

den. Besonders in der Anfangsphase der Ernte war ein erhöhter Ausfall der E 516 zu verzeichnen. Gründe dafür waren u. a. Einstellfehler, mangelnde Fahrpraxis der Mechanisatoren, Bedienungsfehler sowie nicht ausreichende Kenntnisse der Komplexschlosser bei der Fehlersuche und Beseitigung von Störungen der Hydraulik- und Elektronikelemente. Viele Ausfälle wurden durch Steine verursacht. Der Mährescher E 516 ist mit der selbständigen Bodenführung des Schneidwerks und der damit möglichen Quer- und Längskopierung (bis 40 mm minimale Stoppelhöhe) bezüglich der Aufnahme von Fremdkörpern besonders anfällig. Durch die Steinfangmulde werden Steine mit einem Durchmesser bis rd. 10 cm vor der Dreschtrammel abgeschieden. Meist wurden Schäden durch Steine und andere Fremdkörper an Schneidwerk und Einzugs-elementen verursacht. Eine Grobentsteinung der Fläche ist daher dringend erforderlich. Eine unvorhergesehene große Ausfallquote trat bei wartungsfreien Lagern auf. Vom Herstellerbetrieb wurden die Ursachen ermittelt und entsprechende Maßnahmen festgelegt. Die insgesamt relativ hohe Einsatzbereitschaft der E 516 wurde auch dadurch deutlich, daß von 2648 nach dem System SCHAEVER erfaßten Einzelteilpositionen 81 % während der Kampagne nicht ausfielen.

4. Zusammenfassung

Die hohe Leistungsfähigkeit des Mähreschers E 516 erfordert bezüglich der Sicherung einer hohen Verfügbarkeit eine gründliche, möglichst langfristige Vorbereitung der technischen Komplexbetreuung.

Der Einsatz eines ständig am Komplex anwesenden Technischen Leiters hat sich bewährt und wirkte sich bei der Koordinierung der Pflege- und Instandsetzungsarbeiten positiv aus.

Die Durchführung von Pflege- und kleineren Instandsetzungsarbeiten unmittelbar am Feldrand, auch in den Nachtstunden, sollte gegenüber dem stationären Prinzip den Vorrang erhalten.

Alle Komplexschlosser sollten die Bedienungsberechtigung für den Mährescher E 516 erwerben. Die Ausbildung auf den Fachgebieten Hydraulik und Elektronik sollte für die Komplexschlosser gründlicher durchgeführt werden. Das betrifft auch bereits die allgemeine Grundlagenausbildung.

Die Vorbereitung und Durchführung aller Maßnahmen zur Sicherung der Einsatzfähigkeit der gesamten Technik beim Komplexeinsatz durch den VEB KfL hat sich gut bewährt.

Literatur

- [1] Selle, G.: Komplexeinsatz und Qualitätssicherung von 45 Mähreschern E 516 in den LPG Pflanzenproduktion der Agrar-Industrie-Vereinigung Pflanzenproduktion Querfurt zur Halmfruchternte 1978. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1979.
- [2] Autorenkollektiv: Einsatzempfehlung Mährescher E 516 und die Nachfolgetechnik zur Strohbereitung. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg 1977.
- [3] Autorenkollektiv: Die Anwendung der sozialistischen Betriebswirtschaft in der LPG Pflanzenproduktion. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg 1976.
- [4] Autorenkollektiv: Bericht über die technologischen Messungen bei der Serienprüfung der Mährescher E 516 im Jahre 1978. Institut für Getreideforschung Bernburg-Hadmersleben der AdL der DDR/Martin-Luther-Universität Halle, Sektion Pflanzenproduktion, Arbeitsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [5] Weyer, J.: Erhöhung der Zuverlässigkeit der Landmaschinen — eine Gemeinschaftsaufgabe für Hersteller, Handelskombinat, Betreiber und Instandhalter. Landtechnische Informationen 17 (1978) H. 4, S. 70—71.
- [6] Rohde, M.; Kurz, C.: Probleme der Verfügbarkeit von Maschinen der Pflanzenproduktion. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 3, S. 118—119.

