

# APPLIKATIONSTECHNIK

## Für jede Anwendung die richtige Tröpfchengröße

Optimale Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln - welchen Einfluss hat die Anwendungstechnik? Dieser Frage geht Ralf Anton Brune, Syngenta Agro GmbH Maintal, nach

Die Einflussfaktoren im Pflanzenschutz sind sehr vielschichtig und stehen untereinander in einem komplexen Zusammenhang. Eine erfolgreiche Kulturführung wird durch unterschiedlichste Faktoren wie z. B. Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Saatzeitpunkt, Düngung und Sätechnik beeinflusst und stellt nicht zuletzt auch hohe Ansprüche an den Pflanzenschutz. Gerade in diesem Punkt entscheiden Produktwahl und verwendete Applikationstechnik oftmals über Erfolg und Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

## Wirkstoff ist nicht gleich Wirkstoff

. Eine wichtige Frage lautet: "Bewegt er sich, oder bewegt er sich nicht-in der Zielpflanze?" Produkte, die ausschließlich auf einer Kontaktwirkung beruhen (z.B. Karate Zeon, Shirlan, Reg lone), benötigen eine gleichmäßige und feine Verteilung. Der Grund hierfür ist, dass sich solche Produkte nicht innerhalb der Pflanze verlagern. Nur die Pflanzenteile, die auch benetzt werden, sind geschützt. In diesem Fall muss der Praktiker feine bis mittlere Tropfen applizieren und eine Wasseraufwandmenge von mindestens 250-300 l / ha wählen. Zu geringe Wassermengen können dazu führen, dass ein Zielobjekt nur ungleichmäßig mit Produkt belegt wird. Besonders fatal wirkt sich dies bei der Bekämpfung von Pilzen bzw. Schadinsekten aus. Produkte mit Kontaktwirkstoffen werden ebenso häufig im Bereich der Herbizide eingesetzt. Bei ungenügender Benetzung besteht zum Beispiel die Gefahr des Wiederaustriebs durch Seitentriebe aus nicht getroffenen Pflanzenteilen.

Im Gegensatz zu den Kontaktmitteln verteilen sich die sogenannten systemischen Wirkstoffe in der Pflanze. Sie werden mit dem Saftstrom in das aktiv wachsende Gewebe transportiert. Aufgrund dieser Xylem-mobilen Eigenschaft wirken sie auf getroffenem als auch auf neu gebildetem Gewebe. Diese Gruppe (z.B. Amistar, Acanto) stellt deshalb weniger hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Produktverteilung. In der Regel ist eine mittlere Bedeckung der Zielfläche ausreichend. Einige Wirkstoffe sind sogar in der Lage, sich sozusagen rückwärts in Stängel oder Wurzeln zu verlagern, man nennt sie Phloemmobil. Mit solchen Wirkstoffen (z. B. Touchdown Quattro, Fusilade) lassen sich zum Beispiel ausdauernde Unkräuter gut kontrollieren.

Xylem-mobile Wirkstoffe verlagern sich vom Ort der Applikation in den Neuzuwachs. Kontaktwirkstoffe werden nicht verlagert

# Die Zielfläche - eine wachsende Fläche

In Abb. 1 ist der Vergleich zwischen systemisch wirkenden Fungiziden und Kontaktfungiziden dargestellt. Während bei den beiden oberen Blattdarstellungen eine echte Systemizität vorliegt, der Wirkstoff also vom Ort der Applikation bis in die Blattspitzen verlagert wird, zeigen die beiden unteren Blätter, dass nach der Applikation die Kontaktwirkstoffe nicht weiter verlagert werden. Diese Wirkstoffverteilung muss folglich auch Auswirkungen auf die Applikationstechnik haben. Getreidepflanzen verändern während der Entwicklung ihren Habitus. Im Laufe einer Vegetationsperiode ändert sich deshalb die sogenannte Zielfläche ganz erheblich. Und damit auch die Anforderungen an die Technik, die ein Pflanzenschutzmittel darauf ausbringen soll. Natürlich spielt auch hier die Art des zu bekämpfenden Problems eine Rolle. Bei Voraufbauherbiziden ist die Zielfläche identisch der behandelten Fläche von einem Hektar. Seitens der Technik besteht hier die Forderung einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Spritzflüssigkeit. Der Querverteilung der Düsen bzw. des Düsenverbandes kommt in diesem Falle die größte Bedeutung zu.

