

Längsverteilung von Drillmaschinen

ISO-Standard 7256/2 ist revisionsbedürftig

Die im ISO-Standard 7256/2 festgeschriebene Methode zur Evaluierung der Längsverteilung von Drillmaschinen ist durch einen Mangel an Präzision und Unstimmigkeiten in einigen Berechnungsmodi gekennzeichnet. Deshalb findet der Standard nur in grundlegender Modifikation Eingang bei der DLG-Prüfung von Drillmaschinen. Der Einsatz eines in Hohenheim entwickelten Optosensors zur kontinuierlichen Messung von Kornabständen bei Drillmaschinen ermöglichte eine genügend große Datenbasis, um die ISO 7256/2-Methode im DLG-Prüfrahmen unter statistischen Gesichtspunkten zu untersuchen und Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten.

Prof. Dr. Joachim Müller leitet den Fachbereich Agrartechnik in den Tropen und Subtropen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim; e-mail: joachim.mueller@uni-hohenheim.de. Dr. Marcel Wiesehoff ist Geschäftsführer der ZIMBO Farm GmbH & Co. KG, Bochum. Dipl.-Ing. agr. Roland Hörner ist Mitarbeiter im DLG-Testzentrum Technik & Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt. Der vorliegende Beitrag ist Prof. Dr. Karlheinz Köller anlässlich seines 60sten Geburtstages gewidmet.

Schlüsselwörter

Drillsaat, Kornverteilung, Maschinentest

Keywords

Drilled seed, seed spacing, equipment test

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06609 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Die Evaluierung der Kornlängsverteilung kann nach dem ISO-Standard mobil oder stationär erfolgen, indem ein Leimstreifen mit der Drillmaschine auf festem und gleichmäßigem Untergrund überfahren oder ein Leimstreifen mit entsprechender Geschwindigkeit unter der stehenden Maschine hindurch gezogen wird. Es wird eine Messstrecke von insgesamt 30 m vorgeschrieben, die je nach Länge des verwendeten Prüfstandes in Etappen erbracht werden kann. Die Versuchsauswertung erfolgt durch Auszählung der Kornanzahl in 100 mm-Abschnitten, welche durch Linien auf dem Leimstreifen zu markieren sind. Optional wird eine optische oder akustische Erfassung der Körner zugelassen. In diesem Fall erfolgt die Auswertung durch Auszählung der Körner pro Zeitintervall, dessen Länge einer Sästrecke von 100 mm entspricht. Als Maßzahl für die Verteilungsgüte wird der Variationskoeffizient VK_{ISO} für die Kornanzahl k in den z Abschnitten errechnet, wobei s_k die Standardabweichung von der mittleren Kornzahl \bar{k} darstellt:

$$VK_{ISO} = \frac{s_k}{\bar{k}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{\frac{1}{z-1} \sum_{i=1}^z (k_i - \bar{k})^2}}{\bar{k}} \cdot 100 \quad (1)$$

Obwohl der Variationskoeffizient aus vielfältigen Anwendungen als aussagekräftiges Streuungsmaß vertraut ist, ist seine Verwendung im vorliegenden Fall nicht zulässig, was im Folgenden gezeigt werden soll.

Wie bereits [1] und später [2] nachgewiesen haben, wird die Kornverteilung auf Abschnitte bei üblichen Drillmaschinen in guter Näherung durch eine Poisson-Verteilung

mit dem Parameter λ beschrieben, wobei λ zugleich Mittelwert μ und Varianz σ^2 darstellt. Bei idealer Poisson-Verteilung gilt folglich:

$$VK_{ISO} = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\mu} \cdot 100 = \frac{\sqrt{\lambda}}{\lambda} \cdot 100 = \frac{100}{\sqrt{\lambda}} \quad (2)$$

