

Zur Bewertung der Gleichmäßigkeit der Niederschlagsverteilung mit Hilfe des Cu-Wertes

Dr. sc. agr. M. Frielinghaus, Agraringenieurschule Fürstenwalde

1. Einleitung

Bei der künstlichen Beregnung durch Drehstrahlregner werden die berechneten Flächen nicht völlig gleichmäßig mit Wasser versorgt. Die Kenntnis dieser Ungleichförmigkeit ist für Entwurf und Nutzung von Beregnungssystemen wichtig. Die Größe der Ungleichförmigkeit hängt entscheidend von der Wahl der Beregnungsmaschine ab. Häufig haben diskontinuierlich, positionsweise arbeitende Maschinen eine schlechtere Wasserverteilung als kontinuierlich arbeitende Maschinen.

2. Bewertungsmethoden

Grundlage der Bewertung waren der Regner Nr. 4 aus der Regnerbestückung der Kreisberegnungsmaschine Fregat und Meßergebnisse zur Regenverteilung an kompletten Beregnungsmaschinen Fregat. Als Maß für die Gleichmäßigkeit der Regenverteilung wurde der Cu-Wert nach Christiansen herangezogen, der auch als Uniformitätskoeffizient bezeichnet wird:

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum |d|}{n \bar{x}} \right);$$

\bar{x} arithmetisches Mittel in mm

$|d|$ absolute Abweichung der Regenhöhe am Meßpunkt in mm

n Anzahl der Meßpunkte.

Während der Cu-Wert für die diskontinuierliche, positionsweise Arbeitsweise einer mit dem Regner Nr. 4 bestückten Beregnungs-

maschine mit dem Rechenprogramm NIRU aus den Daten der Einzelregnerbenutzungsfläche für verschiedene Verbände berechnet wurde, gingen für den Cu-Wert kompletter Maschinen die Ergebnisse der Meßreihen direkt ein. Die Windgeschwindigkeiten lagen beim Regner Nr. 4 zwischen 0 und > 6 m/s und bei den Fregat-Maschinen zwischen 0,5 m/s und 6,6 m/s.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Primäre und sekundäre Verteilung

Wie international üblich und aus versuchsmethodischen Gründen wurde der Auswertung von Beregnungsversuchen die Vereinfachung zugrunde gelegt, nicht zwischen primärer und sekundärer Verteilung des Zusatzregens zu unterscheiden. Das Messen der Primärverteilung erfolgt auf der von Pflanzen wenig oder gar nicht bedeckten Bodenoberfläche. Diese Meßergebnisse dienen dann zur Bewertung der Gleichmäßigkeit der Zusatzregenverteilung. Prinzipiell möglich, aber aufwendiger ist die Ermittlung der Primärverteilung über dem Pflanzenbestand höher wachsender Fruchtarten. Der Einfluß des Pflanzenbestands auf die Regenverteilung auf der Bodenoberfläche, auch als sekundäre Verteilung bezeichnet, wird i. allg. nicht untersucht.

Die primäre Wasserverteilung des Zusatzregens über dem Pflanzenbestand stimmt aber nicht mit der sekundären Verteilung unter dem Bestand überein. Ursache ist die Umverteilung des Zusatzregens durch die oberirdischen Pflanzenteile. Dies ist für die Fruchtarten Kartoffeln und Mais mit eigenen Versuchen nachgewiesen worden. Die sekundäre Verteilung erreicht bei praxisnahen Bedingungen unter Mais etwa 40% der primären Regenverteilung. Zunehmende Maisbestandshöhe verschlechtert diese Verteilung (Bild 1), wobei der Uniformitätskoeffizient sinkt und der Variationskoeffizient steigt. Unter Kartoffeln beträgt die Sekundärverteilung etwa 95% der primären Regenverteilung. Von der über dem Maisbestand gemessenen Regenhöhe sind nur etwa 50% zwischen den Maisreihen nachzuweisen. Die

Differenzmenge ist der Interzeption (Blattbefeuchtung) und besonders dem Stengelabfluß zuzuordnen (Bild 2). Solche Differenzen lassen sich nicht nur für Mais, sondern auch für andere Fruchtarten nachweisen [1, 2].

3.2. Cu-Wert

Der Cu-Wert nach Christiansen ist ein relativ grober, aber ausreichender Maßstab für die Gleichmäßigkeit der Verteilung des Zusatzregens [3, 4].

Gelegentlich wird auch der Variationskoeffizient zur Beurteilung herangezogen. Für die dargestellten Versuchsergebnisse besteht aber ein enger Zusammenhang zwischen Cu-Wert und Variationskoeffizient (Bild 3). Daher basieren die Auswertungen auf dem Cu-Wert.

