

# Zur Bewertung der Särbeit von Drillmaschinen

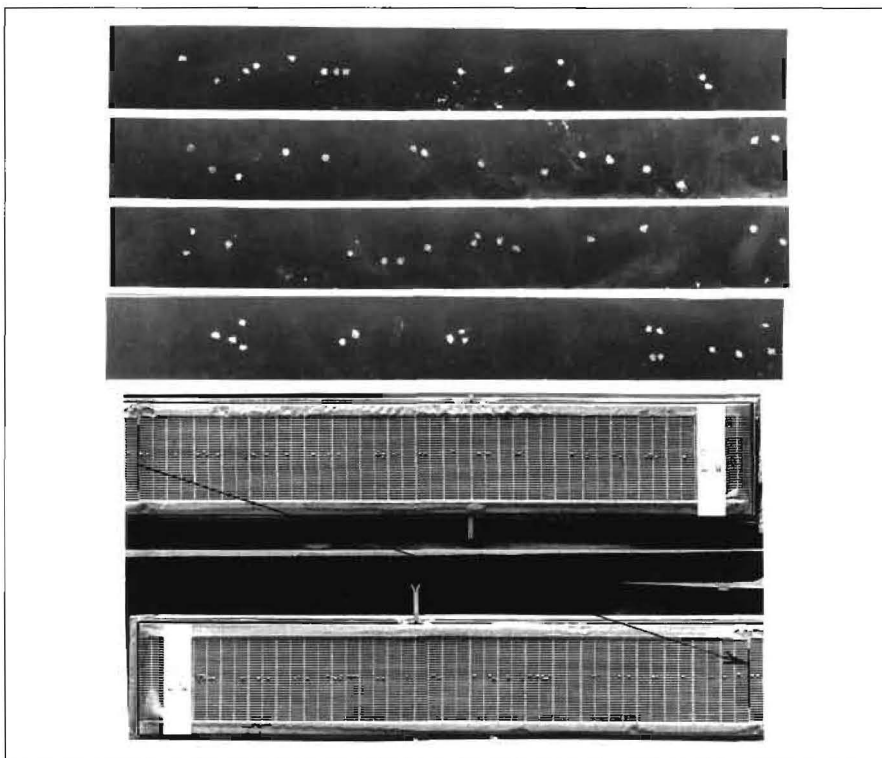
Von Prof. Dr.-Ing. Hermann Hege, Freising

Im Jahr 1786 baute James Cooke, Lancashire, eine Drillmaschine, die im Prinzip schon heutigen Maschinen entsprach. Es dauerte aber noch über hundert Jahre, bis Drillmaschinen die Handsaat von Getreide in Deutschland allmählich ablösten. Die Entwicklung wurde damals von Albrecht Thaer vorangetrieben, der darauf hinwies, dass sich neben einer Saatgutersparnis auch eine Steigerung des Ertrages erreichen ließe. Zahlreiche Erfinder bemühten sich deshalb, durch konstruktive Verbesserungen an den Drillmaschinen eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Samen in der Drillfurche zu erreichen. Um die Wirkung solcher Verbesserungen zu beurteilen, wurden durch die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft von 1892 (Königsberg) bis 1925 (Stuttgart) fünf Hauptprüfungen an insgesamt 53 Drillmaschinen und 9 Kleindrillmaschinen durchgeführt.

Die Arbeit der Drillmaschinen konnte zunächst nur nach dem Feldaufgang verglichen werden, wobei Umstände, die nicht der Maschine anzulasten sind, wie Bodenverhältnisse, Witterung, Schädlinge und Vogelfraß, das Ergebnis beeinträchtigen können. Um die Körnerverteilung selbst sichtbar zu machen, führte Gustav Fischer, Berlin 1904, den Leimstreifen ein, der auch heute noch für Prüfungen ver-

