

Leistungsprüfung verschiedener Gewächshausregner

Ein Beitrag zur Charakteristik der Beregnungsgeräte

Versuchswirtschaft Marhof der Universität Bonn

Die Eignung der auf dem Markt befindlichen verschiedenartigen Regnertypen allgemein und für bestimmte Zwecke ist nur über die Kenntnis ihrer charakteristischen Eigenschaften festzustellen. Hierzu sind vor allem eingehende Prüfungen der Geräte auf ihre Niederschlagsdichte (stündliche Niederschlagshöhe in mm) bei verschiedenem Wasserdruck und auf die Verteilung des verregneten Wassers [1, 2, 3] notwendig. Hinzu kommen Feststellungen über den stündlichen Wasserverbrauch, die Reichweite, das Ausmaß der Strahlauflösung und über die Betriebssicherheit. Alles das in exakten Vergleichsprüfungen festzustellen ist notwendig, um den Konstrukteuren zu zeigen, wo die Möglichkeit, vielleicht sogar die Notwendigkeit zu weiteren Verbesserungen ihrer Geräte liegt.

Im Jahre 1947/48 aufgenommene Beregnungsversuche veranlaßten uns zur Aufnahme der nachfolgend beschriebenen Prüfungen. Hierüber sind bereits eine Reihe von Angaben, die zur Charakterisierung verschiedener Geräte beitragen, gemacht worden [5]. Um bei jenen Versuchen zunächst die notwendige Kenntnis über die tatsächlich verregneten Wassermengen und ihre Verteilung zu erlangen, und um Klarheit darüber zu gewinnen, welche Geräte für bestimmte Zwecke besonders geeignet sind, begannen wir diese Geräte zunächst mit einfachen Methoden zu prüfen. Es zeigte sich bald, daß die sich dabei ergebenden Schwankungsbreiten eine Verfeinerung der Methoden notwendig machten. Wir waren uns jedoch darüber klar, daß ein zuverlässiges aber einfaches Verfahren zur Prüfung der zahllos vorhandenen Gerätetypen und der ständig erscheinenden Neukonstruktionen gefunden werden muß, das vergleichbare Werte liefert.

Zur Lösung bestimmter Beregnungsfragen wurden im Jahre 1950 auch Versuche in Gewächshäusern durchgeführt. Da über die Eignung und Leistung der erst in den letzten Jahren auf dem Markt erschienenen Gewächshausregner noch keinerlei Kenntnisse und Erfahrungen vorlagen, mußten diese Spezialtypen einer besonderen Prüfung unterzogen werden. Der Gewächshausberegnung ist für die gärtnerische Praxis eine weit größere Bedeutung beizumessen als der Feldberegnung für die praktische Landwirtschaft. Ist doch in Abweichung vom Freiland unseres Klimagebietes unter Glas künstliche Bewässerung bzw. Beregnung Voraussetzung für jegliches Pflanzenwachstum. Es geht darum, die bisher mit Gießkanne und Schlauch mühselig von Hand zu verrichtenden Arbeiten zu vereinfachen, zu beschleunigen und zu verbilligen.

Die Technik des Prüfungsverfahrens

Diese Versuche begannen im Sommer 1950 und konnten mit Hilfe von ERP-Mitteln im zeitigen Frühjahr 1952 abgeschlossen werden.

Geprüft wurden:

1. Ein Gewächshaus-Düsenrohrregner (im folgenden mit Typ A bezeichnet);
2. ein Gewächshaus-Sprühnebeldüsenrohrregner (im folgenden mit Typ B bezeichnet);
3. eine Wasserstaubanlage mit T 10-Pralldüsen (im folgenden mit Typ C bezeichnet);
 - a) Düsen im Abstand von 4,0×4,0 m im Dreiecksverband montiert;
 - b) Düsen im Abstand von 2,5×3,0 m im Quadratverband montiert;
 - c) Düsen im Abstand von 2,0×1,5 m im Dreiecksverband montiert;
4. sämtliche Düsen des Typs C (einzeln).

Die unter 1 bis 3 genannten Prüfungen wurden bei einem Druck von 2, 3, 4 und 5 atü, die unter 4 genannten ausschließlich bei 4 atü vorgenommen.

Zu 1 bis 3 wurden jeweils mehrere Einzelprüfungen, insgesamt etwa 80, von je einer Stunde Dauer durchgeführt. Zunächst prüften wir in 22 m langen Gewächshäusern verschiedener Breite die Typen A und B mit einem entsprechend langen Strang. Um jede Ungleichmäßigkeit eines etwa durch die Rohrlänge bedingten geringen Druckabfalls innerhalb eines Stranges auszuschließen, wurden schließlich jeweils nur zwei aneinandergesetzte Rohre geprüft. Bei beiden Typen wird das Wasser von in der Mitte der Gewächshauschiffen aufgehängten Rohrsträngen aus, die jeweils nach einem bestimmten Schema mit Düsen besetzt sind, nach beiden Seiten verteilt. Diese Regnertypen sind somit typische Viereckregner. Beim Typ C wird das Wasser von Einzeldüsen verregnet, deren Aufstellung oder Aufhängung im beliebigen Abstand möglich ist. Jede einzelne dieser Düsen verteilt das Wasser annäherungsweise auf eine Kreisfläche. Bei Beginn der Prüfungen lag eine Empfehlung oder Anweisung über den zweckmäßigen Abstand der T 10-Düsen für Gewächshausberegnung von seiten der Herstellerfirma nicht vor. Wir begannen daher bewußt mit dem für das Freiland empfohlenen Düsenabstand von 4×4 m, um dadurch auch eine Kontrolle zu unseren im Freiland erzielten Ergebnissen [4, 5] zu erhalten. Anschließend prüften wir dann diese Düsen im engeren Abstand.

Zur Feststellung der Niederschlagsdichte und -verteilung wurde die Aufstellung von Auffanggefäßen in der gesamten Hausbreite vorgenommen. Bei den Aufstellungen der C-Düsen in weitem und in engem Abstand beschränkte sich die Meßgefäßaufstellung auf die zwischen den Rohrsträngen liegende Fläche. Wir konnten so die Ermittlungen auch bei einer Vielzahl von kleinen Kreisflächenregnern in gleicher Weise wie bei den echten Viereckregnern vornehmen, bei denen je $\frac{1}{2}$ Quadratmeter nach dem aus Abbildung 1 ersichtlichen Schema 53 bis 86 Meßgefäße auf einer Fläche von 26,5 bis 43 qm im Abstand von 50×100 cm aufgestellt waren. Der Druck wurde jeweils vor Eintritt des Wassers in den Regnerstrang gemessen und während der Prüfungsdauer laufend auf seinen gleichmäßigen Stand kontrolliert.

