

Abdrift des Pflanzenschutzmittelaustrags auf Nichtzielflächen

Modellierung und Berechnung

Anhand der Abdrifteckwerte für Einfachanwendungen beim Ackerbau der BBA wird die Verteilung des Pflanzenschutzmittels aus der Flachstrahldüse einer Spritze durch eine abgeschnittene Cauchy-Verteilung modelliert. Diese entspricht einem gleichverteilten Spritzen auf einem Kreissektor bis zu 90° in Hauptwindrichtung und bis zu einem kleineren Winkel φ gegen die Hauptwindrichtung. Es wird eine Formel für die auf eine bestimmte Nichtzielfläche in Hauptwindrichtung insgesamt abgedriftete Menge an Pflanzenschutzmitteln (PSM) angegeben.

Dipl.-Stat. Dr. Martin Bachmaier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Technischen Universität München, Abteilung für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung, Versuchsstation Staatsgut Dürnast, D-85350 Freising; e-mail: bachmai@wzw.tum.de
 Dipl.-Ing. agr. Niels Kohlschütter ist jetzt tätig am Institut für organischen Landbau (IOL) der Universität Bonn, Katzenburgweg 3, D-53115 Bonn.

Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

Schlüsselwörter

Pflanzenschutzmittel-Abdrift, Nichtzielfläche, Cauchy-Verteilung

Keywords

Pesticide, spray drift, non-target area, Cauchy distribution

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04402 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Abdrift bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) wurde vor allem im Zusammenhang mit Oberflächengewässern untersucht und diskutiert. In Verbindung mit der größer werdenden Fläche des ökologischen Landbaus gewinnt der Nutzungskonflikt zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen an Bedeutung. Sowohl bei aquatischen Systemen als auch bei ökologisch bewirtschafteten Flächen ist neben den abgedrifteten PSM-Mengen in verschiedenen Abständen zur Ausbringungsgrenze, die in bisherigen Versuchen der BBA (2000) ermittelt wurden, die Menge an insgesamt auf die Nichtzielfläche abgedrifteten PSM von Interesse. Die bei den Messungen der BBA vorherrschenden Rahmenbedingungen sind in [3] beschrieben.

Modellierung des Pflanzenschutzmittelaustrags

Um die insgesamt abgedriftete Menge an PSM zu berechnen, bedarf es einer Modellierung der Verteilung des Pflanzenschutzmittel-Austrags, die den aus den Versuchen ermittelten Abdrifteckwerten für Einfachanwendungen der BBA möglichst genau entspricht. Erst dann können mittels Integration Gesamtmengen an Abdrift auf Nichtzielflächen wie ökologisch bewirtschaftete Felder errechnet werden.

Eine solche Modellierung wurde mit einer abgeschnittenen Cauchy-Verteilung erreicht. Diese modelliert ein Düsenbild, das sich gleichmäßig auf einem Kreissegment verteilt, wie Bild 1 zeigt.

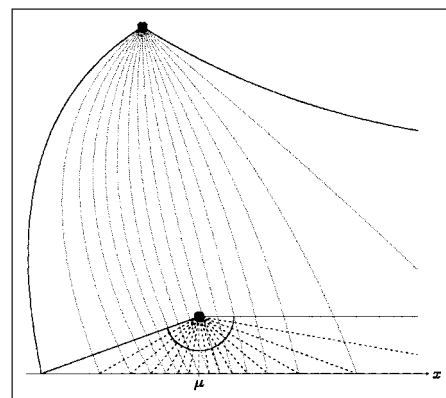


Bild 1: Annäherung der Verteilung der Spritzbrühe aus einer wirklichen Düse (oben) durch eine Modelldüse (unten), die gleichmäßig in einem Kreissegment mit Winkel $\varphi + \pi/2$ sprüht.

Fig. 1: Approximating the distribution of the pesticide amount from a real spray nozzle (above) by a model spray nozzle spreading uniformly on a circular segment with angle $\varphi + \pi/2$ (below)

Die Gleichverteilung auf dem Kreissegment macht die Berechnung der Verteilungsfunktion dieser abgeschnittenen Cauchy-Verteilung besonders einfach. Analog zu [5] ergibt sie sich zu

$$F_{\mu,\sigma,\varphi}(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } x < \mu - \sigma \cdot \tan \varphi \\ \frac{\varphi + \arctan\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}{\varphi + \frac{\pi}{2}} & \text{für } x \geq \mu - \sigma \cdot \tan \varphi \end{cases}$$

Dabei entspricht μ der Stelle der Modelldüse, der Skalenparameter σ ihrem Abstand über dem Boden und φ dem Streuwinkel (im Bogenmaß) nach links, also gegen die Hauptwindrichtung. In Bild 1, wo er nicht explizit eingezeichnet ist, beträgt er $\varphi = 70^\circ = 1,22173$. In der Langfassung des vorliegenden Aufsatzes in LANDTECH-

Tab. 1: Die Güte der Modellierung der prozentualen Abdrifteckwerte der BBA durch eine abgeschnittene Cauchy-Verteilung