Stärkere Unterschiede bestehen bei den Nachaufbauherbiziden. Je nachdem ob ein rein blattaktives Herbizid oder ein Produkt das sowohl über das Blatt als auch über den Boden wirkt, eingesetzt wird, unterscheiden sich die Größen der Zielfläche bereits recht stark. Die Zielfläche kann das 2,5-fache der zugrunde gelegten Bodenfläche betragen. Aufgrund der oftmals sehr kleinen Blattflächen von Ungräsern oder Unkräutern ist eine feintropfige bis maximal mitteltropfige Applikation mit Wassermengen von 250 l/ha zu empfehlen. Bei der Kontrolle von Blattkrankheiten im BBCH 33-37 muss die gesamte Pflanze als Zielfläche angesehen werden, wobei sich die Größe je nach Anbausystem, Sorte, Saatstärke und Entwicklungsstadium zwischen 70.000 und 125.000 m<sup>2</sup>/ha bewegt. Für eine optimale Wirkung sollten bei diesen Behandlungen Tropfengrößen gewählt werden, die den Bestand auch bis zu den tiefer liegenden Blattetagen und Stängeln durchdringt. Dies kann ein mittleres bis grobes Tropfenspektrum leisten. Die Anwendung von systemischen Fungiziden wie z.B. Amistar + Gladio gewährleistet auf diese Weise einen zuverlässigen Schutz der getroffenen Blattbereiche und des Neuzuwachses.

Bei der Ähren- bzw. Insektizidbehandlung sind die Ähre und die oberen beiden Blattetagen die eigentliche Zielfläche. Diese stellt, da sie zur Düse exponiert ist, keine allzu großen Probleme für eine gute Produkthanlagerung dar. Für Applikationen in diesem Entwicklungsstadium sind mittlere bis feine Tropfenspektren von Vorteil, da diese eine optimale Verteilung besonders von Kontaktwirkstoffen wie Insektizide (z. B. Karate Zeon) und Kontaktfungizide (z.B. Bravo 500) gewährleisten und somit hohe Wirkungsgrade ermöglichen. Für die Produkthanlagerung gilt die einfache Regel: Je größer der Tropfen, um so leichter lässt sich ein Bestand mit Spritzflüssigkeit durchdringen.

Das ist vor allem wichtig wenn es darum geht, eine möglichst hohe Anlagerung an der unteren Halmbasis von Pflanzen zu erreichen. Dies ist beispielsweise bei der Bekämpfung von Halmbasiserkrankungen oder bei der Applikation von Wachstumsregulatoren notwendig.

Die nachfolgende Darstellung (Abb. 2) zeigt das Ergebnis mehrjähriger Versuche im Getreide. Sie stellt die Durchdringung eines Getreidebestandes mit unterschiedlichen Tropfengrößen dar und zeigt die Verteilung von Spritzbrühe in den verschiedenen Ebenen des Bestandes in Abhängigkeit der Tropfengröße.

# Ein immer aktuelles Thema - Abdrift

Nicht nur aus ökonomischen sondern auch aus ökologischen Gründen geht es beim sachgerechten Pflanzenschutz darum, möglichst die gesamte Spritzflüssigkeit auf der eigentlichen Zielfläche auszubringen. Die Wahl einer Dose mit einem auf die Anwendung abgestimmten Tropfengrößen-Spektrum ist ausschlaggebend für eine geringe Abdrift. Je nach Bauart, Durchflussgröße und Druck erzeugen Düsen unterschiedliche Tropfengrößen. Eine wichtige Kenngröße für Größenspektrum und Häufigkeitsverteilung von Tropfenfraktionen ist der mittlere volumetrische Durchmesser (MVD). Je kleiner die Durchflussgröße einer Dose und je höher der Druck, desto geringer wird der MVD. Der Feintropfenanteil und damit auch das Abdriftpotential einer Düse steige. Düsen gelten als feintropfig, wenn >90 Prozent des Flüssigkeitsaufwandes eine Tropfengröße von ca 200µm haben. Tropfen mit einer Größe von < 100µm gelten dabei als extrem abdriftgefährdet. Mitteltropfige Düsen produzieren ca 90-95 Prozent des Flüssigkeitsaufwandes in einer Größe von 300µm. Bei den grob und sehr grobtropfigen Düsen sind >95 Prozent des Flüssigkeitsaufwandes grobtropfig. Die Tropfengröße kann bis zu 600µm und mehr betragen. (Abb.3) Die Wahl einer größeren Durchflussgröße oder aber die Verringerung des Spritzdruckes führen zu einer Erhöhung des MVD und damit zu einem gröberen Tropfenspektrum.

