papierfilter (Normalfilter) einsetzen läßt. Dem Hauptfilter ist ein Vorfilter (Faservlies) vorgeschaltet. Die Lecköffnungen der Kabine wurden durch Dichtungsmittel soweit verringert, daß bei einem Luftdurchsatz von 300 m<sup>3</sup>/h und einer Abluftöffnung im Boden von 50 cm<sup>2</sup> in der Kabine ein Überdruck gegenüber dem atmosphärischen Druck bei ruhender Umgebungsluft von 50 Pa vorhanden war.



**Bild 1.** Schema der Versuchsanordnung zur Bestimmung der Schutzwirkung einer Fahrerkabine alternativ auch mit Anbausprüngerät.

Abmessungen in mm

	Spritzen	Sprühen
$h_1 = h_2$	2405	2405
$s_{A1}$	2545	2540
$s_{A2}$	1590	1585



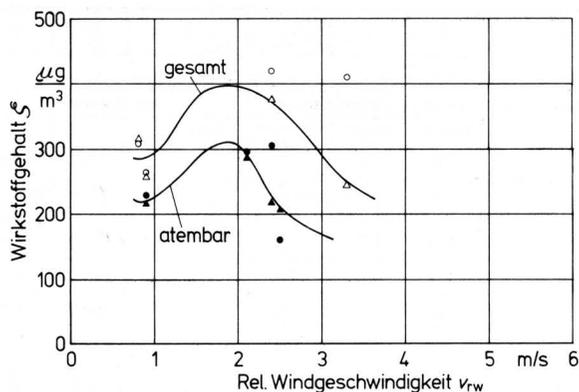
**Bild 2.** Anordnung zum Einsatz verschiedener Zuluftfilter bei der Bestimmung der Schutzwirkung einer Fahrerkabine.

Als Spritzflüssigkeit wurde eine 0,025 %ige Lindan-Lösung (bezogen auf den Wirkstoff) eingesetzt. Die Durchführung der Versuche erfolgte auf einem Versuchsstand bei einem Windeinfallswinkel  $\alpha = 180^\circ$  (axialem Rückenwind), d.h. unter Bedingungen einer Spitzenbelastung. Bei den nachfolgend aufgeführten Versuchsergebnissen sind die relativen Windgeschwindigkeiten eingetragen, die bei den Versuchen mit Kabine vorlagen. Da Versuche mit und ohne Kabine nicht zeitgleich möglich sind, wurden bei den Versuchen ohne Kabine die Kurven  $\zeta = f(v_{rw})$  ermittelt und hieraus die zugehörigen Meßwerte entnommen. **Bild 3** zeigt solche Kurven für das Sprühen.

#### 4.2 Versuchsergebnisse

Die Meßergebnisse sind in **Tafel 2** zusammengestellt. Als Aussage ergibt sich:

- Bei Einsatz des Aktivkohlefilters mit Vorfilter liegt nach Spalte 7 der Wirkstoffgehalt am Fahrerplatz beim Sprühen unter Spitzenbelastung stets unter  $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und beim Spritzen unter  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vergleicht man diese Werte mit MAK-Werten von Pflanzenbehandlungsmitteln [3, 6], so ergibt sich, daß unter diesen Bedingungen kein Gesundheitsrisiko besteht, d.h. mit einer Fahrerkabine ist eine Schutzwirkung von 100 % möglich.



**Bild 3.** Belastung (gesamter und atembare Wirkstoffgehalt) in Abhängigkeit von der relativen Windgeschwindigkeit, gemessen ohne Kabine beim Sprühen mit  $\zeta_Q = 14,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $E_L = 38000 \text{ m}^3/\text{h}$ , 12 Düsen 2 mm  $\phi$  im Halbkreis (Kurven gelten für Meßstelle 2).