Table 1: The accuracy of modelling percentage basic drift values of BBA via a truncated Cauchy distribution

Abstand x zur Zielfläche	1 - F _{μ,σ,φ} (x) mit μ ₀ = - 0,058 m, σ = 0,082 m, und φ = 70° = 1,22173	Abdrifteckwerte der BBA
1 m	0,0276990 = 2,77 %	2,77 %
5 m	0,0058050 = 0,58 %	0,57 %
10 m	0,0029194 = 0,29 %	0,29 %
15 m	0,0019501 = 0,20 %	0,20 %
20 m	0,0014640 = 0,15 %	0,15 %
30 m	0,0009769 = 0,10 %	0,10 %
40 m	0,0007331 = 0,07 %	0,07 %
50 m	0,0005866 = 0,06 %	0,06 %
70 m	0,0003912 = 0,04 %	0,04 %
100 m	0,0002935 = 0,03 %	0,03 %

NIK-NET wird gezeigt, dass bei dieser Modellierung unter der idealisierenden Annahme, die Düsen des Spritzgestänges bildeten ein Kontinuum, der Anteil an PSM in einem Gefäß im Abstand x zur Feldgrenze bezogen auf die pro Flächeneinheit ausgebrachte Menge 300 l/ha sich zu $1 - F_{\mu_0, \sigma, \varphi}(x)$ errechnet. Das negative $\mu_0 = -0,058$ m in *Tabelle 1* sagt aus, dass der Spritzenfahrer beim Bespritzen der Zielfläche mit der äußersten Modelldüse nur bis auf 5,8 cm an die rechte Feldgrenze herangefahren ist. Auf die wirkliche Düse bezogen ist der Abstand, den er gelassen hat, noch größer, da diese links von der Modelldüse liegt. Im Wesentlichen ist das Ergebnis $1 - F_{\mu_0, \sigma, \varphi}(x)$ auf eine Integration der Dichte der abgeschnittenen Cauchy-Verteilung über alle Düsen der im Versuch als unendlich breit gedachten Zielfläche (also von $-\infty$ bis μ_0) zurückzuführen.

Tabelle 1 zeigt nun, dass mit den dort angegebenen Parametern μ_0 , σ und φ die Abdriftwerte der BBA durch $1 - F_{\mu_0, \sigma, \varphi}(x)$ nicht nur gut, sondern nahezu völlig exakt approximiert werden können.

Die gesamte Abdrift von einer Zielfläche auf eine Nichtzielfläche

Die Modellierung der Verteilung der Spritzbrühe durch eine abgeschnittene Cauchy-Verteilung ermöglicht es, die insgesamt auf eine bestimmte Nichtzielfläche abgedriftete Menge an PSM durch Integration zu berechnen. Wir gehen davon aus, dass Ziel- und Nichtzielfläche rechteckig sind und parallel zueinander liegen, wie es in *Bild 2* dargestellt ist. Im Wesentlichen ergibt sich die unten angegebene Formel für die Abdrift auf eine solche Nichtzielfläche durch zweimalige Integration der Dichtefunktion der abgeschnittenen Cauchy-Verteilung, einmal über die behandelte Breite $b + \mu_0$ der Zielfläche, von wo aus Spritzbrühe abdriften kann, dann über die gesamte Breite w der Nichtzielfläche, wo die zu berechnende Abdrift überall hinfallen kann. Diese zweimalige Integration der Dichtefunktion entspricht einer einmaligen Integration der angegebenen Verteilungsfunktion $F_{\mu_0, \sigma, \varphi}$, da

Tab. 2: Die Abdrift von einer mit $\lambda = 300$ l/ha behandelten 100 m langen Zielfläche auf eine parallele Nichtzielfläche derselben Länge ($t = l = c = 100$ m; $\mu = -0,058$ m, $\sigma = 0,082$ m, $\varphi = 70^\circ = 1,22173$)

Table 2: Pesticide drift from a 100 m long target area treated with $\lambda = 300$ l/ha to a parallel non-target area of the same length ($t = l = c = 100$ m; $\mu = -0,058$ m, $\sigma = 0,082$ m, $\varphi = 70^\circ = 1,22173$)

Breite b der Zielfläche	Breite w der Nichtzielf.	Abstand d zwischen beiden	Auf Nichtzielfläche gedriftete Menge an PSM			
			absolut	bzgl. ausgebrachter M.	bzgl. abgedrifteter M.	bzgl. Mitbehandlg.
100 m	100 m	0 m	0,576 l	0,192 %	90,4 %	0,192 %
		3 m	0,250 l	0,0834 %	39,3 %	0,0834
		100 m	0,0253 l	0,00844 %	3,98 %	0,00844 %
	500 m	0 m	0,621 l	0,207 %	97,5 %	0,0414 %
		3 m	0,294 l	0,0979 %	46,2 %	0,0196 %
		100 m	0,0474 l	0,0158 %	7,45 %	0,00316 %
500 m	100 m	0 m	0,621 l	0,0414 %	79,7 %	0,207 %
		3 m	0,294 l	0,0196 %	37,8 %	0,0980 %
		100 m	0,0475 l	0,00316 %	6,10 %	0,0158 %
	500 m	0 m	0,717 l	0,0478 %	92,2 %	0,0478 %
		3 m	0,398 l	0,0259 %	49,9 %	0,0259 %
		100 m	0,104 l	0,00696 %	13,4 %	0,00696 %

diese selbst schon ein Integral der Dichtefunktion ist. Natürlich muss das Ergebnis noch mit der Behandlungsintensität λ (etwa $\lambda = 300$ l/ha = $300 \cdot 10^{-7}$ m) und der gemeinsamen Länge c beider Felder multipliziert werden.

