

Heinz Ganzelmeier¹, Klaus Schmidt², Kristin Dröge³, Stefan Lamprecht³, Angelika Süß⁴, Gabriela Bischoff⁴

Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland

Water-friendly plant protection to conserve grown orchard landscapes in Germany

41

Zusammenfassung

Ziel des FuE-Vorhabens war es, neue Techniken der Abdriftminderung in Obstbaubetrieben des Alten Landes in Niedersachsen (NS) und des Anbaugebiets Bodensee in Baden-Württemberg (BW) zu erproben und durch begleitende Untersuchungen ihre Eignung für einen gewässerschonenden Pflanzenschutz zu beurteilen.

Bei den in NS eingesetzten Sprühgeräten dominierte die zweireihig-übergreifende Arbeitsweise, wohingegen die Geräte in BW aufgrund der großen Verbreitung von Hagelschutznetzen bevorzugt für eine einreihige Behandlung konzipiert waren.

Die in neun Ostbaubetrieben eingesetzten Sprühgeräte (NS: 4, BW: 5) waren mit folgenden Einrichtungen zur Abdriftminderung ausgestattet:

- ein- und zweireihiger Tunnel mit Rückführung nicht angelagerter Pflanzenschutzmittel (Recycling)
- Reflektorsystem mit Umlenkung des aus der behandelten Baumreihe austretenden Sprühstrahles mit integriertem Recyclingsystem
- Gebläse mit unterschiedlicher Luftführung, sensorgestützter Düsenschialtung und Luftstromanpassung

Die **Praxiserprobung** hat gezeigt, dass sowohl die einreihigen Sprühgeräte, als auch zweireihige Geräte für den Einsatz in den gewässerreichen Regionen geeignet sind. Hinsichtlich der **Anlagerung** der Behandlungsflüssigkeit im Bestand wurde deutlich, dass nur die Tunnelprüh-

geräte, die sich durch eine abgeschirmte Applikationszone auszeichnen, sehr gleichmäßige und kontinuierlich hohe Spritzbeläge von durchschnittlich ca. 20% der Aufwandmenge erzielen. Die einreihigen Sprühgeräte mit Gebläseaufsatz und elektrisch verstellbarer Gebläseabdeckung erzeugten Spritzbeläge von durchschnittlich 16 bis 18%.

Die Ergebnisse zur **Abdrift** zeigten, dass alle Sprühgeräte eine Abdriftminderung von mehr als 95% erzielen können. Voraussetzung hierfür sind der Einsatz grobtropfiger, verlustmindernder Düsen sowie die Reduzierung des Luftvolumenstromes in den ersten 1 bis 5 Reihen am Gewässer.

Sprühgeräte mit Recyclingsystem oder Sensortechnik bringen durch die **Einsparung** an Pflanzenschutzmittel einen zusätzlichen ökonomischen Vorteil. Das einreihige Tunnelprühgerät konnte durch seine flexible Anpassung an die Reihenbreiten eine Einsparung von durchschnittlich ca. 50% erreichen. Mit dem zweireihigen Tunnelprühgerät sowie der Sensortechnik sind im Durchschnitt Einsparungen von lediglich 12 bis 18% erzielt worden.

Mit allen Sprühgeräten wurde eine ausreichend gute **biologische Wirksamkeit** erzielt. Allerdings sind beim Reflektorgerät und den Geräten mit Sensorsteuerung gewisse Unsicherheiten nicht völlig auszuschließen.

Aus **betriebswirtschaftlicher Sicht** ist der Einsatz des einreihigen Tunnelgerätes bereits ab einer Betriebsgröße von 8 bis 10 ha sinnvoll und ist somit vergleichbar mit den einreihigen Geräten. Die zweireihigen Techniken rentierten sich nur auf arrondierten Flächen ab 20 ha. Sie

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik, Braunschweig¹
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart²
Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover³

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin⁴

Kontaktanschrift

Dr.-Ing. Heinz Ganzelmeier, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: heinz.ganzelmeier@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

8. November 2011

waren im Vergleich zu den einreihigen Sprühgeräten in der Anwendung sehr anspruchsvoll, führen aber zu einer Erhöhung der Schlagkraft um ca. 80%.

Grobtopfige Düsen führten zu mehr **Spritzflecken**. Dieser Aspekt ist heutzutage nur noch bei einer Direktvermarktung und Sortierung ohne Wasserentleerung relevant.

Die Ergebnisse des **Gewässermonitoring** bestätigten im Wesentlichen die hohe Abdriftminderung des geprüften Recyclinggerätes und des Sprühgerätes mit Querstromgebläse und Sensortechnik. Bei den anderen drei geprüften Geräten ergab sich im Gewässermonitoring eine geringere Abdriftminderung. Bei den aus dem Gewässermonitoring errechneten Abdriftminderungsraten unter 99% wurde der Gewässerschutz nicht in jedem Fall eingehalten.

Stichwörter: Gewässerschonender Pflanzenschutz, Obstanbau, Abdriftmindernde Geräte, Spritzbeläge/Anlagerung, Recycling/Einsparung an Pflanzenschutzmitteln, biologische Wirksamkeit, betriebswirtschaftliche Kenndaten, Spritzfleckenbildung, Gewässermonitoring

Abstract

The FuE project aimed at testing new techniques to reduce drift in orchards of the Alten Landes (NS) and the fruit growing area around Lake Constance (BW), and assess their suitability as to water-friendly plant protection by accompanying examinations.

The sprayers used in NS were dominated by a double row, overarching mode of operation, whereas the sprayers in BW were designed for single row treatment because of the extensive spread of hail protection nets. In both growing areas a technically identical sprayer with axial flow fan for single row treatment (air exit outlets and sensor controlled nozzle regulation were covered) was used as reference sprayer.

The sprayers used on nine fruit farms (NS: 4, BW: 5) were equipped with the following facilities to reduce drift:

- Single and double row tunnel with re-circulation of not deposited plant protection products (recycling)
- Reflector system with integrated recycling system, which redirects the spray jet coming out of the treated row
- Fan with different air conduction, sensor controlled nozzle regulation and airflow adjustment

Testing in practice has demonstrated that single row sprayers and also double row sprayers are suited for use in regions with plenty of water.

Regarding the **deposition** of spray liquid in orchards it became clear that only tunnel sprayers, which are distinguished by a shielded application zone, achieve extremely even and continuously high spray deposits of approximately 20% in relation to the application rate. Single row

sprayers with fan unit and electrically adjustable shields on the fan outlet generated an average of 16 to 18% of spray liquid deposits.

The **drift** results showed that all sprayers could achieve a drift reduction of more than 95%. Precondition would be the use of coarse, drift-reducing nozzles and the reduction of the airflow rate in the initial 5 rows close to water bodies.

Sprayers equipped with a recycling system or sensor technology bring about an additional economical benefit due to their **rate of saved product**. The single row tunnel sprayer was able to achieve an average reduction of approx. 50% by flexibly adjusting to row widths. The double row tunnel sprayers achieved approx. a 19% reduction on average. Sensor technology accomplished reductions of 12 to 19%.

Biological efficiency of all sprayers was sufficient. However, a certain unsteadiness cannot be entirely excluded for reflector and sensor controlled sprayers.

From an **economic point of view**, the single row tunnel sprayer pays already from an orchard size of 8–10 ha and is thus comparable with single row sprayers. The double row technologies are only worth the effort on coherent areas from 20 ha upwards. Their utilization was very demanding compared to single row sprayers but lead to a clout increase of approx. 80%.

Coarse nozzles created more **spraying spots**. This aspect is presently only relevant regarding direct marketing of products and sorting without unloading in water.

The results of **water body monitoring** confirmed mainly the high drift reduction of the tested recycling sprayer and of the sprayer equipped with cross flow fan and sensor technology. According to water body monitoring, the three other tested sprayers achieved a lower drift reduction rate. Water protection was not adhered to in all cases with drift reduction rates below 99%, calculated from water body monitoring.

Key words: Water-friendly plant protection, fruit growing, drift reducing techniques, spray deposits/depositions, Recycling/rate of saved plant protection products, biological efficiency, operational assessment, spraying spots, water body monitoring

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die beiden größten Obstanbauggebiete in Deutschland, das Alte Land an der Niederelbe und das Bodenseeanbauggebiet, sind sehr gewässerreich. Bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in den Obstanlagen dieser Regionen ist es aufgrund der einzuhaltenen Regelabstände zu den Gewässern besonders schwierig, eine hohe Wirkungssicherheit mit dem Schutz der Umwelt zu vereinbaren. Nur durch den Einsatz effizienter abdriftmindernder Pflanzenschutzgeräte ist die Durchführung der notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen bei praxisgerechten Abstandsregelungen und gleichzeitigem ausreichendem Schutz der Gewässerorganismen

möglich. Es ist daher dringend geboten, die Entwicklung und Einführung derartiger Sprühgeräte weiter voranzutreiben.

Zur Realisation dieses Ziels wurde bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ein Antrag für ein FuE-Vorhaben „Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland“ eingereicht.

Antragsteller des Vorhabens war das Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Hannover (PSA-NS). Die weiteren Projektbeteiligten waren das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart und das Julius Kühn-Institut, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin, das für das Gewässermonitoring verantwortlich war. Als fachlicher Koordinator fungierte Dr.-Ing. H. GANZELMEIER, Leiter des Instituts für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts (JKI), Braunschweig.

Ziel des FuE-Vorhabens war es, neue erfolversprechende Sprühgeräte, die mit besonderen Einrichtungen/Techniken zur Abdriftminderung ausgestattet waren, in Obstbaubetrieben des Alten Landes in Niedersachsen (NS) und des Anbaugebiets Bodensee in Baden-Württemberg (BW) zu erproben. Die Geräte sollten auf diesen Betrieben über mehrere Vegetationsperioden erprobt werden und mit technischer und wissenschaftlicher Unterstützung an die obstbaulichen Gegebenheiten angepasst werden. Durch spezielle Untersuchungen sollten weitere technische Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt und realisiert werden, um am Ende des Vorhabens praxistaugliche Sprühgeräten mit besonders hoher Abdriftminderung zur Verfügung zu haben. Die Untersuchungen erfolgten zu den Themen

- Spritzbeläge/Anlagerung
- Abdriftminderung
- Recycling/Einsparung an Pflanzenschutzmitteln
- Biologische Wirksamkeit
- Betriebswirtschaftliche Kenndaten
- Spritzfleckbildung
- Gewässerschutz

Das Vorhaben sollte dazu beitragen, die Vorzüge dieser neuen Geräte herauszustellen, ihren Einsatz zu optimieren und die Einführung in die Praxis zu unterstützen. Die Untersuchungen erfolgten von 2005 bis 2008.

Über die Forschungsarbeiten zur Applikation von Pflanzenschutzmitteln in Reinkulturen (Wein- und Obstbau) wird regelmäßig bei den Veranstaltungen wie z.B. „SuProFruit-Workshops“ und „Internationale Advances in Pesticide Application Conferences“ berichtet. Hierbei wird bei den Sprühgeräten für Reinkulturen große Aufmerksamkeit auf die Verbesserung der Applikationsqualität, die Verringerung der Umweltbelastung und auf die Reduzierung der Abdrift gelegt.

Sprühgeräte für den Obstbau müssen in ihrer Bauart, Funktions- und Arbeitsweise und in ihrem Leistungsvermögen den obstbaulichen Gegebenheiten entsprechen

(wie z.B. bezüglich Kronenhöhe, Kronenvolumen, Reihenabstände, Aufwandmenge, Luftleistung) und darüber hinaus auf die jeweilige Obstanlage sowie auf deren fortlaufende vegetative Entwicklung eingestellt werden (KAUL et al., 1998).

Der Gebläsebauart, -ausführung, -einstellung, den eingesetzten Düsentypen (konventionell, Injektordüsen) und -größen sowie dem gewählten Flüssigkeitsaufwand kommt hierbei eine zentrale Bedeutung zu. Hierzu wurden Sprühgeräte an Prüfständen getestet oder aufwändige Freilandstudien durchgeführt (ISO, 2007; KAUL et al., 2002 und 2003; SCHMIDT und KOCH, 1995).

Auch mittels Simulationsrechnung wird versucht, die Strömungs- bzw. Anlagerungsvorgänge in der Laubwand bzw. im Kronenbereich zu berechnen und Effekte aufzuzeigen (CHAHINE et al., 2011; MELESE et al., 2009; KAUL et al., 2011).

Großer Konsens besteht darin, dass Injektordüsen ganz wesentlich zur Abdriftminderung beitragen, ohne dass bei den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln Einbußen an biologischer Wirksamkeit auftreten. Die Spritzbeläge sind bei Injektordüsen generell gröber strukturiert und können zum Teil sogar höhere Werte als bei konventionellen Düsen erreichen (MICHELSEN et al., 2009; LOQUET et al., 2009).

Untersuchungen an Tunnelspritz- und -sprühgeräten zeigen, dass sich diese neben einer deutlich geringeren Abdrift auch durch eine geringere Bodenbelastung und höhere sowie gleichmäßigere Spritzbeläge auszeichnen. Die Geräte haben bislang nur begrenzt Eingang in die obstbauliche Praxis gefunden.

Zu mehrreihigen Sprühgeräten, wie sie von den zunehmend größeren Obstbaubetrieben nachgefragt werden, liegen nur wenige Untersuchungen vor (FURNESS et al., 2006; STALLINGA et al., 2009; TAMAGNONE et al., 2011).

Über die Sensortechnik zur Detektion von Lücken ist schon mehrfach berichtet worden. Offensichtlich ist die Umsetzung dieser Sensortechnik in eine praxistaugliche Ausführung noch nicht befriedigend gelungen. Es wird über Arbeiten berichtet, die darauf abzielen, mittels Sensoren nicht nur Lücken sondern auch die Kontur der Baumkronen bzw. das gesamte Kronenvolumen zu erfassen und daraufhin die Ausbringung der Behandlungsflüssigkeit entsprechend anzupassen (MOLTÓ et al., 2000; HOČEVAR et al., 2010).

Zur Reduzierung der Abdrift werden zwischenzeitlich nicht nur technische Parameter (z.B. Düsen, Gebläse) und obstbauliche Gegebenheiten (z.B. Windschutzpflanzungen, Hagelschutznetze) sondern auch verfahrenstechnische Maßnahmen (z.B. einseitige Behandlungen einzelner bis mehrerer Reihen) herangezogen (GANZELMEIER und RAUTMANN, 2000; SCHMIDT, 2001; WALKLATE, 2001).

Die Entwicklung abdriftmindernder Geräte wird insbesondere in Europa stark forciert. Diese Geräte werden auch hinsichtlich ihrer Abdriftminderung klassifiziert (z.B. 50%, 75%, 90%) und in offiziellen Listen veröffentlicht (RAUTMANN et al., 2001; VAN DE ZANDE et al., 2001).

Das Verzeichnis Verlustmindernde Geräte kann über die Internetseite www.jki.bund.de jederzeit aktuell abgerufen werden.

Für die Klassifikation von Pflanzenschutzgeräten hinsichtlich Abdrift steht zwischenzeitlich ein international abgestimmtes Protokoll zu Verfügung (ISO 22369, 2006 und 2010).

Die Klassifikation von abdriftmindernden Geräten wird auch im Zulassungsverfahren der Pflanzenschutzmittel genutzt, in dem zum Schutz von Oberflächengewässern und Biotopen neben den Standardabständen für konventionelle Sprühgeräte für abdriftmindernde Geräte auch reduzierte Abstände ausgewiesen werden (STRELOKE et al., 1999 und NORMANN, 2001). Für die Praxis ergibt sich darüber hinaus ein besonderer Vorteil, weil in unmittelbarer Nähe zu den Oberflächengewässern und Biotopen weniger Flächen unbehandelt bleiben müssen.