Beschreibung der geprüften Regnertypen

1. Typ A

Der geprüfte Gewächshaus-Düsenrohrregner (Typ A) besteht aus feuerverzinkten Stahlrohren mit zweireihiger Düsenbesetzung zur Erfassung einer Gewächshausbreite von 4,90 m. Der Rohrstrang hat eine lichte Weite von 27 mm und ist oberhalb des Stranges im Abstand von 50 cm doppel-seitig mit Messing-Klein-Schrägblattdüsen von 1,3 mm Bohrung besetzt, die die Seitenberegnung im Winkel von 90° zum Rohrstrang besorgen. Zusätzlich sind unterhalb des Rohrstranges wechselnd im Abstand von 50 cm und 150 cm Schrägblattdüsen mit 0,8 mm Bohrung angebracht, die das Wasser jeweils gegensätzlich in Richtung des Rohrstranges versprühen, da der Raum in Rohrstrangnähe von den größeren, seitwärts regnenden Düsen nicht voll erfaßt wird. Der Strang ist 2,20 m über der Bodenoberfläche fest aufgehängt. Die Düsen sind gegen Verstopfung doppelt gesichert. Zunächst durch ein engmaschiges, in ein Metallgehäuse eingebautes Drahtsieb, zusätzlich dadurch, daß die unterhalb des Rohrstranges montierten Düsen durch entsprechend lange Stützen, die in das Innere des Rohrstranges hineinragen, das Wasser nur aus dem Oberteil des Stranginnern entnehmen, so daß Schmutzteile nur schwer in die Düsen gelangen können. Die Düsen sind nicht in das Rohr eingeschraubt, sondern werden durch eine außen angebrachte Klemmringverschraubung auf der abgedichteten Bohrung des

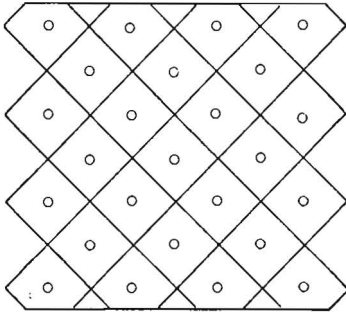


Abb. 1: Verteilung der Meßgefäße auf die Fläche

Rohres festgeklemmt. Die Zuführung des Wassers in die Düsen nur aus dem Oberteil des Rohres verhindert bei waagerechter Aufhängung des Stranges die selbsttätige Entleerung des Rohres und damit das Nachtropfen der Düsen nach dem Abstellen des Wasserzufflusses. Die Auflösung der Wasserstrahlen ist bei Schrägblattdüsen geringer als bei Pralldüsen. Die Tropfen sind somit bei dieser Beregnungsanlage größer und von geringerer Schwebefähigkeit als bei den Typen B und C. Über die Anordnung der zuvor beschriebenen technischen Einzelheiten und ihrer Auswirkung gibt auch Abbildung 2 Aufschluß. Die angegebene Düsenanordnung ist in

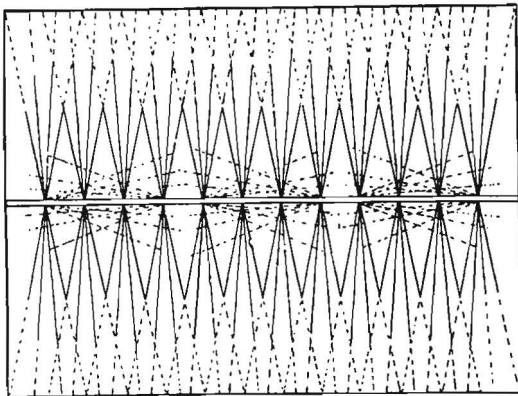


Abb. 2: Art der Wasserverteilung bei der Düsenanordnung nach Beregnungssystem Typ A

Anpassung an die bei uns gegebenen örtlichen Verhältnisse (Hausbreite, Wasserdruck, Leistungsquerschnitt) von der Firma gewählt. Dieser Regner wird in Anpassung an verschiedene Hausbreiten und verschiedene Drücke mit Düsenbohrungen von 1,0, 1,2, 1,5, 1,8 und 2,0 mm geliefert. Dabei erhalten normalerweise die seitwärts und die längsseite regnenden Düsen die gleiche Bohrung. Im übrigen wird durch entsprechende Neigung der Schrägblatfläche die Strahlrichtung an das jeweilige Gefälle der Dachkonstruktion der Gewächshäuser angepaßt.

2. Typ B

Der Gewächshaus-Sprühnebeldüsenrohrregner (Typ B) besteht aus Sprühnebeldüsenrohr mit Stützhebelkupplung von 19 mm lichter Weite. Die Rohre sind im Abstand von 125 cm mit Sprühnebeldüsen besetzt und in 2 m Höhe über dem Erdboden in Metallbändern drehbar aufgehängt. Eine Hand-

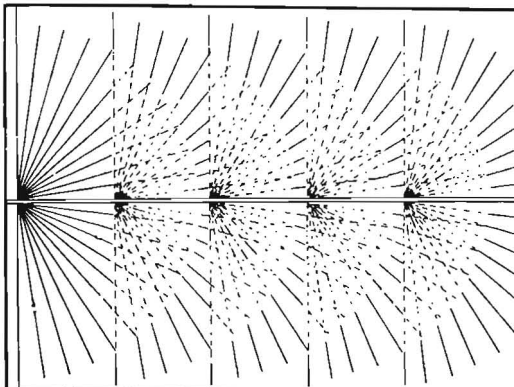


Abb. 3: Art der Wasserverteilung bei der Düsenanordnung nach Beregnungssystem B

habe am Stranganfang ermöglicht nach Außerbetriebsetzung ein Drehen des Rohrstranges um 180°. Die Düsen sind nach dieser Drehung so nach oben gerichtet, daß bei waagerechter Aufhängung ein selbsttätiges Entleeren des Rohrstranges und somit ein Nachtropfen der Düsen verhindert wird. Die Schraubstutzen der einzelnen Düsen sind über das Einschraubgewinde hinaus vorgezogen und ragen ins Innere des Rohres hinein. Dadurch werden Verstopfungen der Düsen weitgehend vermieden, obwohl die Düsen an sich gegen Schmutzteilchen etwas empfindlich sind, da die Öffnung der 2,2 mm weit gebohrten Düsen durch eine aufgeschobene geprägte Messingkappe teilweise verdeckt ist. Innerhalb dieser Kappe wird das Wasser durch Kombination von Prall- und Leitflächenwirkung in nebelartige Tröpfchen aufgelöst, die der Auflösung des Wasserstrahls bei der Düse des Typs C ähnlich ist. Die Bezeichnung „nebelartige Tröpfchen“ ist nach dem Augenschein erfolgt und bedeutet keine exakte Angabe über die wahre Größe der Tröpfchen für die beschriebenen Regnertypen, denn eine Definition der Tröpfchengröße liegt zur Zeit noch nicht vor. Durch die nach drei Richtungen geöffnete Kappe verteilt sich dann das Wasser jeder Düse fächerförmig annäherungsweise in einem Halbkreis in gleicher, aber durch Drehung der Kappe verstellbarer Richtung (Abb. 3). Durch wechselnde Düsenbohrung und Kappenprägung ist die Wurfweite und auch die Niederschlagsdichte in einem bestimmten Ausmaß den jeweiligen Gewächshausbreiten anzupassen. Die technische Ausrüstung des beschriebenen und von uns geprüften Stranges entspricht einer Gewächshausbreite von 4 m.

3. Typ C

Die Pralldüse T 10 des Typs C ist im Hinblick auf ihre Verwendungsmöglichkeit für Freiland- und Frostschutzberegnungszwecke bereits ausführlich charakterisiert worden [4, 5]. Es handelt sich bei ihr um eine aus Leichtmetallguß gefertigte Düse mit 1 mm Bohrung. Der je nach Aufhängeart in 1,80 m Höhe über dem Boden senkrecht nach oben oder unten auströmende Wasserstrahl trifft auf die Prallfläche eines gebogenen Drahtbügels auf. Das Wasser wird auf diese Weise in nebelartige Tröpfchen zerstäubt und annähernd waagrecht auf eine etwa kreisförmige Fläche abgestrahlt (Abb. 4 bis 6). Mehr noch als beim Typ B wird also der Wasserdruck nicht zur Erreichung größtmöglicher Wurfweiten, sondern weitgehendst zur Auflösung des Wasserstrahls in feinste nebelartige Tröpfchen ausgenutzt. Die Wurfweite bleibt daher bei dieser Düse sehr gering.