Wirkstoffgehalt	Meßstelle 1	Meßstelle 2
gesamt	○	△
atembar	●	▲

Diese Feststellung kann auch bei Einsatz eines Normalfilters gelten. Mit diesem Filter liegen die Belastungen zwar deutlich höher, ohne daß aber unzulässige Werte auftreten. Diese Aussage für das Papierfilter gilt gesichert nur für die Versuchsbedingungen wie u.a. für LINDAN und Pflanzenbehandlungsmittel, die hinsichtlich der Verdunstung ein ähnliches Verhalten zeigen. An anderer Stelle [7] wurden für Normalfilter solche Ergebnisse aber auch für Methylparathion, Toxaphen und Xylene gefunden.

Für weitergehende toxikologische Bewertungen empfehlen sich die respiratorische (inhalatorische) und dermale Exposition. Diese lassen sich aus der Arbeitsplatzbelastung  $\zeta_F$  errechnen [8].

Die stündliche inhalatorische Exposition beträgt

$$\beta_{\text{resp}} = \zeta_F^a \dot{Q}_{\text{resp}} \eta_{\text{resp}} \quad [\mu\text{g}/\text{h}].$$

Nach durchgeführten Messungen und für Prognoseabschätzungen kann man für die Bedingungen in einer Kabine von einer Inhalationswahrscheinlichkeit  $\eta_{\text{resp}} \approx 1$  ausgehen. Für das Atemvolumen wird allgemein der Wert für leichte Arbeit, nämlich  $\dot{Q}_{\text{resp}} = 1,75 \text{ m}^3/\text{h}$  angenommen.

Für die stündliche dermale Exposition läßt sich ansetzen:

$$\beta_{\text{derm}} = \zeta_F \epsilon v_{rw} A_q \eta_{\text{derm}} \quad [\mu\text{g}/\text{h}]$$

- $\epsilon$  Anteil der Wirkstoffe in partikelförmigem Zustand;  $1 - \epsilon$  gasförmiger Anteil
- $v_{rw}$  Anströmgeschwindigkeit der Körperteile mit ungeschützten Hautflächen in m/h
- $A_q$  angeströmte Querschnittsfläche der Körperteile mit ungeschützten Hautflächen in  $\text{m}^2$ .

Der Auftreffgrad  $\eta_{\text{derm}}$  ist abhängig von der Größe der Partikel (Tropfen), der Anströmgeschwindigkeit und -richtung, der Größe und Form der Körperteile sowie Größe und Verteilung der dargebotenen Hautflächen. Für die in Kabinen vorliegenden Bedingungen kann man nach Messungen  $\eta_{\text{derm}} < 0,1$  einsetzen.

Auch mit den so errechneten Werten und damit im Vergleich zum MAK-Wert weiter aufgefächerten Daten für die in der Kabine auftretende Exposition läßt sich kein Gesundheitsrisiko erkennen.

- Durch die Kabine wird im allgemeinen die Konzentration örtlich angehoben, und zwar beim Spritzen stärker als beim Sprühen, wie Spalte 11 der **Tafel 2** zeigt. (Beim Spritzen und Sprühen ohne Kabine ist der Unterschied zwischen dem Gehalt am Fahrerplatz und an der Meßstelle 1 zu vernachlässigen.) Bei einer solchen Erhöhung der Konzentration ist der Abscheidegrad meist etwas besser als der Entlastungsgrad.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ausbringungsart	Rel. Windgeschw. $v_{rw}$ m/s	Wirkstoffgehalt				Entlastungs- und Abscheidegrad			$\xi_{zu}$ $\xi_F$ bzw. $\xi_{zu}$ $\xi(1)$		
		ohne Kabine		mit Kabine		Filterart	$\xi_{zu}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\xi_{FKab}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$		gesamt E %	atemb. A %
		gesamt $\xi_F^g$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	atembar $\xi_F^a$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Sprühen mit $\xi_Q = 14,2 \text{ mg}/\text{m}^3$	0,8	290	215	Aktivkohle- u. Vorfilter	311,2	1,8	99,4	99,4	99,2	1,07	
	1,3	332	250		246,2	6,2	98,1	97,5	97,5	0,74	
	1,6	335	285		367,2	4,3	98,7	98,8	98,5	1,10	
	1,9	400	300		421,5	2,2	99,5	99,5	99,3	1,05	
					$\phi$		98,9	98,8	98,6		
	0,6	276	200	Normalfilter u. Vorfilter	379,7	21,2	92,3	94,4	89,4	1,38	
	0,7	280	205		272,8	32,5	88,4	88,1	84,1	0,97	
	1,5	330	280		372,6	9,1	97,2	97,6	96,8	1,13	
	2,5	360	200		345,5	30,7	91,5	91,1	84,7	0,96	
			$\xi(1)$		$\phi$		92,4	92,8	88,8		
Spritzen mit $\dot{E}_{W1} = 0,056 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ h}$	1,4	24	Aktivkohle- u. Vorfilter	35,6	2,6		92,7	89,2	1,48		
	1,6	27		37,6	1,1		97,1	95,9	1,39		
	1,9	27		42,7	2,5		94,1	90,7	1,58		
	2,5	23		52,4	1,4		97,3	93,9	2,28		
				$\phi$			95,3	92,4			