Derzeit wird überprüft, ob die bislang deterministische Expositionsabschätzung durch einen georeferenzierten probabilistischen Ansatz weiterentwickelt und den realen Gegebenheiten besser angepasst werden kann (GOLLA et al., 2011).

2 Übersicht über das Untersuchungsprogramm

Neun Sprühgeräte-Prototypen wurden in vier Einsatzbetrieben im Alten Land in Niedersachsen und in fünf Betrieben am Bodensee in Baden-Württemberg erprobt.

Bei den in NS eingesetzten Sprühgeräten dominierte die zweireihig-übergreifende Arbeitsweise, wohingegen die Geräte in BW aufgrund der großen Verbreitung von Hagelschutznetzen bevorzugt für eine einreihige Behandlung konzipiert waren.

Als Referenzgerät wurde in beiden Anbaugebieten ein technisch identisches Sprühgerät mit Axialgebläse für eine einreihige Behandlung (mit Abdeckung der Luftaustrittsöffnungen und sensorgestützter Düsenschialtung) eingesetzt.

Die Tab. 1 und 2 geben einen Überblick über die verschiedenen Standorte und die dort eingesetzten Sprühgeräte. Ebenso sind darin die wesentlichen Ergebnisse aller durchgeführten Untersuchungen in zusammengefasster Form dargestellt.

In Tab. 1 sind die Ergebnisse zu den im Alten Land eingesetzten Pflanzenschutzgeräten, in Tab. 2 die Angaben zu den in Baden-Württemberg eingesetzten Geräten zu finden. In der Zeile „Generelles“ sind Angaben über Gewichte und Abmessungen der Geräte zu finden sowie über die Arbeitsweise, die z.B. für das Wenden mit zweireihig-übergreifenden Geräten in Niedersachsen auf einen deutlich höheren Platzbedarf hinweist.

In **Niedersachsen** waren vier Obstbaubetriebe (NS1 bis NS4) involviert:

Im Betrieb NS1 wurde das zweireihig-übergreifende Tunnel-Sprühgerät (OSG-N2(NS1)) eingesetzt.

Im Betrieb NS2 kam das zweireihig-übergreifende Sprühgerät mit Querstromgebläse (NTQ16/4(NS2)) zum Einsatz.

Im Betrieb NS3 wurde das zweireihig-übergreifende Reflektor-Gerät (NTR20-1000(NS3)) eingesetzt.

Der Betrieb NS4 hatte sich für das einreihig-arbeitende Sprühgerät (N36+ST+GA) mit Axialgebläse (N36), sensorgestützter Düsenschialtung/ECO-Reflex (ST) und variabler Abdeckung der Gebläseaustrittsöffnungen (GA) entschieden.

In **Baden-Württemberg** waren fünf Obstbaubetriebe (BW1 – BW5) an dem Projekt beteiligt:

Der Betrieb BW1 verfügte noch über ausreichend Obstanlagen ohne Hagelschutznetze, so dass dort das einreihig-übergreifende Tunnel-Sprühgerät (OSG-N1(BW1)) eingesetzt werden konnte.

Im Betrieb BW2 kam das einreihige Sprühgerät (NQU+ST+EOL(BW2)) mit Querstromgebläse (NQU), sensorgesteuerter Düsenschialtung/ECO-Reflex (ST) und einer Einrichtung zur automatischen Anpassung des Gebläseluftstromes an wechselnde Windbedingungen (EOL) zum Einsatz.

Dem Betrieb BW3 stand das einreihige Sprühgerät (QU16+EOL(BW3)) mit Querstromgebläse (QU) und einer Einrichtung zur automatischen Anpassung des Gebläseluftstromes an wechselnde Windbedingungen (EOL) zur Verfügung.

Vom Betrieb BW4 ist das einreihige Sprühgerät (ZA32+ST+GA(BW4)) mit Axialgebläse (ZA32), sensorgestützter Düsenschialtung/ECO-Reflex (ST) und variabler Abdeckung der Gebläseaustrittsöffnungen (GA) übernommen worden.

Der Betrieb BW5 setzte das einreihige Sprühgerät (N36+ST+GA(BW5)) mit Axialgebläse (N36), sensorgestützter Düsenschialtung/ECO-Reflex (ST) und variabler Abdeckung der Gebläseaustrittsöffnungen (GA) ein.

3 Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen

Entwicklungsstand/Praxistauglichkeit der Geräte: Von den fünf in Niedersachsen in Betrieb genommenen Pflanzenschutzgeräten erreichten nur zwei Geräte (OSG-N2(NS1) und N36+ST+GA(NS4)) bezüglich Funktionalität und Zuverlässigkeit einen Entwicklungsstand, der den Erfordernissen der obstbaulichen Praxis entspricht. Bei den beiden anderen Geräten, NTQ16/4(NS2) und NTR20-1000(NS3), bestand noch (erheblicher) technischer Verbesserungsbedarf. Es ist nicht klar, ob die Firma Wanner die Entwicklung dieser Geräte weiterverfolgt oder einstellt. Bei der weiteren Kommentierung werden insbesondere die Geräte der Standorte NS1/NS3 und NS4 in Betracht gezogen, da für das Gerät NTQ16/4(NS2) nur wenige belastbare Ergebnisse ermittelt werden konnten.

Die Sensortechnik hat bei dem Betrieb in Niedersachsen (NS1) und den Betrieben am Bodensee (BW2, BW4, BW5) Schwächen gezeigt. Dies hat das Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des JKI und die Firma Müller-Elektronik veranlasst, beim BLE einen Projektantrag zur Verbesserung der Sensortechnik einzureichen.

Dennoch kann nunmehr am Ende der Projektlaufzeit festgestellt werden, dass die fünf in Baden-Württemberg

Tab. 1. Wichtige technische Kenndaten der Sprühgeräte und zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus den Versuchsstandorten in Niedersachsen (NS) aus den Jahren 2005–2008

Gerätetyp	OSG-N2		NTQ16/4		NTR20-1000		N36+ST+GA	
Hersteller	Lipco		Wanner		Wanner		Wanner + ME	
Betrieb/ Einsatzort ⁶⁾	NS1		NS2		NS3		NS4	
Generelles								
Gewicht (kg)	3200		1500		1500		730	
Tankvolumen (ℓ)	1450		1500		1500		1500	
Abmessungen (L/B/H)	4400/3350/3700		k.A.		4040/1310/3300		3780/1340/2000	
einreihig	–		–		–		ja	
einreihig- übergreifend	–		–		–		–	
zweireihig- übergreifend	ja		ja		ja		–	
Einsatzbedin- gungen/bauart- bedingt	Verbreitetes Vorgewende erforderlich, arrundierte Fläche, keine Hanglagen, keine Hagelschutznetze, keine Keil- und Beet- stücke.		Verbreitetes Vorgewende erforderlich, arrundierte Fläche, keine Hanglagen, keine Hagelschutznetze.		Verbreitetes Vorgewende erforderlich, arrundierte Fläche, keine Hanglagen, keine Hagelschutznetze.		Detektion kleinster Zielflächen (Zweige, Knospen) bis Voll- blüt stadium nicht immer 100prozentig gewährleistet.	
Entwicklungs- stand der Geräte	Stabil und praxisreif/ technisch ausgereift, lediglich noch kleinere Mängel (z.B. innere Tunnelwände nicht verschiebbar Rücksaug- einrichtung; Heraus- schwappen von Behand- lungsflüssigkeit aus Auffangwanne; Tankform.		Technisch nicht ausge- reift, Funktion und Zuverlässigkeit fraglich, zahlreiche verbleibende Mängel (z.B. kein Pendel- ausgleich, Anordnung/ Arretierung der Gebläse, Kontamination des Gerätes, Tandemachse unbedingt erforderlich).		Technisch nicht ausge- reift, nur eingeschränkt praxistauglich, Reflektoren funktionieren prinzipiell, technische Ausführung mangelhaft, zahlreiche verbleibende Mängel (z.B. Aufhängung der Reflektoren nicht aus- reichend flexibel und stab- il, kein Pendelausgleich, Herausschwappen von Behandlungsflüssigkeit, Kontamination des Gerätes, Tandemachse unbedingt erforderlich).		Praxisreif/technisch ausgereift einschließlich elektrisch verstellbarer Gebläseabdeckung. Weitere Empfehlungen: z.B. Sensor/Düsen- Zuordnung optimieren, Einbau eines Durch- flussmessers, Zuver- lässigkeit der Sensoren erhöhen.	
Spritzbeläge								
Mittelwerte (%)	19,8		k.A.		16,4		16,2 ⁵⁾	
Variations- koeffizient (%)	54 (43–71)		k.A.		58 (38–85)		55 (49–63)	
Abdrift								
Minderungs- klasse	90/95		k.A.		90/95		90/95	
Recycling/ Einsparung (%)	19,1 (13–24)		keine		11,9 (6–15)		18,7 (12–25)	
Biologische Wirksamkeit	gegeben		k.A.		gegeben ¹⁾		gegeben ¹⁾	
Betr.-wirtsch. Bewertung								
Mindestbetriebs- größe (ha) ²⁾	21–28		k.A.		25–28		9–11	
Spritzfleckbildung								
Vermarktungsf. Äpfel (%) / verwendeter Dysentyp ³⁾	69–83/IDK 015		k.A.		4/AVI 015		1/AD 02	
	90–94/ATR gelb				45/ATR gelb		39/ATR gelb	
Gewässermonitoring								
Mittl. Abdrift- mind. (%) ⁴⁾	99		97		67		72	

Tab. 1. Legende

- 1) Unsicherheiten im Bekämpfungserfolg sind bei hohem Befallsdruck zu Beginn der Vegetation nicht auszuschließen.
 2) Für eine Amortisation der Gerätekosten innerhalb einer Nutzungsdauer von 10 Jahren.
 3) Die Vermarktungsfähigkeit wurde von Zertifizierungsstellen und Großhändlern beurteilt und gilt für einen Apfel, der direkt nach der Applikation vermarktet werden würde. Mit konventionellem Sprühgerät (Dammann) wurden 69–84%/ID 015 bzw. 93–96%/ATR gelb erzielt.
 4) N36+ST+GA: Bewertung aufgrund abweichender Versuchsanordnung an den Standorten NS4 und BW5 uneinheitlich.
 OSG-N2: ohne Einschränkung für gewässernahe Applikation folgender Wirkstoffe geeignet: Chlorpyrifos-methyl, Dodin, Kupfer, Fenoxycarb, Thiacloprid, Pirimicarb, Captan, Imidacloprid, Cyprodinil, Trifloxystrobin.
 NQU+ST+EOL: vergleichbar mit OSG-N2
 NTQ16/4: vorbehaltlich der Bestätigung durch weitere Versuche vergleichbar mit OS-N2 für Applikation folgender Wirkstoffe geeignet: Fenoxycarb, Thiacloprid, Pirimicarb, Captan, Imidacloprid, Cyprodinil, Trifloxystrobin.
 NTR20-1000: unzureichend geeignet für gewässernahe Applikation
 5) Die Belagswerte, die nach den Anwendungsbestimmungen der Allgemeinverfügung sowie die Belagswerte, die in der übernächsten Reihe erzielt wurden, sind nicht berücksichtigt. Es sind alle Varianten mit und ohne Sensortechnik erfasst.
 6) Name/Standort des Praktikers
 NS 1: C. Garrn-Eckhoff/Hollern-Twielenfleth
 NS 2: R. Köser/Stade-Kreuel
 NS 3: J. Feindt/Jork-Westerladekop
 NS 4: J. Quast/Hamburg-Neuenfelde
 k.A.: keine Angaben
 -: entfällt

im Einsatz befindlichen Pflanzenschutzgeräte als technisch ausgereift und praxistauglich gelten können. In den Tab. 1 und 2 werden in der Zeile „Entwicklungsstand der Geräte“ noch einige weitere Empfehlungen genannt, die insbesondere aus dem praktischen Einsatz resultieren und von den Geräteherstellern aufgegriffen werden sollten.

3.1 Spritzbelagsmessungen

In den vier Jahren Projektlaufzeit wurde in Niedersachsen und in Baden-Württemberg die Spritzbelagsverteilung von acht Geräten und ihrer Varianten untersucht. Diese Messungen erfolgten fluorometrisch mit Hilfe des Tracers Brillantsulfoflavin. Die Messobjekte waren einzelne, ganze Blätter, die in den 4 Probenahmeräumen A, B, C, und D gemäß Abb. 1 entnommen wurden. Die vertikale Position der Blätter wurde jeweils exakt bestimmt. Die Bereiche A und C lagen in der Mittelebene der Reihe, wobei A dem Bereich zwischen zwei benachbarten Bäumen und C demjenigen um den Stamm entsprachen. B und D repräsentieren die äußeren Baumbereiche, wobei wegen der Berücksichtigung abdriftmindernder Geräteausstattungen wie Abdeckbleche in Bezug auf die vorherrschende Windrichtung D der Luv- und B der Leeseite des Baumes zugeordnet wurden.

Einen Gesamtüberblick über die Ergebnisse aller erzielten Spritzbeläge der Jahre 2005 bis 2008 zeigt die Grafik in Abb. 2.

Die 15% Linie gibt die Belagsmenge an, die mit herkömmlicher Sprühgerätetechnik (z.B. Axialgebläse mit und ohne Gebläseaufsatz) im Durchschnitt erreichbar ist. Bei der Betrachtung der Grafik ist zu beachten, dass sich die Spritzbelagswerte eines Gerätes aus den Ergebnissen sehr unterschiedlicher Konstellationen bezüglich Düsentyp und -größe, Spritzdruck, Fahrgeschwindigkeit, ohne/mit Zusatztechnik, einseitige/zweiseitige Behandlung usw. zusammensetzen. Des Weiteren ist zu berücksichti-

gen, dass insbesondere die Baumformen und die Belaubungsdichte am jeweiligen Standort einen großen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Unter diesem Gesichtspunkt liegen alle Geräte dicht beieinander. Die absolute Höhe des Spritzbelages ist darüber hinaus nicht unbedingt ein Maß für seine Verteilungsqualität. Besonders wichtig ist eine gleichmäßige Verteilung über der Höhe, aber auch ein möglichst geringer Variationskoeffizient, der die Unterschiedlichkeit der Spritzbeläge auf den einzelnen Blättern beschreibt. Angesichts der gemessenen Spritzbeläge sollten sich alle Geräte auch bei der biologischen Wirksamkeit nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

OSG-N2(NS1): Ein Vergleich der Ergebnisse von 2006 und 2008 zeigt, dass die Baumform und das Baumvolumen entscheidend für die Belagsbildung sind. In stark wachsenden Anlagen wie der ausgewählten 12-jährigen Jonagold Anlage können mit diversen Düsendüsen und -typen mittlere Beläge von 17% erreicht werden. In schwach wachsenden und jungen Baumbeständen lassen sich hingegen Spritzbeläge von über 22% erzielen. Grundsätzlich ist das Tunnelsystem sehr gut für die Anlagerung der Spritzflüssigkeit geeignet und garantiert eine gute Spritzbelagsverteilung.

NTR20-1000(NS3): Die Spritzbelagsverteilung ist bei dem Reflektorsystem mit Recyclingeinrichtung stark von Windrichtung und -geschwindigkeit abhängig. Das Prinzip der Reflektion und Rückführung in den Baumbestand funktioniert nur bei optimaler Luftstromführung einwandfrei. Die Luftstromführung wird durch die Gebläsestärke und den eintreffenden Wind beeinflusst.