Die Untersuchungsergebnisse

Von der Vielzahl der durchgeführten Prüfungen wird aus Raummangel nur das vollständige Ergebnis je einer bei 4 atü Wasserdruck durchgeführten Untersuchung veröffentlicht (Übersicht 1 bis 5). Die Prüfung von 4 atü wurde gewählt,

Übersicht 1:

Typ A bei 4 atü

Niederschlagsdichte je Meßstelle									
163,0	88,0	50,9	72,4	121,6					
	118,4	54,0	54,8	87,2					
60,6	85,4	72,8	83,0	99,4					
	227,4	40,0	79,0	214,6					
162,2	80,8	78,2	79,6	133,8					
	120,4	78,2	55,2	103,4					
156,4	84,6	87,6	72,8	144,2					
	134,6	59,8	46,4	124,0					
57,0	65,0	52,8	99,0	78,2					
	63,4	69,0	60,6	98,0					
161,6	85,4	56,8	79,8	213,2					
	170,8	65,0	46,8	153,6					
86,6	95,0	46,2	115,8	92,8					
	147,0	64,2	47,6	155,2					
176,8	73,2	62,2	85,2	183,8					
	219,4	35,9	44,6	159,4					
Reihen-									
Mittel	128,0	150,2	82,2	58,3	63,5	54,4	86,0	135,7	133,4

Gesamt-Mittel der Niederschlagsdichten: 99,1; Extremwerte schwanken von 35,9 bis 227,4.

Übersicht 2:

Typ B bei 4 atü

Niederschlagsdichte je Meßstelle							
5,6		39,8		51,4		40,3	4,6
	43,8		53,5		40,3		3,6
10,5		41,8		36,7		54,5	
	39,2		47,3		48,9		15,8
16,1		57,0		30,6		44,8	
	29,3		46,6		37,2		31,9
29,3		43,8		26,0		35,2	
	28,5		33,1		37,0		27,0
28,5		44,8		38,7		59,6	
	34,7		37,2		58,5		23,9
29,0		50,9		53,5		46,8	
	29,0		27,5		33,1		17,8
49,6		37,0		33,6		25,5	
		48,4		45,8			28,5
Reihen-Mittel	25,4	45,2	40,2	38,9	44,0	43,8	19,1

Gesamt-Mittel der Niederschlagsdichten: 36,3; Extremwerte schwanken von 3,6 bis 59,6.

Übersicht 3:

Typ C bei 4 atü

a) weiter Abstand (4x4 m)

Niederschlagsdichte je Meßstelle							
1,7		0,4		0,1		1,3	19,4
	1,7		0,4		0,4		19,5
21,3		3,1		0,3		0,3	26,4
	17,2		8,0		0,3		0,5
24,3		0,9		0,3		0,1	0,3
	0,3		6,9		0,1		0,4
0,3		0,3		0,1		0,3	4,8
	0,3		0,3		0,1		26,7
0,4		0,1		0,1		0,6	17,3
	4,3		0,1		0,1		17,6
26,4		7,6		0,1		0,5	15,5
	17,7		0,3		0,1		0,4
23,9		0,6		0,1		0,1	0,1
	1,5		0,1		0,1		1,5
0,6		0,4		0,1		0,6	6,4
	0,3		0,3		0,1		9,4
						0,6	20,4
Reihen-Mittel	11,2	5,1	2,7	0,2	0,1	0,5	10,7

Gesamt-Mittel der Niederschlagsdichten: 5,4; Extremwerte schwanken von 0,1 bis 26,7.

Übersicht 4:

Typ C bei 4 atü

b) mittelweiter Abstand (2,5x3 m)

Niederschlagsdichte je Meßstelle							
0,5		6,6		0,5		23,4	31,9
	22,3		16,9		5,9	17,7	17,2
2,8		21,7		6,6		11,1	21,7
	13,8		19,5		2,7	31,5	44,6
1,9		0,9		2,2		11,7	1,0
	7,6		2,2		12,5	1,2	1,5
1,7		30,8		12,5		9,6	19,2
	17,1		17,8		28,9	16,2	60,6
21,2		9,6		1,0		18,9	18,4
	8,9		1,0		1,3	27,8	23,3
0,9		5,6		1,0		1,0	8,9
	13,8		1,0		0,6	2,3	2,8
1,9		38,0		28,5		2,6	13,0
	31,1		20,4		2,6	8,4	0,6
3,3		22,7		16,4		9,2	1,8
	21,2		3,1		0,5		0,3
Reihen-Mittel	4,0	17,0	15,8	12,9	8,5	8,8	14,3

Gesamt-Mittel der Niederschlagsdichten: 12,5; Extremwerte schwanken von 0,3 bis 60,6.

Übersicht 5:

Typ C bei 4 atü

c) Enger Abstand (2,0x1,5 m)

Niederschlagsdichte je Meßstelle										
	37,2		40,8		43,3		28,5		44,3	12,2
9,4		38,7		28,0		22,9		16,3		14,8
	13,8		35,2		32,6		17,8		25,0	28,5
28,5		34,2		25,5		30,6		46,3		19,9
	22,4		18,4		23,9		19,4		25,0	40,3
27,5		21,9		24,5		23,9		20,4		18,4
	29,0		32,6		28,0		29,0		32,1	13,0
34,2		27,5		17,8		30,6		24,1		16,8
	34,2		28,0		40,8		27,0		31,5	18,9
19,4		22,4		37,7		26,0		25,0		10,2
	21,4		30,6		42,3		23,4		26,0	24,5
Reihen-Mittel	23,8	26,3	28,9	30,9	26,7	35,2	26,8	24,2	26,4	30,7

Gesamt-Mittel der Niederschlagsdichten: 26,7; Extremwerte schwanken von 9,4 bis 46,3.

weil damit bei allen Regnertypen die günstigste Wasserverteilung erzielt wurde. Auf die ausführliche Wiedergabe der Kontrolluntersuchungen konnte verzichtet werden, da die Übereinstimmung der Wiederholungen verhältnismäßig gut war.

Die Ergebnisse der übrigen Prüfungen sind in den Versuchsdokumenten des Marhofes niedergelegt und können von Interessenten dort eingesehen werden.

Das Wesentliche aus je zwei Einzelprüfungen ist in Übersicht 6 zusammengestellt. Die darin mit α gekennzeichneten Werte wurden zu den graphischen Darstellungen der Abbildungen 7 bis 26 benutzt.

Den Wasserverbrauch der einzelnen Geräte bei den verschiedenen Drücken finden wir in Spalte 1 in cbm/Std. je 100 qm. Er bewegt sich bei Typ A mit zunehmendem Druck von 7,26 bis 10,98, beim Typ B von 2,58 bis 4,06, beim Typ C weitgestellt von 0,39 bis 0,74, mittelweit gestellt von 1,00 bis 1,72 und eng gestellt von 1,83 bis 2,87 cbm/Std. Im selben Verhältnis wie der Wasserverbrauch mit zunehmendem Druck ansteigt, wächst auch die mittlere Niederschlagsdichte, und zwar beim Typ A von 72,6 auf 109,8, beim Typ B von 25,8 auf 40,6, beim Typ C im Abstand von 4x4 m von 3,9 auf 7,4, im Abstand von 2,5x3 m von 10,0 auf 17,2 und im Abstand von 2,0x1,5 m von 18,3 auf 28,7. Noch größer sind die diesbezüglichen Unterschiede zwischen den geprüften Typen selbst. Auf der einen Seite bei Typ C — weit — eine relativ geringe mit zunehmendem Druck von 3,9 auf 7,4, auf der anderen Seite beim Typ A eine überaus hohe, von 72,6 bis zu 109,8 ansteigende Niederschlagsdichte. Der Gewächshausregner Typ A verregnet somit etwa 15mal soviel Wasser wie die weit gestellten und etwa 4mal soviel wie die eng gestellten Düsen des Typs C. Der Typ B nimmt eine Mittelstellung ein. Die gebräuchlichsten Freiland-Großflächenregnertypen weisen jedoch eine mittlere Niederschlagsdichte