Größere Tropfen sind weniger anfällig gegen Windgeschwindigkeit und werden weniger stark vom Horizontalwind verfrachtet. Allerdings gehen diese abdriftmindernden Eigenschaften von größeren Tropfen zu Lasten der Bedeckung. Große Tropfen erzielen, bezogen auf die gleiche Flächengrößen, einen schlechteren Bedeckungsgrad als feine Tropfen (Abb. 4).

Die "Lebensdauer" von Tropfen ist ebenfalls stark von der Größe, aber auch von klimatischen Gegebenheiten abhängig. Je höher die Temperatur und je geringer die Luftfeuchtigkeit und je kleiner die Tropfen, um so kürzer ist sie. Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass die Existenzdauer eines Tropfens stärker von der Luftfeuchte als von der Temperatur beeinflusst wird. Nach den Regeln der Guten Fachlichen Praxis soll die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln bei einer Windgeschwindigkeit von bis zu 5m/s, einer Temperatur von max. 25°C und einer Luftfeuchtigkeit nicht unter 60 Prozent erfolgen. Die Einhaltung dieser Eckdaten ermöglichen eine Applikation mit möglichst geringem Abdriftisiko.

# Die richtige Düse finden

Die im Ackerbau eingesetzten Düsen sind in aller Regel Flachstrahldüsen. Diese lassen sich grob in die drei Gruppen "Standarddüsen", "Antidriftdüsen" und "Injektordüsen" unterteilen.

Bei den Standarddüsen wird der Flüssigkeitsstrom direkt zur Austrittsöffnung geleitet und dort in Abhängigkeit des Flüssigkeitsdruckes zunächst in eine Flüssigkeitslamelle, dann Flüssigkeitsfäden und schließlich Tropfen unterschiedlicher Größe umgewandelt.

Antidriftdüsen dagegen haben bereits eine integrierte Vorkammer in der der Flüssigkeitsstrahl zu einem Flachstrahl vorgeformt wird. Dieses führt zu einer Reduzierung des Feintropfenanteils und damit zu einer driftärmeren Applikation. Dennoch produzieren diese beiden Düsentypen im Vergleich zu den heute üblichen Injektordüsen ein zu feines Tropfenspektrum und sind nicht als "abdriftmindernde Düsen" anerkannt. In der Ausbringungstechnik spielen sie daher eine immer geringer werdende Rolle.

Die als "abdriftmindernde Düsen" anerkannten Injektordüsen teilen sich in zwei wesentliche Gruppen auf: Zum einen stehen dem Anwender Injektordüsen der kurzen Bauart zur Verfügung, die je nach Hersteller IDK, IDKN, Air Mix oder MD Düsen genannt werden. Der optimale Druckbereich dieser Düsen liegt zwischen 1,5 - 3 bar, das Tropfenspektrum variiert zwischen fein bis extrem grobtropfig. Zum anderen kann der Anwender zwischen Injektordüsen der langen Bauart wählen. Die herstellerbezogenen Bezeichnungen sind ID, IDN, AI, AIC, AVI, Turbo Drop oder S Injet. Diese Düsenart hat ihren optimalen Druckbereich ab 4 bar und mehr. Das Tropfenspektrum liegt zwischen mitteltropfig und extrem grobtropfig. Je nach Bauart und Düsengröße sind die Injektordüsen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Druck-bereichen in die Abdriftminderungsklassen 50 Prozent, 75 Prozent und 90 Prozent eingeteilt.

Injektordüsen produzieren luftgefüllte Blasen Tropfen nach dem Venturi-Prinzip (Abb. 5). Durch eine Verengung in der Düse erhöht sich die Fließgeschwindigkeit der Spritzbrühe. Dadurch wird ein Unterdruck erzeugt, der über die Öffnungen der Injektordüsen Luft ansaugt mit der Spritzbrühe vermischt. Die so entstandenen Luft-Brühe-Bläschen sind durch ihre Größe schwerer als einfache Brühetrophen und damit stabiler und weniger abdriftgefährdet. Injektordüsen können so ein gleichmäßigeres Tropfenspektrum darstellen. Dies gilt auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und stärkeren Windeinflüssen.