Die Ergebnisse der letzten drei Jahre verdeutlichen, dass schräg einfallender Wind die Umlenkung erheblich stört. Dieser Effekt verstärkt sich beim Einsatz von Hohlkegeldüsen oder sehr kleinen Düsendüsen. Er kann die Applikation aber auch fördern, wenn er im selben Winkel

Tab. 2. Wichtige technische Kenndaten der Sprühgeräte und zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus den Versuchsstandorten in Baden-Württemberg (BW) aus den Jahren 2005–2008

Gerätetyp	OSG-N1	NQU+ST+ EOL	QU16+ EOL	ZA32+ ST+GA	N36+ST+ GA
Hersteller	Lipco	Wanner + ME + Weber	Weber	Wanner + ME	Wanner + ME
Betrieb/ Einsatzort ⁶⁾	BW1	BW2	BW3	BW 4	BW5
Generelles					
Gewicht (kg)	1800	650	582	623	640
Tankvolumen (ℓ)	1000	1500	1000	1000	1000
Abmessungen (L/B/H)	3320/2600/3500	3400/1340/2650	3140/1150/3010	3540/1340/2170	3780/1340/2000
einreihig	–	ja	ja	ja	ja
einreihig- übergreifend	ja	–	–	–	–
zweireihig- übergreifend	–	–	–	–	–
Einsatzbedin- gungen/bauart- bedingt	Kein Einsatz in Hanglagen keine Keil- und Beetstücke Keine Hagel- schutznetze	Detektion kleinster Zielflächen (Zweige, Knospen) bis Voll- blüt stadium nicht immer 100prozentig gewährleistet.	k.A.	Detektion kleinster Zielflächen (Zweige, Knospen) bis Voll- blüt stadium nicht immer 100prozentig gewährleistet.	Detektion kleinster Zielflächen (Zweige, Knospen) bis Voll- blüt stadium nicht immer 100prozentig gewährleistet.
Entwicklungs- stand der Geräte	Stabil und praxis- reif/technisch aus- gereift, überzeugt durch gute Applika- tion und geringe PSM-Verluste, optimale Anpas- sung durch Tunnel- weiten- und Deich- selverstellung. Weitere Empfeh- lungen: z.B. Rücksau- gung verbessern, Gewicht reduzieren.	Praxisreif, technisch ausgereift, EOL funktionstüchtig, Nutzen jedoch fraglich. Weitere Empfehlungen: z.B. Sensor-/ Düsenzuordnung optimieren, Zuver- lässigkeit der Sensoren erhöhen, Durchflussmesser einbauen.	Praxisreif, tech- nisch ausgereift, EOL funktions- tüchtig, Nutzen jedoch fraglich. ASDDa ⁴⁾ geeignet zur automatischen Erfassung/Doku- mentation der Be- handlungsdaten. Weitere Empfeh- lungen: z.B. Ver- stellung der Ge- bläse optimieren.	Praxisreif, technisch ausgereift, ein- schließlich elek- trisch verstellbarer Geräteabdeckung. Weitere Empfeh- lungen: z.B. Sensor-/ Düsenzuordnung optimieren, Zuver- lässigkeit der Sensoren erhöhen, Durchflussmesser einbauen.	Praxisreif, technisch ausgereift, ein- schließlich elek- trisch verstellbarer Geräteabdeckung. Weitere Empfeh- lungen: z.B. Sensor-/ Düsenzuordnung optimieren, Zuver- lässigkeit der Sensoren erhöhen.
Spritzbeläge					
Mittelwerte (%)	19,2	16,4	14,3	17,9	16,5
Variations- koeffizient (%)	54 (44–68)	47 (40–55)	50 (44–61)	48 (33–62)	52 (40–64)
Abdrift					
Minderungs- klasse	90/95	90/95	90/95	90/95	90/95
Recycling/ Einsparung (%)	49 (21–74)	18 (10–34)	keine	12 (4–24)	18 (6–44)
Biologische Wirksamkeit	gegeben	gegeben	gegeben	gegeben ⁵⁾	gegeben ⁵⁾
Betr.-wirtsch. Bewertung					
Mindestbetriebs- größe (ha) ²⁾	8–10	12–15	18	9–11	9–11
Spritzfleckbildung					
Vermarktungsf. Äpfel (%) / verwendeter Dysentyp	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Gewässermonitoring					
Mittl. Abdrift- mind. (%) ³⁾	k.A.	99	k.A.	k.A.	99

Tab. 2. Legende

- 1) Unsicherheiten sind bei hohem Befallsdruck zu Beginn der Vegetation nicht auszuschließen.
- 2) Für eine Amortisation der Gerätekosten innerhalb einer Nutzungsdauer von 10 Jahren.
- 3) N36+ST+GA: Bewertung aufgrund abweichender Versuchsanordnung an den Standorten NS4 und BW5 uneinheitlich.
NQU+ST+EOL: vorbehaltlich der Bestätigung durch weitere Versuche vergleichbar mit OSG-N2, d.h. ohne Einschränkung für gewässernahe Applikation folgender Wirkstoffe geeignet: Chlorpyrifos-methyl, Dodin, Kupfer, Fenoxcarb, Thiacloprid Pirimicarb, Captan, Imidacloprid, Cyprodinil, Trifloxystrobin.
- 4) ASDDa: Automatische Spritzensteuerung, Datenerfassung und Datenauswertung.
- 5) Schorfbefall nicht auf Gerät zurückzuführen.
- 6) Name/Standort des Praktikers
BW 1: Th. Biemann/Renchen-Erlach
BW 2: Stiftung Liebenau/Meckenbeuren
BW 3: O. Schatz/Bodmann
BW 4: K. Strodel/Weißensberg
BW 5: R. Baumann/Tettang-Vorderreute
k.A.: keine Angaben
-: entfällt

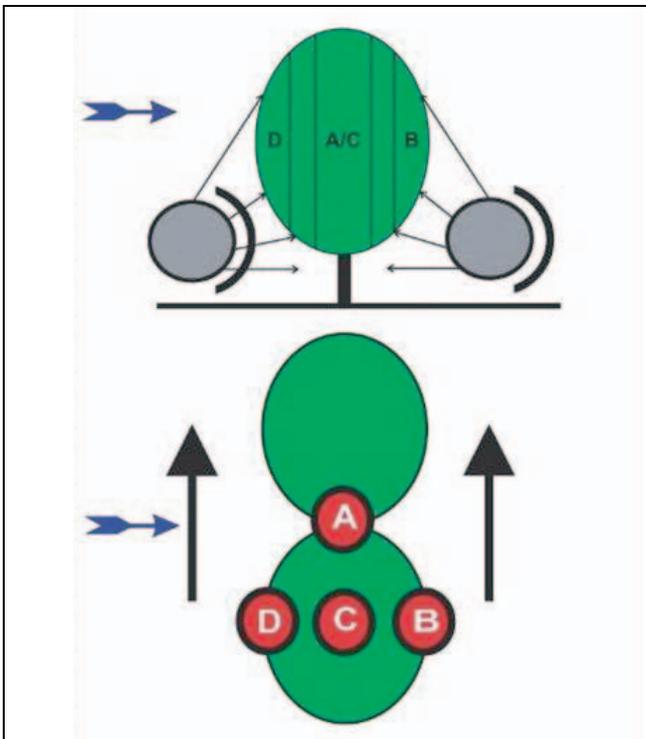


Abb. 1. Probenahmebereiche bei den Spritzbelagsmessungen.

wie der Luftstrom auf das Reflektorinnere trifft. Zur Baumreihe parallel strömender Wind hat weniger Einfluss auf die Spritzbelagsverteilung, da der Störfaktor über die Gebläseleistung neutralisiert werden kann und gleichmäßige Beläge auf beiden Seiten entstehen. Zusammenfassend können jedoch mittlere Spritzbeläge von über 15% erzielt werden, die auch auf der Reflektionsseite die biologische Wirksamkeit absichern.

N36+ST+GA(NS4): Die Belagsbildung des N36 als Grundgerät mit Gebläseaufsatz ist unter Verwendung bestimmter Düsen sehr hoch. Zum einen wird die Spritzflüssigkeit durch die horizontale Luftstromführung optimal im Baum verteilt und zum anderen führen groß-

tropfige Düsen bei geringem Druck bis 4 bar zu einer hohen Abdeckung. Es ist in dieser Kombination möglich, Spritzbeläge von mehr als 21% zu erzielen.

Die Anwendung kleinerer Düsengrößen wie 015 oder 01 sowie der Einsatz von Hohlkegeldüsen gewährleistet einen mittleren Belag von ca. 12–15%. Die Sensortechnik vermindert bei optimaler Einstellung nicht den Spritzbelag. Einen negativen Effekt auf die Verteilung der Spritzflüssigkeit im Baum hat das Schließen der Umlenkleche. Die Applikation ohne Luftunterstützung reduziert den Spritzbelag im Baumbestand um 5–10%.

Bei einer Applikation gemäß der Allgemeinverfügung der Landwirtschaftskammer Hannover vom 27.06.2002 für das Sondergebiet des Alten Landes, bei der die gewässernächste Baumreihe nur mit vom Gewässer weggerichteter Spritzrichtung einseitig behandelt werden darf, ergeben sich Spritzbeläge auf der behandelten Baumseite von 12–15%, während auf der unbehandelten, dem Gewässer abgewandten Seite etwa 50–65% weniger Spritzbeläge erzielt werden. Dieser Effekt kann zu einer verminderten biologischen Wirkung und damit zu einem vom Rand ausgehenden erhöhten Befallsdruck führen.

OSG-N1(BW1): Auch dieses Tunnelprühergerät lieferte insgesamt hohe Spritzbeläge von teilweise deutlich über 20% bei relativ geringem Variationskoeffizienten um 45%, der allerdings stark ansteigt, wenn mit feintropfigen Hohlkegeldüsen (über 60%) gearbeitet wird. Die Spritzbeläge steigen von unten nach oben an, obwohl es mit zwei Querstromgebläsen ausgestattet ist, die einen horizontalen Luftstrom erzeugen. Der Grund dafür liegt vermutlich in den leicht nach oben ausgerichteten Düsen. Abb. 3 zeigt eine typische vertikale Verteilung dieses Gerätes. Sehr auffällig ist, dass die Messwerte im mittleren bis oberen Baumbereich stärker streuen als unten. Die Baumdurchdringung ist gut, wie die hohen Werte im Probenahmebereich C (Bereich um den Stamm) aufzeigen.

NQU+ST+EOL(BW2): Das Gerät NQU am Standort BW2 lieferte Spritzbelagswerte, die im Schnitt bei etwa 16% mit guten Variationskoeffizienten um 45% lagen.

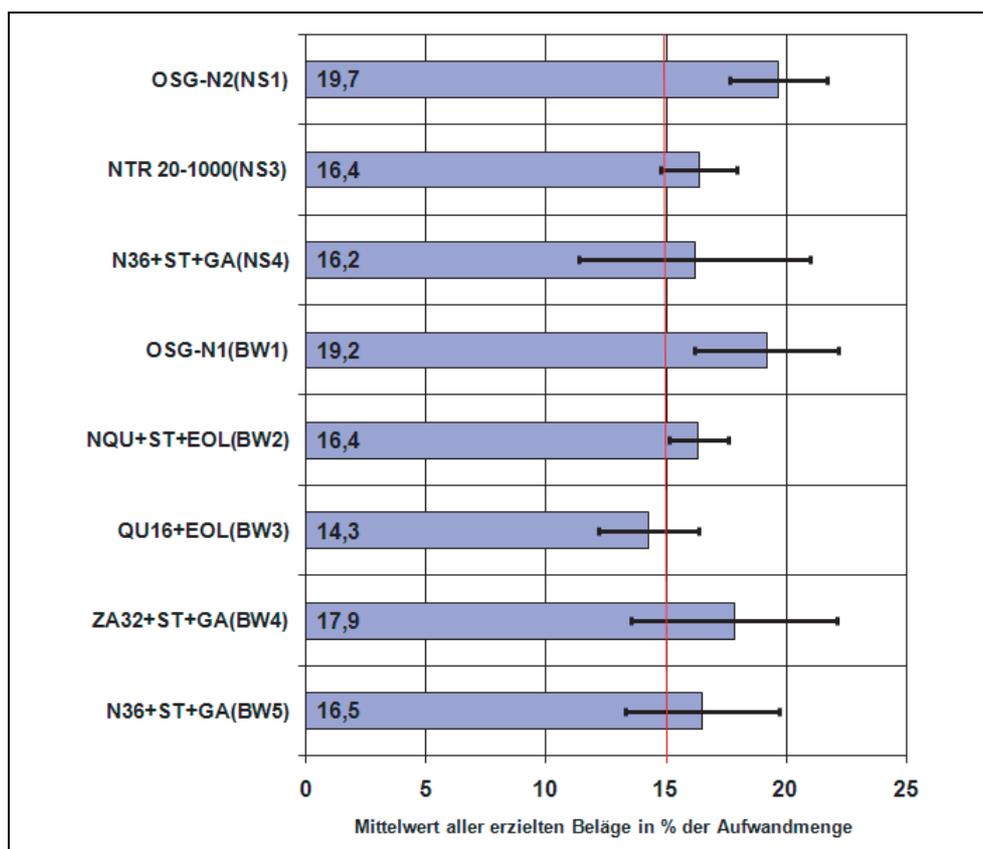


Abb. 2. Mittlere Spritzbeläge aller acht Gerätetypen an den beiden Standorten.

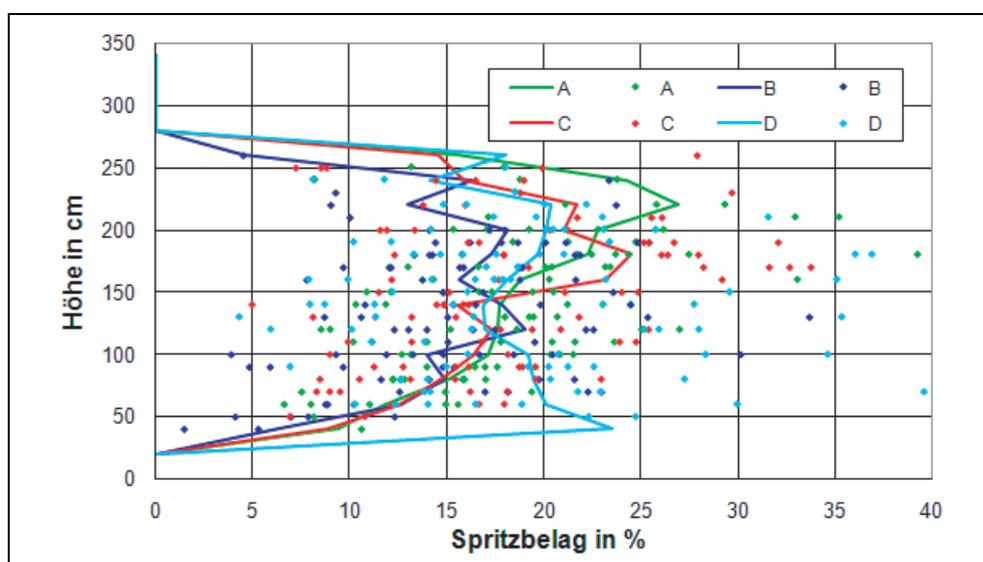


Abb. 3. Typische Spritzbelagsverteilung des Gerätes LIPCO OSG-N1 am Standort BW1.

Die Vertikalverteilung ist recht gleichmäßig, wobei der Stammbereich C etwas niedrigere Spritzbeläge aufweist als die äußeren Baumbereiche B bzw. D. Im Bereich A, in dem sich üblicherweise die Lücken befinden, bei denen die Sensorsteuerung aktiv wird, zeigt sich gegenüber der ausgeschalteten Sensorsteuerung keine Verringerung des Spritzbelages.

