

# Grundlagenuntersuchungen von Einflussparametern auf die Qualität der Vertikalverteilung von Sprühgeräten

Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten, Tanja Pelzer, Hans Jürgen Osteroth

Die optimale Einstellung von Sprühgeräten in der Praxis erfordert Kenntnisse über das Zusammenspiel einer ganzen Reihe unterschiedlicher Parameter, welche den Applikationserfolg beeinflussen. In der vorliegenden Grundlagenuntersuchung wurden die technischen Parameter Druck, Zielflächenabstand, Düse-zu-Düse-Abstand, Düsenbauart sowie Applikation mit und ohne Luftunterstützung auf ihre Auswirkung auf die Vertikalverteilung untersucht. Dazu wurde ein multifaktorielles Messprogramm an einem Vertikalverteilungsprüfstand durchgeführt, in dem alle fünf Parameter variiert werden konnten. Die am Prüfstand erzielten Verteilungen wurden mithilfe des Variationskoeffizienten beurteilt. Anschließend wurde analysiert, inwiefern die Variation eines einzelnen Parameters die Verteilung beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass alle betrachteten Parameter einen Einfluss auf die Vertikalverteilung haben, der allerdings unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Die z.T. hohe Standardabweichung in den Messergebnissen lässt vermuten, dass sich die betrachteten Parameter zudem gegenseitig beeinflussen. Diese Einflüsse wurden in der vorliegenden Arbeit allerdings nicht quantifiziert. Das Ergebnis der qualitativen Analyse ist, dass der Düsentyp den größten Einfluss hat, und auch der Abstand zur Zielfläche sowie der Abstand von Düse zu Düse die Verteilung noch wesentlich beeinflussen, während der Spritzdruck sowie die Luftunterstützung bei der Applikation einen geringeren Einfluss aufweisen. Letzteres ist vermutlich auf den bei den Messungen verwendeten Gebläsetyp (Querströmer) zurückzuführen.

## Schlüsselwörter

Sprühgerät, Vertikalverteilung, Raumkultur, Verteilungsqualität, Düsen, Zielflächenabstand, Spritzdruck, Variationskoeffizient

Bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Obst- und Weinbau sind die technischen Herausforderungen, um eine gleichmäßige Verteilung der Spritzflüssigkeit auf der Zielfläche zu erreichen, wesentlich höher als in Flächenkulturen. Die Gründe dafür sind zahlreich. Während die Applikation in Flächenkulturen i. d. R. bei einheitlichem Zielflächenabstand vorgenommen wird, kann der Abstand zwischen Düse und Zielfläche in Raumkulturen während der Applikation beträchtlich schwanken. In Raumkulturen findet der Tropfentransport fast ausnahmslos mit Luftunterstützung statt, während dieses Verfahren in der Flächenkultur eher die Ausnahme darstellt. Zudem wirkt sich bei der Applikation in Flächenkulturen der Einfluss der Schwerkraft eher begünstigend auf die Tropfenflugbahn in den Bestand aus. Darüber hinaus sind die Einstellmöglichkeiten an Raumsprühgeräten, die für eine erfolgreiche Applikation in Raumkulturen berücksichtigt werden können, wesentlich komplexer

als an Feldspritzgeräten, was der höheren Anzahl an Bestandscharakteristika von Raumkulturen geschuldet ist.

Alle diese genannten Unterschiede waren Anlass für die Durchführung einer experimentellen Untersuchung an einem Vertikalverteilungsprüfstand, mit der geklärt werden sollte, ob und mit welchem Einfluss sich verschiedene Parameter auf die Vertikalverteilung an Sprühgeräten auswirken. Ziel der Untersuchung ist es, mehr Grundlagenwissen über den spezifischen Einfluss verschiedener technischer Parameter auf das Sprühverhalten zu generieren, um dieses Wissen mittelfristig bei der Weiterentwicklung der Sprühgerätetechnik und bei der zukünftigen Ausarbeitung von Empfehlungen für die optimale Einstellung solcher Geräte zu berücksichtigen. In der nachfolgenden Untersuchung werden erste Ergebnisse der Versuchsauswertung vorgestellt, aus denen bereits einige Trends ersichtlich werden.

