

Exposition durch Pflanzenschutzmittelabdrift an Blattoberflächen von Nichtzielpflanzen in terrestrischen Saumstrukturen

KOCH, H., P. WEIßER, M. LANDFRIED, O. STRUB,
Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimerstr. 144, 55128 Mainz,
E-mail: hkoch.lpp-mainz@agrarinfo.rlp.de

Zusammenfassung

Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nicht-Ziel-Organismen werden im Zulassungsverfahren abgeschätzt und ggf. in Anwendungsaufgaben umgesetzt. Die erwartete Exposition in bestimmten Anwendungsszenarien wird derzeit auf der Basis der von der BBA veröffentlichten Abdrifteckwerte angenommen. In einer Untersuchungsreihe wurde mit einem Feldspritzgerät ein fluoreszierender Farbstoff als Tracer appliziert, mit dem Ziel, die durch Abdrift entstandenen Belagsmassen auf den Pflanzenoberflächen außerhalb der Behandlungsfläche zu messen. Die erfassten Belagswerte werden in ng/cm² Blattoberfläche angegeben. Zu berücksichtigen ist, dass Driftbeläge bei gleichem Abstand zum Feldrand in großer Variabilität entstehen. Mit zunehmendem Abstand nimmt die Belagsmasse rasch ab, während die Variabilität zunimmt. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass Wind nicht als sich konstant ausbreitende Luftbewegung zu verstehen ist, sondern auch kleinflächig erheblich in Richtung und Stärke schwankt. Verdriftende Partikel sind schwebefähig und daher allein von der Luftbewegung abhängig. Verglichen wurden Universaldüsen (XR 110 03 bei 2 bar) und als verlustmindernd (50%) eingestuft Düsen (AI 110 025 3 bar) bei einem Wasseraufwand von 200 l/ha. Während die geprüfte grobtropfige Variante mit 50% Verlustminderung registriert ist, zeigte sich in der Wiese in den Messreihen eine Belagsreduzierung um ca. 90% gegenüber der Universaldüse, die deutlich über den Abdrift-Eckwerten liegt. Bereits nach etwa 10m lagen sämtliche Belagswerte bei der driftreduzierenden Düse unterhalb von Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze. Die erarbeiteten Daten sind zur realistischeren Abschätzung der möglichen Exposition in off-crop Habitaten geeignet.

Stichwörter: Nicht-Ziel-Organismen, Pflanzenschutzmittel-Exposition, Expositionsmessung, Risk Assessment, Abdrift, Spritzbelag

Summary

Drift caused pesticide exposure on leaf surfaces of non target plants in off-crop canopies

Spray drift deposits on off-crop plant surfaces were investigated in grassland and hedgerows. The drift potential of conventional nozzles (XR 110 03) was compared to air induction nozzles (AI 120 025) at a water volume of 200 litres ha⁻¹. The AI-nozzle is registered in Germany as 50% drift reducing spraying equipment. Measurements were done with a tracer (sodium fluorescein) using a meadow as a standard scenario. This allowed the driving direction to be almost perpendicular to the prevailing wind direction. The drift deposits showed the expected gradient. The retention of drifting particles was different from the retention of a spray, which is characterised by bouncing and reflecting of the largest droplets. Measurements in the hedgerow needed a 3-dimensional sampling procedure. Drift-reducing nozzles reduced the deposits by a factor of 10 in the meadow. Deposits in the hedgerow are reduced by a factor of 5 with deposits on a much lower level.

Keywords: non-target organisms, pesticide exposure, exposure measurement, risk assessment, spray drift, spray deposit