QU16+EOL(BW3): Im Versuchsjahr 2005 wurden mit dem Gerät QU16 sehr geringe Spritzbelagswerte gemessen, für die im Nachhinein keine Erklärung gefunden

werden kann. Die Spritzbelagswerte des Jahres 2006 hingegen liegen im Bereich des Gesamtdurchschnitts sowohl für Hohlkegel- als auch für Injektor-Hohlkegeldüsen bei guten Variationskoeffizienten. Hinsichtlich der Vertikalverteilung zeigen sich mit der Höhe ansteigende Spritzbeläge, die ihre Ursache wohl in der Schrägstellung der Gebläse, d.h. in der etwas nach oben gerichteten Luftströmung, haben. Die Durchdringung ist aufgrund der geringen Luftgeschwindigkeit, insbesondere im unteren und mittleren Baumbereich, nicht besonders gut.

ZA32+ST+GA(BW4): Auch das Sprühgerät ZA32 am Standort BW4 zeigt sehr unterschiedliche Ergebnisse in den beiden Jahren, in denen die Spritzbelagsmessungen durchgeführt wurden, so dass im Schnitt ziemlich genau der Gesamtdurchschnitt erreicht wurde. Die Streuung der Messwerte ist gering, teilweise liegt der Variationskoeffizient deutlich unter 40%. Die Verteilung ist sehr gleichmäßig, lediglich im oberen Baumbereich nehmen die Spritzbeläge etwas ab. Dies gilt auch für die Beläge im Bauminnen, die etwas geringer ausfallen als die außen. Bei diesem Gerät zeigen sich allerdings deutliche Unterschiede im Bereich A, in dem sich die Lücken befinden. Die Beläge mit Sensortechnik sind dort zwar akzeptabel, sie sind aber bedeutend niedriger als ohne Sensortechnik.

N36+ST+GA(BW5): Die Spritzbeläge des Axialsprühgerätes N36 mit Gebläseaufsatz am Standort BW5 liegen auf vergleichbarem Niveau, wobei die Verteilgenauigkeit etwas schlechter ist als bei den anderen Geräten. Dies ist Gebläse bedingt. Im unteren Baumbereich kann es einen leichten Peak geben mit einem leichten Rückgang in der Baummitte, ab dort aber steigen die Spritzbeläge stark an, um an der Baumspitze ihr Maximum zu erreichen. Besonders auffällig ist die schlechte Durchdringung, die sich in sehr niedrigen Spritzbelägen in Stammnähe (Bereich C) äußert.

Besonders gravierend ist dies bei einer Applikation ohne Luftunterstützung. Dies zeigt ein Versuch, bei dem eine nur einseitige Applikation erfolgte. Auf der dem Gerät zugewandten Seite ergab sich ein Belag von 33,35%, im Stammbereich von 2,64% und auf der abgewandten Baumseite von nur noch 0,8%. Eine einseitige Applikation ohne Luftunterstützung kann demzufolge aufgrund der schlechten Belagsbildung und der daraus folgenden ungenügenden biologischen Wirksamkeit nicht empfohlen werden.

Die Sensortechnik hatte bei diesem Gerät im Bereich A keinen Einfluss auf die Spritzbelagshöhe. Die an den

Standorten BW2, 4 und 5 durchgeführten Messungen beinhalteten Varianten ohne und mit Sensortechnik, bei denen alle anderen Geräteeinstellungen jeweils gleich waren. Die Ergebnisse zeigen für das Gerät N36 am Standort BW5 identische Spritzbeläge und beim NQU leichte Vorteile der Sensortechnik. Lediglich beim Gerät ZA32 fällt die Sensortechnik gegenüber dem ungeschalteten Gerät zurück.

Für das **EOL-System**, hier in Abb. 4 dargestellt, wurden Vergleichsvarianten an den Standorten BW2 und 3 untersucht. Beim NQU zeigen sich mit EOL leichte Vorteile gegenüber der Variante ohne EOL, während beim QU16 genau gleiche Spritzbeläge gemessen wurden.

3.2 Abdriftmessungen

Die Abdriftmessungen wurden ebenfalls mit Hilfe der Fluorometrie durchgeführt. Sie erfolgten auf der Grundlage der Richtlinie 2-1.1 „Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland“ des Teiles VII der Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten des JKI mit Petrischalen als Messobjekte. Während der Projektlaufzeit wurden bei rund 160 Abdriftmessungen insgesamt 57 Gerätevarianten bzw. -einstellungen in ihrem Abdriftverhalten untersucht.

Die Einstufung in die Abdriftminderungsklassen 90 und 95% aller getesteten Geräte wird in der Tab. 3 für die Jahre 2005 bis 2008 im Überblick dargestellt. Ebenfalls werden jeweils der maximale und der minimale Abdriftreduktionswert am 3 m-Punkt angegeben. Dieser Punkt entspricht einem Abstand von 5 m zwischen Böschungsoberkante und Baummitte, der im Sondergebiet gemäß der Allgemeinverfügung als Pflanzabstand an permanenten Gewässern festgelegt ist.

OSG-N2(NS1): Für das OSG-N2 ergaben die Messungen eine abdriftmindernde Wirkung von 90% in allen Fällen. Die Obstbauversion mit maximal 3,50 m lichter

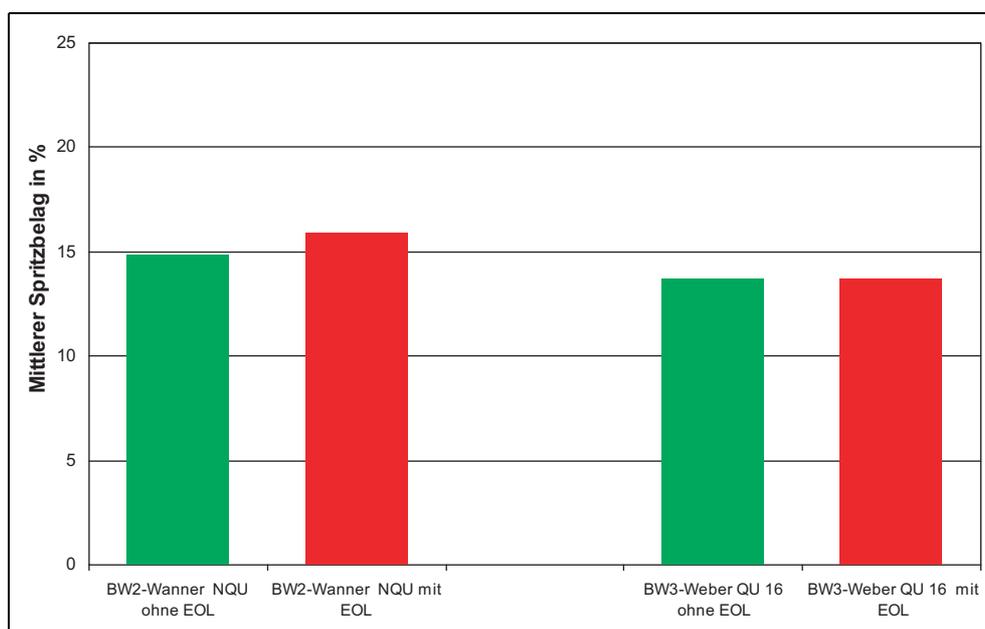


Abb. 4. Mittlere Spritzbeläge an den Standorten BW2 und BW3 mit und ohne EOL.

Tab. 3. Abdriftreduktionswerte (max. und min.) in 3 m Entfernung von der Mitte der äußeren Fahrspur sowie die mögliche Einstufung der Sprühgeräte anhand der erzielten Ergebnisse

Pflanzenschutzgerät	MaxWert in 3 m	MinWert in 3 m	mögliche Einstufung 95% Klasse	mögliche Einstufung 90% Klasse
OSG-N1(BW1)	99,4	87,0	✓	✓
OSG-N2(NS1)	99,9	97,8	✓	✓
NTR20-1000(NS3)	98,6	92,1	✓	✓
N36+ST+GA(NS4)	97,4	80,0	✓	✓
N36+ST+GA(BW5)	97,1	54,7	✓	✓
NQU+ST+EOL(BW2)	97,0	32,6	✓	✓
QU16+EOL(BW3)	98,0	86,3	✓	✓
ZA32+ST+GA(BW4)	99,7	94,8	✓	✓

Höhe erreicht mit grobtropfigen Düsen ab der Größe 02 und unter bestimmten, sehr günstigen Witterungs- und Bestandesverhältnissen auch die Abdriftminderungsklasse 99%. Bei einer neuen Abdriftminderungsklasse 95% wäre diese in allen geprüften Einstellungen gesichert erreichbar.

NTR20-1000(NS3): Die Abdriftmessungen mit dem Reflektor NTR20-1000, die nur im Baumbestand möglich sind, da das Reflektionsprinzip nur dann optimal funktioniert, würden die Eintragung in die 90%-Klasse unter der Voraussetzung ermöglichen, dass Flachstrahl-Injektordüsen verwendet werden. Mit speziell angepassten Luftstromstärken sind auch über 95% Abdriftminderung erreichbar, in Anbetracht der Zweckmäßigkeit der Einstellungen bezüglich der Ausbildung eines optimalen Spritzbelages wäre eine Eintragung jedoch kritisch zu betrachten.

N36+ST+GA(NS4): Die Abdriftmessungen bestätigen die Möglichkeit der Eintragung des Gerätes ab Baujahr 2007 in die 90%-Abdriftminderungsklasse. Die Sensortechnik kann die Abdriftminderung auf 95% erhöhen, wenn die Anwendungsbestimmungen für die 90%-Einstellung eingehalten werden. Das Sprühgerät N36 mit und ohne Sensortechnik ECO-Reflex hat das Potenzial, mit verschiedensten Einstellungen mit großer Sicherheit die 90% Abdriftminderungsklasse zu erhalten und unter speziellen Anwendungsbestimmungen auch eine Abdriftminderung von 95% zu übertreffen.

OSG-N1(BW1): Das einreihige Tunnelsprühgerät OSG-N1 kann aufgrund seiner Einstellmöglichkeiten sehr gut an den Bestand angepasst werden. So ist es möglich, bei optimalem Schnitt der Obstanlage ohne vorstehende Äste, die innere Tunnelweite klein zu halten und somit den Applikationsvorgang besonders gut vor den äußeren Windeinflüssen abzuschirmen. Bei den in Baden-Württemberg am Standort BW1 durchgeführten Messungen mit dem einreihigen Tunnelsprühgerät wurde eine Abdriftminderung von 99%, mit der das Gerät in das „Verzeichnis Verlustmindernde Geräte“ eingetragen ist, allerdings mit keiner Geräteeinstellung erzielt. Die Messwerte lagen zwar sehr nahe an dieser Grenze, aber die Einstufungskriterien des JKI ließen aufgrund der Ergebnisse eine Eintragung in die 99%-Klasse nicht zu. Wenige

Probleme hatte das Gerät jedoch, eine Abdriftminderung von 95% zu erzielen, und zwar unabhängig von Spritzdruck (im Versuch 5 und 10 bar) und Fahrgeschwindigkeit (5,6 und 8 km/h). Voraussetzung ist allerdings die Verwendung von Injektor-Flachstrahldüsen. Insgesamt gesehen aber ist das Tunnelsprühgerät, wenn es um Abdriftminderung geht, das führende Gerät, an dem sich alle anderen messen müssen.

NQU+ST+EOL(BW2): Mit dem Sprühgerät NQU, das mit Querstromgebläse, der Luftströmungsanpassung EOL und der Sensorsteuerung ECO-Reflex ausgestattet ist, wurde bei den Versuchen, wie auch beim ganzjährigen Praxiseinsatz, mit den Anti-Drift-Düsen AD 90-02 gearbeitet, die mit einem Spritzdruck von 3 bar betrieben wurden. Bei Abschaltung des Gebläses in Richtung Gewässer bei der Behandlung der Randreihe, während ansonsten die EOL-Steuerung in Betrieb war, ergaben sich sehr geringe Abdriftwerte, die eine Eintragung in die 95%-Klasse ermöglichen. Auch eine Düsenkombination, bei der zur Verbesserung der Spritzfleckenproblematik bei späten Behandlungen die jeweils 4 unteren Düsen des Gerätes durch feiner zerstäubende Flachstrahldüsen des Typs XR 80 02 ersetzt wurden, zeichnete sich durch wenig Abdrift aus und übertraf die 95%-Marke klar.

QU16+EOL(BW3): Das Sprühgerät QU16 mit elektronischer Luftstromoptimierung wird mit angepasster, jedoch geringst möglicher Luftunterstützung gefahren und hat so bei sehr geringem Seitenwind auch mit den feintropfigen Hohlkegeldüsen ATR lila eine Abdriftminderung von mehr als 95% erzielt. Bei etwas stärkerem Wind konnte dieses Ergebnis jedoch nicht erreicht werden. Dennoch wurden recht gute, niedrige Abdriftwerte gemessen, lediglich am Messpunkt in 3 m Entfernung wurde die 90%-Marke knapp verpasst, so dass nur eine Einstufung in 75% möglich wäre. Gerade dieses Ergebnis zeigt aber deutlich, dass eine gezielte Anpassung des Gebläseluftstromes, ob manuell oder elektronisch, entscheidend für eine geringstmögliche Abdrift ist.

Bei einer Bestückung des Gerätes mit der besonders grob zerstäubenden Injektor-Hohlkegeldüse Albuz TVI 80-005 wäre bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h die Eintragung in eine 95%-Klasse problemlos möglich,

während bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h im Nahbereich auch 90% Abdriftminderung nicht erreicht wurde. Es zeigt sich, dass durch die Einbeziehung des Messabstandes 3 m die Einstufung in einigen Fällen um eine Abdriftminderungsklasse niedriger ausfällt als ohne diesen Punkt.

ZA32+ST+GA(BW4): Das Gerät ZA32 kann durch die vom Fahrersitz aus einstellbaren, potentiometergesteuerten Gebläseabdeckungen mit für beide Geräteseiten optimal angepasster Luftgeschwindigkeit gefahren werden. Gleichzeitig ermöglicht die Wendeschaltung beim Wenden eine Umkehrung der Einstellung ohne Absteigen. Ausgerüstet mit AntiDriftdüsen AD 90-02 erreichte das Gerät bei den Messungen eine Abdriftminderung von 95%. Diese wurde sowohl im konventionellen Betrieb als auch mit der Sensorsteuerung ECO-Reflex erzielt. Dies deutet darauf hin, dass mit der Sensorsteuerung bezüglich der Abdrift dann keine weitere Verbesserung zu verzeichnen ist, wenn ein Gerät auch ohne diese Ausrüstung bereits sehr abdriftarm eingesetzt werden kann. Ganz besonders trifft dies in Obstanlagen zu, die keine nennenswerten Lücken aufweisen. In Junganlage oder bei einzeln stehenden Bäumen ist ein Vorteil der Sensortechnik mit Sicherheit gegeben.

N36+ST+GA(BW5): Wie schon beim Gerät ZA32 hat die Sensortechnik auch beim Gerät N36 keinen eindeutigen Einfluss auf die Ergebnisse der Abdriftmessungen. Als Axialsprühgerät mit Gebläseaufsatz hat es keinen bodenparallelen Luftstrom und ist deshalb auch zur Behandlung höherer Bäume geeignet. Dies bedeutet aber auch, dass es bei diesem Gerät sehr schwierig ist, eine höhere Abdriftminderungsklasse zu erreichen. Die Varianten mit Sensortechnik und mit AntiDrift-Düsen AD 90-02 sowie ohne Sensortechnik und mit Injektor-Flachstrahldüsen AVI 80-015 zeigen, dass eine Abdriftminderungsklasse von 95% auch mit dieser Gerätebauart erreicht werden kann.

