

Zur Bewertung der Flächenverteilung von Saatgut

Die Ablagequalität von Sämaschinen beeinflusst den Felddaufgang, die Pflanzenentwicklung und damit auch den Flächenertrag. Zur Bewertung der Ablagequalität ist neben der Tiefenablage die horizontale Flächenverteilung zu berücksichtigen. Eine Optimierung der Pflanzenabstände erhöht Felddaufgang und Ertrag, indem Konkurrenzeffekte um die Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe minimiert werden. Die Flächenverteilung von Saatgut ist abhängig von der Längsverteilungsqualität der Sämaschine, vom Reihenabstand und von der Aussaatmenge. Es wird ein Verfahren zur Darstellung und Bewertung der Flächenverteilung beschrieben, das über Polygonzerlegung Einzelstandflächen eines Bestandes definiert.

Prof. Dr. Hans-Werner Griepentrog ist Associate Professor des Department of Agricultural Sciences, Agricultural Engineering, The Royal Veterinary and Agricultural University (KVL) Copenhagen, Agrovej 10, DK - 2630 Taastrup, e-mail:hwg@kvl.dk

Schlüsselwörter

Sätechnik, Flächenverteilung von Saatgut, Arbeitsqualität

Keywords

Seeding technology, seed distribution over the area, work quality

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99216 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Flächenverteilung von Saatgut stellt eine grundlegende, produktionstechnische Maßnahme dar, mit der direkt in Prozesse der Ertragsbildung eingegriffen wird [1]. Drillmaschinen legen die Körner nicht in gleichen Abständen in der Saatreihe ab: Die Verteilung in der Reihe unterliegt nicht einer Normalverteilung, sondern sie entspricht meist einer Exponentialverteilung [2, 3]. Bei Einzelkornsämaschinen ergibt sich für die Kornabstände eine Zusammensetzung aus mehreren Normalverteilungen, da Zellenbelegung und Felddaufgang immer zu Leer- und Fehlstellen führen und sich dadurch Abstände als Vielfaches des eingestellten Abstandes ergeben [4]. Es resultiert daraus eine mehrgipfelige Normalverteilung.

Kennzahlen zur Beschreibung der Längsverteilungsqualität gelten heute indirekt auch als Maßstab zur Bewertung der Flächenverteilung. Nachteilig bei einem solchen Vorgehen ist das Ausschließen der anderen relevanten Parameter wie Reihenabstand und Aussaatmenge. Trotzdem werden diese Kennzahlen zur Bewertung der Arbeitsqualität von Sämaschinen herangezogen, obwohl ein direkter vergleichender Gebrauch nur bei gleichen Aussaatmengen und Reihenabständen korrekt und sinnvoll ist.

Bei der Aussaat ist es durch Verringern des Reihenabstandes möglich, den relativen Felddaufgang zu erhöhen, da hierdurch die Abstände in der Reihe vergrößert und die Keimbehinderungen der einzelnen Körner reduziert werden. Durch geringere Reihenabstände wird in der Regel auch die Flächenverteilung verbessert. Aufgrund dieses Effektes wird ein möglichst geringer Reihenabstand angestrebt.

Die Aussaatmenge hat ebenfalls Einfluss auf die Flächenverteilung, da beispielsweise bei gleichem Reihenabstand durch Erhöhen der Aussaatmenge der mittlere Abstand in der Reihe verringert wird.

Eine Methode zur Beschreibung der Qualität von Flächenverteilungen sollte in der Lage sein, die standflächenspezifischen Gegebenheiten zu berücksichtigen, indem die Parameter Längsverteilung, Reihenabstand und Aussaatmenge einbezogen werden.