Einleitung

Die Abschätzung der Auswirkungen von Abdrift bei der Pflanzenschutzmittelanwendung ist ein wesentliches Element der Pflanzenschutzmittelzulassung. Unter Abdrift wird der Anteil der ausgebrachten Pflanzenschutzmittelmengen verstanden, der während der Applikation nicht innerhalb des behandelten Areals angelagert wird. Für die hier dargestellten Messungen der Exposition geht es um Belagsmassen, die an Pflanzenoberflächen sedimentieren. Bei der Risikoabschätzung zum Schutz von Nicht-Zielorganismen in terrestrischen Strukturen werden in dem Rechenverfahren die bisher bekannten Abdrifteckwerte verwendet (Ganzelmeier et al., 1995; BBA, 2000). Je nach errechnetem Risiko kann dann eine Abstandsauflage zu off-crop Pflanzenbeständen erteilt werden. Die Abdrift-Eckwerte basieren auf Driftsedimentmessungen, bei denen Petrischalen als Kollektoren auf einem freien und unbewachsenen Feld neben der Behandlungsfläche ausgestellt wurden. Es ist offensichtlich, dass diese Sedimente nicht den durch Drift auf Pflanzenoberflächen verursachten Belagsmassen entsprechen können. Die Abdrifteckwerte beschreiben auch nicht die räumliche Verteilung der Exposition sowie deren Variabilität im Pflanzenbestand. Damit werden Expositionsmessungen unmittelbar auf den Pflanzenoberflächen erforderlich. Im Zusammenhang mit der Risikobewertung im Zulassungsverfahren hat die BBA ein System verlustmindernder Pflanzenschutzgeräte etabliert (BBA, 2001). Entsprechende driftreduzierende Verfahren sollten bei den Untersuchungen berücksichtigt werden. Zur Durchführung der Messung von Driftbelägen wurden langjährige Erfahrungen im Messen von Belagsmassen auf Zielobjekten in behandelten Pflanzenbeständen genutzt (Schmidt & Koch, 1995; Koch & Weisser, 2001; Weißer et al., 2001). Die Driftbeläge werden nicht auf künstlichen Kollektoren erfaßt (Miller et al., 2000) sondern auf den realen Pflanzenoberflächen. In der Untersuchung ging es vorrangig um Abdrift, wie sie bei der Applikation mit einem Feldspritzgerät, also auch bei der Ausbringung von Herbiziden auf Grassäume oder Hecken entstehen kann.

Material und Methoden

Zur Erzeugung und Quantifizierung der initialen Driftbeläge wurde der fluoreszierende Tracer Natrium-Fluorescein (NF) verwendet. Dieser Stoff wird seit vielen Jahren für die Untersuchung von Spritzbelägen benutzt und ist zur Bestimmung der Initialbeläge auf Pflanzenoberflächen ausreichend stabil (Schmidt und Koch, 1995). Wegen seiner Wasserlöslichkeit kann NF relativ einfach von der Pflanzenoberfläche abgewaschen werden. NF zeigt sehr intensive Fluoreszenz und wurde in einer Aufwandmenge von ca. 50g/ha in 200 l/ha appliziert. Die Applikation erfolgte mit einem Feldspritzgerät mit 15m Arbeitsbreite in Wiesen, die eine grasig/krautige Saumstruktur darstellen sollten. Es wurden zwei Düsen/Druckkombinationen gefahren. Im Vergleich zur Universaldüse XR 110 03 bei 2,1 bar wurde die mit 50% Verlustminderung registrierte Variante AI 110 025 bei 3 bar geprüft.

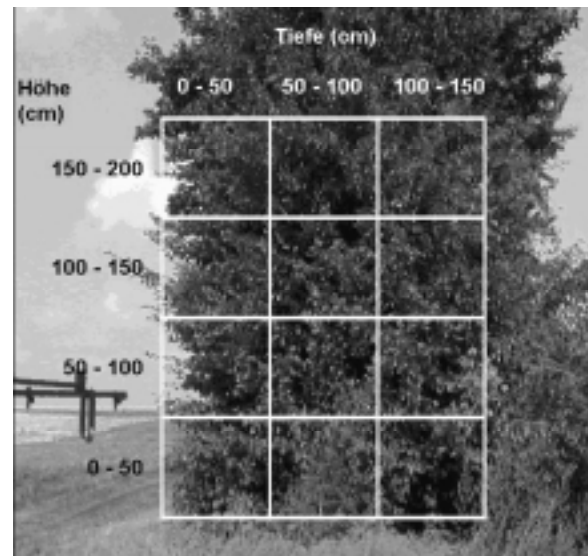
Die Applikation in einer Wiese erlaubte es, die Fahrtrichtung in jedem Versuch etwa rechtwinklig zur aktuellen Windrichtung zu legen. Damit wurden zwar große Flächen benötigt, es war jedoch grundsätzlich möglich zahlreiche Messungen durchzuführen. Beprobt wurde jeweils nur in Windrichtung, in vierfacher Wiederholung (1 Versuch 6-fach) im Abstand von 1, 3, 5, und 10m zur Behandlungsfläche. Während der Applikation wurden die meteorologischen Daten aufgezeichnet. Die Windgeschwindigkeiten im Applikationszeitraum lagen bei den Behandlungen zwischen 1,8 und 5,0 m/sec.