3.3 Recycling- und Einsparmessungen

Die Einspar- und Recyclingraten wurden größtenteils von den Praktikern aufgezeichnet. Der entstandene Datenpool wurde durch zusätzliche Messungen ergänzt. Die Ergebnisse zeigen einen guten Überblick über das Einsparpotenzial der einzelnen Sprühgeräte. Die Recycling- bzw. Einsparungsergebnisse aller Betriebe und Jahre sind in der Abb. 5 dargestellt. Alle Sprühgeräte mit Sensortechnik ECO-Reflex aus beiden Anbauregionen sind unter der Bezeichnung „ECO-Reflex“ zusammengefasst. Im Rahmen der Einsparmessungen wurden Schattenbilder der jeweiligen Kernobstanlagen aufgenommen, um einen Eindruck über den Wuchs und das Volumen des Baumbestandes zu vermitteln. Diese Schattenbilder können einer realistischen Beurteilung der erzielten Recycling- bzw. Einsparpotenziale sowie einem Vergleich mit anderen (bundesweiten) Anlagen und entsprechenden Einsparraten dienen. Zudem stellen sie eine wichtige Komponente bei der Eintragung in das „Verzeichnis Verlustmindernde Geräte“ des JKI dar.

OSG-N2(NS1): Bei Tunnelprühgeräten ist die Recyclingrate stark abhängig von der Tunnelweite, der Einstellung der Gebläse und der Düsenwahl. Der zweireihige Tunnel kann nicht wie der einreihige optimal an die Fahrgassen- und Baumreihenbreite angepasst werden. Die innere lichte Breite beträgt daher 2,10 m bei einem Reihenabstand von 3,50 m, während im Vergleich dazu das einreihige OSG-N1 bei schmalen Baumreihen auf 1,40 m lichte Breite zusammengefahren werden kann. In Kombination mit einer relativ feintropfigen Flachstrahl-Injektordüse der Größe 015 können maximale Recyclingraten von ca. 30% erzielt werden. Die durchschnittliche Einsparung während des Projektes, ermittelt in Ertragsanlagen mit verschiedenen Düsendrößen lag bei rund 19%.

NTR20-1000(NS3): Um eine optimale Applikation mit einer gesicherten Anlagerung der Spritzflüssigkeit im Baum zu erzielen, muss bei dem Gerät NTR20-1000 mit

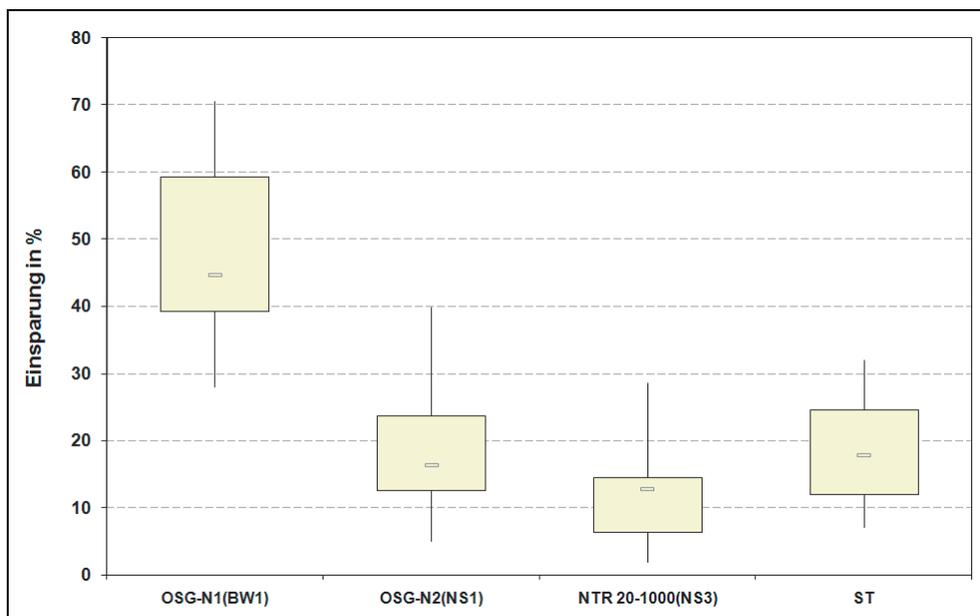


Abb. 5. Recycling- bzw. Einsparraten der Überzeilen-Sprühgeräte mit Recyclingeinrichtung und der Sensortechnik ECO-Reflex für alle Jahre und Betriebe sowie Anlagenformen zusammengefasst.

hohen Gebläsedrehzahlen im Bereich von 1600 bis 2000 U/min gearbeitet werden, da das offene System des Reflektors mit Recyclingeinrichtung durch bestimmte Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten in seiner optimalen Umlenkung stark beeinflusst wird. Dadurch ist auch die Recyclingrate in hohem Maße von der optimalen Einstellung der Gebläse zum Reflektor und von der Düsengröße abhängig. Mit kleineren Düsengrößen (01 und 015 sowie ATR lila) ließen sich Recyclingraten von ca. 12% erzielen. Die Spannweite liegt zwischen 2 und 30%.

OSG-N1(BW1): Anders als der zweireihige Tunnel OSG-N2 ermöglicht die einreihige Ausführung OSG-N1 eine optimale Anpassung an die Baumbreite und somit eine maximale Abscheidung nicht angelagerter Spritzflüssigkeit und deren Rückführung in den Behälter. Im Durchschnitt der drei Jahre konnten mit diesem Gerät in der Praxis rund 48% Pflanzenschutzmittel eingespart werden. Zwischen den einzelnen Jahren sind Unterschiede vorhanden, die sich zum einen auf den Mix der behandelten Anlagen (Jung-/Altanlagen) oder auf unterschiedliche Behandlungshäufigkeiten in den einzelnen Vegetationsstadien (früh/spät) zurückführen lassen. Gerade bei diesem Gerät hat die Belaubungsdichte im Verlauf der Vegetationsperiode einen großen Einfluss auf die Rückführungsrate.

N36(NS4); NQU(BW2); ZA32(BW4) und N36(BW5): Die mit der sensorgesteuerten Lückenschaltung ECO-Reflex ausgestatteten Geräte erzielten im Durchschnitt der 3 Jahre Einsparraten von 18,7% bei einer recht großen Streubreite zwischen etwa 8 und 35%. Diese Schwankungen sind größtenteils auf die Art der behandelten Anlagen zurückzuführen. Besonders dann, wenn in einem Jahr insbesondere Junganlagen mit vielen Lücken

behandelt werden, steigt die Einsparrate deutlich an. Auch die Geräteeinstellung (Lückengröße, Schaltabstand Lücke-Kultur) spielt eine große Rolle. Insgesamt hat die Sensortechnik in den Betrieben bezüglich der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln nicht ganz gehalten, was von ihr erwartet wurde.

Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass ECO-Reflex in der derzeitigen Ausführung nicht die Signale von 8 Sensoren je Geräteseite (für 8 Düsen) verarbeiten kann, sondern nur von 5. Aus diesem Grund müssen einigen Sensoren zwei oder mehr Düsen zugeordnet werden, die dann auch geöffnet sind, wenn eine Lücke vorhanden ist. Das Gleiche gilt für eine Schaltung, bei der die Düsen im Hauptarbeitsbereich immer dann geöffnet werden, wenn einer der Sensoren einschaltet. Ähnliches gilt für den oberen Baumbereich. Wird hier eine Düse nicht benötigt, so kann sie auch von Hand weggeschaltet werden, was die Einsparrate senkt.

Zur Verdeutlichung sind die Einsparraten in den zwei Beispielanlagen in der Abb. 6 zusammengefasst. In der Junganlage Jonagold mit vielen Lücken ergibt sich bei 8 berücksichtigten Sensoren eine theoretisch maximale Einsparung von 66%. Die Düsenzusammenschaltung reduziert diese auf 58%. Hiervon bleiben bei der Messung unter Praxisbedingungen noch 43% übrig. Bei der älteren Anlage Mutsu verringert sich die maximale Einsparung von 53% auf gerade 23% im Praxiseinsatz.

Ziel muss es deshalb sein, jeder Düse einen Sensor zuzuordnen, um einerseits maximale Sicherheit bezüglich der Spritzbelagsbildung und damit der biologischen Wirksamkeit der ausgebrachten Pflanzenschutzmittel zu gewährleisten und andererseits bestmögliche Effizienz durch eingesparte Pflanzenschutzmittel zu erzielen.

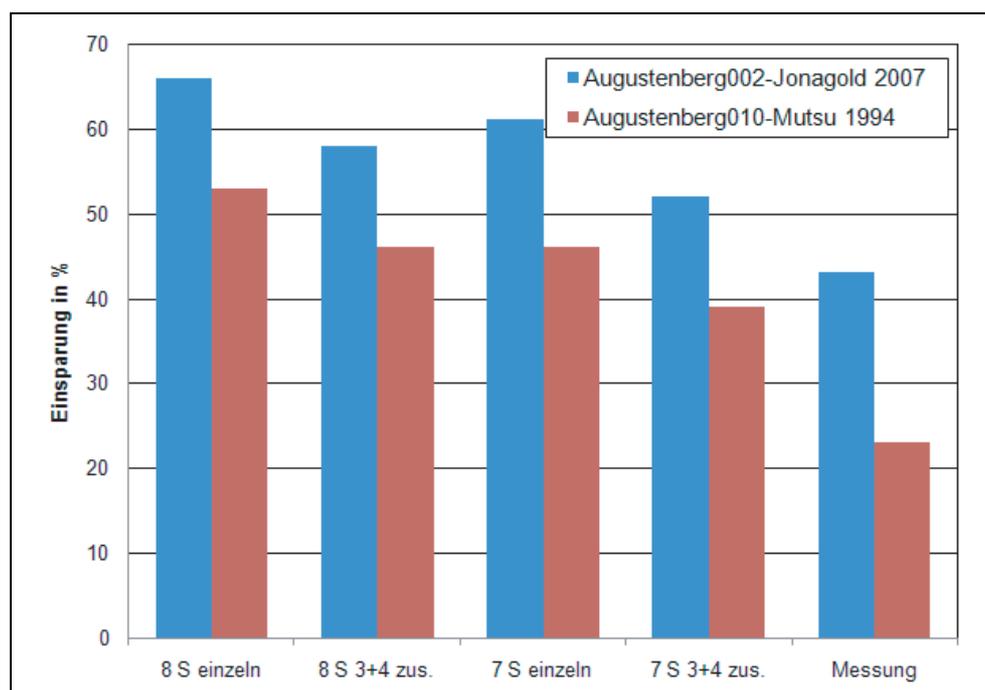


Abb. 6. Mögliche Einsparraten in zwei Beispielanlagen bei unterschiedlichen Konstellationen der Sensorkopplung im Vergleich zur Praxismessung.

3.4 Biologische Wirksamkeit

Im Rahmen des Projektes wurden umfangreiche Untersuchungen zur Wirksamkeit der Technik im Hinblick auf die Apfelschorf- bzw. Apfelmehltaubekämpfung (in Baden-W. ausschließlich Apfelschorf) durchgeführt. Die Bonituren erfolgten in der Regel über drei Vegetationsperioden. Die Befallsituation stellte sich von Betrieb zu Betrieb und über die Jahre gesehen sehr unterschiedlich dar, wofür zahlreiche Einflussfaktoren, insbesondere aber die Witterungs-Bedingungen verantwortlich waren. Trotzdem zeigen die Boniturergebnisse, dass auch mit den neuen Geräten der biologische Bekämpfungserfolg gesichert war: mit allen Sprühgeräten wurde eine ausreichend gute biologische Wirksamkeit erzielt. Allerdings sind beim Reflektorgerät und den Geräten mit Sensorsteuerung gewisse Unsicherheiten nicht völlig auszuschließen. Das Prinzip Lückenschaltung mit Hilfe der Sensortechnik hat sich jedoch als sicher erwiesen und bietet ausreichend biologischen Schutz, sofern eine korrekte Einstellung der Sensoren und Düsen gewährleistet ist.

Der Bekämpfungssicherheit ist im Obstbau eine große Bedeutung beizumessen, da es hiervon abhängt, ob die Äpfel als Tafelware vermarktet oder der Saftverwertung zugeführt werden müssen.

3.5 Betriebswirtschaftliche Bewertung

Die untersuchten Sprühgeräte wurden auch einer betriebswirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Diese basiert auf einem Vergleich zu einem Standardprüher mit Gebläseaufsatz der 90% Abdriftminderungsklasse. Betriebswirtschaftlich positive Effekte innovativer Applikationstechnik gegenüber dem Pflanzenschutz mit einem Standardgerät sind die Zeiteinsparung durch Schlagkrafterhöhung und die damit verbundene Lohnkosten- bzw. Schlepperkostenreduktion sowie die Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch Lückenschaltung oder Recyclingtechnik.

Die Investition in das einzeilige Tunnelgerät rechnet sich aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften bzgl. Anlagerung und Abdriftminderung und seiner hohen Recyclingrate schon ab 7 ha. Zweizeilig arbeitende Applikationstechnik ist ab Flächenleistungen von 20 ha und Einsparraten von ca. 10 bis 25% betriebswirtschaftlich interessant. Betriebsgrößen, die den Einsatz nur eines Sprühgerätes erfordern, eignen sich kaum für zweizeilige Überzeilentechnik. Der Umstieg auf eine sensorgesteuerte Technik ist ab Flächen von 10 ha betriebswirtschaftlich interessant und macht nur dann einen Sinn, wenn bei entsprechenden Beständen eine Einsparrate von 20 bis 25% erzielt werden kann. Dabei wird eine Amortisation nach 10 Jahren erreicht, wenn die Jahresleistung bei mindestens 300 ha im Jahr liegt.

Eine Kostengegenüberstellung allein genügt nicht, um ein Sprühgerät für die Eignung in der Praxis zu beurteilen. Wichtige Faktoren wie betriebliches Umfeld, Absicherung durch optimierten Pflanzenschutz und aktuelle Umweltbelange dürfen nicht außer Acht gelassen werden.

3.6 Bewertung der Spritzfleckenbildung

Verunreinigungen an der Oberfläche von Äpfeln spielen eine wesentliche Rolle bei deren Vermarktung. In der qualitativen Bewertung, d.h. ob ein Apfel vermarktungsfähig ist oder nicht, spielt die Ausprägung der Verunreinigung die entscheidende Rolle. Schlechte Marktsituationen mit geringen Nachfragen führen zu intensiveren Kontrollen der Vermarktungsware, was wiederum eine Aussortierung bzw. Ablehnung verunreinigter Äpfel nach sich ziehen kann. Mit Grauschleiern belegte Äpfel führen eher zu Rückstandsuntersuchungen. In der Vermarktung nehmen Druckstellen und Pflanzenschutzmittelrückstände in der Frucht eine wichtigere Position ein als sichtbare Verunreinigungen durch Spritzflecken. Spritzflecken sind nur bei der Direktvermarktung von Bedeutung, da der Apfel direkt vom Baum zum Kunden geht. In der Vermarktung über Erzeugergenossenschaften und Großhändler verliert die Problematik an Stellenwert, da heute ein Großteil der angelieferten Ware eine wassergeführte Sortierung durchläuft.

Durch Spritzfleckenversuche und qualitative Bewertungen unter Beteiligung diverser Vermarktungseinrichtungen, Obstgroßhändler sowie Qualitätskontrolleure wurde ein realistisches Bild der jeweiligen Vermarktungsfähigkeit behandelter Äpfel erzeugt.

