

Die Kornverteilung über die Bodenfläche bei der Drill- oder Breitsaat des Getreides

Von Hermann J. Heege, Bonn

Die Kornverteilung über die Bodenfläche wird mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung für die Breit- und Drillsaat ermittelt; als Maßzahl für die Kornverteilung über die Bodenfläche dient der Abstand von einem Saatkorn zu dem nächstliegenden Korn. Diese Maßzahl ist sowohl für die Drillsaat mit verschiedenen Reihenabständen als auch für die Breitsaat als Bewertungsgrundlage brauchbar. Das Ergebnis zeigt, daß die Breitsaat immer eine gleichmäßigere Kornverteilung über die Fläche liefert als die Drillsaat.

1. Aufgabenstellung

Das derzeitige Interesse an der Breitsaat des Getreides ergibt sich aus dem Bestreben, eine gleichmäßigere Verteilung der Getreidekörner über die Ackerfläche zu erreichen, als sie die Drillsaat liefert. Bei der Drillsaat werden die Getreidekörner in der Saatreihe zusammengedrängt, andererseits entsteht senkrecht zu den Drillreihen ein sehr weiter Kornabstand. Bei einer mittleren Saatgabe entfällt auf jedes Getreidekorn eine durchschnittliche Bodenfläche von etwa 36 cm². Daraus ergibt sich für den in der Bundesrepublik vorherrschenden Drillreihenabstand von 16 cm ein mittlerer Kornabstand in der Reihe von nur 2,25 cm. Der Kornabstand senkrecht zu den Drillreihen beträgt dann also das Siebenfache des mittleren Kornabstandes in der Reihe.

Es erhebt sich nun die Frage, inwieweit man eine gleichmäßigere Kornverteilung auf der Bodenfläche durch eine Breitsaat anstelle einer Drillsaat erreichen kann. Sowohl bei der Drill- als auch bei der Breitsaat ist der geometrische Ort für die einzelnen Körner nicht determiniert. Für die Grundgesamtheit der Körner lassen sich aber sowohl bei der Drillsaat als auch bei der Breitsaat statistische Gesetzmäßigkeiten aufstellen.

Das Forschungsvorhaben „Getreide-Breitsaat“ wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, finanziert.

Dozent Dr. agr. Hermann J. Heege, MSAE, Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

2. Kornverteilung bei der Drillsaat

Bei der Drillsaat besteht für jede Längeneinheit der Drillreihe – z.B. für jeden cm der Drillreihe – die gleiche Chance, mit einem oder mehreren Körnern belegt zu werden [1]. Man kann daraus nach der Wahrscheinlichkeitstheorie ableiten, daß die Häufigkeit der Abstände zwischen den aufeinanderfolgenden Körnern in der Drillreihe einer Exponentialverteilung folgt [2]. Diese Exponentialverteilung für die Kornabstände z in der Drillreihe lautet

$$p(z) = \frac{1}{\bar{z}} e^{-\frac{z}{\bar{z}}}$$

mit \bar{z} als dem durchschnittlichen Kornabstand.

Der Vergleich einer Auszählung vieler Leimstreifen-Drillversuche mit dieser Exponentialverteilung ergab eine gute Übereinstimmung zwischen Versuch und Theorie [2]. Dabei scheint es gleichgültig zu sein, ob ein Drillaggregat mit Nockenrädern, Schubrädern, mit zentrifugaler Saatgutzuteilung (System Stokland) oder pneumatischer Saatgutzuteilung (System Weiste) benutzt wird.

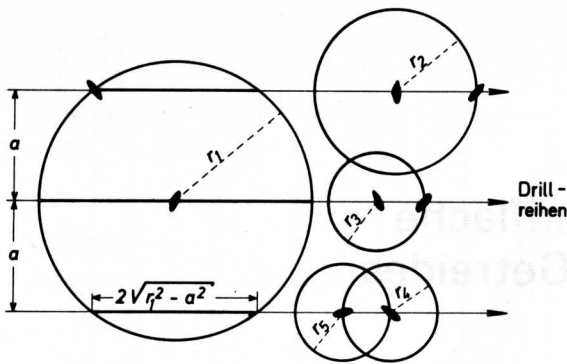
3. Abstand zum nächstliegenden Korn

Wenn man die Kornverteilung über die Bodenfläche für die Drill- und Breitsaat vergleichen will, ist eine Maßzahl nötig, die die Kornabstände in allen Richtungen berücksichtigt. Bei der Breitsaat ist ja keine irgendwie bevorzugte Sä-Richtung vorhanden, da sie weder in Fahrtrichtung noch quer oder schräg dazu Saatreihen erzeugt.