Eine Untersuchung zur Analyse der Vertikalverteilung an Sprühgeräten in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand wurde bereits durch DEKEYSER et al. (2012) durchgeführt, um ein Simulationsmodell für das Sprühen zu entwickeln. Die Resultate dieser Untersuchung zeigen, dass die Flüssigkeitsverteilung von der Luftverteilung am Sprühgerät abhängig ist. Des Weiteren hängt die Art der Luftverteilung stark von der verwendeten Gebläsebauart ab. Diese Aussagen werden durch Untersuchungen von VEREECKE et al. (2000) gestützt, die den Einfluss unterschiedlicher Gebläsetypen auf die Qualität der Vertikalverteilung untersucht haben. Die volumetrische Verteilung in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand für verschiedene Düsentypen wurde in einer Untersuchung von BAUER und RAETANO (2004) für Flächenspritzgeräte an einem Querverteilungsprüfstand gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Querverteilung bei einer Variation des Zielflächenabstandes weniger beeinflusst wird, wenn der Abstand zwischen den Düsen im Düsenverband verringert wird. In der Arbeit von WOMAC et al. (2004) wird der Einfluss verschiedener Düsentypen mit unterschiedlichen Spritzwinkeln auf die Tropfenverteilung auf der Zielfläche bei einer Bandspritzung untersucht. Die Versuche zeigen, dass die eingesetzten Flachstrahldüsen zu einer besseren Belagsbildung führen als die in den Versuchen verwendeten Hohlkegeldüsen. Die Verteilungscharakteristik einer einzelnen Düse bei luftunterstützter Applikation wurde von KOCH et al. (1998) untersucht. Ziel der Arbeit war es, ein Werkzeug zur Unterstützung von Entwicklungsingenieuren zu schaffen, mit dessen Hilfe die Auswirkung auf die Verteilungscharakteristik bei einer Veränderung der Abstände zwischen den Düsen im Düsenverband simuliert werden kann. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass die beobachteten Vertikalverteilungen für jede der untersuchten Düsentypen charakteristisch sind und somit aus der Verteilungsfunktion der Einzeldüse die Verteilungsfunktion des Düsenverbands unter Variation des Abstands zwischen den Düsen simuliert werden kann. Eine weitere Arbeit von DEBAER und JAEKEN (2006) befasst sich mit der Frage, wie sich eine Mischung unterschiedlicher Düsentypen auf die Vertikalverteilung an Sprühgeräten auswirkt. Die Ergebnisse der durchgeführten Messungen führen nach Meinung der Autoren jedoch zu keinen eindeutigen Aussagen.

## Material und Methoden

Auf Grundlage der genannten Vorarbeiten sowie auf Basis eigener Überlegungen wurden die folgenden Parameter für die Untersuchung des Einflusses auf die Qualität der Vertikalverteilung gewählt:

- Zielflächenabstand: 20 cm, 30 cm, 40 cm und 50 cm
- Abstand von Düse zu Düse im Düsenverband: 15 cm, 25 cm und 30 cm
- Spritzdruck: 500.000 Pa und 800.000 Pa

- Applikation: mit und ohne Luftunterstützung
- Düsenbauart: Flachstrahlinjektordüse (IDK 90-015 C, Firma Lechler) und Hohlkegeldüse (TXA 80 015, Firma Teejet)

Zur Umsetzung der Untersuchung wurde ein experimenteller Aufbau realisiert, mit dem alle genannten Parameter variiert werden können (Abbildung 1). Der Aufbau besteht aus einem Vertikalverteilungsprüfstand (Typ Herbst VV 3000, Auflösung: 10 cm), einem Düsenhalter mit stufenlos verstellbaren Abständen zwischen den einzelnen Düsen, an dem zusätzlich ein Querstromgebläse (Typ Weber QU 14, Gesamthöhe: 1,5 m, Luftleistung: 9.257 m<sup>3</sup>/h) zur luftunterstützten Applikation befestigt ist (Abbildung 2) sowie einem Sprühgerät nebst hydraulischem Antriebsaggregat zur Wasserversorgung und zur Einstellung des Spritzdruckes. Um den Zielflächenabstand zu variieren, kann die Plattform, auf der Düsenhalter und Querstromgebläse montiert sind, vor dem Vertikalverteilungsprüfstand in verschiedene Positionen verschoben werden. Als Bewertungsmaßstab für die Qualität der mit unterschiedlichen Parameterkombinationen erzielten Vertikalverteilung wird der Variationskoeffizient der Vertikalverteilung herangezogen. Gesprüht wurde mit Wasser ohne weitere Zusätze. Die Messung der Vertikalverteilung wurde für jede Parameterkombination dreimal wiederholt; insgesamt wurden somit 288 Messungen durchgeführt. Um Randeffekte bei luftunterstützter Applikation auszuschließen, wurde nur der Abschnitt der Messstrecke berücksichtigt, in dem die volle Gebläseunterstützung zur Verfügung stand. Die Länge dieser Messstrecke beträgt 1,4 m (14 Messabschnitte à 10 cm). Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit wurde auch bei Applikation ohne Luft nur derselbe Messabschnitt berücksichtigt. Anschließend wurde der Variationskoeffizient (VK) als Maß für die Verteilungsqualität berechnet. Die VK der Wiederholungen wurden dann für jede Parameterkombination