Tafel 2. Wirkstoffgehalt in der Luft und Entlastungs- bzw. Abscheidegrad einer Fahrerkabine bei verschiedenen relativen Windgeschwindigkeiten; Spritzen (3,15 bar) und Sprühen (11,7 bar) von Flüssigkeit mit 0,025 % Lindan (Wirkstoff); Fahrerkabine mit  $\dot{Q}_{zu} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$  und 50 Pa Überdruck bei  $v_{rw} = 0$ , Abluftquerschnitt  $50 \text{ cm}^2$ ; mittl. Lufttemperatur ca.  $17,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , mittl. Luftfeuchte ca. 80 %, rel. Windrichtung  $\alpha = 180^\circ$  (axialer Rückenwind).

Der Unterschied ist aber recht gering, so daß man ihn für praktische Entscheidungen vernachlässigen darf.

- Die gefundenen Ergebnisse stimmen recht gut mit Messungen der Fa. John Deere überein [7].
- Da beim Abscheidegrad Werte über 99 % auftreten, kann man davon ausgehen, daß unter den gegebenen Bedingungen kein Wirkstoffstrom über die Lecköffnungen in die Kabine gelangt. Ein Überdruck von 50 Pa, gemessen bei ruhender Umgebungsluft, ist daher als ausreichend anzusehen.
- Die Ergebnisse lassen sich sinngemäß auch auf personenge-tragene Schutzeinrichtungen übertragen, weil der Wirkungsmechanismus gleich ist. Verschieden sind nur die räumlichen Abmessungen.

Welche weiteren Hinweise sind aus den Ergebnissen abzuleiten?

Man kann bei hinreichend dichten Kabinen, geeigneten Normalfiltern in der Zuluft und Pflanzenbehandlungsmitteln nicht zu hoher Flüchtigkeit von einem Abscheidegrad auch von über 80 % ausgehen. Dies bedeutet, daß derart ausgerüstete Kabinen beim Spritzen mit Heckanbau ausreichen. Der Zuluft eintritt sollte am Dach und an der Frontseite der Kabine liegen. (Ein Zuluft eintritt oberhalb der Dachfläche bringt wegen der Konzentrationsverteilung über der Höhe beim Spritzen eine beachtliche Abnahme von  $\xi_{zu}$ .)

Auch beim Sprühen reicht eine Kabine mit hoher Dichtheit und Normalfilter im allgemeinen aus. Bei längerzeitig zum Sprühen eingesetzten Schleppern und/oder Mitteln hoher Flüchtigkeit ist der Einbau eines Aktivkohlefilters zu empfehlen. Normalfilter sollte man nach Arbeitsende täglich austauschen. Dabei ist es nicht notwendig, die Filter zu verwerfen. Man kann durch Zwischenlagerung unter entsprechenden Bedingungen ein Verdunsten oder einen Abbau der Pflanzenbehandlungsmittel erreichen und das Filter dann erneut einsetzen.

Ein gewisses Problem bei den Aktivkohlefiltern ist die Standzeit, also die Zeit bis zur Sättigung des Filters. Ihre Bestimmung setzt die Kenntnis der Daten der Aktivkohle (u.a. Korngröße, spez. Oberfläche, Porenverteilung, ggf. Imprägnierung), der Art und Konzentration des zu adsorbierenden Stoffes, der Einsatztemperatur und der Wasseraufnahme des Filters voraus. Eine Abschätzung der zulässigen Zeiten kann von der Herstellerfirma gemacht werden, wenn mittlere Belastungs- und Klimawerte aus repräsentativen Messungen vorliegen.