Die Probenahme der Blattstücke erfolgte unmittelbar in Weithalsflaschen, wobei jeweils ca. 100 cm² Blattoberfläche als Stichprobeneinheit entnommen wurden. Im Labor wurde dann nach dem Abwaschen die Tracer-Konzentration jeder Probe bestimmt mit einem Fluorometer Shimadzu RF-1502 bei einer Excitation von 484 nm und einer Emission von 512 nm. Anschließend wurden die Größen der Blattoberflächen mit Hilfe eines Scanners exakt bestimmt. In jedem einzelnen Versuch wurden Bestimmungs- und Nachweisgrenze ermittelt. Dies war notwendig, weil Verunreinigungen auf der Pflanzenoberfläche einen Einfluß auf die Bestimmungsgrenze haben können. Die Werte lagen in der Größenordnung bei 0.05 ng/cm² (nb) und 0.02 ng/cm² (nn). Nach Berechnung der Belagsmasse und Messung der Blattoberfläche jeder einzelnen Probe wurde die Belagsmasse je cm² Blattoberfläche als Kenngröße errechnet.

Abb. 1: Darstellung der Probenahmeräume, vom Düsendgestänge aus gesehen im Frontbereich der Hecke

Fig. 1: Sampling sectors in the front part of the hedge

Zusätzlich zu den Messungen in der Wiese wurde ein Meßprogramm durchgeführt, bei dem es um die Quantifizierung und eine Beschreibung der räumlichen Verteilung der Driftbeläge in Hecken ging. Das Probenahmeverfahren mußte dabei die dreidimensionale räumliche Struktur der Hecken berücksichtigen. Vom Gerät bzw. der Driftrichtung aus gesehen wurde der Frontbereich der jeweils untersuchten Heckenabschnitte deshalb in 12 Sektoren unterteilt mit jeweils 50 cm Kantenlänge in der Tiefe und in der Höhe, so dass insgesamt ein Querschnitt von 150cm Tiefe und 200cm Höhe in 12 Probenahmesektoren beprobt wurde. Auch bei breiteren Hecken wurde lediglich dieser Bereich untersucht. Aus jedem Sektor wurden 4 Proben über eine Länge von ca. 20 m entnommen. Die Probenahme gestaltete sich als schwierig, da sich der Probenehmer innerhalb der kontaminierten Hecke bewegen mußte. Dabei kam es darauf an, jede Kontamination des Probematerials sicher zu vermeiden.



Ergebnisse

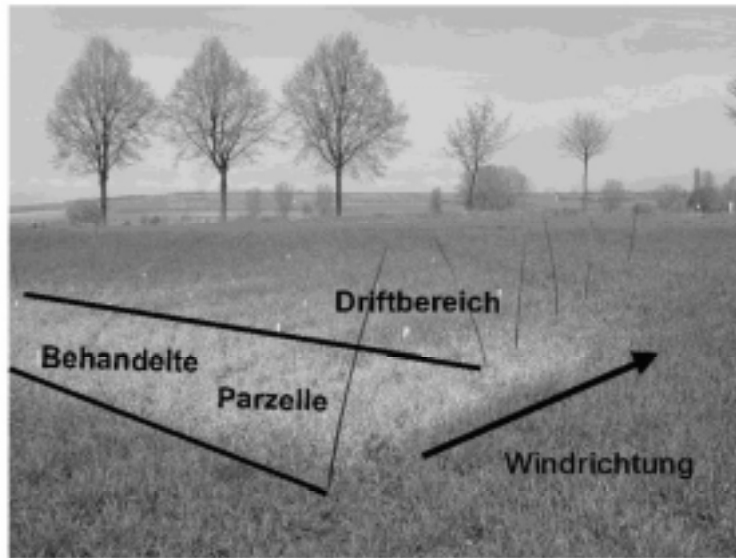
Driftbelagsmessungen an Pflanzenoberflächen in der Wiese, Feldspritzzgerät