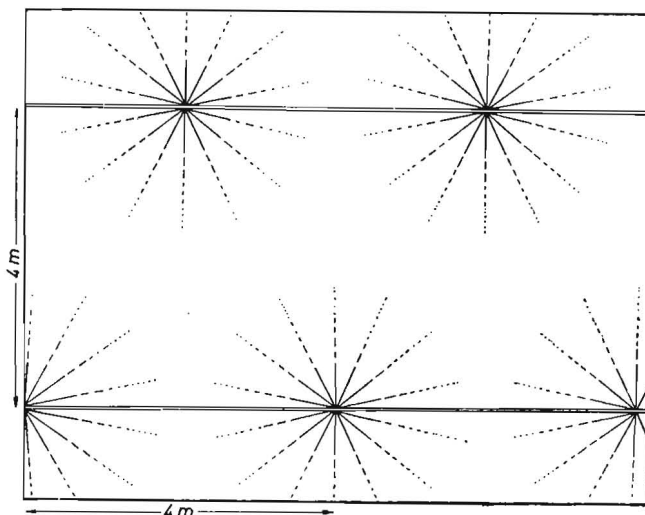


Abb. 4: Art der Wasserverteilung bei der Düsenanordnung nach Beregnungssystem C (weite Aufstellung 4,0 x 4,0 m)

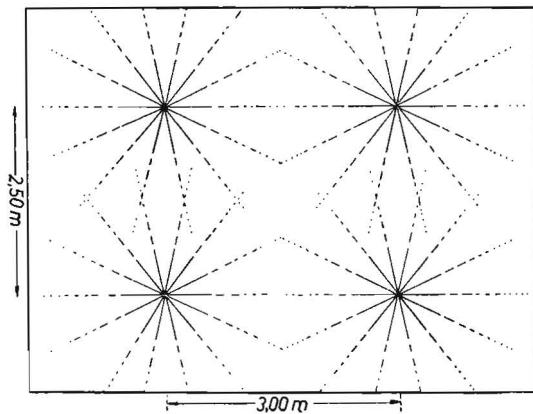


Abb. 5: Art der Wasserverteilung bei der Düsenanordnung nach Beregnungssystem Typ C (mittelweite Aufstellung 2,5 x 3,0 m)

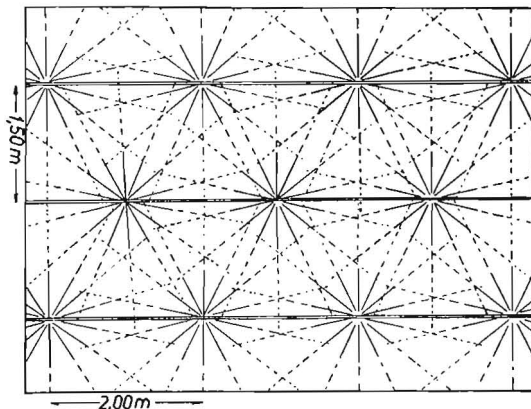


Abb. 6: Art der Wasserverteilung bei der Düsenanordnung nach Beregnungssystem C (enge Aufstellung 1,5 x 2,0 m)

von etwa 10 bei Aufstellung im Dreiecksverband auf. Sehen wir von den Niederschlagsdichten der Schwachregner ab, die zwischen etwa nur 2,5 und 4,5 liegen, so scheint die etwa $2\frac{1}{2}$ - bis 4fache Niederschlagsdichte des Typs B und selbst die 1,8- bis 2,9fache Gabe des Typs C — eng — im Vergleich zu modernen Freiland-Großflächenregnern ungenügend hoch. Jedoch ist die Wasserabgabe der Gewächshausregner in Übereinstimmung mit dem Naturregen kontinuierlich. Somit wird während der Gesamt-Beregnungsdauer die mittlere Niederschlagsdichte über die jeweilige Fläche verregnet.

Beim Drehstrahlregner ist das anders [6]. Bei ihm erhöht sich im Augenblick des Überregnens des jeweiligen Kreissektors durch den sich drehenden Wasserstrahl die tatsächliche Niederschlagshöhe auf ein Vielfaches der mittleren Niederschlagsdichte.

Im Freiland haben wir es besonders bei mittelschweren und schwereren Böden mit solchen zu tun, die

- eine geringere Wasserkapazität als die meist sehr humusreichen des Gewächshauses oder Frühbeetes und
- infolge ihrer relativen Humusarmut auch eine geringere Sickergeschwindigkeit aufweisen.

Demzufolge haben für die bodenschonende Beregnung der meisten Freilandböden niedrige Niederschlagsdichten eine weit größere Bedeutung als für die der Gewächshausböden. Bei der Bewertung von Gewächshausregnern ist daher der Höhe der Niederschlagsdichte nicht die gleiche Bedeutung beizumessen wie bei der Bewertung der Freilandregner. Viel wichtiger als die Niederschlagsdichte ist die Gleichmäßigkeit der Verteilung oder der Ungleichmäßigkeitsgrad [1]. Er kommt in den nächsten Spalten der Übersicht 6, als absolute und relative Schwankungsbreite gekennzeichnet, zum Ausdruck. Wir sehen beim Typ A die Extremwerte der Niederschlagsdichte bis zu 229,2 bei 4 atü und bis 344,7 bei 5 atü emporschnellen. Naturniederschläge, die während schwerer Unwetter an dafür durch ihre natürliche Lage besonders prädestinierten Stellen ihres Erdbolles niedergehen, überschreiten eine Niederschlagsdichte von 100 bis 150 sehr selten

und dann meist nur für wenige Minuten. Beim Typ C ist zu erkennen, daß im Gewächshaus der Freiland-Abstand von 4x4 m (Luftbewegung trägt im Freiland zu einer gewissen Vergrößerung der Reichweite bei) [2] zu groß ist. Die minimalen Extremwerte sind oder liegen nahe bei null. Gewisse Stellen sind somit praktisch unberechnet geblieben. Selbst bei der mittelweiten Montage dieser Düsen, 2,5x3 m, sind die niedrigsten Werte nahe um null gelegen. Bei diesem mittleren Düsenabstand bleibt somit ein Teil der Fläche durch die geringe Reichweite bei Drücken von 2 bis 4 atü immer noch praktisch unberechnet. Bei 5 atü ist die Wasserverteilung etwas besser. 5 atü-Druck steht uns in der Zuführungsleitung der Gewächshäuser aber meist nicht zur Verfügung. Bei der engen Düsenaufstellung von 2,0x1,5 m liegen die Extremwerte besonders bei 4 atü Druck mit 9,4 bzw. 63,2 relativ am günstigsten, auch im Vergleich zu den übrigen geprüften Geräten. Die Ergebnisse zeigen, daß bei Benutzung von T 10-Düsen für Gewächshausberegnung allein die überaus enge Montage im Abstand von 2,0x1,5 m in Frage kommt, wenn man nicht doch wieder zu Gießkanne oder Schlauch greifen will, um unzulänglich oder überhaupt nicht berechneten Stellen das notwendige Wasser von Hand zuzuführen.