Aus dem Uniformitätskoeffizienten kann nicht unmittelbar auf den prozentualen Anteil ausreichend beregneter, unterberegneter bzw. überberegneter Flächen geschlossen werden. Diese Kenntnis ist aber für das Abschätzen der Mehrertragswirkung des Zusatzregens wichtig.

Bei der Berechnung des Cu-Wertes ist als Zwischenschritt die Regenhöhenverteilung in einem vorgegebenen Verband zu ermitteln. Die punktförmig berechneten Regenhöhen sind für die im Bild 4 aufgeführten 5 Ab-

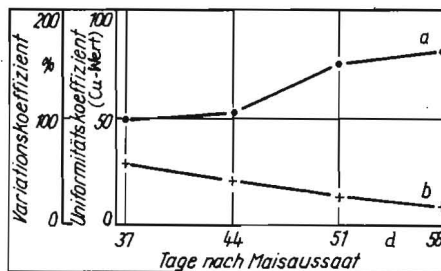


Bild 1. Veränderung von Variationskoeffizient a und Uniformitätskoeffizient b durch die Maisbestandsentwicklung

Bild 2. Regenhöhe über dem Maisbestand (primäre Wasserverteilung) und unter dem Maisbestand auf der Bodenoberfläche (sekundäre Wasserverteilung)

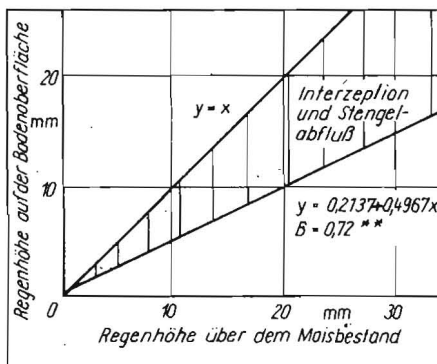


Bild 3. Zusammenhang zwischen Variationskoeffizient und Cu-Wert als Maßstab für die Gleichmäßigkeit der Regenverteilung:
a Dreieckverband ($y = 124,58 - 1,8614x + 0,0103x^2$; $B = 0,924^{***}$)
b Rechteckverband ($y = 113,19 - 1,4449x + 0,0069x^2$; $B = 0,946^{***}$)

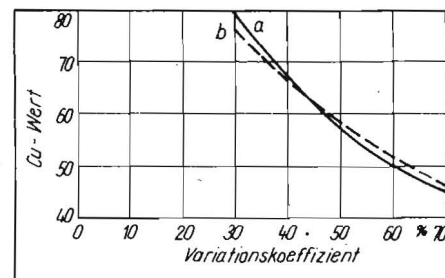
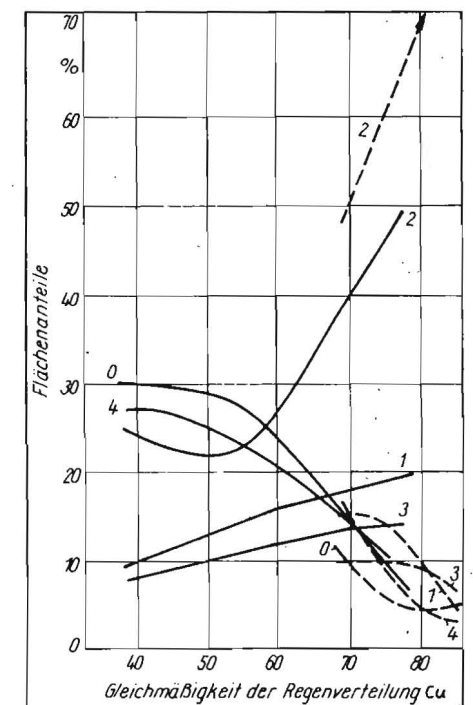