Die dargestellten Belagswerte wurden in Wiesen gemessen mit einer Bestandeshöhe von ca. 15-20 cm. Tab. 1 zeigt für beide Düsenvarianten die mittleren Belagsmassen, die in den angegebenen Abständen zum Rand der markierten Behandlungsfläche ermittelt und berechnet wurden. Die große Variabilität der Belagsmassen in den einzelnen Versuchen und Proben wird durch den jeweils ausgewiesenen Variationskoeffizient deutlich. Zu beachten ist, dass die durchschnittlichen Belagsmassen zur besseren Vergleichbarkeit auf eine Aufwandmenge von 1 g/ha normiert sind. Eine Stoffaufwandmenge von 1 g/ha entspricht nominal einer Belagsmasse von 10 ng je cm² Bodenfläche. In Getreidebeständen werden bei dieser Stoffaufwandmenge typischerweise mittlere Belagsmassen von 1ng/cm² Blattoberfläche gemessen (Koch u. Weißer, 2001). Driftbedingte Belagsmassen werden erwartungsgemäß mit zunehmendem Abstand zur Behandlungsfläche rasch kleiner. Insbesondere bei der driftreduzierenden Variante liegen nach 10m sämtliche 26 Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze und sogar 14 der 26 Werte unterhalb der Nachweisgrenze. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (nb) als $(nn + nb)/2$ und Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (nn) als 0 in die Berechnung eingingen (Tab. 1, 2, 3). Die mit 50 % Driftreduzierung registrierte AI 110 025 reduziert das Driftpotential tatsächlich deutlich stärker und erreicht wenigstens 90% gegenüber der Universaldüse.

In einer anderen Versuchsserie wurden Herbizide ausgebracht und Drifteffekte sichtbar gemacht. Bei einer Windgeschwindigkeit von 9 m/sec entstanden deutliche Zungen mit sichtbarer Herbizidwirkung dicht neben Zonen mit lediglich geringen Effekten (Abb. 2). Insbesondere die kleinräumigen Unterschiede waren kennzeichnend. Deutlich wurde auch, dass die Driftbeläge nach wenigen Metern nur noch aus einzelnen angelagerten Partikeln bestehen (Abb. 3), die lediglich an exponierten Pflanzenteilen anlagern mit nur sehr geringem Bedeckungsgrad.

Abb. 2: Driftmuster in Weizen nach Applikation von Paraquat bei einer Windgeschwindigkeit von 9 m/sec mit deutlichen aber unscharfen Zonen stärkerer und geringerer Herbizidwirkung im Driftbereich. Die behandelte Parzelle ist 2,50m breit und durch Linien markiert.

Fig. 2: Drift pattern (Paraquat) in wheat. Wind speed 9 m/sec. Blurred zones of different drift effects. Width of sprayed plot 2.5m indicated by black lines.



Tab. 1. Driftbelagsmassen auf Pflanzenoberflächen in Wiesen. Belagsmassen (ng/cm² per g/ha) off-crop nach Applikation mit Universaldüsen (XR 110 03 bei 2 bar) und Flachstrahl-Düsen mit 50% Driftreduzierung (AI 110 025 bei 3 bar). Variationskoeffizienten in Klammern (VK%). Mit XR 110 03 wurden 36 Proben für jeden Abstand untersucht, mit AI 110 025 jeweils 26 Proben.

Table 1. Drift deposits on grass/dicotyledons in a meadow. Deposits (ng/cm² per g/ha) off-crop (meadow) after application with conventional nozzles (XR 110 03 at 2 bar) and 50%-drift reducing nozzles (AI 110 025 at 3 bar). Coefficient of variation in brackets (CV%). The number of samples per sampling distance for XR 110 03 is 36, for AI 110 025 is 26.

	Abstand von der Behandlungsfäche (m)			
	1	3	5	10
XR 110 03	0.1347 (61.8)	0.0414 (77.6)	0.0179 (65.2)	0.0044 (81.0)
AI 110 025	0.0050 (131.8)	0.0010 (98.6)	0.0006 (71.8)	0.0003 (54.6)
<u>XR 110 03</u>				
Proben < nb	-	-	-	1
Proben < nn	-	-	-	-
<u>AI 110 025</u>				
Proben < nb	5	9	10	12
Proben < nn	1	9	10	14

Abb. 3: Einzelne durch verdriftete, d.h. schwebefähige Partikel entstandene Flecken an exponierten Pflanzenteilen mit sehr geringem Bedeckungsgrad und kleinräumig sehr ungleichmäßiger Exposition.