Abbildung 1: Versuchsaufbau, bestehend aus Vertikalverteilungsprüfstand, verstellbarer Plattform mit Düsenhalter und Querstromgebläse sowie Auswerteeinheit (Foto: H. J. Osteroth)

gemittelt. Danach wurde für alle Versuche der arithmetische Mittelwert des VK in Bezug auf nur einen der nachfolgenden Parameter gebildet und dargestellt:

- Zielflächenabstand
- Abstand Düse zu Düse
- Spritzdruck
- Applikation mit und ohne Luftunterstützung
- Düsenbauart



Abbildung 2: Detailansicht des Querstromgebläses Typ Weber QU 14 mit Düsenhalter (Foto: H. J. Osteroth)

## Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 3 zeigt den arithmetischen Mittelwert des VK der Vertikalverteilung in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand. Wie aus geometrischen Gründen zu erwarten ist, nimmt der VK mit abnehmendem Zielflächenabstand tendenziell zu, da die Überlappung der Spritzfächer immer geringer wird bzw. ab einem gewissen Punkt nicht mehr gegeben ist. Wird der Abstand zur Zielfläche und damit auch der Überlappungsbereich dagegen tendenziell größer, verbessert sich der VK auf einen gewissen Wert (vgl. VK bei 40 cm) und verändert sich danach nur noch geringfügig. Ursachen für diese geringfügige Änderung des VK sind dann vermutlich vor allem in solchen Parametern zu finden, die den Transport einzelner Tropfen beeinflussen (z.B. Tropfengröße, Länge der Wegstrecke, Schwerkrafteinfluss, Luftwiderstand und ggf. Luftunterstützung bei der Applikation). Des Weiteren ist auffällig, dass die Standardabweichung aller berechneten Variationskoeffizienten bei geringen Zielflächenabständen von 20 bzw. 30 cm relativ groß wird. Daraus lassen sich prinzipiell zwei Dinge schlussfolgern. Zum einen scheinen bei geringen Zielflächenabständen stärkere Einflüsse der anderen betrachteten Parameter aufzutreten. Zum anderen können trotz des geringen Zielflächenabstandes im Mittel aller möglichen Parameterkombinationen dennoch qualitativ gute Vertikalverteilungen erreicht werden.

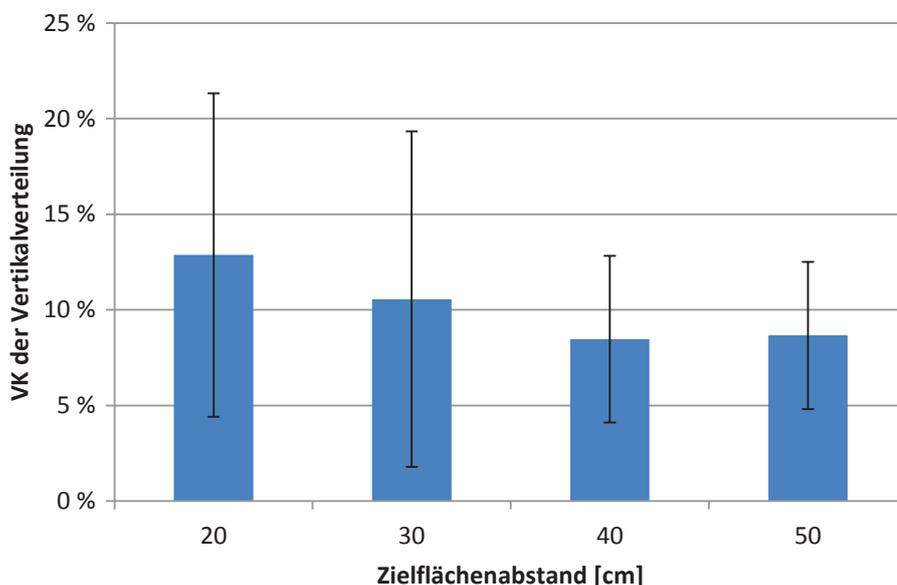


Abbildung 3: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Parameterkombinationen in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand ( $n_{total} = 288$ )