Bild 4. Zusammenhang zwischen den Flächenanteilen für 5 Abweichungsgruppen von der mittleren Regenhöhe und der Gleichmäßigkeit der Regenverteilung:
Abweichungsgruppen: Gruppe 0 > -40%, Gruppe 1 -40 bis -20%, Gruppe 2 -20 bis 20%, Gruppe 3 20 bis 40%, Gruppe 4 > 40%
— Regner Nr. 4
- - - komplette Beregnungsmaschine Fregat



weichungsgruppen regressionsanalytisch ausgewertet, wobei das Bild ein typisches Beispiel für den Regner Nr. 4 bei positionsweisem Einsatz darstellt. Für die im gleichen Bild wiedergegebenen Ergebnisse zur kompletten Berechnungsmaschine Fregat gilt eine ähnliche Vorgehensweise. Die Bestimmtheitsmaße für die Abweichungsgruppen 0, 2 und 4 betragen $B = 0,36 \dots 0,82$. Die Zusammenhänge in den Gruppen 1 und 3 sind nicht gesichert. Die Abweichungsgruppe 2 mit -20 bis 20% Abweichung von der mittleren Regenhöhe entspricht weitgehend dem Koeffizienten K der effektiv berechneten Fläche, der in der UdSSR verwendet wird [5]:

$$K = \frac{\text{Fläche, die mit } \pm 25\% \text{ Abweichung von } \bar{x} \text{ berechnet wird}}{\text{berechnete Fläche}}$$

Der Cu-Wert bezeichnet folglich bei diskontinuierlich und kontinuierlich arbeitenden Berechnungsmaschinen unterschiedliche Anteile ausreichend berechneter, unterberechneter bzw. überberechneter Flächen. Kreisberechnungsmaschinen mit kontinuierlicher Arbeitsweise haben bei gleichem Cu-Wert, z. B. 75, einen höheren Anteil gut berechneter Flächen, Abweichungsgruppe 2 mit -20 bis 20% , und damit einen geringeren Anteil ertragsmindernder Plus-Minus-Abweichungen.

Der hohe Anteil gut berechneter Flächen bei der Analyse kompletter Maschinen gilt für die Kreisberechnung nicht nur summarisch (Bild 4), sondern auch für 6 verschiedene Modifikationen mit unterschiedlicher Regnerbestückung (Bild 5):

- DM-454-100, Originalbestückung für Klarwasser, $B = 0,54^{**}$ (Kurve 1)
- DM-276-30, Originalbestückung für Gülle, $B = 0,54^{**}$ (2)

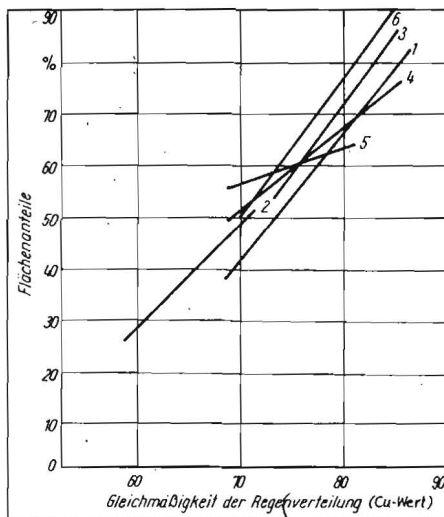


Bild 5. Zusammenhang zwischen den Flächenanteilen für die Abweichungsgruppe 2 (-20 bis 20% Abweichung von der mittleren Regenhöhe) und der Gleichmäßigkeit der Regenverteilung für 6 Fregat-Modifikationen

- DM-335-58, Originalbestückung für Klarwasser, $B = 0,77^{***}$ (3)
- DM-454-70, DDR-Bestückung für Klarwasser, $B = 0,76^{*}$ (4)
- DM-276-30, DDR-Bestückung für Gülle, $B = 0,22$ (5)
- DM-335-58, DDR-Bestückung für Klarwasser, $B = 0,93^{***}$ (6).

4. Zusammenfassung

Bei der Berechnung mit Drehstrahlregnern

wird die berechnete Fläche nicht völlig gleichmäßig mit Wasser versorgt. Als Maßstab für die Gleichmäßigkeit der Regenverteilung wird international meist der Cu-Wert nach Christiansen verwendet, über den aber nicht unmittelbar auf den Mehrertrag geschlossen werden kann. Dazu ist die Kenntnis der ausreichend berechneten, unterberechneten bzw. überberechneten Flächenanteile wichtig. Bei gleichem Cu-Wert haben diskontinuierlich, positionsweise arbeitende Maschinen einen höheren Anteil unzureichend berechneter Fläche als kontinuierlich arbeitende Maschinen. Die Ermittlung der o. g. Flächenanteile fällt als Zwischenschritt bei der Berechnung dieses Zwischenschrittes sollte in Zukunft Bestandteil jeder Regnerprüfung sein.