Fig 3: Single particles create single dots with very small coverage on top leaf surfaces in the canopy



Driftbelagsmessungen an Pflanzenoberflächen in der Hecke, Feldspritzgerät

Tab. 2. Driftbelagsmassen auf Pflanzenoberflächen in Hecken (ng/cm^2 per g/ha) nach Applikation mit Universaldüsen (XR 110 03 bei 2 bar). Der Frontbereich der Hecke wurde in 12 Probenahmesektoren unterteilt. Variationskoeffizienten in Klammern (VK%). Die mittleren Belagswerte repräsentieren 28 Proben je Probenahmesektor. Je Tiefenblock wurden 112 Proben entnommen.

Table 2. Drift deposits on leaf surfaces in hedgerows (ng/cm^2 per g/ha) after application with conventional nozzles (XR 110 03 at 2 bar). Front part of hedge sampled in 12 sectors. Coefficient of variation in brackets (CV%). Mean deposits represent 28 samples per sampling sector. In total 112 per samples are depth block.

Höhensektor (cm)	Tiefensektor (cm)		
	0 – 50	50 – 100	100 – 150
150 – 200	0.0238 (69.7)	0.0142 (144.2)	0.0048 (121.4)
100 – 150	0.0337 (74.3)	0.0162 (122.6)	0.0047 (93.0)
50 – 100	0.0717 (124.9)	0.0283 (106.7)	0.0136 (124.9)
0 – 50	0.1995 (140.0)	0.0534 (102.3)	0.0295 (172.0)
Proben < nb	1	6	14
Proben < nn	2	8	2

Insgesamt wurden in den Hecken 7 Versuche mit der Universaldüse XR 110 03 und 5 Versuche mit der 50%-driftreduzierenden Düse AI 110 025 durchgeführt. Der Frontbereich wurde jeweils entsprechend

dem in Abb. 1 dargestellten Probenahmeraster in einer Tiefe von 150cm und einer Höhe von 200cm beprobt. In den 7 Versuchen mit der XR 110 03 wurden insgesamt 28 Proben in den einzelnen Probenahmesektoren gemessen. In den 5 Versuchen mit der AI 110 025 wurden entsprechend insgesamt 20 Proben je Probenahmesektor gemessen. Die Messwerte sind deutlich niedriger als in der Wiese, gingen jedoch in keinem der untersuchten Sektoren auf 0 zurück. In der Tiefe sowie in der Höhe der Hecke nimmt die Anzahl der Proben, deren Messwert unterhalb von Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze deutlich zu. So liegen im Tiefenblock 100 – 150cm bei der XR-Düse bereits 16 von 112 Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze. Bei der AI-Düse sind es sogar 50 von 80 Proben. Die Belagswerte sind insgesamt auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass während der Applikation Windgeschwindigkeiten zwischen 2,5m/sec und 5,4m/sec aufgezeichnet wurden, also relativ hohe Werte, die das Verdriften feiner Tropfen erwarten lassen. Auch in diesem Vergleich zeigt sich eine deutliche Belagsmassenreduzierung bei der driftreduzierenden Düse in den einzelnen Sektoren. Die angegebenen Mittelwerte repräsentieren eine große Variabilität der Messwerte, wie aus den zugehörigen Variationskoeffizienten (VK%) zu ersehen ist. Während innerhalb der Behandlungsfläche, also etwa in einem Getreidebestand VK%-Werte zwischen 40% und 90% typisch sind, treten hier Werte zwischen 70% und 178% in den Sektoren auf.

Tab. 3. Driftbelagsmassen auf Pflanzenoberflächen in Hecken (ng/cm² per g/ha) nach Applikation mit 50% driftreduzierenden Düsen (AI 110 025 bei 3 bar). Der Frontbereich der Hecke wurde in 12 Probenahmesektoren unterteilt. Variationskoeffizienten in Klammern (VK%). Die mittleren Belagswerte repräsentieren 20 Proben je Probenahmesektor. Je Tiefenblock wurden 80 Proben entnommen..