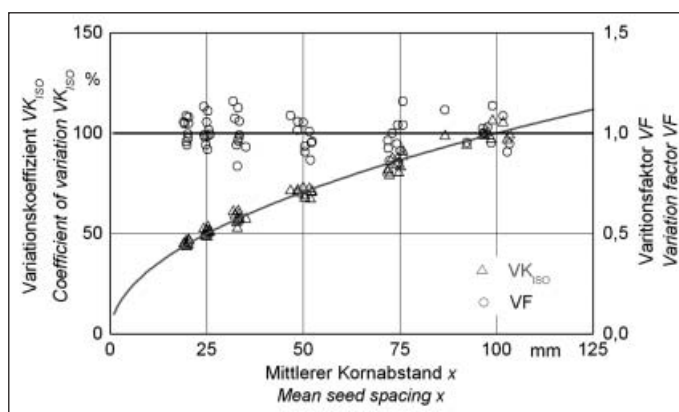
Da die Abschnittlänge im ISO-Standard mit 100 mm fest vorgegeben ist, ergibt sich entsprechend der zu untersuchenden Aussaatmenge oder des daraus resultierenden mittleren Kornabstandes \bar{x} eine bestimmte mittlere Kornzahl \bar{k} je Abschnitt mit $\bar{k} = 100/\bar{x}$ als Schätzwert für den Parameter λ . Damit lässt sich der theoretische VK_{ISO} als Funktion des mittleren Kornabstandes \bar{x} berechnen. Die Funktion ist in Bild 1 als Linie eingezeichnet und es wird deutlich, dass sich VK_{ISO} systematisch mit der Aussaatmenge ändert. Empirisch ermittelte VK_{ISO} -Werte von unterschiedlich dichten Kornabstandsreihen stützen das theoretisch abgeleitete Ergebnis. Da Drillmaschinen bei unterschiedlichen Aussaatmengen untersucht werden, ist VK_{ISO} als Maßzahl zur Beschreibung der Güte der Kornlängsverteilung folglich ungeeignet und macht eine Revision des ISO-Standards erforderlich.

Modifikation des ISO-Standard 7256/2 im DLG-Prüfrahmen

Abweichend vom ISO-Standard wird im DLG-Prüfrahmen nach einer Empfehlung von [3] der Variationsfaktor VF als Streuungsmaß verwendet [4].

Bild 1: Variationskoeffizient VK_{ISO} nach ISO 7256/2 und Variationsfaktor VF nach DLG in Abhängigkeit des Kornabstands

Fig. 1: Variation coefficient VK_{ISO} according ISO 7256/2 and variation factor VF according DLG versus seed spacing



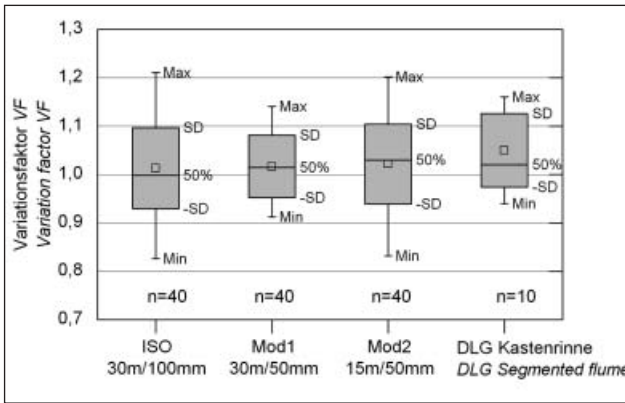


Bild 2: Streuung der VF-Werte bei unterschiedlicher Länge der Messstrecke und Zählabschnitte, berechnet aus 40 Kornabstandsreihen sowie aus zehn Versuchsdurchgängen mittels DLG Kastenrinne

Fig. 2: Dispersion of variation factor VF at various total and segment length, calculated from 40 seed sequences and from ten empirical trials in the DLG segmented flume

zehn Wiederholungen. Da das Ergebnis aufgrund des großen Skalenschrittes auch bei hoher Anzahl an Wiederholungen unpräzise bleibt, besteht aufgrund des hohen manuellen Arbeitsaufwands der Methode ein ungünstiges Nutzen/Aufwand-Verhältnis.

Methodenwechsel

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass die im ISO-Standard festgelegte Methode der Evaluierung der Längsverteilung von Drillmaschinen durch Auszählen von Körnern in definierten Abschnitten selbst nach Korrektur und Verfeinerung keine befriedigenden Ergebnisse liefern kann. Daher wird eine Ablösung der Auszähl-Methode durch die Messung der tatsächlichen Kornabstände gefordert. Als Maßzahl bietet sich der Variationskoeffizient VK_x der Kornabstände x an:

$$VK_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (5)$$

Aufgrund der höheren Präzision der Methode zeigen die VK_x -Werte eine wesentlich geringere Streuung. Die Standardabweichung s_{VK} der Variationskoeffizienten VK_x aus 80 Messungen für die DLG-übliche Messstrecke von 15 m beträgt 3,5%. Daraus kann die Anzahl der erforderlichen Wiederholungen berechnet werden. Das Ergebnis ist in Bild 3 eingezeichnet.