Unter Verwendung der Modellparameter μ_0 , σ und φ in *Tabelle 1* und der Bezeichnungen von *Bild 2* ergibt sich dann folgende Formel für die Abdrift von der Ziel- auf die Nichtzielfläche:

$$\begin{aligned}
 \text{Abdrift} = & \frac{\lambda \cdot c}{\varphi + \frac{\pi}{2}} \left[\frac{\sigma}{2} \ln \left(\frac{\sigma^2 + (b+d)^2}{\sigma^2 + (-\mu_0 + d)^2} \cdot \frac{\sigma^2 + (-\mu_0 + d + w)^2}{\sigma^2 + (b+d+w)^2} \right) \right. \\
 & + (b+d) \operatorname{arccot} \frac{b+d}{\sigma} \\
 & - (b+d+w) \operatorname{arccot} \frac{b+d+w}{\sigma} \\
 & - (-\mu_0 + d) \operatorname{arccot} \frac{-\mu_0 + d}{\sigma} \\
 & \left. + (-\mu_0 + d + w) \operatorname{arccot} \frac{-\mu_0 + d + w}{\sigma} \right]
 \end{aligned}$$

Eine ausführliche Herleitung befindet sich in der Langfassung in LANDTECHNIK-NET. Die Integration des Arcuskotangens arccot kann auch in [2] nachgeschlagen werden. Implementiert sind solche Berechnungen im Windows-Programm QuickTrift, wofür auf <http://www.QuickTrift.de> eine

Homepage eingerichtet wird, sowie im DOS-Programm Abtrift.exe, das unter <http://www.agridata.de/agrardos/agrardos/abtrift.html> bereits im Internet ausführbar ist.

In *Tabelle 2* sind einige Abdriftwerte für verschiedene Breiten und Abstände der beiden Flächen berechnet. Es wird nicht nur die insgesamt auf die Nichtzielfläche gedriftete Menge absolut (in Liter) angegeben, sondern auch relativ; erstens relativ zur ausgebrachten Menge, zweitens relativ zur Menge, die die Zielfläche verfehlt hat; zum Dritten wird noch angegeben, zu welchem Anteil die Nichtzielfläche mit PSM behandelt wurde, obwohl doch nur die Behandlung der Zielfläche vorgesehen war. Hier wird also der Abdrift bedingte Eintrag auf der Nichtzielfläche in Bezug zu der Menge gesetzt, die bei planmäßiger Behandlung der Nichtzielfläche ausgespritzt worden wäre.

Tabelle 2 zeigt, dass ein 3 m breiter Feldweg zwischen beiden Flächen den PSM-Eintrag um etwa die Hälfte verringert. Für die Praxis besonders wichtig ist aber, dass die absolute Abdrift auf eine 500 m breite Nichtzielfläche nicht etwa fünfmal so groß ist wie auf eine 100 m breite, sondern nur unwesentlich größer. Durch Zusammenlegung ökologisch bewirtschafteter Flächen kann also die Gesamt-Abdrift auf solche Flächen stark reduziert werden. So zeigte sich bei einer Betrachtung der Region Landl im Landkreis Neumarkt, dass der PSM-Eintrag von 131 Litern Spritzbrühe um 66% auf 44 Liter gesenkt werden kann [4], wenn zersplitterte ökologisch bewirtschaftete Flächen (309 ha) zu Ökogewannen mit einer durchschnittlichen Größe von neun Hektar zusammgelegt werden. Solche Effekte können nun mit Hilfe der Programme QuickTrift und Abtrift.exe, in die die vorgestellten Berechnungen implementiert sind, im Voraus abgeschätzt werden.

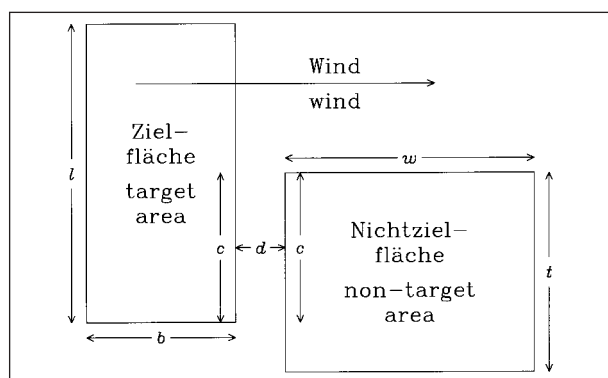


Bild 2: Ziel- und Nichtzielfläche

Fig. 2: Target and non-target area