A 2331

Methode zur Berechnung der Niederschlagsverteilung bei der Beregnung im Verband unter Berücksichtigung des Windeinflusses

Dr.-Ing. D. Voigt, KDT/Dr. habil. K. Baganz, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Unter den an Regner gestellten Forderungen, wie gleichmäßige Wasserverteilung, möglichst schonender Tropfenfall, geringe Masse, einfache Konstruktion usw., kommt der Forderung nach möglichst gleichmäßiger Wasserverteilung erstrangige Bedeutung zu. Ein Vergleich verschiedener Regner bzw. Beregnungsmaschinen nach ihrer Wasserverteilung ist außerordentlich aufschlußreich für die Beurteilung ihrer Eignung und Brauchbarkeit in der Landwirtschaft. Die Ermittlung der Wasserverteilung bei unterschiedlichen Düsenweiten und Betriebsdrücken gehört daher auch zu jeder Regnerprüfung. Dabei ist für die Praxis vor allem die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung bei Verbandsaufstellung der Regner interessant. Durch falsche Verbandsaufstellung kann es zu unter- oder überberegneten Stellen auf dem Schlag kommen. Die Folgen sind dann Schäden bei unberegneten Pflanzen oder Schäden an der Bodenstruktur in Form von Verschlammungen durch Überberegnung. In beiden Fällen wird die durch die Beregnung angestrebte Ertragssteigerung nicht erreicht.

Es ist international üblich, die Gleichmäßigkeit der Niederschlagsverteilung bei der Beregnung im Verband mit mathematischen Methoden zu bewerten. Als Kriterien werden dabei statistische Zahlen (Streuungsmaße), wie z. B. durchschnittliche Abweichung, mittlere quadratische Abweichung oder Abwandlungen derselben, wie Cu-Koeffizient oder UCH-Koeffizient, verwendet. Dabei gibt es folgende Möglichkeiten:

— Die Niederschlagsverteilung wird im Ver-

band flächenhaft gemessen und rechnerisch ausgewertet.

— Die Niederschlagsverteilung eines Regners wird flächenhaft gemessen und daraus die Niederschlagsverteilung im Verband rechnerisch durch Überlagerung ermittelt.

— Die Niederschlagsverteilung eines Regners wird in Strahlrichtung gemessen und daraus die Niederschlagsverteilung im Verband ebenfalls rechnerisch durch Überlagerung ermittelt.

Das wurde bereits in [1] dargelegt.

Bei den zuletzt erwähnten Methoden ist es teilweise nicht möglich, den Einfluß des Windes auf die Niederschlagsverteilung der Regner in Verbandsaufstellung zu berücksichtigen oder zu ermitteln. Angesichts der gestiegenen Anforderungen an die Qualität der Beregnung und auch im Zusammenhang mit dem Bau großer ortsfester Beregnungssysteme kommt aber gerade dieser Einflußgröße erhöhte Bedeutung zu.

Der theoretische und methodische Apparat zur Beurteilung der Niederschlagsverteilung und zur Ermittlung optimaler Verbandsaufstellungen mußte daher weiterentwickelt werden.

2. Berechnungsmethode

In Übereinstimmung mit früheren Darlegungen wird die Niederschlagsverteilung der Regner in Verbandsaufstellung durch rechnerische Überlagerung der gemessenen Niederschlagsverteilung eines Regners ermittelt. Um dabei den Einfluß des Windes zu berücksichtigen, muß die flächenhafte Niederschlagsverteilung des Einzelregners gemessen werden. Um den meßtech-

nischen Aufwand gering zu halten, werden die Meßgefäße aber nicht in einem Quadratnetz flächenhaft verteilt, sondern in 16 Strahlen sternförmig vom Regner ausgehend in gleichmäßigen Abständen aufgestellt (Bild 1).

Für einen beliebigen Punkt P (x, y) im Verband gilt:

$$z = \sum_{i=1}^n z_i;$$

z Niederschlagshöhe an der Stelle P

z_i Niederschlagshöhe, die der Regner i an der Stelle P liefert

n Anzahl beteiligter Regner.

Die Niederschlagshöhen der einzelnen Regner werden mit Hilfe der Koordinaten des Punktes P (x, y) ermittelt. Dabei müssen die Abstände r_i des Punktes P von jedem Regner sowie die Winkel φ_i , also die Polarkoordinaten des Punktes P, in bezug auf jeden Regner ermittelt werden.