Die aktuellen Entwicklungen der Hersteller (Abb. 6) richten ihr Augenmerk auf Düsen, die einerseits in allen Abdriftminderungsklassen eingetragen sind, andererseits die Wasseraufwandmengen von 200 - 300 l/ha ausbringen. Der große Vorteil ist die Einhaltung der Abstandsauflagen ohne die Änderung der Brühekonzentration und ohne Düsenwechsel. Den ersten Schritt machte die Fa. Lechler im Jahr 2004 mit der IDN 120-025, die in Abhängigkeit unterschiedlichen Spritzdruckes in allen Abdriftminderungsklassen zugelassen ist. Seit Sommer 2005 ist auch die IDN 120-03 bis 90 Prozent von der BBA als verlustmindernd anerkannt. Die Firma Tee Jet hat im Januar 2006 die Anerkennung für die Turbo Tee Jet Injektordüse (TTI) als abdriftmindernde Düse in unterschiedlichen Leistungsgrößen bis 90 Prozent erhalten. Der empfohlene Druckbereich dieser Düse wird vom Hersteller mit 4,0-6,0 bar angegeben.

Eine weitere Anerkennung hat die Firma agrotop für die AVI-Twin 110 04 erhalten. Es handelt sich hierbei um eine Injektor-Doppelflachstrahldüse aus kunststoffummantelter Keramik, die mit 75 Prozent Abdriftminderung anerkannt wurde. Der optimale Druckbereich liegt zwischen 3,0 und 7,0 bar. Ebenfalls neu ist die Anerkennung der IDKN 120 04 von der Firma Lechler als abdriftmindernde Konnpaktdüse bis 90 Prozent mit einem optimalen Druckbereich von 1,53,0 bar.

Auch wenn die aktuellen Entwicklungen am Düsenmarkt immer mehr in Richtung einer augenscheinlichen "Universaldüse" gehen, so muss doch bedacht werden, dass oftmals eine Applikation mit dem Ziel der optimalen Abdriftminderung von 90 Prozent nur mit geringem Druck erreicht wird. Hieraus resultiert in Abhängigkeit von Düsentyp und Leistungsgröße ein grobes bis sehr grobes Tropfenspektrum, welches zu Lasten einer gleichmäßigen und vollständigen Bedeckung der Zielfläche und damit der Produkthanlagerung gehen kann. Wenn dann in der Kombination von niedrigem Druck und Fahrgeschwindigkeit die Wasseraufwandmenge unter 200 l/ha absinkt, kann in Verbindung mit unpassenden Witterungsverhältnissen wie z. B. Trockenheit, geringe Luftfeuchte, fehlende Bodenfeuchtigkeit, usw. eine solche Maßnahme zu Lasten der Wirkungssicherheit gehen. Dem Anwender sollte bewusst sein, dass in den Bereichen, in denen er mit 90 Prozent abdriftmindernder Technik arbeitet, ein solcher Kompromiss zwischen der abdriftmindernden Technik und der optimalen Wirkungssicherheit entstehen kann. Außerhalb dieser Bereiche empfiehlt sich der Einsatz in den von den Herstellern empfohlenen Druckbereichen.