Die Veränderung des VK der Vertikalverteilung in Abhängigkeit vom Abstand zwischen den einzelnen Düsen ist in Abbildung 4 dargestellt. Auch hier zeigt sich die deutliche Tendenz, dass der arithmetische Mittelwert des VK mit abnehmenden Düse-zu-Düse-Abständen deutlich kleiner wird. Auch dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da sich geringere Düse-zu-Düse-Abstände aus geometrischer Sicht durch größere Überlappungsbereiche der Spritzfächer auszeichnen, was den VK bzw. die Qualität der Vertikalverteilung prinzipiell positiv beeinflusst. Dennoch scheint die größere Standardabweichung bei 25 und 30 cm Düse-zu-Düse-Abstand anzudeuten, dass mit sinkender Überlappung der Spritzfächer die Variation der anderen Parameter den VK zunehmend stärker beeinflussen könnte.

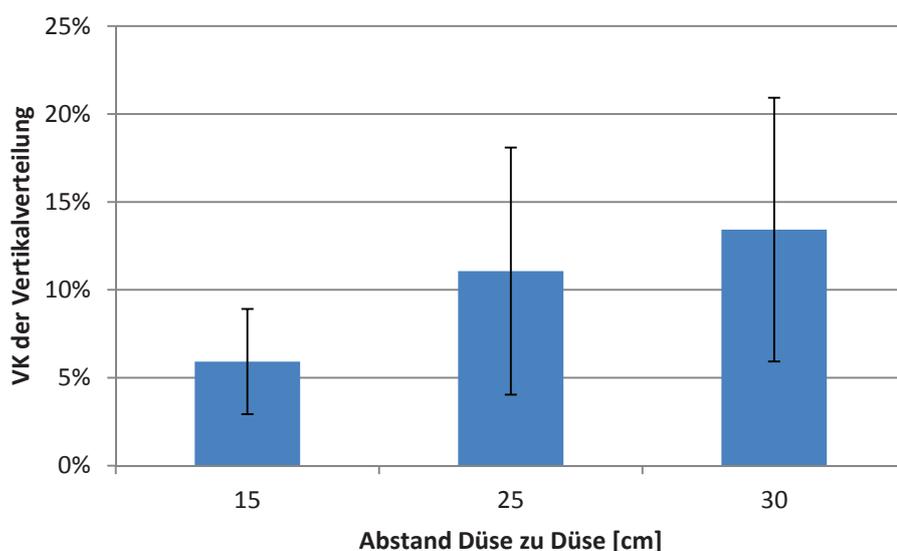


Abbildung 4: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Versuche in Abhängigkeit vom Abstands zwischen den Düsen ( $n_{total} = 288$ )

Auch der Spritzdruck hat einen Einfluss auf den arithmetischen Mittelwert des VK wie aus Abbildung 5 hervorgeht. Tendenziell nimmt er mit steigendem Spritzdruck ab. Die Ursachen für dieses Verhalten sind nicht mehr so einfach zu interpretieren, zumal die Standardabweichung, bedingt durch die unterschiedliche Kombination sonstiger betrachteter Parameter, in beiden Fällen vergleichsweise groß ist. Prinzipiell verschiebt sich mit steigendem Druck das Tropfenspektrum in Richtung kleinerer Tropfen, die driftn anfälliger sind und im Fall der Applikation mit Luftunterstützung stärker vom Luftstrom beeinflusst werden. Die große Standardabweichung und der vergleichsweise geringe Unterschied bezüglich der arithmetischen Mittelwerte des VK zeigen aber auf, dass diese generelle Tendenz eher schwach ausgeprägt ist, d. h. für eine ganze Reihe von Einzelfällen nicht zutrifft. Das lässt darauf schließen, dass der Einfluss des Drucks auf den VK im Vergleich zu den anderen untersuchten Parametern weniger ausgeprägt ist.