Allgemein gilt für die Abstände r_i des Punktes P (x, y) von den Regnern (Bild 2):

$$r_i = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$$

Dabei sind a_i und b_i die Mittelpunktkoordinaten der Regner. Für die vier beteiligten Regner beim Rechteckverband (Bild 3) ergeben sich die Mittelpunktkoordinaten zu $M_1(0,0)$, $M_2(a,0)$, $M_3(a,b)$, $M_4(0,b)$;

a Regnerabstand auf der Rohrleitung

b Abstand der Rohrleitungen.

Die Abstände r_i ergeben sich dann zu

$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

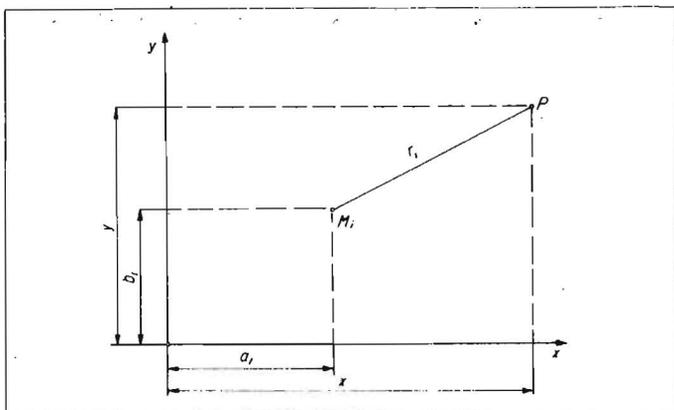
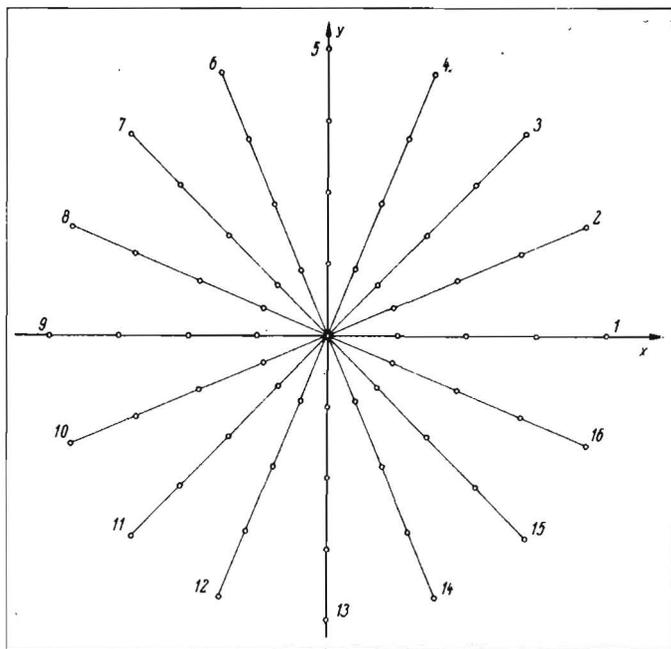
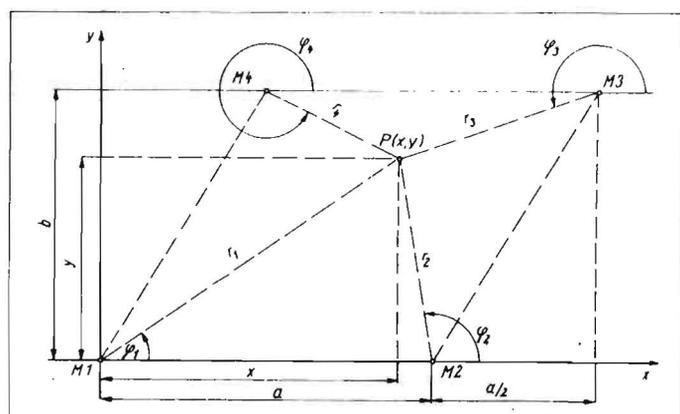
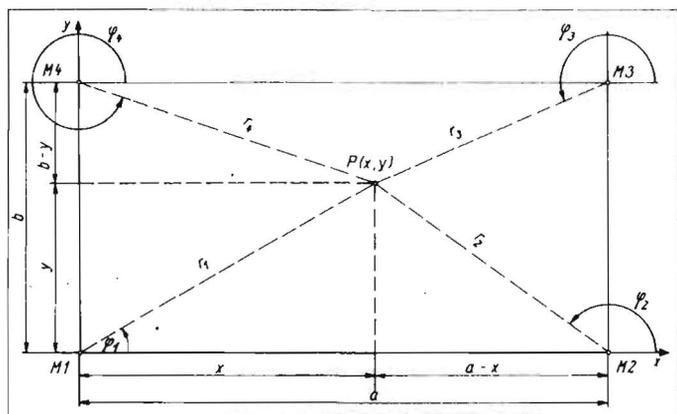