Es konnte gezeigt werden, dass die im Projekt getestete Gerätetechnik als System wenig Einfluss auf die Ausprägung von Spritzflecken hat. Entscheidende Faktoren für die Entstehung sichtbarer Spritzflecken an Äpfeln sind die Düsen- und Pflanzenschutzmittelwahl. Mit grobtropfigen Düsen (Flachstrahl-Injektor) werden stärkere Spritzflecken erzeugt, als mit Hohlkegeldüsen. Dabei spielt es kaum eine Rolle, welche Applikationstechnik zum Einsatz kommt. Eine horizontale Luftstromführung erzeugt tendenziell mehr Spritzflecken, als axiale Luftstromführung. Weiterhin spielt die Formulierung der Pflanzenschutzmittel eine wesentliche Rolle bei der Ausprägung der Spritzflecken. Granulate des Wirkstoffs Captan erzeugen eher einen Grauschleier, während Pulver stark abgrenzende Flecken hervorbringen.

3.7 Monitoring zum Gewässereintrag von Pflanzenschutzmitteln

3.7.1 Durchführung des Monitoring. Das Teilprojekt „Chemisches Monitoring“ (2006–2008) sollte klären, ob im Praxiseinsatz die Abdriftminderung der Geräte ausreicht, um die Exposition aquatischer Nichtzielorganismen in angrenzenden Gewässern soweit zu reduzieren, dass Behandlungen auch im Abstand von nur 5 m zum Gewässer unter Einhaltung des Gewässerschutzes möglich sind. Dazu wurde die Abdrift in Gewässer überprüft, nachdem ausgewählte Bewirtschafter mit ihren Versuchsgeräten entsprechend den örtlichen Erfordernissen praxisrelevante Pflanzenschutzmittel ausgebracht hatten. Die Behandlungen sollten bei Abdrift-geeigneten Windverhältnissen (Wind im Winkel von 45 bis 90° zum Gewässer, Geschwindigkeit von 1–5 m/s) erfolgen. Um die Zahl auswertbarer Behandlungen zu erhöhen, wurden unabhängig von der phytosanitären Notwendigkeit zusätzlich

Präparate mit dem gut analysierbaren Wirkstoff Penco-nazol als Tracer appliziert.

Insgesamt wurden an vier Stillgewässer-Standorten in Niedersachsen (NS1-NS4) und zwei Fließgewässer-Standorten in Baden-Württemberg (BW2 und BW5) 5 Geräte in 62 Praxisapplikationen mit 106 Wirkstoffanwendungen überprüft (s. Abb. 8). Am Standort NS4 konnten fünf Versuche mit 11 Wirkstoffeinsätzen wegen versuchstechnischer Unzulänglichkeiten nicht gewertet werden.

Bei den Praxisbehandlungen wurde eine Vielzahl an Versuchsparametern erfasst, von denen insbesondere die applizierte Pflanzenschutzmittelmenge, das Belaubungsstadium, Windrichtung und Windstärke, die Höhe der Ufervegetation und der Bedeckungsgrad des Gewässers sowie die Zeitangaben zu Applikation und Probenahme für die Bewertung relevant waren.

Vor und unmittelbar nach der Behandlung von meist 5 Baumreihen wurden Schöpfproben aus den oberen 5–10 cm der Gewässer entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Bei Stillgewässern erfolgte die Entnahme an 10 Punkten auf einer Stecke von maximal 100 m, bei Fließgewässern über einen Zeitraum von ca. 4 min am unteren Ende der behandelten Fläche. Zusätzlich wurde bei fast allen Applikationen mit auf der Wasseroberfläche platzierten Petrischalen (s. Abb. 7) die Deposition gemessen. Dies ermöglichte den Nachweis von Wirkstoffen, die im Wasser instabil bzw. mit der Multimethode nicht erfassbar waren (Kupfer, Captan,

Dodin) und erlaubte auch eine Auswertung bei ungenügender Wasserführung.

Die Wasserproben wurden mittels Multimethode analysiert. Sie wurden filtriert (minimaler Rückhaltebereich 3 µm), mit einem Surrogat-Standard zur Kontrolle aller Arbeitsschritte der Rückstandsanalyse versetzt und mit Festphasenkartuschen (Chromabond HR-P, 3 ml/200 mg) extrahiert. Die Wirkstoff-Beläge auf Petrischalen wurden mit Aceton gelöst, in ein Glasröhrchen überführt und im



Abb. 7. In Niedersachsen verwendete Stellagen, auf denen vor der Applikation 10 Petrischalen-Unterteile (Ø 8,8 cm) im Abstand von 1 m aufgestellt wurden, um die Deposition der Abdrift zu erfassen.

Wirkstoff	Chlorpyrifos-methyl	Dodin	Kupfer	Fenoxycarb	Thiacloprid	Pirimicarb	Captan	Imidacloprid	Cyprodinil	Trifloxystrobin	Fluquinconazol	Pyrimethanil	Penconazol	Methoxyfenozide	Myclobutanil
Anzahl Wirkstoff-Einsätze	2	1	4	6	1	2	33	1	1	6	2	2	30	6	3
Gerät (Standort)	Maximal ermittelte Konzentration in 5 – 10 cm bzw. 7,5 cm Wassertiefe														
OSG-N2(NS1)	17			0,04		0,10	1,13			0,04			0,10	0,05	
NTQ16/4(NS2)	4						2,07			0,41			0,03		
NTR20-1000(NS3)	23		<u>0,63</u>	<u>24,6</u>	0,02		<u>38,6</u>						0,66	0,02	
N36+ST+GA(NS4)	19			0,03			<u>91,6</u>			0,10	0,12	0,46	1,45	1,90	1,13
NQU+ST+EOL(BW2)	16	< 0,01		0,24		0,14	0,31	0,03		0,06			0,18	0,04	0,05
N36+ST+GA(BW5)	16	0,08		<u>1,07</u>	0,03		0,96		0,07	< 0,01			0,40		
Bewertung															
Unbedenkli. Konzentration [µg/l]	0,1	0,18	1,85	0,22	0,31	0,85	5	0,6	1,8	0,74	1,4	7	3,2	18	20
Hazard Quotient: PEC* / unbedenkliche Konzentration**	158	97	43	16	14	10	8,4	4,1	2,9	2,4	1,3	1,0	0,3	0,2	0,1
Erforderl. Abdriftmind. [%] zur Einhaltung der unbedenkli. Konz.	> 99	99	98	94	93	90	88	76	66	58	20	0	0	0	0
Erforderl. Abdriftmind.-klasse	99		95			90			75		50				

Rote und unterstrichene Zahlen = Überschreitungen der unbedenklichen Konzentration
* PEC90. Perz.: Predicted environmental concentration – erwartete Umweltkonzentration, berechnet aus zugelassener Wirkstoffaufwandmenge/ha * 2,5 m Kronenhöhe, Abdrift nach Abdriftkoeffizienten für „Obstbau spät“ bei 5 m Abstand, 90. Perzentil = 8,41%, bezogen auf 30 cm Wassertiefe
** FISCHER und SMITH, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, unveröffentl. Mittel., Stand 12/2008

Abb. 8. Maximal gemessene bzw. umgerechnete Wirkstoffkonzentrationen in 5–10 cm Wassertiefe, Anzahl Wirkstoff-Einsätze, Überschreitungen der unbedenklichen Konzentration sowie erforderliche Abdriftminderung.

Stickstoffstrom konzentriert. Nach Kupfer-Applikation wurden die Beläge mit 2 n Salpetersäure abgespült.

Die Mehrzahl der Wirkstoffe wurde mit LC/MS/MS identifiziert und quantifiziert. Die Bestimmung von Captan und Chlorpyrifos-methyl erfolgte mit GC/MS. Die Kupfergehalte wurden am ICP (324,7 nm) ermittelt.

Die Analysenmethode für Wasser wurde über Zusatzversuche validiert. Die Wiederfindungsraten lagen meist zwischen 72% und 110% mit relativen Standardabweichungen zwischen 1% und 16%. Die Bestimmungsgrenze konnte trotz teils erheblicher Hintergrundbelastung in den Wasserproben auf 0,01 µg/l festgelegt werden. Die Bestimmungsgrenzen der Wirkstoffe auf den Petrischalen wurden über die Höhe des chromatographischen Signals (Dreifache des „Rauschens“) festgelegt, sie lagen zwischen 0,2–10 ng/Petrischale (0,33–16,5 mg/ha).

Da es im Projekt nicht zu vermeiden war, dass zwischen Probenahme und Analyse mehrere Tage vergingen, wurde die Lagerstabilität der Wirkstoffe in den Wasserproben bestimmt. Bei den Petrischalen-Proben wurde davon ausgegangen, dass die Wirkstoffe unter den gewählten Lagerungsbedingungen (ca. + 4°C, trocken, dunkel) stabil blieben.

3.7.2 Ermittelte Stoffeinträge und ökotoxikologische Bewertung. Die 95 gewerteten Einsätze von insgesamt 15 Wirkstoffen ergaben 53 Messwerte aus Wasserproben (Konzentrationen in µg/l unter Abzug etwaiger Vorbelastungen, 5–10 cm Wassertiefe) und 91 Messwerte aus Petrischalenproben (µg/cm²). Letztere wurden unter Bezug auf eine Wassertiefe von 7,5 cm ebenfalls in Konzentrationen (µg/l) umgerechnet. In Abb. 8 wird für jedes Gerät die maximal gemessene bzw. berechnete Konzentration für die jeweils applizierten Wirkstoffe dargestellt.

Als Maßstab für die Einhaltung des Gewässerschutzes galten die „unbedenklichen Konzentrationen“ für Oberflächengewässer, die aus den für das PSM-Zulassungsverfahren relevanten aquatotoxikologischen Kenndaten abgeleitet wurden (Werte siehe Abb. 8, FISCHER und SMITH, 2008). Es zeigte sich, dass die jeweiligen unbedenklichen Konzentrationen bei 12% der gewerteten Wirkstoffanwendungen überschritten wurden, und zwar je 1-mal bei Dodin bzw. Fenoxycarb, 2-mal bei Kupfer und 7-mal bei Captan. Die Überschreitungen traten nur bei dem Gerät NTR20-1000(NS3) (7-mal) und bei dem Gerät N36+ST+GA an den Standorten NS4 (3-mal) und BW5 (1-mal) auf (Werte in Abb. 8 rot gekennzeichnet). Dies erfolgte meist unter Windbedingungen mit einem Winkel ab 45° zum Gewässer und einer Geschwindigkeit von 1–5 m/s, 4-mal aber auch bei geringem oder fast parallelem Wind zum Gewässer, d.h. nicht unter worst-case-Bedingungen. Maximal betrug die Überschreitung das 18fache der unbedenklichen Konzentration (Captan). Auch bei einer Umrechnung der Messwerte auf die im Zulassungsverfahren verwendete Standardgewässertiefe von 30 cm lagen noch bei insgesamt sieben Einsätzen von Captan, Fenoxycarb und Kupfer bei beiden Geräten

Überschreitungen der unbedenklichen Konzentrationen vor.

3.7.3 Risikobewertung der Wirkstoffe und erforderliche Abdriftminderung. Das Risiko, dass aquatische Lebensgemeinschaften durch einen PSM-Wirkstoff geschädigt werden, ergibt sich einerseits aus seiner intrinsischen Toxizität und andererseits aus Aufwandmenge, Verteilung sowie Verbleib und damit der zu erwartenden Umweltexposition. Für die im Monitoring eingesetzten Wirkstoffe wurden die maximal durch Abdrift im Gewässer zu erwartenden Konzentrationen (PEC-Werte) aus den maximal zugelassenen Aufwandmengen je ha und 2,5 m Kronenhöhe, dem Abdrifteckwert für „Obstbau spät“ bei einem Abstand von 5 m (90. Perzentil = 8,41%; BBA, 2003) unter Bezug auf die Standardgewässertiefe von 30 cm berechnet. Um die Wirkstoffe vergleichen zu können, wurde ermittelt, um welchen Faktor die zu erwartende Konzentration über der jeweiligen unbedenklichen Konzentration liegt (= Hazard-Quotient, Abb. 8). Bei dieser Betrachtung wurde keine Akkumulation durch Mehrfachapplikationen berücksichtigt.

Es zeigte sich, dass bei Anwendung von Myclobutanil, Methoxyfenozide, Penconazol und Pyrimethanil kaum eine Überschreitung der unbedenklichen Konzentration im Gewässer zu erwarten sein dürfte. Dies konnte durch das Monitoring verifiziert werden und deutet auch auf die Einhaltung der zugelassenen Aufwandmenge bei den Praxisapplikationen hin. Für PEC-Werte über der unbedenklichen Konzentration (Hazard-Quotient > 1) wurde in Abb. 8 die benötigte Abdriftminderung zur Einhaltung des Zielwertes angegeben. Bei Fluquinconazol, Trifloxystrobin und Cyprodinil sind Geräte der Abdriftminderungsklasse 50 bzw. 75% notwendig. Imidacloprid, Captan und Pirimicarb benötigen eine Abdriftminderungsklasse von 90%, Thiacloprid und Fenoxycarb von 95% und Kupfer, Dodin und Chlorpyrifos-methyl von 99%, um sie im Abstand von 5 m zum Gewässer sicher einsetzen zu können.

3.7.4 Abdriftminderung der im Gewässermonitoring getesteten Geräte. Unabhängig von der Einhaltung des Gewässerschutzes sollte zum besseren Vergleich der Geräte deren Abdriftminderung aus den Daten des Gewässermonitoring ermittelt werden. Dies erfolgte nur bei denjenigen 41 Wirkstoffeinsätzen, bei denen die Windverhältnisse annähernd den Anforderungen für Abdriftversuche entsprachen. Für jedes Gerät wurde der Median aus den Stoffeinträgen (Maxima der Wasser- bzw. Petrischalenproben, umgerechnet in g/ha) ermittelt und in % zur ausgebrachten Wirkstoffmenge gesetzt. Durch Bezug dieser Abdriftraten auf den Abdrifteckwert (Obstbau spät, Abstand von 5 m, 50. Perzentil = 3,73%; BBA, 2003) wurde die erzielte Abdriftminderung berechnet (Tab. 4).

Das Gerät OSG-N2(NS1) war mit einer Abdriftminderung von 99,2% ohne Einschränkungen sehr gut geeignet. Die Ergebnisse zum Gerät N36+ST+GA an zwei Standorten (NS4 + BW5) zeigen, dass mit einer Abdrift-

Tab. 4. Berechnung der Abdriftminderung aus den im Gewässermonitoring ermittelten Abdriftraten unter Bezug auf einen Abdrifteckwert von 3,73%

Gerät	Standort	n	Abdriftrate [%] (Median)	Abdriftminderung [%] im Vergleich zum Abdrifteckwert	Abdriftminderungs- klasse [%]
OSG-N2	NS1	9	0,031	99,2	99
N36+ST+GA	BW5	10	0,031	99,2	99
	NS4	5	1,027	72,5	50
NTR20-1000	NS3	10	1,216	67,4	50
NQU+ST+EOL	BW2	4	(0,044)	(98,8)	(95)
NTQ16/4	NS2	3	(0,11)	(97,1)	(95)

n = Anzahl gewerteter Wirkstoffeinsätze bei geeignetem Wind
Zahlen in Klammern aufgrund des geringen Versuchsumfangs nur eingeschränkt bewertbar

minderung von 99,2% in Baden-Württemberg ein ebenso hohes Potenzial vorhanden ist, das aber in Niedersachsen (Abdriftminderung von nur 72%) wahrscheinlich durch das Experimentieren mit verschiedenen Geräteeinstellungen nicht immer voll genutzt wurde. Die Differenzen sind nicht mit den unterschiedlichen Verteilungsverhältnissen in Still- bzw. Fließgewässern erklärbar, da sich die vom Gewässertyp unabhängigen Petrischalen-Ergebnisse ebenfalls deutlich unterscheiden.