Table 3. Drift deposits on leaf surfaces in hedgerows (ng/cm² per g/ha) after application with 50%-drift reducing nozzles (AI 120 025 at 3 bar). Front part of hedge sampled in 12 sectors. Coefficient of variation (CV%) in brackets. Mean deposits represent 20 samples per sampling sector. In total 80 samples are taken per depth block.

Höhensektor (cm)	Tiefensektor (cm)		
	0 – 50	50 – 100	100 – 150
150 – 200	0.0047 (96.3)	0.0019 (99.4)	0.0006 (164.6)
100 – 150	0.0067 (72.8)	0.0013 (95.9)	0.0012 (87.7)
50 – 100	0.0125 (56.8)	0.0041 (82.1)	0.0022 (98.4)
0 – 50	0.0473 (178.0)	0.0073 (72.4)	0.0043 (172.1)
Proben < nb	2	22	30
Proben < nn	3	7	20

Diskussion

Die durch Abdrift entstandenen Belagsmassen auf Pflanzenoberflächen im off-crop Bereich werden als realistische Exposition in Nicht-Ziel-Habitaten angesehen und sind zu quantifizieren. Gleichzeitig sind Informationen über die geometrische Verteilung in dem Pflanzenbestand zu erarbeiten und darzustellen. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden nach praxisüblichem Geräteinsatz gewonnen, wobei die Windgeschwindigkeiten zum Zeitpunkt der einzelnen Behandlungen eher höher waren als in der landwirtschaftlichen Praxis. D.h. die Messwerte liegen höher als in der Praxis zu erwarten ist.

Die gemessenen Belagsmassen werden in ng/cm^2 Pflanzenoberfläche angegeben und sind normiert auf eine Ausbringmenge von $1 \text{ g}/\text{ha}$. Der Initialbelag wird grundsätzlich als Ausgangspunkt für jegliche Effekte betrachtet, die von dem angelagerten Stoff ausgehen. Um überhaupt solche Messungen durchführen zu können, wurden die Behandlungen in Wiesen als Modell für grasig/krautige Saumstrukturen durchgeführt. Nur so war es möglich, ausreichend große Flächen verfügbar zu haben und die Behandlungsfläche rechtwinklig zur aktuellen Windrichtung auszurichten. Wegen der Kontamination entsprechend großer Areale mit dem applizierten Tracer in jedem einzelnen Versuch und der Notwendigkeit auch noch sehr geringe Belagsmassen bis in den Bereich der Bestimmungsgrenze untersuchen zu müssen, waren Wiederholungen am gleichen Standort nicht möglich. Messungen in Hecken konnten nach der Auswahl geeigneter Standorte nur bei günstiger Witterung (Windrichtung, Windstärke) durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Wiesenversuche beschreiben die tatsächlich unter den angegebenen Bedingungen aufgetretene Exposition realistischer als dies bisher mit Hilfe der von der BBA bekanntgemachten und bei der Risikoabschätzung verwendeten Abdrifteckwerte (BBA, 2000) möglich ist. Bemerkenswert ist auch die große Variabilität der Messwerte. Dies wird deutlich durch die großen Variabilitätskoeffizienten zwischen 70% und 178% aber auch mit Hilfe durch Herbizidbehandlung sichtbar gemachter Driftexposition. Bereits im Abstand weniger Meter neben der Behandlungsfläche wird erkennbar, dass nur einzelne schwebefähige Partikel, d.h., Partikel die kleiner als $100\mu\text{m}$ sind und entsprechend geringe Stoffmengen transportieren, anlagern und ein sehr inhomogenes, Punkt-Belagsmuster ergeben. Nur ein sehr kleiner Teil der Pflanzenoberfläche ist in der oberen Zone des Bestandesvolumen von verdrifteten Partikeln bedeckt. Das mit großer Variabilität und lediglich auf Pflanzenoberflächen in der oberen Zone des Pflanzenbestandes entstehende räumliche Expositionsmuster, wirft somit eine Reihe von auf Fragen im Hinblick auf bestehende Prüfverfahren sowie der Bewertung, der daraus gewonnenen Ergebnisse.