Bild 2. Skizze zur Berechnung des Abstands zwischen einem beliebigen Punkt im Verband und einem Regner

Bild 1. Auffang-Gefäßsystem zur Messung der flächenhaften Niederschlagsverteilung bei Wind in Einzelaufstellung der Regner

Bild 3. Skizze zur Berechnung der Polarkoordinaten eines beliebigen Punktes im Rechteckverband der Regner

Bild 4. Skizze zur Berechnung der Polarkoordinaten eines Punktes im Dreieckverband der Regner



Tafel 1. Beispiel für die Niederschlagsverteilung bei Einzelaufstellung der Regner in Polarkoordinaten

r	φ															
m	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5
0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	3	2	2	2	1	1	2	3	4	3	2	1	1	2	2	3
2	1	1	1	1	0	1	2	1	0	1	1	0	1	1	1	1
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$r_2 = \sqrt{(x-a)^2 + y^2}$$

$$r_3 = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2}$$

$$r_4 = \sqrt{x^2 + (y-b)^2}$$

Die Polarwinkel ermitteln sich wie folgt:

$$\varphi_1 = \arctan \frac{y}{x}$$

$$\varphi_2 = 2R - \arctan \frac{y}{a-x}$$

$$\varphi_3 = 3R - \arctan \frac{a-x}{b-y}$$

$$\varphi_4 = 4R - \arctan \frac{b-y}{x}$$

Die Polarkoordinaten φ_1 und r_1 liefern die Niederschlagshöhe z_1 , die bei Einzelaufstellung des Regners gemessen wurde. Analog werden die Niederschlagshöhen z_2 bis z_4 ermittelt, die addiert die Niederschlagshöhe im Verband ergeben.

Für alle Punkte P mit $x = 0, 1, 2, \dots, a$ und $y = 0, 1, 2, \dots, b$ können in dieser Art die Niederschlagshöhen im Verband ermittelt werden. Daraus lassen sich leicht Mittelwert und weitere statistische Maßzahlen berechnen. Bei den Punkten, die nicht direkt auf einem Strahl und einer Meßstelle liegen, ist Interpolation sowohl zwischen den Strahlen als auch zwischen den Meßstellen erforderlich. Sie wird zwischen den jeweils 4 benachbarten Meßstellen linear durchgeführt.

Beim Dreieckverband wird in Abweichung von früheren Darlegungen ebenfalls von 4 Regnern im Verband ausgegangen, da nur dann jeder beliebige Windeinfluß (Windrichtung) berücksichtigt werden kann (Bild 4).

In diesem Fall lauten die Mittelpunktkoordinaten der Regner $M_1(0, 0)$, $M_2(a, 0)$, $M_3(\frac{3}{2}a, b)$, $M_4(\frac{a}{2}, b)$ und die Abstände r_i der Regner von dem Punkt $P(x, y)$

$$r_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$r_2 = \sqrt{(x-a)^2 + y^2}$$

$$r_3 = \sqrt{\left(x - \frac{3}{2}a\right)^2 + (y-b)^2}$$

$$r_4 = \sqrt{\left(x - \frac{a}{2}\right)^2 + (y-b)^2}$$

Die entsprechenden Winkel ergeben sich zu

$$\varphi_1 = \arctan \frac{y}{x}$$

$$\varphi_2 = 2R - \arctan \frac{a-x}{y}$$

$$\varphi_3 = 3R - \arctan \frac{\frac{3}{2}a-x}{b-y}$$

$$\varphi_4 = 4R - \arctan \frac{b-y}{x - \frac{a}{2}}$$

3. Anwendungsbeispiele

An einem kurzen theoretischen Beispiel soll der Gang der Rechnung demonstriert werden. Gesucht sind der Variationskoeffizient, die Standardabweichung und der Mittelwert der Niederschlagshöhe bei Aufstellung eines Regners im Rechteckverband 3/3 m.