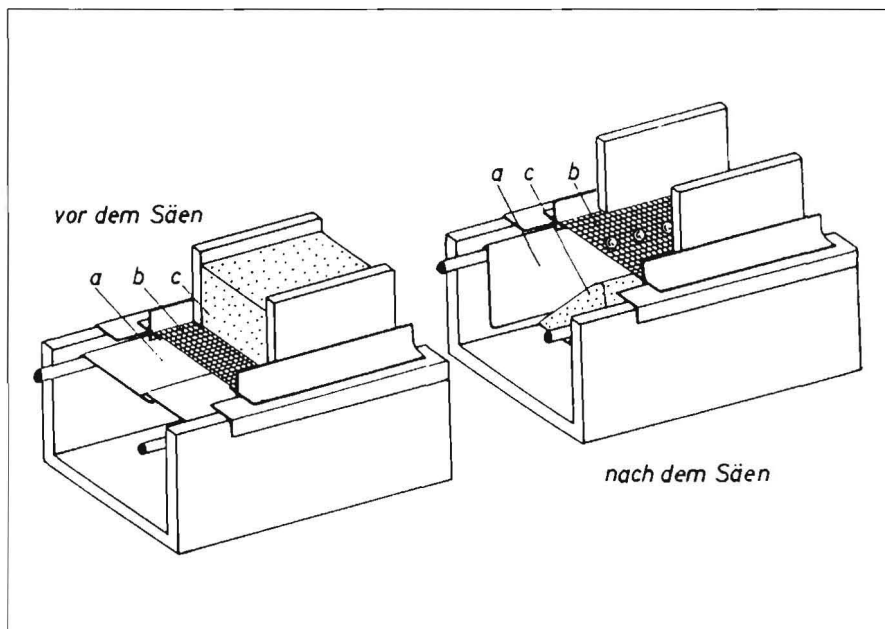
wendet wird, Bild 1. Dabei werden die Körner beim Auftreffen auf eine Leimschicht am Verrollen gehindert. Es zeigte sich aber, dass diese Methode die Drillfurche nicht ersetzen kann, weil die Körner beim praktischen Sävorgang infolge einer Streuung in ihrer Bahn zum Teil von der sich hinter dem Sächar wieder schließenden Furche abgefangen werden und so weder den Furchengrund noch ihren vollen Abstand erreichen. Deshalb entwickelte Rudolf Hege 1932 in seiner Versuchstation für Landmaschinen am Institut für Forschung in der Landwirtschaft Rumäniens in Bukarest zur Prüfung von Drillmaschinen die „Sandrinne“, Bild 2. Der Boden dieser Rinne besteht aus einem Sieb mit darunter befindlichen Klappen. Die Drillmaschine fährt mit einem Schar durch die mit trockenem gesiebttem Sand gefüllte Rinne. Danach werden die Klappen geöffnet, der Sand rieselt durch das Sieb ab, die Körner bleiben auf ihm liegen und ihre Abstände können auf ein Papierband übertragen und ausgewertet werden. Zunächst stellte Hege fest, dass die Körner bei den damals üblichen Drillscharen in der Säfurche mit einer Streuung in Fahrtrichtung von bis zu 10 cm ankommen, so dass teilweise eine Verschiebung der Körner um ein Vielfaches des mittleren Abstandes eintreten kann. Durch die sich schließenden Furchenflanken ergab sich auch eine große vertikale Streuung. Zur Sichtbarmachung der Tiefenablage verwendete er eine zweite Sandrinne, bei der das Sieb und die Klappen an der Seitenwand angebracht sind. Nach dem Sävorgang wird die Rinne mit Sand voll aufgefüllt, mit einem Deckel verschlossen und in der Längsachse um 90 Grad gedreht. Nach Ablassen des Sandes bleiben die Körner in der Projektion ihrer Tiefenlage auf dem Sieb liegen und können mit einer Drahtlehre ausgewertet werden. Es ergaben sich Streuzonen bis 8 cm. Mit seitlichen Abdeckblechen am Schar und einer Leitzunge wurde schon damals die Streuung vermindert und eine weitgehend einheitliche Tiefenlage erreicht, Bild 3.