In den Heckenversuchen war insbesondere die Stichprobennahme eine kritische Phase, da der Probennehmer sich innerhalb der Struktur bewegen mußte. Hier kam es darauf, an jegliche Kontamination von Probenmaterial zu vermeiden. Wenngleich auch in den am weitesten von der Behandlungsfläche entfernten Sektoren durchaus noch meßbare Beläge auftraten, wird der untersuchte Frontbereich von Hecken doch als der wesentliche Filterbereich angesehen. Dies wird auch durch die zunehmende Anzahl von Werten unterhalb von Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze deutlich.

Bemerkenswert in beiden Szenarien ist der deutliche Effekt der driftreduzierenden Düsen. In der Wiese liegt bei 10 m kein Wert mehr über der Bestimmungsgrenze von $0,05 \text{ ng cm}^2$ Blattoberfläche. Das Niveau der Bestimmungsgrenze ist auch im Verhältnis zur ausgebrachten Stoffmenge von $50 \text{ g}/\text{ha}$ zu sehen und zeigt die Empfindlichkeit des Meßsystems. Wenngleich die AI 110 025 im BBA-Verzeichnis „Verlustmindernde Geräte“ mit 50% Driftreduzierung klassifiziert ist, ergibt sich in diesem Vergleich zur Universaldüse XR 110 03 unter den dargestellten Bedingungen eine Reduzierung des Driftpotentials in der flächigen Saumstruktur um 90%.

Die Drifanfälligkeit wird von der BBA auch mit dem DIX-Wert (Helck u. Herbst, 1998) ermittelt, der für die XR-Düse bei 161 und für die AI-Düse bei 20 liegt. Die Abdrifteckwerte werden als 100 gesetzt, so dass die AI-Düse Drift etwa um 80% darunter liegt, und ca. um 90% unter der XR-Düse.

In Hecken ist bei wesentlich niedrigerem Niveau der Initialbeläge die Driftreduzierung mehr als 50% gegenüber der XR-Düse. Hier spielen sicherlich besondere Strömungsverhältnisse in einer Hecke sowie deren Durchlässigkeit eine Rolle (Davis et al., 1994), die hier nicht weiter untersucht wurden.

Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug in den vorgestellten Versuchen zwischen $1,8$ und $5,4 \text{ m}/\text{sec}$, deckt also den oberen Bereich ab, der im Rahmen der guten fachlichen Praxis angenommen wird. Diese Spanne ist gegenüber den Behandlungen in der Praxis überhöht, da ein Großteil der Applikationen auch bei einer Windgeschwindigkeit unterhalb von $2 \text{ m}/\text{sec}$ erfolgen. Wahrscheinlichkeiten des Windauftritts und der Windrichtung sollten berücksichtigt werden (Kaul et al. 2001).

Die Visualisierung des Driftgeschehens zeigt, dass Anlagerungs- und Belagsbildung bei verdriftenden, d.h., schwebefähigen Partikeln grundsätzlich anders verlaufen als im Spritzverfahren. Die Spritzapplikation, also der Anlagerungsprozess auf Pflanzenoberflächen innerhalb der Behandlungsfläche wird charakterisiert durch große Tropfen, die zum Teil auf ballistischen Flugbahnen auf die Pflanzenoberflächen treffen. Die Tropfen können dort unterschiedliche Belagsflecken bilden, je nach Auftreffwinkel und Inklination des einzelnen Zielobjektes. Große Tropfen dringen tiefer in Bestände ein und benetzen so auch Oberflä-

chen im Bestandesinnern. Demgegenüber werden verdriftende, also schwebefähige Partikel ($< 100\mu\text{m}$) allein von der Luftbewegung transportiert. Sie lagern bei Kontakt mit einer Oberfläche unmittelbar an. Es wird angenommen, dass die Partikel ohne wesentliche Verformung anlagern und damit einen Punkt mit maximal $100\mu\text{m}$ Durchmesser bedecken. Schwebefähige Partikel werden nur von der Luftbewegung transportiert und lagern bevorzugt an exponierten Oberflächen im oberen Horizont des Pflanzenbestandes an. Hieraus erklärt sich, dass das spatiale Belagsmuster der Driftbeläge sehr inhomogen ist und kleinräumig sowohl in der Fläche als auch über die Bestandeshöhe variiert. Es muß diskutiert werden, inwieweit diese punktförmig angelagerten Belagsmassen, bei nur sehr geringem Anteil bedeckterer Bestandesoberfläche, zu nachweisbaren Effekten überhaupt führen können. Felduntersuchungen zeigten bisher keine oder nur unbedeutende Effekte durch Pflanzenschutzmittelabdrift (Freier et al., 2002).