Beim Einsatz von Normalfiltern ist daran zu denken, nur jene Bauarten zu verwenden, die feuchtigkeitsunempfindlich sind, also für die Abscheidung von Flüssigkeitstropfen geeignet sind.

Vorstehende Ergebnisse beziehen sich auf eine innen nicht kontaminierte Kabine und einen nicht kontaminierten Fahrer. Aber selbst, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, werden sich die Belastungen in

der Kabine nur wenig ändern, wenn eine gute Luftführung vorliegt. Hierunter ist zu verstehen, daß neben einer definierten Zuluft- auch eine definierte Abluftführung besteht. Dies erfordert, daß der Dichtheit der Kabine und der Verteilung der Lecköffnungen für die Abführung der Abluft mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muß, als es bei den derzeit handelsüblichen Kabinen der Fall ist.

– Untersuchungen über Einzelfragen der Kabinengestaltung wie Größe und Verteilung der Lecköffnungen, Anordnung des Zuluft eintritts, Zuluftmenge, Abscheider für die Zuluft, Warn- oder Signal einrichtungen sind noch nicht abgeschlossen.

Obige Aussagen gelten nur für die Exposition über die Luft, da Belastungen mit Pflanzenbehandlungsmitteln infolge des Kontakts bei der Handhabung in den vorstehenden Überlegungen nicht erfaßt sind. Solche Belastungen hängen ausschließlich von der Sorgfalt des Beschäftigten ab und sind einer systematischen Untersuchung daher nicht zugänglich.

## 5. Zusammenfassung

Mit einer Fahrerkabine läßt sich für alle Arbeiten zum Pflanzenschutz ein Gesundheitsrisiko des Anwenders mit Sicherheit ausschalten, wenn die Konstruktion die folgenden Merkmale aufweist:

- geeigneter, richtig ausgelegter und betriebener Abscheider in der Zuluft – z.B. Aktivkohlefilter mit Vorfilter
- hinreichend dichte Kabine derart, daß bei der betrieblich empfohlenen Zuluftmenge ein Überdruck von ca. 50 Pa in der Kabine herrscht, gemessen bei ruhender Umgebungsluft
- leckfreie Abdichtung des Abscheiders gegen die Wände des Zuluftkanals und
- eine der Aufgabe angepaßte Luftführung in der Kabine wie z.B. die Verdrängungsströmung.

Vorgenannte Aussage setzt weiter voraus, daß die Pflanzenschutzarbeiten nach den bestehenden Richtlinien hinsichtlich Aufwand, Gerätebeschaffenheit und Umgebungsbedingungen durchgeführt werden.

Bei den angegebenen Werten bleiben die Belastungen durch die der Applikation vor- und nachgeschalteten Arbeiten unberücksichtigt.

Verwendete Formelzeichen		
$\xi$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Wirkstoffgehalt (Schadstoffgehalt) in der Luft (20 °C, 1013 mbar); Belastung der Luft durch Wirkstoffe (aktiver Bestandteil im Präparat) der Pflanzenbehandlungsmittel
Indizes für $\xi$ , tiefgesetzte		
F		am ungeschützten Fahrerplatz eines Spritz- oder Sprühfahrzeuges (Atembereich)
FKab (1)		im Atembereich in einer Kabine an der Meßstelle 1
Q		im Trägerluftstrom bei Austritt aus dem Sprühgerät
Zu		im Zuluftkanal, Probenahme wie bei der Messung des gesamten Wirkstoffgehaltes
hochgesetzte		
a		atembarer Wirkstoffgehalt
g		gesamter Wirkstoffgehalt beim Sprühen
Emissionen		
$\dot{E}_{W1}$	$\text{kg}/\text{m h}$	Emissionsstrom aus Wirkstoff pro m Spritzbreite
$\dot{E}_L$	$\text{m}^3/\text{h}$	Gebläse-Luftstrom beim Sprühen
Luftbewegungen und Luftzustände		
$\dot{Q}_{\text{resp}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	Atemvolumen (Atemluftstrom)
$\dot{Q}_{\text{zu}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	Zuluftstrom
$v_{\text{rw}}$	$\text{m}/\text{s}$	rel. Windgeschwindigkeit, Anströmgeschwindigkeit
$\alpha$	°	Windeinfallswinkel (relative Windrichtung), Winkel zwischen Fahrzeuglängsachse und Windrichtung (bei axialem Gegenwind ist $\alpha = 0$ )
Abmessungen		
h	m	lotrechter Abstand vom Boden
$s_A$	m	horizontaler Abstand zwischen Meßstelle und Quelle (Spritzbalken bzw. Düsenkranz des Sprühgerätes)
andere Formelzeichen		
$A_q$	$\text{m}^2$	angeströmte Querschnittsfläche der ungeschützten Körperteile