Die Frage, wie man aus der Körnerreihe eine Bewertung für die betreffende Drillmaschine ableiten könne, wurde von Anfang bis Ende des 20sten Jahrhunderts kontrovers diskutiert. Gustav Fischer teilte seine Leimstreifen in Abschnitte ein und zählte die Körner in diesen (1911). Die Länge der Abschnitte wurde mit 50 mm festgelegt, was sich bis heute bei der „Auszahlmethode“ der DLG-Prüfung erhalten hat. Die Kornzahl pro Abschnitt wird in einer Häufigkeitsverteilung dargestellt. Hans Zödler, Breslau 1930, zeigt, dass das Verfahren von Fischer keine zuverlässigen Aussagen ergeben kann. Er schlägt seinerseits eine „Wertziffer“ vor, die sich



Oben: Körnerreihe einer Drillmaschine auf dem Leimstreifen, Gesamtlänge 2,4 m, mittlerer Kornabstand 4 cm, Fahrgeschwindigkeit 1 m/s (Die Körner wurden für die Reproduktion weiß markiert)

Unten: Körnerreihe auf dem Sieb der Sandrinne, die seitliche Streuung ist durch die Furchenflanken völlig aufgehoben (Bild 1)

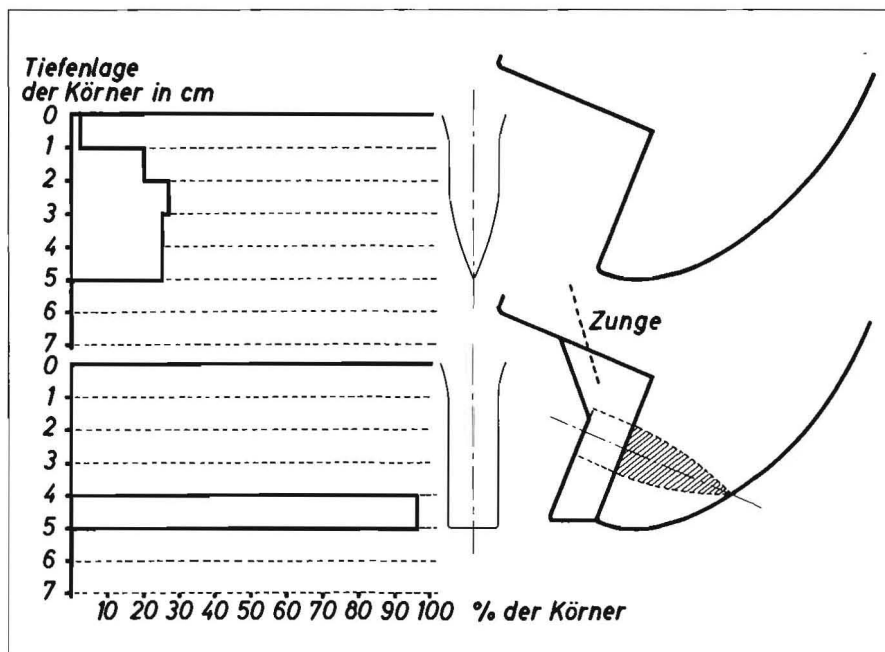


Funktion der Sandrinne: a Bodenklappe, b Sieb, c Sand (Bild 2)

aus einer Stufung der Abstandsklassen, die fortschreitend größer werden, und einem entsprechenden Multiplikator ergeben soll. Auch dieses Verfahren erwies sich als wenig aussagekräftig, abgesehen von einer sehr komplizierten Betrachtungsweise. Adolf König, München 1933, schlägt ein mathematisch-statistisches Verfahren vor, bei dem positive und negative „Fehlerflächen“ ermittelt werden. Als Vergleichswert wird der kleinste Wert der absoluten Fehlersumme gewählt, der dann vorliegt, wenn die Anzahl der positiven