Die absoluten Extremwerte der gesamten Schwankungsbreite der Niederschlagsdichten geben nur ein grobes und dabei recht unzulängliches Bild von der Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung. Die relative Schwankungsbreite oder der Ungleichmäßigkeitsgrad scheinen uns schon mehr zu sagen als die Extremwerte als solche, besonders, wenn wir sie mit der relativen Schwankungsbreite des natürlichen Regens vergleichen, die je nach den Windverhältnissen von 1 : 1,13 bis 1 : 1,74 schwankt [3]. Die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung der natürlichen Niederschläge dürfte allerdings von Beregnungsgeräten wohl nie erreicht werden. Bei kleinen Drehstrahlregnern ist die relative Schwankungsbreite von uns im günstigsten Falle mit 1 : 2 bis 1 : 3 festgestellt worden. Das Verhältnis 1 : 2 kommt also einer schlechten Naturregenverteilung noch verhältnismäßig nahe. Der Typ A und der enge Düsenabstand von Typ C weisen in Bezug auf ihre relative Schwankungsbreite von 1 : 4,5 bis 1 : 8,1 bzw. von 1 : 4,9 bis 1 : 22,7 die günstigste, aber im Vergleich zu Naturregen immer noch unbefriedigende Wasserverteilung auf. Typ B verhält sich noch ungünstiger. Typ C verhält sich bei mittelweitem und weitem Abstand bezüglich der Wasserverteilung schließlich am ungünstigsten. Aber auch die Kenntnis der relativen Schwankungsbreite der Niederschlagsdichten bzw. des Ungleichmäßigkeitsgrades befriedigt nicht, weil es auf den prozentualen Umfang des Flächenanteiles ankommt, auf dem bei Beregnung Niederschlagsdichten aufgebracht werden, die sich innerhalb einer möglichst niedrigen Schwankungsbreite halten. Somit hat die Wasserverteilung eines Beregnungsgerätes — in sinngemäßer Anlehnung an die relative Schwankungsbreite des natürlichen Niederschlages — nur dann als verhältnismäßig gut zu gelten, wenn auf einem möglichst hohen Anteil der Fläche die Niederschlagsdichte eine Schwankungsbreite von nur 1 : 2 aufweist, was einer Abweichung von $\pm 33\%$ von der mittleren Niederschlagsdichte gleichkommt. Wird aber der größere Teil der Fläche mit Niederschlagsdichten versorgt, die im Verhältnis 1 : 3 schwanken bzw. die Einzelwerte der Niederschlagsdichte von ihrem Mittel um $\pm 50\%$ abweichen, so kann die Wasserverteilung allenfalls nur noch befriedigen. Beträgt die Schwankungsbreite der Niederschlagsdichte auf einem hohen prozentualen Flächenanteil 1 : 4 bzw. die Abweichung vom Mittel $\pm 60\%$ und mehr, ist die Wasserverteilung unbefriedigend. Bei Feststellung des prozentualen Flächenanteils, der eine im Verhältnis 1 : 2 um das Mittel liegende Niederschlagsdichte aufweist bzw. $\pm 33\%$ von der mittleren Niederschlagsdichte abweicht, ergibt sich das folgende Bild:

Während beim Typ A nur bei 3 atü im Mittel beider Prüfungen 61,0% Flächenanteil mit einer im Verhältnis 1 : 2 um das Niederschlagsmittel schwankenden Dichte beregnet wurde — bei 4 und 5 atü ist dieser Flächenanteil kleiner — sind es beim Typ B bei 3 atü 67,0 und bei 4 atü 65,1 und bei 5 atü 67,0%. Der enge Verband von Typ C übertrifft den Typ B noch um ein geringes. Er erreicht bei 4 atü 69,0 und bei 5 atü 70,5%.

Übersicht 6:

Regnertyp	Leitungsdruck atü	Prüfung	Wasser- verbrauch cbm/std. je 100 qm*)	Mittlere Nieder- schlags- dichte	Ges.-Schwankungsbreite der Niederschlagsdichte		Beregnete Flächenanteile in % bei einer relativen Schwankungsbreite um das jeweilige Niederschlags- mittel im Verhältnis von:**)			
					absolut	relativ**)	1:2	1:3	1:4	
1. Typ A	2	α	7,40	74,0	26,5—176,8	1: 6,7	47,2	72,2	87,5	
		β	7,26	72,6	26,0—183,4	1: 7,1	47,2	79,2	91,7	
		Mittel	7,33	73,3	26,3—180,1	1: 6,9	47,2	75,7	89,6	
	3	α	8,50	85,0	40,8—183,5	1: 4,5	61,6	87,2	91,9	
		β	8,08	80,8	35,2—203,8	1: 5,8	60,4	89,5	95,3	
		Mittel	8,29	82,9	38,0—193,3	1: 5,1	61,0	88,4	93,6	
	4	α	9,91	99,1	35,9—227,4	1: 6,3	44,4	70,8	83,3	
		β	9,93	99,3	37,0—229,2	1: 6,2	52,2	75,0	90,3	
		Mittel	9,92	99,2	36,5—228,3	1: 6,3	48,3	72,9	86,8	
	5	α	10,74	107,4	35,5—247,5	1: 7,0	37,5	66,7	84,8	
		β	10,98	109,8	42,8—344,7	1: 8,1	45,8	72,2	86,1	
		Mittel	10,86	108,6	39,3—296,1	1: 7,5	41,7	69,5	85,5	
	2. Typ B	2	α	2,58	25,8	2,0— 56,8	1: 28,4	50,9	69,8	77,4
			β	2,71	27,1	2,0— 78,4	1: 39,2	56,6	71,7	73,6
			Mittel	2,65	26,5	2,0— 67,6	1: 33,8	53,8	70,8	75,5
3		α	3,18	31,8	4,1— 60,6	1: 14,8	71,7	79,2	84,9	
		β	3,09	30,9	2,8— 59,1	1: 21,1	62,3	77,4	83,0	
		Mittel	3,14	31,4	3,5— 59,9	1: 17,1	67,0	78,3	84,0	
4		α	3,63	36,3	3,6— 59,6	1: 16,5	66,0	81,1	88,7	
		β	3,59	35,9	2,3— 66,8	1: 29,0	64,1	73,6	83,0	
		Mittel	3,61	36,1	3,0— 63,2	1: 21,1	65,1	77,4	85,9	
5		α	4,01	40,1	5,1— 76,2	1: 14,9	67,9	81,1	86,8	
		β	4,06	40,6	2,6— 77,4	1: 29,8	66,0	79,2	84,9	
		Mittel	4,04	40,4	3,9— 76,8	1: 19,7	67,0	80,2	85,9	
3 a. Typ C, weiter Abstand (4×4 m)		2	α	0,39	3,9	0— 42,0	1: ∞	4,2	4,2	6,9
			β	0,39	3,9	0— 45,8	1: ∞	1,4	1,4	1,4
			Mittel	0,39	3,9	0— 43,9	1: ∞	2,8	2,8	4,2
	3	α	0,47	4,7	0— 43,0	1: ∞	2,8	8,3	9,7	
		β	0,36	3,6	0— 36,4	1: ∞	6,9	8,3	8,3	
		Mittel	0,42	4,2	0— 44,9	1: ∞	4,9	8,3	9,0	
	4	α	0,54	5,4	0,1— 26,7	1:267	5,5	9,7	9,7	
		β	0,58	5,8	0,1— 37,5	1:375	6,9	9,7	11,1	
		Mittel	0,56	5,6	0,1— 32,1	1:321	6,2	9,7	10,4	
	5	α	0,73	7,3	0,1— 33,9	1:339	5,5	8,3	8,3	
		β	0,74	7,4	0,1— 41,3	1:413	2,8	6,9	8,3	
		Mittel	0,74	7,4	0,1— 37,6	1:376	4,2	7,6	8,3	
	3 b. Typ C, mittelweiter Ab- stand (2,5×3 m)	2	α	1,03	10,3	0,3— 56,6	1:189	12,9	22,1	29,9
			β	1,00	10,0	0,1— 51,9	1:519	19,5	35,1	36,4
			Mittel	1,01	10,1	0,2— 54,3	1:272	16,2	28,6	33,2
3		α	1,07	10,7	0,1— 48,4	1:484	18,2	24,7	27,3	
		β	1,01	10,1	0,3— 47,1	1:157	18,2	28,5	32,5	
		Mittel	1,04	10,4	0,2— 47,8	1:239	18,2	26,6	29,9	
4		α	1,25	12,5	0,3— 60,6	1:202	18,2	31,2	37,7	
		β	1,31	13,1	0,1— 56,0	1:560	32,5	42,9	51,9	
		Mittel	1,28	12,8	0,2— 58,3	1:292	25,4	37,1	44,8	
5		α	1,45	14,5	1,5— 57,5	1: 38	28,5	41,6	53,2	
		β	1,72	17,2	1,5— 69,8	1: 46,6	27,3	45,4	53,2	
		Mittel	1,59	15,9	1,5— 63,7	1: 42,4	27,9	43,5	53,2	
3 c. Typ C, enger Abstand (2×1,5 m)		2	α	1,83	18,3	2,6— 59,1	1: 22,7	47,0	59,1	68,2
			β	1,90	19,0	3,1— 58,0	1: 18,7	37,9	54,5	65,2
			Mittel	1,87	18,7	2,9— 58,6	1: 20,2	42,5	56,8	66,7
	3	α	2,38	23,8	9,7— 50,4	1: 5,2	68,2	84,9	93,9	
		β	2,46	24,6	6,4— 44,8	1: 7,0	65,1	84,9	92,4	
		Mittel	2,42	24,2	8,0— 47,6	1: 6,0	66,7	84,9	93,2	
	4	α	2,67	26,7	9,4— 46,3	1: 4,9	72,7	83,3	92,4	
		β	2,72	27,2	12,2— 63,2	1: 5,2	65,2	90,9	97,0	
		Mittel	2,70	27,0	10,8— 54,8	1: 5,1	69,0	87,1	94,7	
	5	α	2,85	28,5	9,2— 67,3	1: 7,3	71,2	87,9	90,9	
		β	2,87	28,7	7,6— 64,2	1: 8,4	69,7	86,4	92,4	
		Mittel	2,86	28,6	8,4— 65,8	1: 7,8	70,5	87,2	91,7	