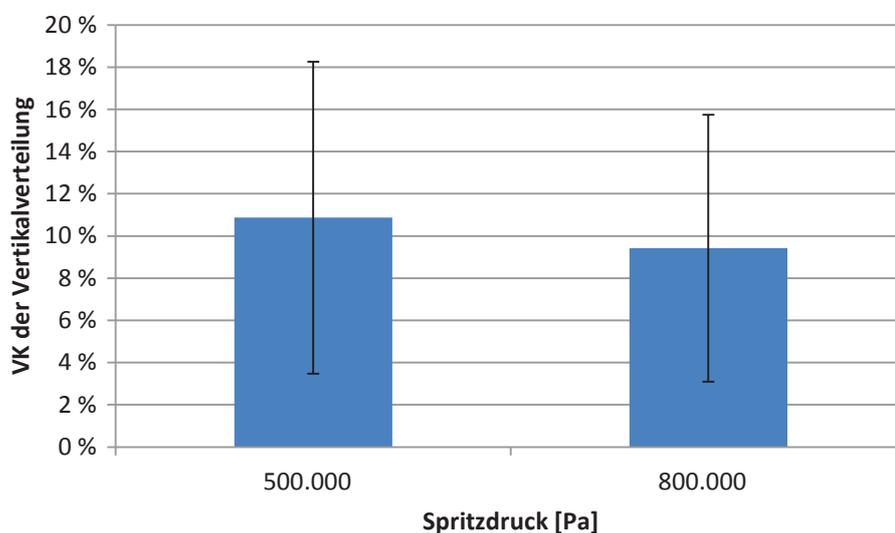


Abbildung 5: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Versuche in Abhängigkeit vom Spritzdruck ( $n_{\text{total}} = 288$ )

Abbildung 6 zeigt den arithmetischen Mittelwert des VK aufgeschlüsselt nach Messungen mit luftunterstützter Applikation sowie bei Applikation ohne Luftunterstützung. Der Unterschied der Mittelwerte im Vergleich zu allen anderen betrachteten Parametern ist hier am geringsten. Dies könnte darin liegen, dass der verwendete Gebläsetyp (Querströmer) grundsätzlich eine vergleichsweise homogene Luftströmung sowohl im Hinblick auf Volumenstrom und Strömungsrichtung erzeugt, sodass der Einfluss der Luftunterstützung in Bezug auf die Vertikalverteilung relativ gering ausfällt. Die große Standardabweichung ist wiederum ein Indiz dafür, dass andere Parameter einen deutlicheren Einfluss auf die Qualität der Vertikalverteilung haben.

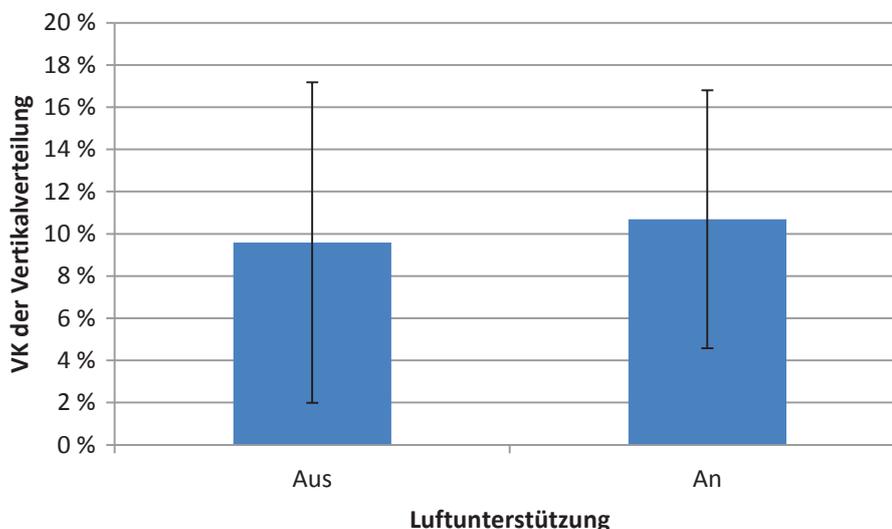


Abbildung 6: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Versuche in Abhängigkeit von Applikation mit Luftunterstützung und ohne Luftunterstützung ( $n_{total} = 288$ )

Die deutlichsten Unterschiede beim Vergleich der arithmetischen Mittelwerte des VK treten bei einer Differenzierung nach Düsentypen (Abbildung 7) hervor. Aus der Abbildung wird deutlich, dass der VK der Flachstrahldüse IDK 90-015 C mit 6,2% im Mittel deutlich geringer als der der Hohlkegeldüse TXA 80-015 mit 14,1% ist. Dieser Befund ist nicht sonderlich überraschend, da generell die dreiecksförmige Verteilungscharakteristik einer einzelnen Flachstrahldüse wesentlich besser auf den Betrieb im Düsenverband optimiert ist, als dies bei der Hohlkegeldüse der Fall ist. Zu sehen ist auch, dass die Standardabweichung bei der Flachstrahldüse deutlich geringer ausfällt als bei der Hohlkegeldüse. Das lässt darauf schließen, dass die Flachstrahldüse im Vergleich zur Hohlkegeldüse weniger anfällig gegenüber der Variation der anderen betrachteten Parameter ist.