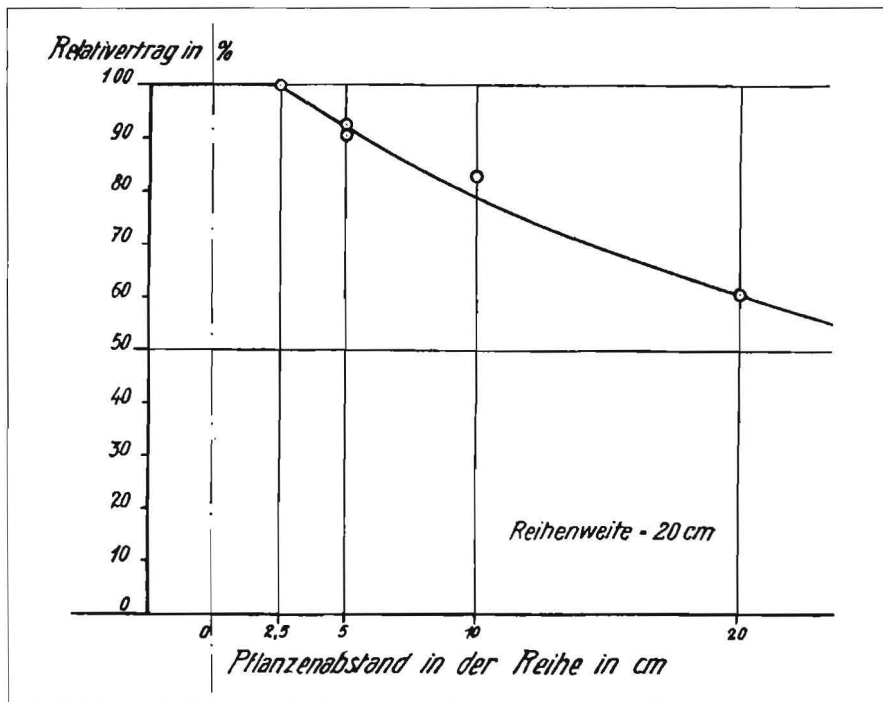
und negativen Glieder gleich ist. Dies erreicht man im Fehlerdiagramm durch entsprechende Verschiebung der Abszisse. Die Gesamtfehlerfläche wird planimetriert und durch die Länge der Körnerreihe dividiert, womit man einen „Gütegrad“ erhält. 1934 gibt Kurt Marks, Berlin, eine Vereinfachung dieses aufwändigen Verfahrens an, die jedoch auch nicht überzeugt. - Die bisher genannten Methoden erwiesen sich demnach für die Beurteilung einer Drillmaschine als nicht zuverlässig genug.

Ziel aller Verbesserungen an Drillmaschinen, die mit den Prüfungsergebnissen bewertet werden sollen, ist letztlich eine Optimierung des Ertrages. Die vorgehend beschriebenen Methoden zur Beurteilung haben aber keinen Bezug zu dem zu erwartenden Ertrag. Rudolf Hege wollte bei seinen Versuchen 1932-36 in Bukarest solchen Mangel vermeiden und setzte sich mit Kollegen in Deutschland in Verbindung. Dazu schreibt 1932 Ludwig Erhardt, Breslau: „Nach meiner Überzeugung dürfen die Wertziffern nur dazu dienen, die Güte des Säorgans von Drillmaschinen zu beurteilen; eine Bewertung der Körnerfolge in pflanzentechnischer Beziehung wird aber durch die Wertziffer in keiner Weise gegeben“. Ähnlich 1933 Georg Kühne, München, bezugnehmend auf Ausführungen von Adolf König: „Heute wird, man darf sagen allgemein die Ansicht vertreten, dass im Hinblick auf den Ertrag die Gleichstandsart die beste Art der Verteilung darstellt, sodaß die Erreichung einer Perlschnurart als Endziel der Saatgutverteilung durch die Drillmaschine anzusehen ist ..... Andererseits erkennt man die Unmöglichkeit, aus der Kornverteilung allein einen Schluß auf den Ertrag zu ziehen“. Und auch W. Heuser, Landsberg/Warthe: „Sonst hätte ich noch zu sagen, dass es uns nicht gelungen ist, den quadratischen Standraum als am günstigsten für den Ertrag nachzuweisen. Bei vergleichenden Drillmaschinenprüfungen wird aber das System, das eine möglichst gleichmäßige Körnerfolge aufzuweisen hat, vom pflanzenbaulichen Standpunkt aus gegenüber anderen vorzuziehen sein“.