Das Gerät NTR20-1000(NS3) erzielte nur eine Abdriftminderung von 67%.

Bei den Geräten NQU+ST+EOL(BW2) und NTQ16/4(NS2) war eine fundierte Bewertung aufgrund des ungenügenden Versuchsumfangs nicht möglich. Die angegebenen Werte weisen auf die Möglichkeit hin, diese Geräte in die Abdriftminderungskategorie 95% einzustufen.

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Gerätespezifische Untersuchungen

Die Ergebnisse in den gerätespezifischen Untersuchungen zu Abdrift nach Richtlinie 2-1.1 (BBA, 2003), Spritzbelagsverteilung, biologischer Wirksamkeit und Einsparungspotenzial zeigen, dass nicht nur zweireihige Tunnelsprühgeräte umweltschonend und effektiv arbeiten, sondern auch einreihige Sprühgeräte mit und ohne Zusatzausrüstung wie ECO-Reflex oder elektronisch optimierten Luftstrom (EOL) ein hohes Maß an gewässerschonender Applikation gewährleisten können. Vier Jahre Forschungs- und Entwicklungsvorhaben eröffnen eine Palette neuer Möglichkeiten in der Applikationstechnik, die für die Obstbaupraxis und den Gewässerschutz von Vorteil sind. Das Konzept, die Sprühgeräte in der Praxis zu testen und weiterzuentwickeln war insofern erfolgreich, dass die unmittelbare Nähe zur Praxis einen engen Bezug zu neuer Technik aufgebaut und somit die Entwicklung und Markteinführung beschleunigt hat. Andererseits barg dieses Konzept die Gefahr der eingeschränkten Versuchstätigkeit, da die Realisierung der Messungen zur Abdrift, zum Spritzbelag und zur Spritz-

fleckenbewertung sowie die Datenerhebung zu Einsparungs- und Recyclingraten vom Wohlwollen und Zeitbedarf des jeweiligen Obstbauern abhing. Der Versuchsumfang der gerätespezifischen Untersuchungen hätte größer ausfallen können, wären die Geräte beim Versuchsansteller stationiert gewesen. Die Parallelität von Entwicklung der Prototypen und von der Umsetzung der Messungen führte dazu, dass viele Messergebnisse an Wert verloren, sobald eine Optimierung oder Weiterentwicklung des Sprühgerätes dieses grundlegend in seiner Konstruktion veränderte. Viele Arbeiten wurden doppelt gemacht oder konnten nur unzureichend in die Gesamtbewertung mit einbezogen werden. Dies war vor allem am Standort NS2 in Niedersachsen das Problem, da nach zweimaligem Austausch komplett neu entwickelter Sprühgerätetechnik, die zudem zusammen genommen nur ca. anderthalb Jahre auf dem Betrieb zum Einsatz kam, am Ende des Projektes kein praxisreifes Gerät zur Verfügung stand. Zusammenfassend ist aber zu sagen, dass das FuE-Projekt dank der unermüdlichen und verantwortungsvollen Unterstützung der Obstbauern ergebnisreich abgeschlossen werden konnte.

Die Verknüpfung von umweltrelevanten Untersuchungen zur Abdrift mit der betriebswirtschaftlichen Bewertung und der Überprüfung der biologischen Wirksamkeit war unbedingt notwendig, denn ein Sprühgerät ist noch lange nicht praxistauglich, wenn es mehr als 95% Abdriftminderung erzielt. Der Diskussion der Ergebnisse liegt ein großer Datenpool zugrunde, der eine umfangreiche Betrachtung der Applikationstechnik ermöglicht.

Einreihige Sprühgeräte wie zum Beispiel das NQU (BW2) oder das N36 (NS4, BW5) sind bewährt und werden vielfach eingesetzt. Die biologische Wirksamkeit ist ausreichend gesichert, sofern Anwender- und Applikationsfehler vermieden werden. Diese relativ einfache Technik kann aber mit Nachrüstvarianten wie der Sensortechnik ECO-Reflex aufgewertet werden. Zum einen bringt dies einen Vorteil einer hohen Abdriftminderung von über 90% (N36: 90%, N36 plus ECO-Reflex: 94-95%) und zum anderen können Pflanzenschutzmittel

durch die Abschaltung der Düsen in den Bestandeslücken eingespart werden. Wird das Sprühgerät zusätzlich mit EOL ausgestattet, erhöht sich die Sicherheit in der Anlagerung von Pflanzenschutzpräparaten gerade bei ungünstigen oder wechselnden Windverhältnissen sowie in der Nähe ökologisch sensibler Nichtzielgebiete. Dazu gehört auch die elektrisch steuerbare Gebläseabdeckung, die bei einer Applikation am Gewässer vom Schlepper aus stufenlos gesteuert werden kann. Somit wird der Prozess der zulassungskonformen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in gewässernahen Obstanlagen unterstützt.

Alle hier erwähnten zusätzlichen Konstruktionselemente vereinfachen die Handhabung von Sprühgeräten, wirken zeitsparend und sichern den reibungslosen Applikationsvorgang. Dies ist gerade in der Blütezeit während des Bienenflugs bei Nachtanwendungen von großer Bedeutung. Kritikpunkte, die sich aus dem Projekt ergeben, beziehen sich vor allem auf den Entwicklungsbedarf der Zusatztechnik, die nach wie vor optimierungsbedürftig ist. Die Ausstattung mit 16 statt 10 Sensoren bei der Lückenschaltung würde durch eine zusätzliche Einsparung von 5% die Wirtschaftlichkeit verbessern, aber auch etwas höhere Anschaffungskosten bedeuten. Des Weiteren ergeben sich bei der Sensortechnik ECO-Reflex Unsicherheiten in der Belagsbildung in den Randbereichen des Baumes. Dies wiederum kann zu mangelnder biologischer Wirksamkeit führen, gerade in Zeiten mit starkem Befallsdruck. Der Effekt des EOL konnte nicht abschließend untersucht werden, so dass auch die Frage offen bleibt, ob die Anlagerung und Verteilung von Spritzmitteln im Bestand bei Wind signifikant verbessert wird. Betriebswirtschaftlich gesehen lohnt sich die Anschaffung der Sensortechnik. Über die Einsparung von ca. 20% hat sich die Technik in 5 bis 7 Jahren je nach Auslastung auf durchschnittlich großen Betrieben (10–20 ha) amortisiert. Die Einführung der Sensortechnik ECO-Reflex und des EOLs in die Praxis erfordert einen hohen Beratungsbedarf, damit die Applikations- und Einspareffekte nicht durch Falschanwendungen zunichte gemacht werden. Die richtige Einstellung auf die betriebsspezifischen Anlagen und Bedürfnisse ist unbedingt notwendig, da sonst verminderte Spritzbeläge zu phytosanitären Problemen führen können.

Bei der Betrachtung der Überzeilentechniken muss zwischen Tunneltechniken und anderen Sprühgeräten mit übergrätschender Bauform unterschieden werden. Der Obstbau erfordert aufgrund der regulären Kronenhöhen von 2,50 bis 3,50 m im Kernobst eine robuste und gleichzeitig flexible Applikationstechnik, die anders als bei Weinbaugeräten viel mehr Belastungen standhalten muss. Konstruktionstechnisch ist dies eine Herausforderung, der sich nicht viele Gerätehersteller stellen. Daher ist die Angebotspalette klein und kann oft nicht als ausgereift bezeichnet werden. Die Tunneltechnik der Fa. Lipco ist nicht neu, wird aber im Obstbau nur sehr wenig genutzt. Mit dem Projekt sollte ein neuer Versuch gestartet werden, diese Sprühgeräte in den großen Obstanbaugebieten Deutschlands zu etablieren. Beide Modelle

OSG-N1 und OSG-N2 sind hinsichtlich ihrer Abdriftminderung (95–99%), Spritzbelagsverteilung (20%), ihrer biologischen Wirksamkeit und ihrer Recyclingrate (20–50% im Mittel) führend. Diesen hervorragenden Eigenschaften stehen die eingeschränkte Nutzbarkeit und die betriebswirtschaftliche Bewertung entgegen. Der einreihige Tunnel OSG-N1 ist ökonomisch gesehen aufgrund der hohen Einsparung an Pflanzenschutzmitteln sehr empfehlenswert, kann aber nur in Betrieben eingesetzt werden, die keine Hagelschutznetze und Hanglagen haben. Der zweireihige Tunnel OSG-N2 muss hinsichtlich der Ökonomie kritischer betrachtet werden und erfordert sehr homogene, hang- und hagelschutznetzfreie arronnierte Flächen. Flächen, die weit vom Betrieb entfernt liegen, nur bedingt erreichbar und ungünstig in ihrer Form (Keilstücke, kurze Vorgewende unter 7 m) sind, schränken die Auslastung stark ein und beeinflussen das betriebskalkulatorische Ergebnis negativ. Der OSG-N2 rechnet sich erst ab Flächenauslastungen von ca. 20 ha und mittleren Recyclingraten von 25%. Für die Praxis kann dieses Tunnelmodell nur bedingt empfohlen werden, da es auch in neueren Versionen ein Sprühgerät für spezielle Obstbaubetriebe bleiben wird.

Beim Reflektorsprühgerät NTR20-1000 hat die Firma Wanner versucht, an erfolgreiche Überzeilentechnik im Weinbau und Obstbau anzuknüpfen. Der Einsatz unter den besonderen Bedingungen im Alten Land stellte das Sprühgerät und den Anwender auf eine harte Probe. Das Sprühgerät ist nach Beendigung des Projektes zwar als praktikabel, jedoch nicht als praxisreif zu bezeichnen. Die Entwicklungsarbeiten nahmen einen Großteil der Projektzeit in Anspruch und trugen dadurch nicht zu positiver Werbung im Niederelbegebiet bei. Das Pflanzenschutzgerät hat das Potenzial, eine Alternative zu ein- und zweireihiger Sprühgerätetechnik darzustellen. Hinsichtlich der Abdriftreduktion kann das NTR20-1000 als ausgereift bezeichnet werden. Die entsprechenden, abdriftmindernden Einstellungen dürfen aber nicht getrennt von der Spritzbelagsverteilung betrachtet werden. Das Reflektionsprinzip funktioniert unter bestimmten Voraussetzungen gut. Dazu gehören insbesondere die richtige Wahl der Düse (grobtröpfig) und die Einstellung der Gebläseleistung, die eine vollständige Umlenkung im Reflektor überhaupt erst ermöglicht. Wird das Reflektionsprinzip durch falsche Einstellungen, Anwenderfehler oder ungünstige Windverhältnisse gestört, wirkt sich das unmittelbar auf die Belagsbildung und damit auf die biologische Wirksamkeit aus. Der Umgang mit dem Reflektor NTR20-1000 erfordert Sachkenntnis. Das Recyclingpotenzial ist aufgrund einseitiger Rückführung im Vergleich zur Sensortechnik nur sehr gering und schlägt sich deshalb kaum in der betriebswirtschaftlichen Kalkulation nieder. Bei 10% Recyclingrate müssten 28 ha permanent behandelt werden, damit sich die Technik innerhalb der Nutzungsdauer von zehn Jahren amortisiert. Die Auslastungsgrenze beim Anwender liegt aber bei ca. 20–25 ha.

Aufgrund fehlender Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse kann der Prototyp NTQ16/4 der Firma Wan-

ner nur unter Vorbehalt für die Praxis empfohlen werden. Die Entscheidung unter Abwägung der Vorteile und Nachteile in ein solches PS-Gerät zu investieren, liegt beim Obstbauern selbst.

4.2 Monitoring zum Gewässereintrag von Pflanzenschutzmitteln

Im Gewässermonitoring konnte in sechs Praxisbetrieben an regional typischen Still- und Fließgewässern durch die Erfassung der Wirkstoffeinträge nach Praxisapplikationen die Eignung von fünf Versuchsgeräten für den gewässernahen PSM-Einsatz beurteilt werden.

Die bei der Rückstandsanalytik erreichten Bestimmungsgrenzen waren niedrig genug, um auch Wirkstoffe mit sehr geringen unbedenklichen Konzentrationen (z.B. Chlorpyrifos-methyl: 0,1 µg/l) erfassen zu können. Bei der Prüfung der Lagerstabilität erwiesen sich 13 der 15 applizierten Wirkstoffe über den geprüften Zeitraum von 7 Tagen im Wasser als ausreichend stabil. Lediglich bei Fenoxycarb und Trifloxystrobin war von einer Unterschätzung des Wirkstoffgehalts im Wasser auszugehen, was jedoch durch den entsprechenden Nachweis von Rückständen auf Petrischalen mit Ausnahme der Fenoxycarb-Applikation am Standort BW5 keine Bewertungsrelevanz hatte.

Es zeigte sich, dass die ökotoxikologisch unbedenklichen Konzentrationen bei 12% der im Monitoring bewerteten Wirkstoffanwendungen überschritten waren, und der Gewässerschutz nicht mit allen Geräten zu gewährleisten war. Die alleinige Bewertung anhand der Einhaltung oder Nichteinhaltung des Gewässerschutzes wurde jedoch als nicht ausreichend erachtet, da der Praxiseinsatz der einzelnen Wirkstoffe an den untersuchten Standorten situationsbedingt unterschiedlich war. Dadurch würden Geräte bevorteilt, mit denen aquatotoxikologisch weniger kritische Wirkstoffe appliziert wurden. Daher sollte als zusätzlicher Prüfstein für die Geräteeignung die Anwendbarkeit möglichst aller Obstbau-relevanten Wirkstoffe (insbesondere der aquatotoxikologisch bedenklichen), auch unter worst case-Windbedingungen, gelten. Bei Berechnung der zu erwartenden Umweltkonzentrationen für die eingesetzten Wirkstoffe zeigte sich, dass bei $\frac{1}{3}$ der Substanzen eine Abdriftminderung von 95 bis 99% notwendig ist, um trotz gewässernaher Applikation Werte oberhalb der unbedenklichen Konzentration sicher zu verhindern. Für eine vergleichende Bewertung der Testgeräte wurde deren Abdriftminderung aus allen unter geeigneten Windbedingungen ermittelten Monitoring-Messwerten berechnet. Hierbei konnten auch die Ergebnisse von aquatotoxikologisch unbedenklicheren Wirkstoffen einbezogen und auf kritische Wirkstoffe übertragen werden. Die geplante Bewertung der Ergebnisse bezüglich ihrer Abhängigkeit von Belaubungsstadium und weiteren Standort- und Versuchsbedingungen war aufgrund des unterschiedlichen Untersuchungsumfangs der einzelnen Faktoren kaum möglich.

Fazit des Monitoring ist, dass die im Apfelanbau gängigen PSM-Spritzfolgen, u.a. mit Wirkstoffen wie Chlorpy-

rifos-methyl, Dodin, Kupfer, Fenoxycarb und Thiacloprid (Hazard-Quotient > 10) im Abstand von 5 m unter Einhaltung des Gewässerschutzes nur mit dem Tunnelgerät mit Recycling OSG-N2(NS1) und mit dem Gerät N36+ST+GA(NS4 + BW5) sicher ausgebracht werden können, wenn das Potential dieser Geräte vollständig ausgeschöpft wird. Bei den aufgrund eines zu geringen Versuchsumfangs nicht sicher zu bewertenden Geräten NQU+ST+EOL(BW2) und NTQ16/4(NS2) ist bezüglich der Abdriftminderung weiteres Potential zu sehen. Das Gerät NTR20-1000(NS3) konnte für die gewässernahe Applikation aquatotoxikologisch bedenklicher Stoffe nur als unzureichend geeignet bezeichnet werden.