# Optimale Anwendungsbereiche

Am Beispiel von Fungizidspritzungen zu unterschiedlichen Wachstumsstadien soll die Wahl von Düse und Tropfenspektrum erläutert werden: Wie bereits erwähnt gelten als Zielfläche eines Getreidebestandes in der mittleren Schossphase die tiefen, teilweise verdeckten Blattetagen. Um eine optimale Vorbeugung oder auch Bekämpfung von Krankheiten zu gewährleisten, muss dieser Bereich ausreichend und gleichmäßig benetzt werden. Eine optimale Bestandesdurchdringung wird durch den Einsatz von Düsen mit einem mittlerengrobtropfigen Tropfenspektrum erreicht. Die Leistungsgröße der Düsen sollte dem Entwicklungsstand des Bestandes angepasst sein und nicht zu klein gewählt werden (z.B. Leistungsgröße 04). Zwar bedingt das grobe Tropfenspektrum eine geringere Bedeckung als feinere Düsen, die Systemizität von Fungiziden wie Amistar, Acanto, Gladio oder Unix gleicht dieses aber durch eine bessere Wirkstoffverteilung im Blatt wieder aus. Somit können die Wirkstoffe auch in Blattbereiche gelangen, die nicht primär vom Spritzbelag getroffen wurden. In der späteren Entwicklungsphase des Getreides, dem Ähren- und Rispschieben, kommt es primär nicht mehr auf die Durchdringung des Bestandes bis zu den unteren Blattetagen an, sondern auf die Benetzung der Ähre und der oberen Blattetagen. Da in dieser Entwicklungsphase Mischungen aus Fungiziden und Insektiziden gängig sind, ist es empfehlenswert, ein feinbis mittelropfiges Tropfenspektrum einzusetzen. Als mögliche Leistungsgrößen Fortsetzung von Seite 17 sind hier die Größen 025-03 zu nennen. Doppelflachstrahldüsen oder entsprechende Düsenanordnungen in Kombination mit einer Produktnachverteilung können die Produktnachverteilung an derart exponierten Zielflächen wie der Ähre durchaus verbessern. Die gleichmäßigere und feintropfigere Verteilung kommt insbesondere Wirkstoffen mit Kontaktwirkung, wie z.B. Karate Zeon und Bravo 500 sehr zugute. Die systemischen Fungizide entwickeln aufgrund ihrer Wirkstoffeigenschaften auch in diesem Tropfenspektrum ihre volle Leistungsfähigkeit.

## Der preiswerteste "Mischpartner" ist das Wasser

Einerseits ist die Wassermenge der limitierende Faktor, wenn es um die Schlagkraft der Spritze geht. Aber genauso limitierend wirkt sich die Wassermenge auf die Wirksamkeit der Maßnahme aus, wenn sie in Abhängigkeit zum eingesetzten Mittel falsch gewählt wurde. Besonders bei der Anwendung von Produkten mit Kontaktwirkstoffen ist eine ausreichende Wirkstoffverteilung und eine optimale Wirkstoffbedeckung maßgeblich für den Erfolg.

# Tropfenspektren und Anwendungsbereiche

Der Einsatz solcher Mittel sollte mit einer fein-mitteltropfigen Düse und mindestens mit 250-300 l/ha Wasser erfolgen. Aber auch systemische Fungizide und Herbizide, die an Flächen angelagert werden sollen, die aufgrund hoher Bestandesdichten schwerer zu erreichen sind benötigen Wassermengen in dieser Größenordnung, um eine gute Bestandesdurchdringung und eine ausreichende Benetzung zu gewährleisten. Abschließend soll noch einmal die optimale Anwendungsbereich einiger Fungizide, Herbizide und Insektizide dargestellt werden.

Aufgrund ihrer Wirkstoffeigenschaften haben die Produkte unterschiedliche "Ansprüche" an das Tropfenspektrum. Die Anwendung der Produkte sollte im jeweiligen Anwendungsbereich mit einem Düsentyp erfolgen, der den dargestellten Tropfenspektren entspricht und so eine hohe Produkteffizienz bei möglichst geringer Umweltbelastung gewährleistet.

Als Fazit seien die wichtigsten Punkte noch einmal zusammengefasst:

- Kontaktwirkstoffe benötigen ein fein-mittleres Tropfenspektrum
- Systemische Wirkstoffe benötigen ein mittel-grobes Tropfenspektrum
- Tropfenspektren mit einem hohen Feintropfenanteil erzeugen eine hohe Bedeckung, eine geringe Bestandesdurchdringung und neigen zur Abdrift
- Grobe Tropfenspektren erzeugen eine geringere Bedeckung, eine höhere Bestandesdurchdringung und ein geringeres Abdriftrisiko.
- Abdriftmindernde Düsen der neuesten Düsengeneration können alle Abdriftminderungsklassen abdecken
- Werden zur Abdriftminderung grobe Tropfenspektren in Kombination mit niedrigem Druck gefahren, muss eine ausreichend hohe Wassermenge ausgebracht werden, um die biologische Leistung der Produkte auch unter kritischen Applikationsbedingungen aufrecht zu erhalten.