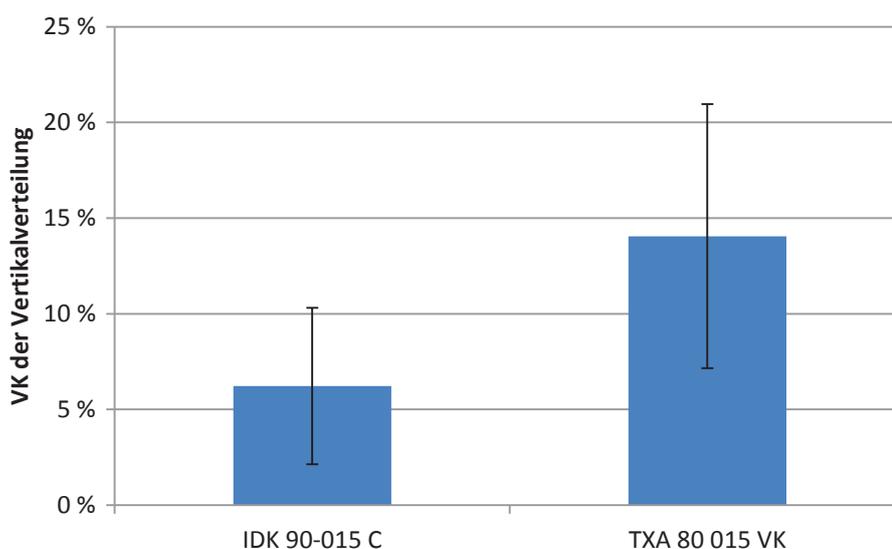


Abbildung 7: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) aller Versuche in Abhängigkeit vom Düsentyp ( $n_{total} = 288$ )

Die Parameter Druck, Zielflächenabstand, Düse-zu-Düse-Abstand, Düsenbauart sowie Applikation mit und ohne Luftunterstützung scheinen auf Grundlage der Ergebnisse alle generell einen Einfluss auf die Qualität der Vertikalverteilung zu haben, der aber anscheinend unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Aufgrund der z. T. sehr großen beobachteten Standardabweichungen kann darauf geschlossen werden, dass sich die Effekte einzelner Parameter gegenseitig überlagern bzw. sich wechselseitig beeinflussen, sodass unterschiedliche Parameterkombinationen zu einer großen Bandbreite bezüglich der zu beobachtenden VK führen. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 8 und Abbildung 9 aufgezeigt. Hier werden die Ergebnisse nicht nur nach Zielflächenabstand (vgl. Abbildung 3), sondern zudem auch nach Düsentyp differenziert. Beim Vergleich der Höhe des arithmetischen Mittelwerts

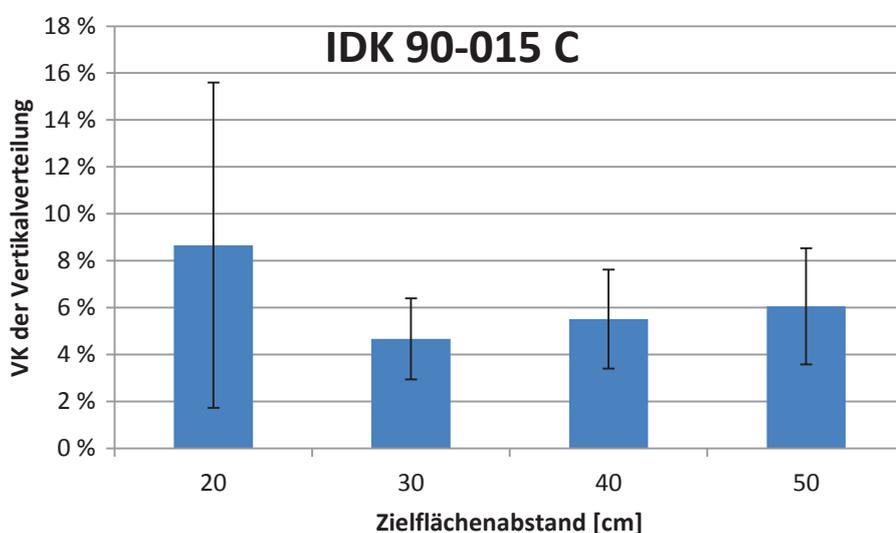


Abbildung 8: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Versuche mit der Flachstrahldüse IDK 90-015 C in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand ( $n_{\text{total}} = 144$ )