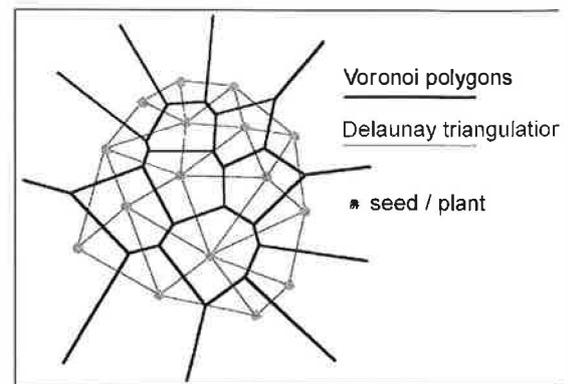


Bild 1: Polygonzerlegung nach Voronoi und Delaunay Triangulation

Fig. 1: reduction of Voronoi polygons and Delaunay triangulation

Kennzahlen, die nur einen mittleren Abstand zu einem Nachbarn kennzeichnen, sind zur Beschreibung von Flächenverteilungen nur begrenzt geeignet, da sie wenig anschaulich sind und sich als Grundlage für weitergehende statistische Analysen oder Modellbildungen nicht eignen [2, 5]. Diese Kennzahlen gelten jedoch als erster Ansatz zur Beschreibung von Flächenverteilungen.

Polygonzerlegung

Um eine Beschreibung und Bewertung der Konkurrenzsituation in einem Pflanzenbestand zu ermöglichen, muss auf die spezifischen Standflächen eingegangen werden. Die Standfläche wird von allen in der Nähe einer Referenzpflanze stehenden Nachbarpflanzen begrenzt. Sie wird im Bestand ausnahmslos von mehreren Pflanzen gebildet.

Diese Einzelstandflächen weisen in guter Annäherung die Form eines Vielecks oder Polygons auf. Standflächenbedingte Konkurrenzsituationen in Pflanzenbeständen werden in der Ökologie bereits mit Polygonmodellen beschrieben [6, 7]. Eine Übertragung dieses methodischen Ansatzes auf Probleme der Bestandesetablierung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion liegt deshalb nahe.

Für die Berechnung der Polygonflächen ist entscheidend, welche Pflanze in der Nähe einer Referenzpflanze als Nachbar anzusehen und für die Bildung des Polygons oder der Standfläche relevant ist. Hierfür eignen

sich die Delaunay-Triangulation und Voronoi- oder Thiessen-Polygonzerlegung [8].

Infolge der Delaunay-Triangulation sind drei Punkte als Nachbarn anzusehen, deren gemeinsam gebildeter Kreis keinen weiteren Punkt einschließt. Nach Voronoi gelten die Punkte als Nachbarn, deren Polygone infolge der Polygonzerlegung eine gemeinsame Seitenkante aufweisen. Beide Verfahren sind für je 16 Punkte in *Bild 1* dargestellt.

Deutlich erkennbar ist, dass beide Methoden dieselben Punkte als Nachbarn ermitteln. Der Unterschied liegt jedoch in dem sich für gleiche Punktverteilungen ergebenden geometrischen Muster.

Für die zu beschreibende standflächenbedingte Konkurrenz zwischen Pflanzen ist die Polygonzerlegung von größerer Bedeutung, weil Polygone in Größe und Form den realen Standflächen am ähnlichsten sind. Beide Verfahren sind jedoch zur Lösung des Problems, wer wessen Nachbar ist, geeignet.

Die Methode der Polygonzerlegung ist unabhängig von der Saatmethode. Sie kann auf Reihen-, Band- oder Breitsaaten angewendet werden, wenn die Lagekoordinaten der Saatkörner oder Pflanzen bekannt sind. Auch Kornabstandsmessungen im Rahmen von Untersuchungen an Sämaschinen können als Grundlage zur Berechnung von Polygonverteilungen herangezogen werden.

Die beschriebene Methode zur Darstellung von Standflächen bietet die Möglichkeit, die erzeugten Daten numerisch auszuwerten und als Ausgangssituation für weitere Modellbildungen anzusehen. Sie weist insbesondere den Vorteil auf, sehr anschaulich zu sein und erleichtert damit eine pflanzenbauliche Interpretation. Auf diesem Verfahren aufbauende Untersuchungen erfolgten bereits und gingen der Frage über den Einfluss der Qualität der Flächenverteilung auf den Ertrag nach [9, 10].

Datenverarbeitung

Mit den Datensätzen der Punktkoordinaten der Saatkörner oder Pflanzen kann die Polygonzerlegung mit Hilfe eines Computerprogramms durchgeführt werden [11, 12]. Heute verfügbare Software zur Bearbeitung von Aufgaben im Rahmen von Precision Farming – sogenannte geografische Informations-Systeme (GIS) – sind in der Lage auch Routinen für solche Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Modular aufgebaute Programme lassen sich für spezifische Probleme konfigurieren und sind auch auf üblichen Bürocomputern lauffähig.