5 Schlussfolgerungen und Konsequenzen für gewässerreiche Regionen

Die Ergebnisse des FuE-Projektes sind insbesondere für gewässerreiche Obstbauregionen wie z.B. das Sondergebiet des Alten Landes von Bedeutung. Das dort anzutreffende dichte Grabensystem, welches die gesamte Obstanbauregion durchzieht, erschwert oder verhindert oft die Anwendung vieler wichtiger Pflanzenschutzmittel. Nur durch Einhaltung strenger gesetzlicher geräte-technischer Vorgaben können dort ausgewählte Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden. Die Verwendung und Weiterentwicklung abdriftmindernder Technik hat daher für das Sondergebiet an der Niederelbe einen besonders hohen Stellenwert. Die über neue EU-Regelwerke geforderten deutlich gestiegenen Ansprüche an einen umweltschonenden und risikoarmen Pflanzenschutz bekräftigen die Notwendigkeit verbesserter verlustmindernder Pflanzenschutzgeräte.

Nach Ende des Projektes stehen einige interessante Pflanzenschutzgeräte zur Verfügung, die sich für einen dauerhaften und erfolgreichen Einsatz in gewässerreichen Obstanbaugebieten eignen. Insbesondere die verbesserten Abdriftminderungseigenschaften der Geräte scheinen vielversprechend. Die erzielten Abdriftminderungen von über 90% bis zu 99% machen eine gewässernahe Applikation für die Mehrzahl der Wirkstoffe aus ökotoxikologischer Sicht möglich. Voraussetzung dafür sind allerdings die Aufnahme dieser Geräte in das „Verzeichnis verlustmindernder Geräte“ des Julius Kühn-Institutes sowie die Schaffung neuer Abdriftminderungsklassen.

Die bei Verwendung moderner Sensor- oder Recycling-technik resultierende PSM-Einsparung ist ein weiterer betriebswirtschaftlicher bzw. umweltschutzrelevanter Anreiz zur Nutzung dieser Technik. Zeiteinsparung durch Schlagkraftherhöhung und die damit verbundene Lohnkosten- bzw. Schlepperkostenreduktion sowie eine verbesserte Funktionalität, Anwenderfreundlichkeit und Praxistauglichkeit sind weitere positive Folgen des Einsatzes der getesteten Geräte. Für eine endgültige Eignung in der Praxis müssen allerdings alle betriebs-spezifischen individuellen Faktoren berücksichtigt werden.

Im Einzelnen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Die Tunnelgeräte (OSG-N2 und OSG-N1), die eine „abgeschirmte Applikationszone“ (beidseitige Tunnelwand) aufweisen, waren bezüglich Belagsbildung, Abdrift, Recycling/Einsparung und biologischer Wirksamkeit den anderen Geräten vielfach überlegen. Sowohl die ein- als auch die zweireihige Ausführung können als praxistauglich gelten, obwohl beim OSG-N2(NS1)-Gerät noch kleinere Mängel vorhanden sind, die abgestellt werden sollten. In einreihiger Ausführung weist das Tunnelgerät (OSG-N1(BW1)) sogar mit die höchste Rentabilität im Vergleich zu den weiteren im Vorhaben eingesetzten Geräten auf.
2. Bei den Geräten NTQ16/4(NS2) und NTR20-1000(NS3) besteht noch erheblicher Verbesserungsbedarf, der in der regulären Projektlaufzeit nicht realisiert werden konnte. Die Gerätehersteller sollten deshalb dazu animiert werden, bestehende technische Defizite an den Geräten zu beseitigen.
3. Die reihenübergreifenden Geräte eröffnen die Möglichkeit, die unmittelbar am Gewässerrand gelegene Baumreihe beidseitig zu behandeln, ohne zum Graben hin zu sprühen. Auch kann das Fahren zwischen der ersten Baumreihe und dem Graben unterbleiben, was in der Vergangenheit – durch Abrutschen des Traktors in den Graben – des Öfteren zu schweren Unfällen geführt hat.
4. Bei allen in Niedersachsen und Baden-Württemberg eingesetzten Geräten konnte bei den Abdriftversuchen nach Richtlinie 2-1.1 eine Abdriftminderung von 95% nachgewiesen werden. Da eine 95%-Klasse noch nicht existiert, ist davon auszugehen, dass damit vorerst die Voraussetzungen für eine Eintragung in die 90%-Klasse gegeben sind.
5. Die Ergebnisse des Gewässermonitoring bestätigen das hohe Abdriftminderungspotential des geprüften Tunnelprühgerätes mit Recyclingeinrichtung (OSG-N2(NS1)) und des Sprühgerätes mit Querstromgebläse und Sensortechnik (N36+ST+GA, nur am Standort BW5). Bei den anderen drei an Gewässern getesteten Geräten reichte die Abdriftminderung nicht aus, um die aquatotoxikologisch unbedenklichen Konzentrationen bei Applikationen aller Obstbau-relevanten PSM im Abstand von 5 m zu Gewässern einzuhalten. Bereits bei Abdriftminderungsraten < 99% ist der Gewässerschutz nicht in jedem Fall zu gewährleisten.
6. Die Sensortechnik (ECO-Reflex) funktioniert unter Praxisbedingungen weitestgehend zuverlässig. Mit ihr können zwischen 12 und 19% der eingesetzten Pflanzenschutzmittel eingespart werden. Eine sichere Detektion der Zielflächen (wie Knospen, Zweige, Blätter) ist vor allem zu Beginn der Vegetation besonders schwierig und noch zu verbessern. Ein positiver Effekt des EOL auf die Belagsbildung und die Abdriftminderung zeigte sich nicht.
7. Die Wirksamkeit der eingesetzten Pflanzenschutzmittel war bei allen untersuchten Geräten gegeben. Vereinzelt aufgetretener Schorfbefall war auf Fehler bei der Terminierung der Spritzungen zurückzuführen.
8. Die einreihigen Geräte rechnen sich bereits ab einer Mindestbetriebsgröße von ca. 10 ha, während bei zweireihig-übergreifenden Geräten sich die Anschaffung erst ab ca. 25 ha als lohnend erweist.
9. Die Spritzflecken traten bei Verwendung von abdriftmindernden Düsen stärker auf als bei Standarddüsen, wie z.B. ATR. Sie wurden aber auch entscheidend durch die Formulierung der Pflanzenschutzmittel bzw. die eingesetzten Tankmischungen bestimmt. Die Bedeutung der Spritzflecken dürfte allerdings bei indirekter Vermarktung bzw. nach Sortierung mit Wasserentleerung kaum mehr ins Gewicht fallen.

Praktikabler und umweltschonender Pflanzenschutz in sich verändernden Anbauregionen mit steigenden Anforderungen an die Praxis soll auch in Zukunft noch möglich sein. Deshalb ist die Weiterentwicklung der Applikationstechnik ein wichtiger Beitrag, die Existenz des Obstanbaus insbesondere in gewässerreichen Regionen langfristig zu sichern. Außerdem sind Praktiker notwendig, die neuen Entwicklungen aufgeschlossen gegenüberstehen.

Danksagung

Den Praktikern sei herzlich für ihre Mitwirkung am Projekt gedankt. Ohne ihr großes Engagement und den unermüdlichen Einsatz bei den Praxistests, verbunden mit einem hohen Grad an Toleranz und Flexibilität hätte das Projekt nicht in dieser erfolgreichen Weise durchgeführt werden können.

Folgende Obstanbaubetriebe haben an dem Projekt teilgenommen:

Klaus GARRN-ECKHOFF	21723 Hollern-Twielenfleth	(NS1)
Rolf KÖSER	21683 Stade-Kreuel	(NS2)
Jochen FEINDT	21635 Jork-Westerladekop	(NS3)
Gunda HOLST-QUAST	21129 Hamburg-Neuenfelde	(NS4)
Theo BIELMANN	77871 Renchen-Erlach	(BW1)
Stiftung LIEBENAU	88074 Meckenbeuren	(BW2)
Othmar SCHATZ	78351 Bodmann	(BW3)
Klaus STRODEL	88139 Weißenberg	(BW4)
Reinhold BAUMANN	88069 Tettang-Vorderreute	(BW5)

Herrn NOBBMANN, der beim LTZ dieses Vorhaben über mehrere Jahre mit Interesse und großem Engagement bearbeitet hat, sowie allen technischen Mitarbeitern der beteiligten Institutionen sei für ihre zuverlässige Arbeit und ihr Engagement im Projekt gedankt.

Bisher dazu veröffentlichte Beiträge:

- DRÖGE, K., K. SCHMIDT, J.-P. RALFS, 2010: Moderne Sprühgeräte für gewässerreiche Obstanbaugebiete. Tagungsband 68. Internationale Tagung Landtechnik, 27.-28. Oktober 2010, Braunschweig, 103-109.
- NOBBMANN, J., K. DRÖGE, 2008: Praxistauglichkeit neuester Applikationstechnik für den Obstbau. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes e. V. **63** (6), 200-205.
- DRÖGE, K., 2009: Betriebswirtschaftliche Bewertung neuer Applikationstechniken. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes e. V. **64** (7), 272-276.
- DRÖGE, K., J. NOBBMANN, K. SCHMIDT, H. GANZELMEIER, 2009: Environmental plant protection with innovative spraying systems – Results of a four years project funded by BLE Germany. Book of abstracts, SuProFruit 2009, 10th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing, Sept 30 – October 2, 2009, Wageningen, p. 44.
- DRÖGE, K., K. SCHMIDT, J. NOBBMANN, H. GANZELMEIER, 2010: Umweltschonender Pflanzenschutz mit moderner Sprühgerätektechnik im Obstbau. Tagungsband 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. Sept. 2010, Humboldt-Universität zu Berlin. Julius-Kühn- Archiv **428**, 164.
- KAUL, P., H. KOCH, H. KNEWITZ, A. MOJE, K. SCHMIDT, H. GANZELMEIER, 1998: Einstellung an Sprühgeräten im Obstbau. *Obstbau* **23** (5), 251-254.
- KAUL, P., H. HENNING, S. GEBAUER, 2003: Nutzung von Vertikalverteilungsprüfständen zur Beurteilung von Sprühgeräten im Obstbau. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **55** (5), 101-109.
- KAUL, P., S. GEBAUER, S. RIETZ, H. HENNING, 2002: Pflanzenschutzmittel-Verteilungsvorgänge beim Sprühen im Obstbau. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **54** (5), 110-117.
- KAUL, P., S. GEBAUER, E. MOLL, J.-P. RALFS, K. DRÖGE, 2011: Adjustment of the quantity of PPP according to the leaves density and the sprayer parameters in orchards. SuProFruit 2011. Book of abstracts, 124.
- LOQUET, B., M. SIHAM, F. ZAVAGLI, B. GLEIZER, 2009: Reducing drift during spray application in orchard: efficiency of nozzles. SuProFruit 2009, Book of abstracts, 72-73.
- MELESE ÉNDALEW, A., C. DEBAER, N. RUTTEN, J. VERCAMMEN, M.A. DELELE, H. RAMON, B. NICOLAI, P. VERBOVEN, 2009: CDF evaluation of the air-flow from three types of sprayers in pear orchard trees using 3D canopy architecture. SuProFruit 2009, Book of abstracts, 94-95.
- MICHIELSEN, J.M.G.P., J.C. VAN DE ZANDE, M. WENNEKER, 2009: Nozzle classification for drift reduction in orchard spraying; effect of nozzle type in a dormant stage orchards. SuProFruit 2009, Book of abstracts, 36-37.
- MOLTÓ, E., B. MARTIN, A. GUTIÉRREZ, 2000: Design and Testing of an Automatic Machine for Spraying at a Constant Distance from the Tree Canopy. *J. Agric. Eng. Res.* **77** (4), 379-384.
- NORMANN, S., 2001: Buffer zones to protect aquatic life from pesticide spray drift and development of the 'LERAP' approach. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 25-30.
- RAUTMANN, D., M. STRELOKE, R. WINKLER, 2001: New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 133-141.
- RAUTMANN, D., 2001: Official list of drift reducing techniques. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 130-132.
- SCHMIDT, K., 2001: Current state of the development of drift reducing techniques in Germany. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 122-129.
- SCHMIDT, K., H. KOCH, 1995: Einstellung von Sprühgeräten und Verteilung von Pflanzenschutzmittelbelägen im Obstbau. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **47** (7), 161-167.
- STALLINGA, H., J.C. VAN DE ZANDE, J.M.G.P. MICHIELSEN, A.M. VAN DE LANS, P. VAN VELDE, G. MASSINK, 2009: Spray drift caused by a mast sprayer adapted to high trees. SuProFruit 2009, Book of abstracts, 38-39.
- STRELOKE, M., R. WINKLER, 2001: Risk mitigation measures to protect aquatic life: German approach. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 46-50.
- TAMAGNONE, M., P. BALSARI, P. MARUCCO, 2011: Evaluation of the performance of a tunnel sprayer in vineyard. SuProFruit 2011. Book of abstracts, 44-45.
- WALKLATE, P.J., 2001: Drift reduction by vegetation: *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 108-114.
- ZANDE, J.C. VAN DE, H.A.J. PORSKAMP, J.M.G.P. MICHIELSEN, H. STALLINGA, H.J. HOLTERMANN, A. DE JONG, J.F.M. HUISMANS, 2001: Drift measurements in the Netherlands as a basis for differentiation of risk mitigation measures. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* **383**, 99-107.

Literatur

- BBA (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft), 2003: Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenschutzgeräten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Teil VII. 1 – 2.3.3.: Verfahren zur Eintragung von Pflanzenschutzgeräten in den Abschnitt „Abdrift“ des Verzeichnisses „Verlustmindernde Geräte“ (Februar 2003).
- CHAHINE, A., S. DUPONT, Y. BRUNET, C. SINFORT, 2011: Model for pesticide dispersal from vineyard canopies. SuProFruit 2011. Book of abstracts, 72-73.
- FISCHER und SMITH, 2008: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, unveröffentlichte Mitteilungen 2008.
- FURNESS, G.O., A.J. THOMPSON, D.W.L. MANKTELOW, 2006: Multi-fan spray towers to improve dose efficiency and spray coverage uniformity in citrus trees. *Aspects of Applied Biology* **77**, 481-488.
- GANZELMEIER, H., D. RAUTMANN, 2000: Drift, drift reducing sprayers and sprayer technique. *Aspects of Applied Biology* **57**, 1-10.
- GOLLA, B., J. STRASSEMAYER, H. KOCH, D. RAUTMANN, 2011: Eine Methode zur stochastischen Simulation von Abdriftwerten als Grundlage für eine georeferenzierte probabilistische Expositionsabschätzung von Pflanzenschutzmitteln. *Journal für Kulturpflanzen* **63** (2), 33-44.
- HOČEVAR, M., B. ŠIROK, V. JEJČIČ, T. GODEŠA, M. LEŠNIK, D. STAJNKO, 2010: Design and testing an automated system for targeted spraying in orchards. *J. Plant Dis. Protect.* **117** (2), 71-79.
- ISO (International Organization for Standardization), 2007: ISO 22522 – Crop protection equipment – Field measurements of spray distribution in tree and bush crops.
- ISO, 2010: ISO 22369 – Crop protection equipment – Drift classification of spraying equipment, P1: Classes (2006), P2: Classification by field crops sprayers of field measurements.