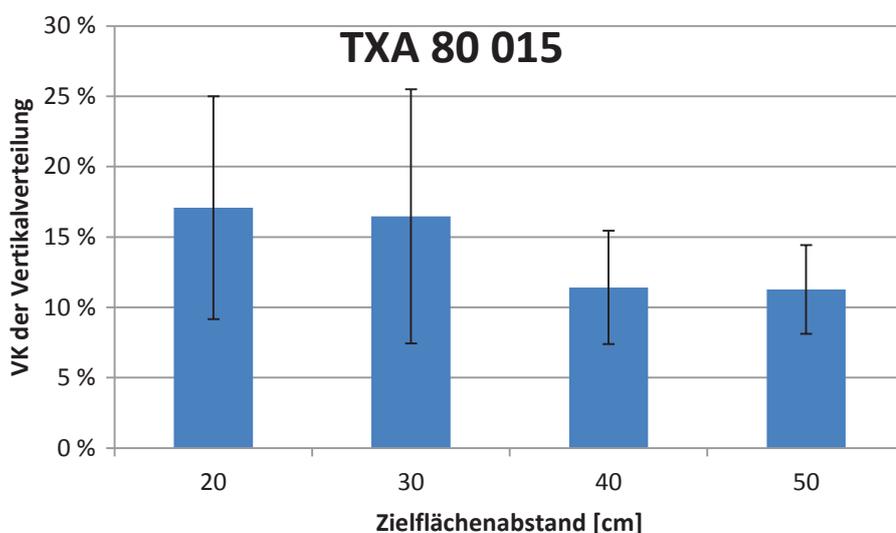


Abbildung 9: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Variationskoeffizienten (VK) der Vertikalverteilung aller Versuche mit der Hohlkegeldüse TXA 80 015 in Abhängigkeit vom Zielflächenabstand ( $n_{\text{total}} = 144$ )

des VK sowie deren Standardabweichung bei einem Zielflächenabstand von 30 cm sind düsenspezifisch deutliche Unterschiede zu sehen. In der allgemeinen Betrachtung (Abbildung 3) liegt der VK bei einem Zielflächenabstand von 30 cm bei 10,6 % und die Standardabweichung ist vergleichsweise groß. Werden dagegen die düsenspezifischen Ergebnisse bei einem Zielflächenabstand von 30 cm verglichen, so ist der arithmetische Mittelwert des VK bei der IDK 90-015 C mit 4,7 % deutlich geringer als im Vergleich zur TXA 80 015 mit 16,5% VK. Die Standardabweichung der Flachstrahldüse ist bei 30 cm Zielflächenabstand ebenfalls deutlich geringer.

Dass die arithmetischen Mittelwerte des VK der betrachteten Hohlkegeldüse (TXA 80 015) deutlich höher sind als die der Flachstrahldüse (IDK 90-015 C), war – wie bereits erwähnt – aufgrund der jeweiligen Verteilungscharakteristik der beiden unterschiedlichen Düsentypen zu erwarten. Die eigenen Versuchsergebnisse bestätigen daher auch die Aussagen von WOMAC et al. (2004). Und dass der Zielflächenabstand einen entscheidenden Einfluss auf die Verteilung hat, ist aus geometrischen Gründen nachvollziehbar. Etwas überraschend, auch im Hinblick auf die Aussagen von DEKEYSER et al. (2012) und VEREECKE et al. (2000), ist das Ergebnis, dass die Luftunterstützung generell den geringsten Einfluss auf den VK hat. Selbiges gilt auch für den Spritzdruck, dessen Einfluss nur geringfügig größer erscheint. Im Gegensatz dazu gehört der Düse-zu-Düse-Abstand zu den Parametern, die einen dominanteren Einfluss auf den VK haben, was durch die Arbeiten von KOCH et al. (1998) bereits gezeigt wurde. Dies ist aufgrund der größeren Überlappung der Spritzfächer bei kleiner werdenden Düse-zu-Düse-Abständen nicht anders zu erwarten. Abbildung 10 zeigt eine qualitative Darstellung des Einflusses der untersuchten Parameter auf die Qualität der Vertikalverteilung basierend auf den arithmetischen Mittelwerten für den VK.

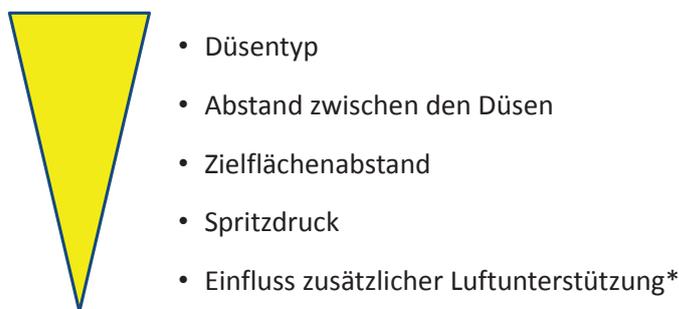


Abbildung 10: Qualitative Darstellung des Einflusses verschiedener Parameter auf die Vertikalverteilung an Sprühgeräten. \*Bei Verwendung eines Querströmers.