Testverfahren, die als Applikationsform das Spritzverfahren vorsehen, sollten hinsichtlich der Ergebnisinterpretation überprüft werden. Die vorgestellten Ergebnisse lassen erkennen, dass Expositionsmuster in einem Pflanzenbestand berücksichtigt werden müssen, wenn die Relevanz einer Stoffmenge hinsichtlich möglicher Auswirkungen abgeschätzt werden soll. Offensichtlich sind Effekte der angelagerten einzelnen Partikel und ihr Verteilungsmuster nicht in gleicher Weise den mittleren Stoffmengen zuzuordnen, wie das bei Spritzapplikation im Labor erreicht wird.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für wertvolle Diskussionen und Anregungen zur Methodik und Durchführung der Belagsmessungen in off-crop Habitaten bei Dr. W. Koch, Frau Dr. S. Martin, Dr. B. Stein UBA Berlin; Dr. R. Forster, Dr. P. Zwerger BBA Braunschweig und Dr. M. Candolfi, Dr. F. Dechet, Dr. Chr. Künast IVA Frankfurt. Die Arbeiten wurden finanziell unterstützt durch den IVA Frankfurt.

Literatur

- BBA: Verzeichnis "Verlustmindernde Geräte" (Ackerbau) BBA-Bekanntmachungen Nr. 101, 29.1. 2001, 2001.
- BBA: Abtrifteckwerte für Flächen- und Raumkulturen sowie für den "gewerblichen" Gemüse-, Zierpflanzen- und Beerenobstanbau. Bundesanzeiger Nr. 100 vom 26. Mai 2000, S. 9878 – 9880, 2000.
- DAVIS, B.N.K., M.J. BROWN, A.J. FROST, T.J. YATES & R.A. PLANT: The effects of hedges on spray deposition and on the biological impact of pesticide spray drift. *Ecotoxicology and environmental safety*, 27, 281-293. 1994.
- FREIER, B., S. KÜHNE, P. KAUL, B. BAIER, D. SCHENKE, B. JÜTTERSONKE U. HEIMBACH: Feldstudie zu Auswirkungen von Insektizidapplikationen in Weizen auf Nichtzielarthropoden in Saumbiotopen infolge Abtrift. *Mitt. Biol. Bundesanstalt*, Heft 387, 2001 (im Druck).
- GANZELMEIER, H., D. RAUTMANN, R. SPANGENBERG, M. STRELOKE, M. HERRMANN, H.-J. WENZELSBURGER, H. WALTER: Studies on the spray drift of plant protection products. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*. Heft 305, 1995.
- KAUL, P., E. MOLL, S. GEBAUER, R. NEUKAMPF: Modelling of direct drift of plant protection products in field crops. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 53, 25-34, 2000.
- KOCH H., P. WEISSER: Spray deposits of plant protection products on plants - potential exposure for non target arthropods. *Chemosphere*, 44 (2), 307-312, 2001.
- MILLER, P C H, A. G. LANE, P. J. WALKLATE, G. M. RICHARDSON: The effects of plant structure on the drift of pesticides at field boundaries. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide Application. 75-82, 2000.
- SCHMIDT, K., H. KOCH: Sprühgeräteeinstellung und Verteilung von Pflanzenschutzmittelbelägen in Obstanlagen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 47, 161-167, 1995.
- WEIBER P., H. KOCH, N. LAUN, S. KLEISINGER: Belagsqualität an Gemüsekulturen bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln mit luftunterstützten Feldspritzgeräten. *Gesunde Pflanzen* 53, 15-23, 2001.
- HELCK, C., A. HERBST: Drift-Potential-Index – eine neue Kennzahl zur Beurteilung von Pflanzenschutzdüsen hinsichtlich ihres Abdriftpotentials. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 50, 225-232, 1998.