Verhinderung der Tiefenstreuung durch seitliche Bleche an der Scharnase und der Streuung in Fahrtrichtung durch eine Leitzunge im Säeschar (Bild 3)

Diese Meinungen ermutigten Rudolf Hege nicht, die bekannten Verfahren bei seinen Prüfungen anzuwenden. In den Ertragsversuchen von Heuser sah er dagegen einen Weg, in gewissem Maße den theoretisch zu erwartenden Ertrag in die Überlegungen einzubeziehen. Ausgehend vom mittleren Kornabstand (Sollabstand), der sich aus der Länge der Körnerreihe durch die Anzahl der Körner ergibt, nahm er an, dass Körner mit geringerem Abstand keine wesentliche Ertragseinbuße erge-



Relativtrag in Abhängigkeit vom Pflanzenabstand nach W. Heuser (Bild 4)

ben, dagegen die als Folge entstehenden Lücken, die über den Sollabstand hinausgehen, schon. Diese entsprechen einer geringeren Saattiefe, deren zu erwartender Ertrag aus den Kurven von Heuser entnommen werden kann, Bild 4. Seine „Wertzahl“ gibt also für eine praktische Drillreihe an, wie viel Prozent des Ertrages einer entsprechenden Idealreihe bei sonst gleichen Bedingungen zu erreichen sind. Die Werte lagen bei den von ihm geprüften Maschinen zwischen 83 und 96 %. Das Verfahren konnte sich nicht durchsetzen, weil der Arbeitsaufwand recht hoch ist und letztlich ausreichende pflanzenbauliche Standflächen-Ertragsversuche fehlen.

Hermann Blenk, Völknerode 1951, zeigt schließlich, dass die Körnerverteilung von Drillmaschinen einer Poisson'schen Verteilung folgt, Bild 5. Bei der Leimstreifenbewertung stelle die Wahl der Abschnittslänge eine Willkür dar, die das Ergebnis nicht unwesentlich beeinflusst. Ausgehend von der Poisson'schen Verteilung führt Hermann J. Heege, Bonn 1967, als Bewertungskriterium den Abstand zum Nachbarkorn ein. Die Häufigkeit der Abstände zwischen benachbarten Körnern einer Drillreihe folge einer Exponentialfunktion und hänge nur von einem Parameter, nämlich dem Kehrwert des mittleren Kornabstandes ab. Die Darstellung ermögliche den Übergang von der durch die Poissonfunktion gegebene Häufigkeit für die Kornzahl bestimmter Streckenlängen einerseits auf die gewünschte Wahrscheinlichkeit der Abstände benachbarter Körner ander-

erseits. H.-W.Griepentrog, Kiel 1991, führt aus, dass es bei der Körnerverteilung von Drillmaschinen zur Überlagerung von Zufallsereignissen kommt und die Kornzahl je Drillreihenabschnitt einer Poissonverteilung mehr oder weniger ähnlich ist. Die durch Auszählen ermittelte Längsverteilung wird mit der theoretischen Poissonverteilung verglichen und ihre Abweichung durch einen Variationsfaktor (Dispersionsindex) beschrieben. Wenn dieser zwischen 0,9 und 1,1 liegt, ist die Verteilung weitgehend gleichmäßig, darunter sehr gleichmäßig, darüber infolge Fehlstellen und Körnerhäufungen sehr ungleichmäßig. Kromer und Heier, Bonn 1995, lassen die Körner am Ausgang eines Schares der Drillmaschine durch eine Lichtschranke fallen. Aus Kornimpuls und Wegimpuls errechnet ein Weg-Zeit-Generator die Kornabstände in der Messebene. Die Beurteilung erfolgt nach dem Anteil der Kornabstände, die zum Beispiel in dem Bereich plus/minus 60 % um den Mittelwert der Kornabstände gemessen werden. Als „gut“ soll gelten, wenn 47,7 % der gemessenen Kornabstände in diesem Abstandsbereich liegen. Alternativ wird vorgeschlagen: 22,8 % der Abstände im Bereich plus/minus 30 % um den Mittelwert oder 77 % im Bereich plus/minus 90 % als gut gelten zu lassen.