## Schlussfolgerungen

Aus den hier vorgestellten Ergebnissen könnte geschlossen werden, dass die optimale Konfiguration in der Praxis aus Flachstrahldüsen mit geringem Düse-zu-Düse-Abstand besteht, die mit möglichst großem Zielflächenabstand, bei hohem Druck, unterstützt von einem Querströmer applizieren. Natürlich können die vorliegenden Ergebnisse nicht so einfach interpretiert werden. Zunächst handelt es sich um erste Tendenzen, die statistisch weiter aufgearbeitet werden müssen. Darüber hinaus sagt der hier benutzte VK der Vertikalverteilung über die Benetzung der Zielfläche und die Qualität des Spritzbelags auf der Zielfläche in der Praxis nichts aus. Hier spielen auch externe Parameter, die

über eine isolierte Betrachtung des Sprühgerätes hinaus gehen, wie z. B. Wuchs- und Erziehungsformen der Kultur, eine weitere wesentliche Rolle. Auch wenn die Anzahl der hier aufgezeigten Versuche inklusive der drei Wiederholungen noch keinen eindeutigen Beleg aufzeigen, so kann aufgrund der Ergebnisse dieser Vorversuche davon ausgegangen werden, dass die betrachteten technischen Parameter die Verteilung allesamt beeinflussen. Wird das Zusammenspiel dieser Parameter besser verstanden, dann kann darauf aufbauend die Einstellung der Sprühgeräte unter Berücksichtigung externer Parameter weiter optimiert werden. Im nächsten Schritt gilt es, durch geeignete statistische Analysen den jeweiligen Einfluss eines einzelnen Parameters auf die Vertikalverteilung zu bestimmen und Wechselwirkungen zwischen den Parametern zu analysieren. Bei zukünftigen Versuchen wäre es zudem interessant, bei den Parametern Düse-zu-Düse-Abstand und Spritzdruck mehr Varianten zu betrachten, um Abhängigkeiten besser analysieren zu können. Darüber hinaus könnten auch noch weitere mögliche Einflussparameter wie z. B. die Düsenbauart (z. B. Doppelflachstrahldüse), das Düsenkaliber oder der Spritzwinkel untersucht werden.

## Literatur

- Bauer, F.C.; Raetano, C.G. (2004): Volumetric distribution of the spray nozzle tips XR, TP and TJ under different operational conditions. *Planta Daninha* 22, pp. 275–284
- Debaer, C.; Jaeken, P. (2006): Drift mitigation: boom sprayer set-up for orchard spraying? *Aspects of Applied Biology* 77(2), pp. 359–364
- Dekeyser, D.; Foque, D.; Endalew, A.M.; Verboven, P.; Goossens, T.; Hendrickx, N.; Nuyttens, D. (2012): Assessment of orchard sprayers using laboratory trials. *Aspects of Applied Biology* 114, pp. 395–403
- JKI - Julius Kühn-Institut (2013): Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten: Richtlinie 1-1.1 Anforderungen an Spritz- und Sprühgeräte für Flächenkulturen. [http://www.jki.bund.de/no\\_cache/de/startseite/institute/anwendungstechnik/pruefverfahren/jki-richtlinien.html](http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/anwendungstechnik/pruefverfahren/jki-richtlinien.html) , Zugriff am 12.10.2015
- Knewitz, H. (2009): Die richtige Einstellung [The right adjustment]. *Das deutsche Weinmagazin* 11, S. 25–27
- Koch, H.; Weisser, P.; Funke, H.G.; Knewitz, H. (1998): Characteristics of the distribution pattern of single nozzles in air assisted orchard spraying. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 2(50), S. 30–36
- Vereecke, E.; Langenakens, J.; De Moor, A.; Pieters, M.; Jaeken, P. (2000): The air distribution generated by air-assisted orchard sprayers. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent*, 2b(65), pp. 991–1000
- Womac, A.R.; Smith, C.W.; Mulrooney, J.E. (2004): Foliar spray banding characteristics. *Transactions of the ASABE* 47(1), pp. 37–44

## Autoren

**Dr. Jens Karl Wegener** ist Institutsleiter, **Dr. Dieter von Hörsten** und **Dr. Tanja Pelzer** sind wissenschaftliche Mitarbeiter und **Dipl.-Ing. Hans Jürgen Osteroth** ist Prüfsingenieur am Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: jens-karl.wegener@jki.bund.de.