*) errechnet über die bei Verregnung aufgefangene und gemessene Wassermenge

**) ist identisch mit dem Oehler'schen [1,2,3] Ungleichmäßigkeitsgrad

***) bedeutet, daß die Niederschlagsdichten in einer Zahl zusammengefaßt sind, die das Niederschlagsmittel um 33,3 bzw. 50 bzw. 60 % über- oder unterschreiten

Flächenanteilige Beregnungsdichte verschiedener Beregnungsgeräte bei unterschiedlichem Druck
(gestrichelte Linie = jeweilige mittlere Beregnungsdichte)

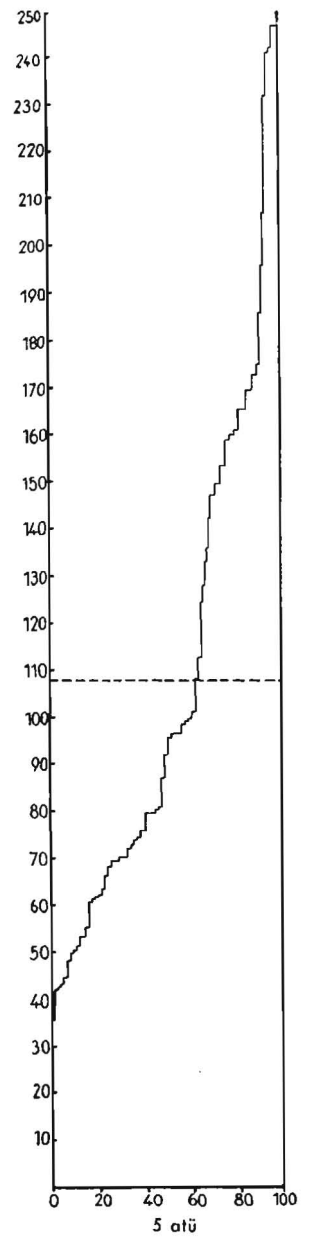
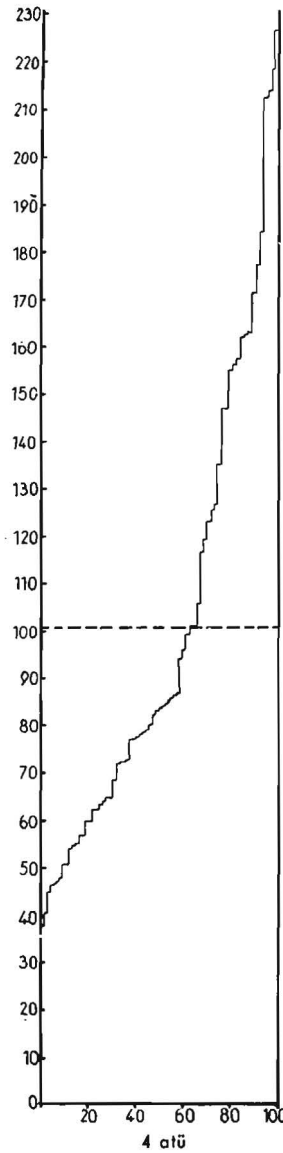
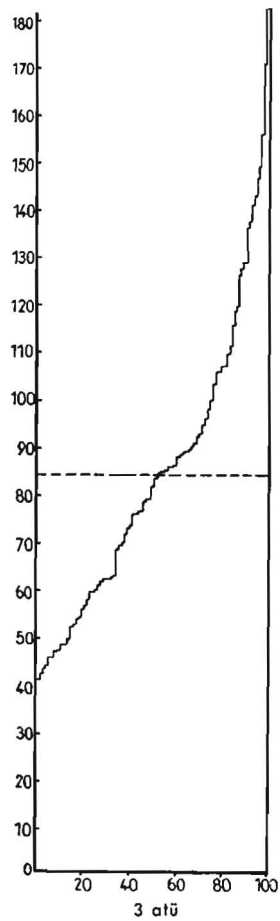
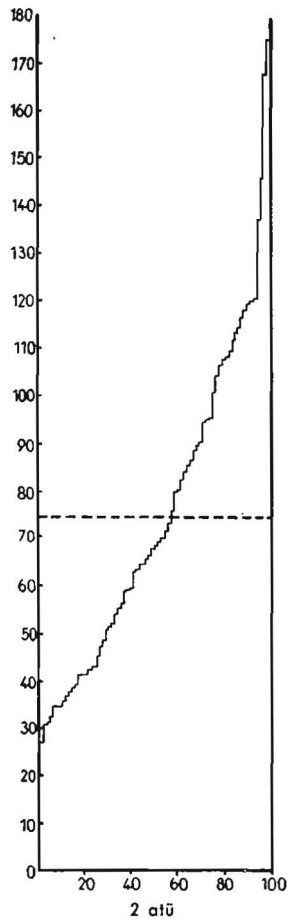