Die Standfläche der Einzelpflanze ist bei der Drillsaat je nach Reihenweite ein schmales bis sehr schmales ungünstiges Rechteck. Anders ist dies bei der Bandsaat und besonders der Breitsaat, wo für die Beurteilung der Verteilungsgüte die einzelnen Standflächen durch Polygonzerlegung ermittelt werden. Die Auswertung solcher Flächen soll hier nicht näher angeführt werden, weil bei der klassischen Drillsaat eine seitliche Streuung der Körner durch die sich schließende Drillfurche in der Regel völlig aufgehoben wird. In neuerer Zeit schlagen mehrere Autoren Korrekturfaktoren für mangelbehaftete Auswertungsmethoden und mögliche Messabweichungen vor. Es wird angestrebt, die Unsicherheit der Aussage durch aufwändige statistische Berechnungen zu vermindern, wobei zuweilen die vierte Stelle hinter dem Komma noch angegeben wird. Andererseits will man die naturgetreue Visualisierung und Vermessung der tatsächlichen Kornabstände wegen des Arbeitsaufwandes vermeiden und greift zur simultanen Erfassung der Körnerfolge am Ausgang des Säschares durch elektronische Sensoren. Dabei hat die Entwicklung der Mikroelektronik wesentliche Fortschritte hinsichtlich kurzer Messzyklen gebracht. Zum Beispiel fallen bei einem Sollabstand von 2 cm (Weizen 150 kg/ha und 16 cm Reihenweite) und einer Fahrgeschwindigkeit von 7,2 km/h 100 Körner pro Sekunde.

Bei einer Auflösung der Messeinrichtung von 2 mm beträgt das erforderliche Messintervall eine Millisekunde. Zur Erfassung auch der Doppelkörner wird sogar ein Viertel dieser Zeit gefordert.

Joachim Müller, Hohenheim 1999, untersucht die heute üblichen Prüfverfahren für Drillmaschinen nach ISO und DLG und kommt, ebenso wie Griepentrog, zu dem Schluss, dass weder der Variationskoeffizient VK nach ISO noch der Variationsfaktor VF der DLG-Prüfung ein geeignetes Maß für die Beurteilung der Kornlängsverteilung einer Drillreihe sind. Er schlägt einen Korrekturfaktor vor, der den Mangel der Auszählmethode aber auch nicht schlüssig aufheben kann. Letztlich empfiehlt er den Ersatz der Auszählmethode durch exakte Messung der Kornabstände. Diese leitet er aus der zeitlichen Folge beim Durchgang der Körner am Ausgang des Schares durch den Hohenheimer „2D-Optosensor“ ab. Dieser besteht aus einer Kombination von Lumineszenz- und Fotodioden, wobei in x-Richtung 24 und in y-Richtung 16 Sender/Empfängerpaare angeordnet sind und die aktive Messebene 72x48 mm beträgt. Zur Verminderung der Streuung in der Drillfurche werden Einbauten im Drillschar vorgeschlagen. Der Autor nennt 200 weitere Literaturstellen und regt eine Vereinheitlichung der Prüfmethoden an.

Bereits 1924 rechnete Nikolaus Gagel, BayWa München, in der Zeitschrift Die Landmaschine vor: Durch Drillsaat beträgt die Einsparung von Saatgut gegenüber Handsaat etwa 40 Pfd./Tagwerk (66 kg/ha). Der Mehrertrag durch die Drillsaat könne gering gerechnet 1 Ztr./Tgw. betragen. Bei 1,98 Millionen Tagwerk, die in Bayern noch mit der Hand gesät werden, ergeben sich 2,77 Millionen Zentner an Einsparung und Mehrertrag. Dies entspricht bei 8 Goldmark pro Zentner einem Wert von rund 22 Millionen Goldmark. Solche Rechnungen verfehlten in den damaligen Hungerjahren ihre Wirkung nicht. Ebenso nach dem Zweiten Weltkrieg, wo die Forschung an Drillmaschinen wieder aufgenommen wurde. Bei Verbesserung der Ernährungslage nach 1955 ließen Überproduktion und Importe das Interesse an Mehrerträgen bei Getreide schwinden. Dagegen erhielt die Einzelkornsaat für die Aussaat von Rüben, Mais, Sonnenblumen und Gemüse große Bedeutung. Für die Prüfung von Einzelkorn-Säegeräten gelten jedoch andere Kriterien, die in einem eigenen Beitrag dargestellt werden sollen. Zusammenfassend ist die Diskussion über die „richtige“ Bewertung der Arbeit von Drillmaschinen seit hundert Jahren noch immer sehr angeregt.