A	%	Abscheidegrad
D	%	Durchlaßgrad
E	%	Entlastungsgrad
$\beta_{\text{derm}}$	$\mu\text{g}/\text{h}$	stündliche dermale Exposition
$\beta_{\text{resp}}$	$\mu\text{g}/\text{h}$	stündliche respiratorische Exposition
$\eta_{\text{derm}}$		Auftreffgrad
$\eta_{\text{resp}}$		Inhalationswahrscheinlichkeit, Respirationsgrad

## Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [ 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.*: Staubbelastung und Staubzusammensetzung an Arbeitsplätzen der landwirtschaftlichen Produktion und daraus abzuleitende Belastungsgrenzen und Staubschutzmaßnahmen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 29 (1979) Nr. 2, S. 41/54.
- [ 4 ] WHO: *Environmental Health Criteria 6 – Principles and methods for evaluating the toxicity of chemicals. Part I* World Health Organisation, Geneve 1978.
- [ 5 ] DFG: *Mitteilungen der Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmittel.* Sekretariat der Deutschen Forschungsgemeinschaft Bonn-Bad Godesberg, Kennedyallee 40.
- [ 6 ] • *Klimmer, O.R.*: *Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel.* Hattingen: Verlag Hundt 1971.
- [ 7 ] *Miller, M.L., A.W. Eissler u. J.W. Ackley*: Tractor operator enclosure environment during pesticide application operations. *ASAE-Paper No. 79-1009.*
- [ 8 ] *Batel, W.*: Zur respiratorischen und dermalen Belastung beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln. Erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

## Einsatzoptimierung von Ackerschleppern durch elektronische Fahrerinformation

Von Johannes Schimmel und Heinz Hulla, Steyr, Österreich\*)

DK 631.372:629.1.057

In den letzten Jahren ist es gelungen, Ackerschlepper mit einem weitgehend ausgereiften Grundkonzept zu entwickeln, wodurch die Basis für den wirtschaftlichen Einsatz geschaffen wurde. Die weitere konstruktive Optimierung ist mit großem Aufwand verbunden, der angesichts der

Ertragssituation der Landwirtschaft zunächst nicht vertretbar scheint. Eine vergleichsweise günstige Möglichkeit der Weiterentwicklung bietet sich für die Fahrweise des Schleppers an, die aufgrund mangelnder Information derzeit durch den Fahrer nur unvollkommen den wirtschaftlichen Anforderungen angepaßt werden kann. Theoretische Überlegungen zur Definition der optimalen Fahrweise werden angestellt und ein als Prototyp realisiertes Fahrerinformationssystem beschrieben.

Für die Zusammenarbeit bei der Herstellung des Prototyps bedanken wir uns bei Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich und Herrn Dipl.-Ing. K.-H. Mertins vom Institut für Landtechnik und Baumaschinen der TU Berlin.

\*) Dipl.-Ing. J. Schimmel ist Mitarbeiter der Abteilung Forschung, Dipl.-Ing. H. Hulla Leiter der Versuchsabteilung Traktor/Landmaschinen der STEYR-DAIMLER-PUCH AG in Steyr, Österreich.

Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Neu-Ulm am 28. Oktober 1982.