Literatur

- [1] Meyer, L. D.: Modelling conservation practices (Modellierung der Schutzpraxis). In: Morgan, R. P. C.: Soil Conservation (Sammelband), CTI-Press, Großbritannien (1981) S. 33-44.
- [2] Ploey, J. de: A stemflow equation for grasses and similar vegetation (Eine Stengelabflußgleichung für Gräser und ähnliche Vegetation). Catena 43 (1982) 1/2, S. 139-152.
- [3] Stern, J.; Bresler, E.: Nonuniform sprinkler irrigation and crop yield (Ungleichmäßige Beregnung und Pflanzenertrag). Irrigation Science, New York 4 (1983) 1, S. 17-29.
- [4] Solomon, K.-H.: Coefficient of uniformity (Der Uniformitätskoeffizient). The Irrigation Association, Jahrbuch 1983. Technical Conference Proc., Denver, Colorado (USA) S. 194-199.
- [5] Štangej, A. I.; Grin, Ju. I.: Ocenka osnovnych pokazatelej kačstva poliva mašinoj „Kuban“ (Die Bestimmung wesentlicher Parameter der Beregnungsqualität mit der Maschine Kuban). Ekspres-Informacija, Melior. i Vodnoe Choz., Moskva (1985) 6, S. 1-10. A 5038

Dynamische Einflußfaktoren auf die Kaltwasserhochdruckreinigung

Dr.-Ing. J. Sobzig/Dr. agr. G. Wirsching
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

A_D	m^2	Düsenquerschnittsfläche
A_s	m^2	Strahlwirkungsfläche
b_s	m	Strahlbreite
d_0	m	Düsenöffnungsdurchmesser
F	N	Kraft
F_s	N	Strahlkraft
l_s	m	Strahllänge
P_p	kW	Pumpenleistung
p_0	Pa	Ausgangsdruck
p_s	N/mm ²	Strahlendruck
s	m	Schlitzbreite
\dot{V}	m ³	Volumenstrom
\dot{V}_e	m ³	effektiver Volumenstrom
v_s	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Freistrahls
v_R	m ² /h	Reinigungsgeschwindigkeit
α	°	Strahlwinkel
α_0	°	düsenpezifischer Ausflußbeiwert
β	°	Strahlneigungswinkel
λ		Rohrreibungszahl
ζ		Widerstandsbeiwert der Geschwindigkeit

1. Einleitung

Für die Oberflächenreinigung in Stallanlagen der Tierproduktion werden in zunehmendem Maß Kaltwasserhochdruckreinigungsgeräte

verwendet. Für die Wirtschaftlichkeit des Reinigungsverfahrens ist die Größe der flächenspezifischen Aufwendungen an Arbeitszeit, Elektroenergie und Wasser entscheidend [1]. Diese Aufwendungen werden durch eine Reihe von Einflußfaktoren bestimmt [2].

2. Einflußfaktoren

Die Einflußfaktoren auf die Hochdruckreinigung lassen sich den Arbeits- bzw. Betriebsparametern zuordnen (Bild 1). Zu den Arbeitsparametern zählen Arbeitstechnik und Geschicklichkeit der Bedienperson des Reinigungsgeräts. Die Bedienperson trifft die Düsenauswahl, entscheidet über die Einwirkdauer der Faktoren und den Abstand der Düse zum Reinigungsobjekt. Die Betriebsparameter werden durch die Wirkungsweise des Wassers charakterisiert. Entscheidend bei der Kaltwasserhochdruckreinigung ist der hydromechanische Einfluß durch Druck und Volumenstrom des Wasserstrahls. Entsprechend dem Trend zu hohen Arbeitsdrücken und somit zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers er-

gibt sich das Problem des unerwünschten frühzeitigen Strahlerfalls. Damit ist ein erhöhter Verlust an kinetischer Energie des Wasserstrahls verbunden, der sich wiederum negativ auf das Schmutzablösevermögen auswirken kann.

3. Ordnung der funktionellen Zusammenhänge

Im Ergebnis der Analyse der theoretischen Zusammenhänge und aus Erkenntnissen von Reinigungsversuchen lassen sich die Abhängigkeiten der Einflußfaktoren ordnen (Bild 2 und 3). Die Zielgröße des Reinigungsprozesses ist die Reinigungsgeschwindigkeit, d. h. die gereinigte Fläche je Zeiteinheit. Dabei zeigt sich, daß diese Zielgröße nur vom Strahlendruck abhängt. Der Strahlendruck p_s ist eine Funktion der Strahlkraft F_s und der Strahlwirkungsfläche A_s entsprechend dem formelmäßigen Zusammenhang. In die Beziehung der Strahlwirkungsfläche A_s gehen die Strahllänge l_s , die Strahlbreite b_s , der Strahlwinkel α sowie der Strahlneigungswinkel β als unabhängige Variable ein. Die Strahlkraft F_s wird funktionell bestimmt vom