Polygoneigenschaften

Für die Standfläche einer Pflanze, die von einem Polygon gebildet wird, sind insgesamt

drei Eigenschaften von besonderem Interesse: Die Größe und die Form der Fläche, aber auch die Position der Pflanze im Polygon, die sogenannte Exzentrizität.

Inwieweit die einzelne Pflanze die zur Verfügung stehende Standfläche nutzen kann, hängt sehr stark von deren Kompensationsvermögen ab. Hier reagieren die Kulturpflanzen sehr unterschiedlich, so können sich Raps und Getreide wesentlich besser an ungünstige Standflächenverhältnisse anpassen als Mais. Grund hierfür ist die unterschiedliche Fähigkeit der Pflanzen sich zu verzweigen oder zu bestocken.

Für Feldaufgang und Entwicklung der Pflanzen ist die Größe der zur Verfügung stehenden Fläche bedeutend. Gleiche Aussaatmengen bewirken natürlich die selbe mittlere Polygongröße. Statistische Auswertungen zeigen jedoch, dass die Streuung und Verteilung der Polygongröße abhängig von der Güte der Längsverteilung der Sätechnik sind [9, 10]. Untersuchungen belegen außerdem, dass die Polygongröße und dessen Verteilung Einfluss auf die Pflanzenentwicklung und damit auch auf den Ertrag haben [7].

Gleiche Polygongrößen können sich in der Form der Standfläche unterscheiden [13]. Die Form einer Standfläche kann ebenfalls die Pflanzenentwicklung beeinflussen. Die ideale Standfläche einer Pflanze hat die Form eines Kreises. Da ein Kreis für eine gegebene Fläche den kleinsten Umfang aufweist, soll das Verhältnis von idealem zu realem Umfang gebildet werden, um als Kennzahl zur Beschreibung der Abweichung von der idealen Standfläche zu gelten. Nach einer erfolgten Polygonzerlegung kann aus den Daten für Polygonfläche und -umfang ein mittleres Verhältnis berechnet werden, das im folgenden als Formfaktor \bar{R}_U bezeichnet wird.

$$\bar{R}_U = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{U_{ideal,i}}{U_{real,i}}$$

U_{ideal} : Umfang ideal (Kreis)

U_{real} : Umfang real (Polygon)

mit $U_{ideal} = 2\sqrt{\pi \cdot A_i}$

A_i : Polygonflächen

Für die Exzentrizität – die Position der Pflanze im Polygon – konnte bisher noch keine Kennzahl gefunden werden. Sie ist jedoch weniger bedeutend als die Standflächengröße und -form.

Ergebnisse

Ideale, sehr gleichmäßige Flächenverteilungen lassen sich nur mit einer Gleichstandsart erreichen. Die Gleichstandsart kann mit Pflanzen im Rechteck- oder Dreieckverband entstehen. Der Wert des Formfaktors für die gleichmäßige Rechtecksaat beträgt 0,886 und für die Dreiecksaat 0,952. Die Standflächen einer gleichmäßigen Dreiecksaat weisen dabei die Form eines regelmäßigen Sechsecks auf und stellen damit die theoretisch gleichmäßigste Flächenverteilung dar. Der maximal mögliche Wert des Formfaktors ist deshalb 0,952 und nicht 1, weil die ideale Kreisform als Standfläche in einem realen Pflanzenbestand nicht auftritt.

Der Formfaktor kann als Kennzahl der Flächenverteilung gelten und ist beispielhaft in *Bild 2* in Abhängigkeit von der Güte der Längsverteilung und des Reihenabstandes dargestellt. Das Verringern des Reihenabstandes und das Verbessern der Längsverteilung bewirken eine gleichmäßigere Flächenverteilung. Das Verringern des Reihenabstandes verbessert jedoch nicht immer die Flächenverteilung: Für niedrige Aussaatmengen bei Raps kann mit Einzelkornsaat auch ein optimaler Reihenabstand unterschritten werden [13].

Bild 2: Qualität der Flächenverteilung von Saatgut (Formfaktor) in Abhängigkeit von der Güte der Längsverteilung für Weizen

Fig. 2: Quality of seed distribution over the area (shape ratio) versus quality of longitudinal distribution for wheat