Abb. 7—10: Gewächshausdüsenrohrregner Typ A

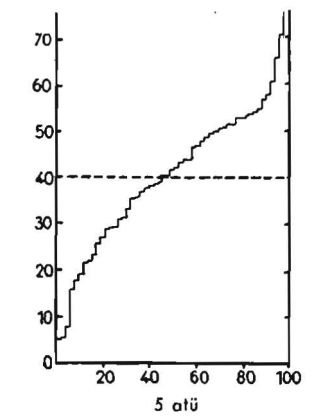
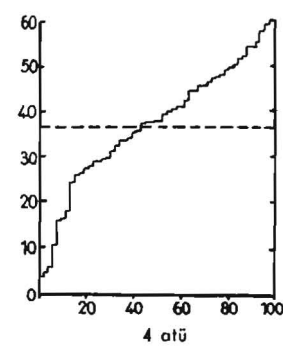
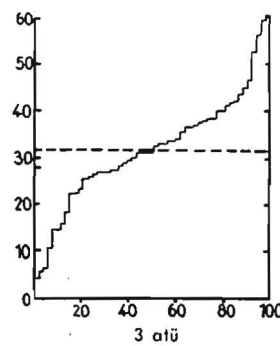
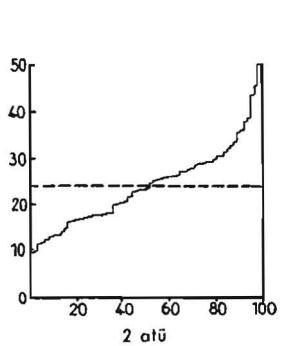


Abb. 11—14: Gewächshaus-Sprühnebdüsenrohrregner Typ B

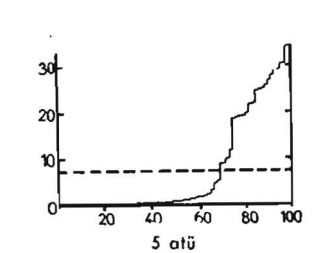
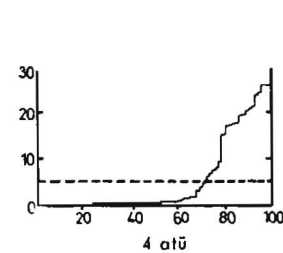
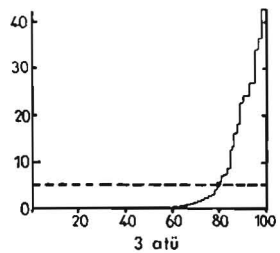
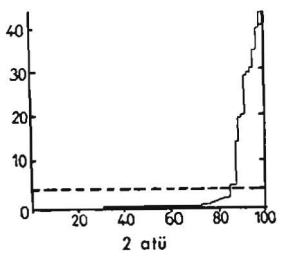


Abb. 15—18: Wasserstaubdüsenanlage Typ C (weite Aufstellung 4,0 × 4,0 m)

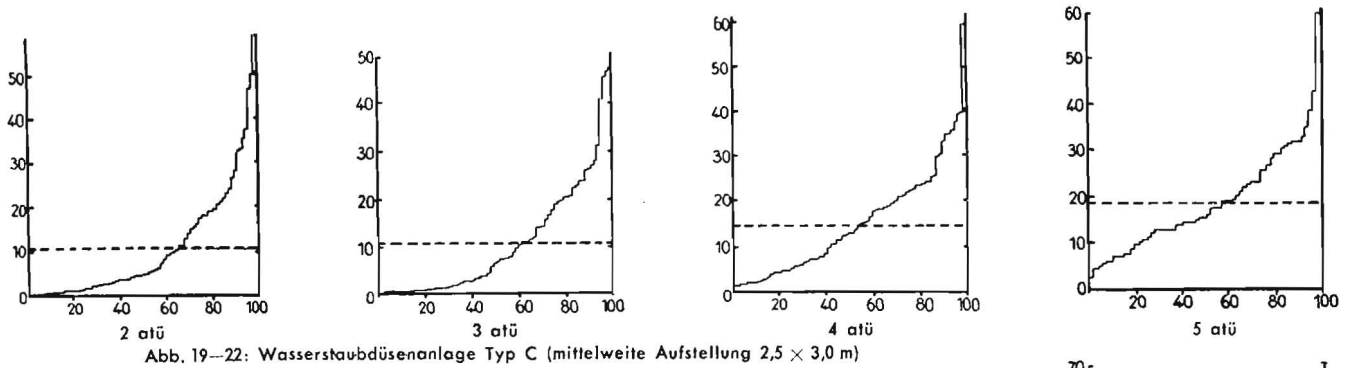


Abb. 19--22: Wasserstaubdüsenanlage Typ C (mittelweite Aufstellung 2,5 × 3,0 m)

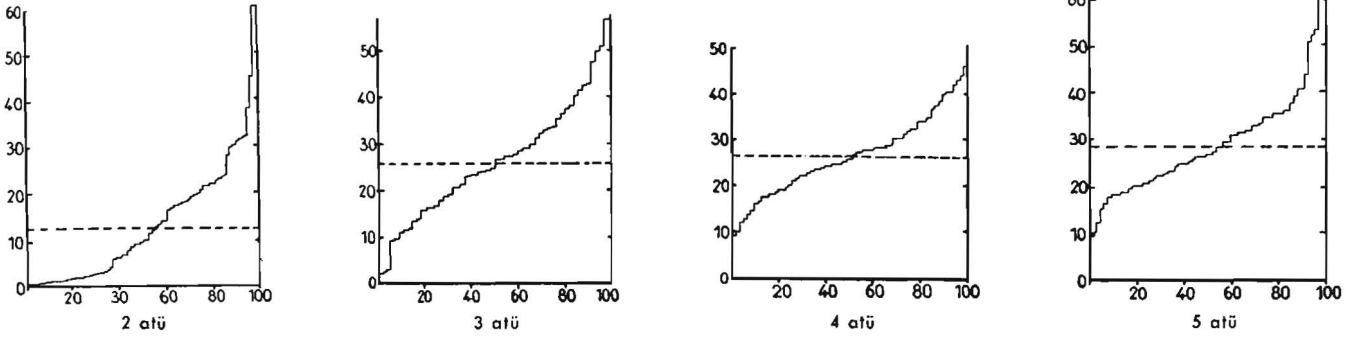


Abb. 23--26: Wasserstaubdüsenanlage Typ C (enge Aufstellung 2,0 × 1,5 m)

Aber noch exakter als diese Art der Auswertung in Bezug auf die Wasserverteilung ist die Berechnung des auf je de ermittelte Niederschlagsdichte entfallenden Flächenanteils. Diese Werte sind in 20 Kurven graphisch dargestellt worden (Abb. 7 bis 26). Aus ihnen ist mit einem Blick mehr zu ersehen als aus dem umfangreichen Zahlenmaterial selbst. Als den für die Wasserverteilung aller geprüften Regnertypen durchweg günstigsten Wasserdruck erweisen sich 4 atü. Diesen Druck jedoch weisen normale an das Ortswassernetz angeschlossene Zuleitungen leider meist nicht auf. 4 atü setzen somit das Vorhandensein einer eigenen Wasserversorgungsanlage voraus! Die Darstellungen der Prüfungsergebnisse des Typs A zeigen, daß bei ihm die Niederschlagsdichte eine weite Skala durchläuft bzw. im Mittel hoch ist. Mit ansteigendem Druck hat sich die Wasserverteilung nur wenig geändert.

Beim Typ C ist die Überlegenheit des engen Düsenverbandes ohne weiteres ersichtlich. Er zeigt mit dem Typ B ähnlichen Kurvenverlauf bei geringerer Niederschlagsdichte. In der flächenanteiligen Beregnungsdichte übertrifft er den Typ B noch ein wenig.

Ist auch die Wasserverteilung bei keinem der geprüften Gerätetypen voll befriedigend, so kennzeichnen die Kurven doch unbestreitbar den engen Verband des Typs C als Gerät mit niedrigster Niederschlagsdichte und günstigster Wasserverteilung, jedoch nur bei dem verhältnismäßig hohen Betriebsdruck von 4 atü. Auch beim Typ B beträgt der günstigste Betriebsdruck 4 atü, bei den geringeren Druckwerten bis zu 2 atü verteilt er das Wasser aber noch gleichmäßiger als die anderen Geräte. Während bei 2, 3 und 5 atü jeweils zusammen rund 15% mit extrem niedriger und extrem hoher Niederschlagsdichte beregnet werden, sind es bei 4 atü nur

6% der Fläche, die extrem niedrig und weitere 6, die im Verhältnis zum Mittel verhältnismäßig niedrig mit Wasser versorgt werden. Eine extreme Spitze nach oben tritt bei ihm nicht in Erscheinung.