Als Maßzahl, die die Kornabstände in allen Richtungen berücksichtigt, wurde der Abstand von einem Saatkorn zum nächstliegenden Korn gewählt [3]. Da das „nächstliegende“ Korn in jeder beliebigen Richtung liegen kann, ist dieser Abstand sowohl für Reihensaaten als auch für Breitsaaten als Bewertungsgrundlage der Verteilung auf der Bodenfläche brauchbar. Bei der Drillsaat beispielsweise kann das nächstliegende Korn sowohl vor als auch hinter dem betreffenden Korn in der gleichen Saatreihe liegen; es kann sich aber auch in einer benachbarten Reihe befinden. Geometrisch entspricht dieser Abstand dem Radius eines Kreises, dessen Mittelpunkt das jeweilige Saatkorn bedeckt, während das dazugehörige nächste Korn irgendwo auf dem Kreisumfang liegt, Bild 1. Diese Definition schließt das Vorhandensein weiterer Körner im Innern des Kreises aus. Je größer nun bei gleicher Kornanzahl je Flächeneinheit die Abstände zu dem jeweilig nächstliegenden Korn sind, um so gleichmäßiger müssen die Körner über die Fläche verteilt sein. Umgekehrt weisen viele kleine Abstände zum jeweilig nächstliegenden Korn auf eine ungleichmäßige Verteilung über die Fläche hin.

Bei der Drillsaat ist nun die Häufigkeit für den Abstand zum nächstliegenden Korn identisch mit der Häufigkeit, die einem Kornabstand der Gesamtlänge aller Drillreihen in dem jeweils betrachteten Kreis entspricht (vgl. Bild 1, dick ausgezogene Linien).

Bild 1. Abstand r zum nächstliegenden Korn bei Drillsaat.
a Drillreihenabstand



Dabei muß die geometrische Beziehung zwischen dem Abstand zum nächstliegenden Korn – dem Radius des jeweiligen Kreises entsprechend – und der Gesamtlänge aller Drillreihen in dem Kreis berücksichtigt werden. Man kann somit eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $p(r)$ für den Abstand r zum nächstliegenden Korn bei der Drillsaat ableiten [4]. Schließlich erhält man dann den mittleren Abstand zum nächstliegenden Korn durch Integration des Produktes $rp(r)$ von 0 bis ∞ .

$$\bar{r} = \int_0^{\infty} rp(r) dr$$

Die entsprechende Integration ist zwar elementar nicht möglich; es ist daher eine numerische Integration mit Hilfe eines Rechenautomaten erforderlich [2].

4. Kornverteilung bei der Breitsaat

Bei der Breitsaat, Bild 2, werden die Körner über die gesamte Arbeitsbreite ausgestreut mit dem Ziel, je Flächeneinheit annähernd die jeweils gleiche Körneranzahl auszubringen. Die genaue Position der einzelnen Körner sowohl längs als auch quer zur Fahrtrichtung unterliegt dem Zufall. Für jede Flächeneinheit der besäten Fläche besteht bei der Breitsaat die gleiche Chance, mit Körnern belegt zu werden. Was also bei der Drillsaat für die Längeneinheit der Saatreihe gilt, das gilt bei der Breitsaat sinngemäß für die Flächeneinheit des Feldes, also z.B. für jeden cm^2 des Feldes. Aus dieser wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlage kann für die Breitsaat ebenfalls eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $p(r)$ für den Abstand r zum nächstliegenden Korn abgeleitet werden:

$$p(r) = \frac{2\pi}{F} r e^{-\frac{\pi r^2}{F}}$$

wobei F die mittlere Fläche je Korn ist.