Gegeben ist die flächenhafte Niederschlagsverteilung in Einzelaufstellung (in Polarkoordinaten, Tafel 1).

Tafel 2 enthält die Lösung des Beispiels. Die mittlere Niederschlagshöhe ergibt sich zu

$$\bar{z} = \frac{\sum z}{n} = \frac{52,7}{16} \approx 3,3,$$

die Standardabweichung zu

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (z - \bar{z})^2}{n - 1}} = \pm 1,52$$

und der Variationskoeffizient zu

$$v = \frac{152}{3,3} = 46 \%$$

Der beschriebene Modellansatz wurde in dem FORTRAN-Programm NIRE realisiert. Das Programm ermöglicht die Eingabe von jeweils maximal 50 Meßwerten von den 16 Meßstrahlen mit einem frei wählbaren Meßstellenabstand.

Art des Regnerverbands, Rohrleitungs- und Regnerabstand können ebenso wie die Windrichtung — bezogen auf die Rohrleitungsrichtung — für einen Datensatz „Niederschlagsverteilung eines Regners“ beliebig oft variiert werden. Eine Reihe Fehlerhinweise sichert den Programmablauf gegen logische Fehler, so z. B., wenn die Wurfweite eines Regners den Regnerabstand überschreitet. Als Ausgaben sind neben Kennwerten über Verband und Windrichtung, Mittelwert des Niederschlags, seine Streuung, Extremwerte, UCH- und Cu-Wert realisiert. Auf dem Kleinrechner KRS 4200 belegt das Programm mit Unterprogramm 8 200 Maschinenworte im Hauptspeicher. Für übliche Verbandsanordnungen mit etwa 350 Rasterpunkten (z. B. 80 m × 68 m

Tafel 2. Lösung des theoretischen Beispiels

P	x	y	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	φ ₁	φ ₂	φ ₃	φ ₄	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z	z - z̄	(z - z̄) ²
1	0	0	0	3,0	4,0	3,0	0	180	225	270	4	0	0	0	4,0	0,7	0,49
2	1	0	1,0	2,0	3,6	3,2	0	180	236,2	288,4	3	0	0	0	3,0	0,3	0,03
3	2	0	2,0	1,0	3,2	3,6	0	180	251,7	303,7	1	4	0	0	5,0	1,7	2,89
4	3	0	3,0	0	3,0	4,2	0	180	270	315,0	1	4	0	0	5,0	1,7	2,89
5	0	1	1,0	3,2	3,6	2,0	90	161,7	213,6	270	1	0	0	0	1,0	2,3	5,30
6	1	1	1,4	2,2	2,8	2,2	45	153,4	225	296,5	1,6	1,0	0,2	0,8	3,6	0,3	0,09
7	2	1	2,2	1,4	2,2	2,8	26,6	135	243,4	315	0,8	2,0	0,3	0,2	3,8	0,5	0,25
8	3	1	3,2	1,0	2,0	3,6	18,3	90	270	326,1	0	1,0	0	0	1,0	2,3	5,30
9	0	2	2,0	3,6	3,7	1,0	90	146,1	198,4	270	0	0	0	1,0	1,0	2,3	5,30
10	1	2	2,2	2,8	2,2	1,4	63,5	135	206,5	315	0,9	0,4	0,8	1,6	3,7	0,4	0,16
11	2	2	2,8	2,2	1,4	2,2	45	116,5	225	333,4	0,2	1,0	1,6	0,8	3,6	0,3	0,09
12	3	2	3,6	2,0	1,0	3,2	33,7	90	270	341,7	0	0	1,0	0	1,0	2,3	5,30
13	0	3	3,0	4,2	3,0	0	90	135	180	270	0	0	0	4,0	4,0	0,7	0,49
14	1	3	3,2	3,6	2,0	1,0	71,6	123,6	180	360	0	0	0	3,0	3,0	0,3	0,09
15	2	3	3,6	3,2	1,0	2,0	50,4	108,4	180	360	0	0	4,0	1,0	5,0	1,7	2,89
16	3	3	4,2	3,0	0	3,0	45	90	180	360	0	0	4,0	1,0	5,0	1,7	2,89
															52,7		34,55

bei 4 m Raster) werden einschließlich der Ausgaben etwa 2 min Rechenzeit benötigt.