Beim Einsatz des Hohenheimer Optosensors kann die Messstrecke in beliebiger Länge gewählt werden [5]. Darüber hinaus sind durch den geringen Arbeitsaufwand eine größere Anzahl an Wiederholungen realisierbar. Diese Methode erlaubt mit drei Versuchsdurchgängen à 1000 Kornabständen eine Genauigkeit von $\pm 3,25\%$ (VK_x). Bei vier Versuchsdurchgängen steigt die Genauigkeit auf $\pm 2,5\%$ (VK_x). Wird die Bewertungsskala der DLG auf die Methode der Kornabstandsmessung übertragen, gelten Drillmaschinen mit VK_x -Werten zwischen 90 und 110 % als gut. Die Präzision der Methode reicht folglich aus, um den Skalenschritt von 20 % (VK_x) mit guter Sicherheit zu rechtfertigen.

$$VF = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\lambda}{\lambda} = 1 \quad (3)$$

Wie in Bild 1 zu erkennen ist, verhält sich VF bezüglich der Aussaatmenge stabil. Da VF auf der Varianz anstelle der Standardabweichung beruht, ergibt sich allerdings eine größere Streuung der Ergebnisse bei wiederholter Versuchsdurchführung. Die große Streuung des VF-Wertes ist hinsichtlich der Bewertung von Drillmaschinen unbefriedigend. Zur Präzisierung der Methode wurde deshalb im DLG-Prüfrahmen die Abschnittslänge auf 50 mm verkürzt. Gleichzeitig wurde die Messstrecke halbiert, so dass pro Versuchsdurchgang unverändert 300 Abschnitte auszuwerten sind. Die Auswirkungen dieses Vorgehens sind in Bild 2 am Beispiel von 40 Kornabstandsreihen dargestellt. Wie die Reduzierung der Standardabweichung zeigt, kann durch die Halbierung der Abschnittslänge die Streuung der VF-Werte tatsächlich verringert werden, das gilt allerdings nur, wenn die ursprüngliche Länge der Messstrecke, also die Anzahl der berücksichtigten Kornabstände, beibehalten wird. Erfolgt jedoch wie im DLG-Prüfrahmen gleichzeitig eine Halbierung der Messstrecke, geht durch die Verringerung des Stichprobenumfangs der präzisierende Effekt verloren.

DLG Kastenrinnen-Methode und Bewertungsskala

Während ISO 7256/2 auf der abschnittswise Auswertung von Kornabstandsfolgen beruht, erfolgt in der Prüfpraxis der DLG eine Aussaat in eine 15 m lange Kastenrinne, welche in 50 mm-Abschnitte unterteilt ist, mit anschließender Auszählung der Körner je Abschnitt. Zur Untersuchung der Vergleichbarkeit beider Messverfahren wurden bei der DLG-Prüfstelle Groß-Umstadt Kastenrinnenversuche mit zehnfacher Wiederholung durchgeführt. Wie aus Bild 2 hervorgeht, ergeben sich vergleichbare Mittelwerte und Standardabweichungen der VF-Werte, wobei die Spannweite der Werte, also die Differenz zwischen Minimal- und Maximalwert, bei der Berechnung aus 40 Wiederholungen naturgemäß größer ist, da

mit steigender Zahl an Wiederholungen die Wahrscheinlichkeit zunimmt, Extremwerte zu erschließen.

Basierend auf der Standardabweichung σ_{VF} der Kastenrinnenversuche, kann die erforderliche Anzahl an Wiederholungen n in Abhängigkeit der geforderten Genauigkeit des Ergebnisses berechnet werden:

$$n \geq \left(\frac{2 \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{VF}}{\Delta VF} \right)^2 \quad (4)$$

Hierbei ist z das $(1-\alpha/2)$ -Quantil der Normalverteilung und ΔVF die tolerierte Breite des Konfidenzintervalls. Wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ gewählt, gibt die Gleichung die Anzahl an erforderlichen Versuchsdurchgängen an, um sicherzustellen, dass VF mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% in einem Bereich von $VF \pm \Delta VF/2$ liegt. Zur konkreten Vorgabe einer Mindestzahl an Versuchsdurchgängen muss die zulässige Toleranz für VF festgelegt werden. Da der ISO-Standard keine Aussage zur Bewertung der Maßzahl macht, wird die DLG-Bewertung herangezogen, welche in einer Stufe von $\Delta VF = 0,2$ erfolgt, wobei VF-Werte zwischen 0,9 und 1,1 als „gut“ eingestuft werden. Um eine sichere Einordnung der Ergebnisse in diese Werte-Skala zu gewährleisten, muss die tolerierte Breite des Konfidenzintervalls für ΔVF deutlich kleiner sein als der Skalenschritt. Wie aus Bild 3 hervorgeht, wird der Skalenschritt von $\Delta VF = 0,2$ bei drei Wiederholungen gerade knapp unterschritten, eine Toleranz von einem halben Skalenschritt erfordert dagegen bereits

Bild 3: Breite des Konfidenzintervalls für Variationsfaktor VF und Variationskoeffizient VK_x in Abhängigkeit der Anzahl an Versuchsdurchgängen bei einem Konfidenzniveau von 95%

Fig. 3: Width of confidence interval variation factor VF and variation coefficient VK_x versus number of repetitions at a confidence level of 95%