Die Gültigkeit dieser Wahrscheinlichkeitsfunktion wurde in Experimenten nachgewiesen [2].

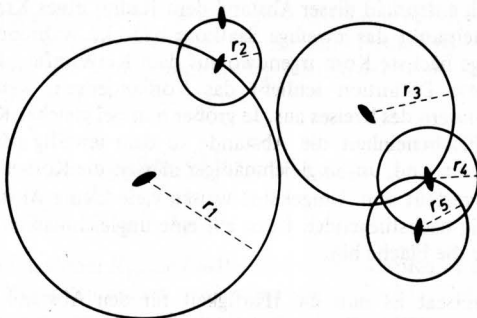


Bild 2. Abstand r zum nächstliegenden Korn bei Breitsaat.

Der Mittelwert des Abstandes zum nächstliegenden Korn bei der Breitsaat kann nun wie bei der Drillsaat wiederum durch Integration des Produktes $rp(r)$ von 0 bis ∞ errechnet werden. Als Ergebnis erhält man

$$\bar{r} = \frac{\sqrt{F}}{2}$$

Für die Breitsaat kann man den mittleren Abstand zum nächstliegenden Korn also sehr leicht aus der mittl. Fläche F je Korn ermitteln.

5. Vergleich der Saatverfahren

In Bild 3 sind der mittlere Abstand zum nächstliegenden Korn für Breitsaat und Drillsaat (bei verschiedenen Reihenabständen) dargestellt. Wenn die durchschnittliche Fläche je Korn $36 cm^2$ beträgt, erhält man bei der Breitsaat einen mittleren Abstand zum nächsten Korn von 3 cm. Bei der Drillsaat mit 18 cm Reihenweite ist der mittlere Abstand zum nächsten Korn nur 1 cm. Für die Drillsaat mit 12 cm Reihenabstand – dies ist etwa der kleinste heute übliche Reihenabstand – beträgt der mittlere Abstand zum nächstliegenden Korn auch nur 1,5 cm. Erst wenn man die bisher üblichen Drillreihenabstände unterschreitet, steigt der mittlere Abstand zum nächsten Korn steiler an. Läßt man schließlich theoretisch den Drillreihenabstand gegen null gehen, so ergeben sich für Drill- und Breitsaat gleiche Werte. Die Drillsaat wird in diesem theoretischen Grenzfall in eine Breitsaat verwandelt. Insgesamt zeigt der Vergleich, daß sich die Kornverteilung über die Fläche für die Drillsaat erst bei sehr kleinen Reihenabständen der der Breitsaat nähert.

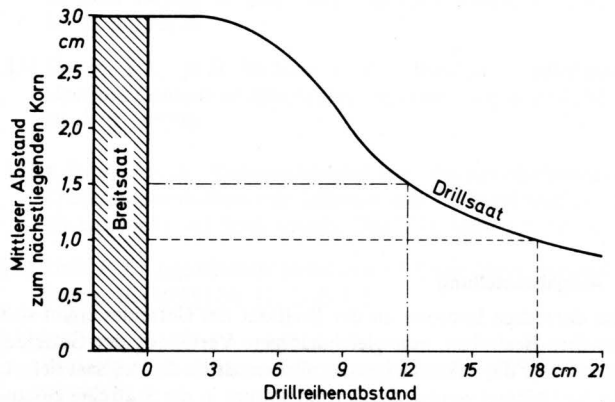


Bild 3. Mittlerer Abstand zum nächstliegenden Korn bei Drillsaat in Abhängigkeit vom Drillreihenabstand und bei Breitsaat. Mittlere Bodenfläche je Korn: $36 cm^2$

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

[1] *Blenk, H.*: Poissonsche Verteilungskurven bei Versuchen mit Drillmaschinen. Z. angew. Mathematik u. Mechanik (ZAM) Bd. 31 (1951) S. 257/58.
 [2] ● *Heege, H.J.*: Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTL Berichte über Landtechnik, Nr. 112. München-Wolfratshausen: Neureuter Verlag 1967.
 [3] *Clark, P.J.*, u. *F.C. Evans*: Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology Bd. 35 (1954) Nr. 4, S. 445.