Mit Hilfe des beschriebenen Rechenprogramms lassen sich günstige Verbandsaufstellungen unter Berücksichtigung von Hauptwindrichtung und häufigsten Windgeschwindigkeiten der jeweiligen Standorte ermitteln. Weiterhin kann die Niederschlagsverteilung ermittelt bzw. simuliert werden, die im Verlauf einer Vegetationsperiode bei wechselnden Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten während der einzelnen Regengaben zustande kommt.

Unter der Voraussetzung einer Normalverteilung der Niederschlagshöhen bei Verbandsaufstellung ist es außerdem möglich, anhand der Standardabweichung und des Mittelwertes anzugeben, wieviel Prozent der Fläche bei der betreffenden Verbandsaufstellung zwischen einer maximalen und einer minimalen Niederschlagshöhe (z. B. $\pm \frac{2}{3}$) beregnet sind, oder wieviel Prozent der Fläche mit einer minimalen oder maximalen Niederschlagshöhe beregnet sind. Umgekehrt kann berechnet werden, welche Niederschlagshöhen

auf z. B. 50%, 67% oder 90% der Fläche vorhanden sind.

4. Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Berechnung der Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung von Regnern in Verbandsaufstellung unter Berücksichtigung des Windeinflusses beschrieben. Das Verfahren ermöglicht, die günstigste Verbandsaufstellung für jeden Regnertyp, jede Düsenweite und jeden Betriebsdruck zu ermitteln. Die Methode ist besonders wichtig für die Projektierung von ortsfesten Beregnungsanlagen, bei denen im praktischen Beregnungsbetrieb keine Korrekturen des Regnerverbands mehr vorgenommen werden können.

Literatur

- [1] Voigt, D.: Untersuchung der Wasserverteilung von Drehstrahlregnern mit Hilfe elektronischer Rechenautomaten. Dt. Agrartechnik 17(1967) H. 5, S. 212—214.
- [2] Benschkowski, N. F.: Berechnung des Abstandes von Regnern auf elektronischen Rechenmaschinen. Kolonna, 1970 A 2305

Niederschlagsverteilung von Weitstrahlregnern in ortsfesten Beregnungsanlagen unter Windeinfluß

Dipl.-Landw. G. Wirsching, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat die Beregnung in der Pflanzenproduktion als Intensivierungsmaßnahme an Bedeutung gewonnen. Das zeigt sich in der Zunahme der Beregnungsflächen in der DDR. Die ortsfeste Beregnung mit Automatisierung durch das Regnomat-System als Überkronenberegnung im Havelländischen Obstanbaugebiet erfolgt mit dem Weitstrahlregner W 68/1. Um die geforderte Niederschlagsqualität dieses Regners während der Beregnung zu sichern, ist es notwendig, den Windeinfluß bei der Festlegung des Regnerverbands zu berücksichtigen.

2. Problemstellung

Grundlage für die Erhöhung der Effektivität der Beregnung ist eine hohe Gleichmäßigkeit der

Niederschlagsverteilung. Für die Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Niederschlagsverteilung mit Drehstrahlregnern stützt man sich gegenwärtig auf die Ergebnisse der Regnerprüfung, die auf einem Prüfstand möglichst bei Windstille gewonnen werden. Weitstrahlregner reagieren durch die relativ große Wurfhöhe hinsichtlich ihrer Niederschlagsverteilung besonders auf den Windeinfluß. Es ist jedoch weitgehend ungeklärt, in welchem Maß der Wind die Niederschlagsverteilung verändert bzw. im Zusammenwirken mit anderen Einflußgrößen die Qualität der Niederschlagsverteilung bestimmt.

Weiterhin ist zu überprüfen, ob die Niederschlagsverteilung im Regnerverband aus Meßergebnissen bei Windstille abgeleitet werden kann.

3. Untersuchungsmethode

3.1. Grundlagen

Ausgangspunkt bilden Untersuchungen an Weitstrahlregnern in Einzelaufstellung [1]. Zur Beurteilung der Niederschlagsverteilung wird der „Hawaii Sugar Plant Association“ (HSPA)-Uniformitätskoeffizient (UCH) nach [2] ausgewählt, der wie folgt definiert ist:

$$UCH = 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{s}{\bar{x}}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}, \text{ Standardabweichung}$$

x_i : Einzelgröße der Niederschlagshöhe in der überlappten Fläche