#### Literatur

Zödler, H.: Leimstreifenauswertungsmethoden und Leimstreifenversuche an Drillmaschinen. Diss. TH Breslau 1930

König, A.: Verfahren zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit einer geradlinigen Punktreihe und seine Anwendung bei Drillmaschinen. Diss. TH München 1933

Hege, R.: Die Särarbeit von Drillmaschinen. Deutscher Zentralverlag Berlin 1949

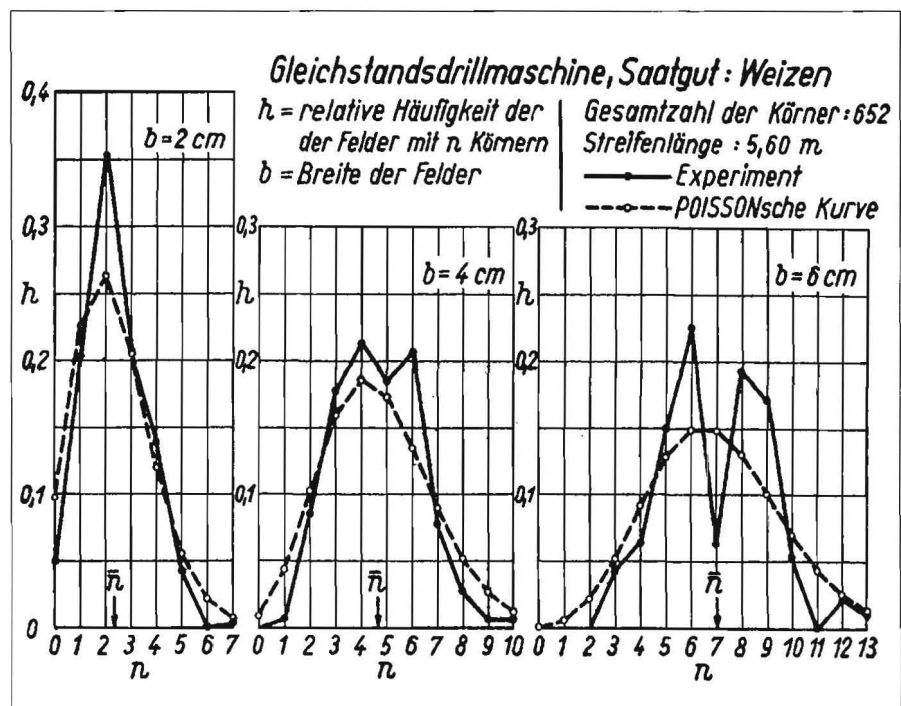
Blenk, H.: Poisson'sche Verteilungskurven bei Versuchen mit Drillmaschinen. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, 31 (1951) S. 257-258

Heege, H.J.: Die Gleichstand-, Drill- und Einzelkornsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTBL-Berichte über Landtechnik, Nr. 112, Frankfurt 1967

Griepentrog, H.-W.: Zur Bewertung von Längsverteilungen bei Drillmaschinen. Landtechnik 46 (1991) S. 550-551

Kromer, K.-H. u. Heier, L.: So wird die Arbeitsqualität gemessen und beurteilt. profi test 8/1995, S. 28-29

Müller, J.: Visualisierung und Optimierung der Kornablage bei der Drillsaat. Habilitationsschrift Hohenheim 1999



Die Darstellung der Körnerverteilung einer Drillreihe folgt einer Poisson'schen Kurve und ist abhängig von der Länge der Zählabschnitte( $b$ ), nach H. Blenk (Bild 5)