Die verhältnismäßig günstigen Ergebnisse, die mit dem engen Düsenverband des Typs C (2,0×1,5 m Abstand) erzielt wurden, sind jedoch mit einem hohen Unkostenaufwand (etwa 3facher Rohrbedarf je Flächeneinheit gegenüber den Gewächshausregnern nach Typ A und B) erkauft.

Die größeren Düsen des Typs C

Die größeren Düsen des Typs C sind in ihrer Konstruktion im Prinzip den T 10-Düsen gleich. Die Gußmasse ist mit zunehmendem Düsendurchmesser kompakter, die Düsenweiten und die Prallflächen größer. Alle Düsen von T 15 aufwärts wurden nur in Einzelaufstellung geprüft. Die kleinste, T 10, bei 3 und 4 atü, die übrigen, es sind die

T 15	mit 1,5 mm Bohrung,
T 20	" 2,0 " "
T 25	" 2,5 " "
T 30	" 3,0 " "
T 40	" 4,0 " "
T 50	" 5,0 " "
T 80	" 8,0 " "
T 100	" 10,0 " "

nur bei 4 atü. Um Ungleichmäßigkeiten auszuschalten, die die Vergleichbarkeit der Prüfungen beeinträchtigen konnten, wurden die Prüfungen aller Düsen bei absoluter Windstille in geschlossener Halle durchgeführt. Wir prüften die großen Düsen deshalb, weil in der Praxis der Gewächshausberegnung auch größere Düsentypen dieser Art verwendet werden

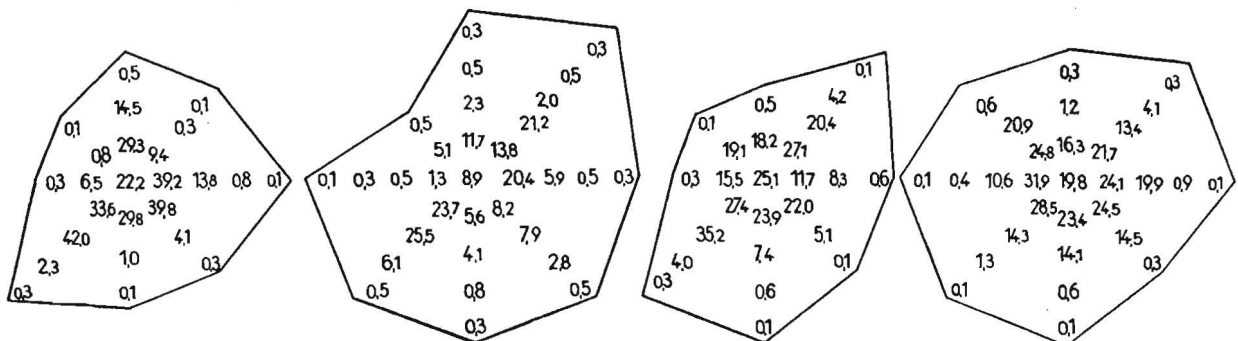


Abb. 27--30: Die Wasserverteilung bei den T 10-Düsen des Typs C bei 3 (links außen) und 4 atü

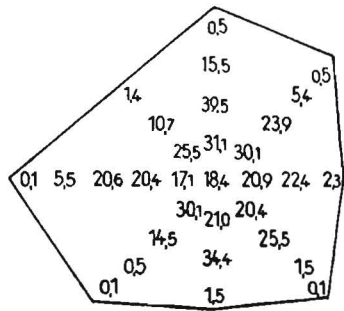


Abb. 31: T 15 bei 4 atü

(Niederrhein). Die größeren Düsen mit ihrer größeren Flächenwirkung ermöglichen eine Aufstellung in weiterem Abstand. So wird die gesamte Gewächshausfläche zwar recht unterschiedlich, aber immerhin ausreichend mit Wasser durchfeuchtet; eine Nachhilfe mit Gießkanne und Schlauch erübrigt sich. Zur Prüfung dieser Einzeldüsen mit ihrer etwa kreisförmigen Flächenwirkung beschriften wir nachfolgenden

den. Dabei gelten die Werte jedes Gefäßes, ähnlich wie bei Viereckregnern (Typ A und B) für das umliegende Quadrat. Dieses Verfahren erschien uns bei der Vielzahl der zu prüfenden Düsen zu zeitraubend. Wir begnügten uns daher damit, die Wasserverteilung nicht flächig, sondern nur linear zu ermitteln. Die Auffanggefäße wurden in Form eines Radialsternes im Abstand von 50 cm aufgestellt und die für die Niederschlagsdichte gefundenen Einzelwerte in die Zeichnungen dieser Radialsterne eingetragen. Die Werte sind aus den Abbildungen 27 bis 38 zu ersehen, die auch die geringere Wurfweite der kleineren Düsen anschaulich darstellen. Die Wasserverteilung der kleineren Düsen bis T 30 ist ungünstiger als die der größeren Düsen von T 40 bis T 80. Bei T 30 stellen wir auch die größte Plus-Abweichung von der

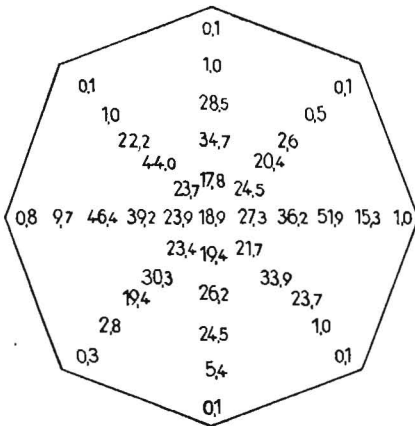


Abb. 32: T 20 bei 4 atü

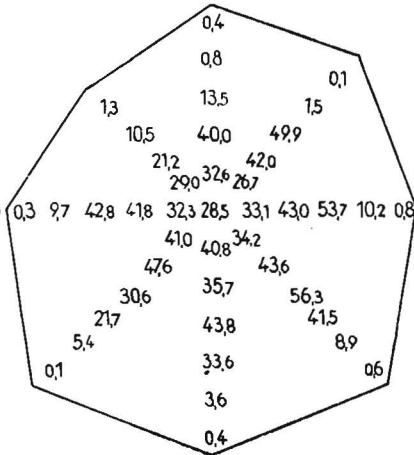


Abb. 33: T 25 bei 4 atü

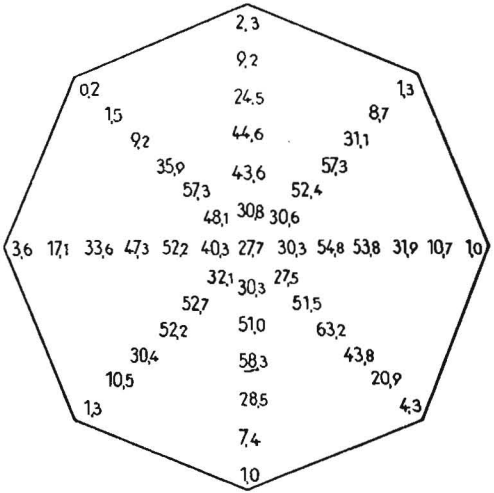


Abb. 34: T 30 bei 4 atü

Niederschlagsdichte (Mittelwert) mit 30,5 fest, was einer Niederschlagsdichte von 63,2 an der am stärksten berechneten Stelle entspricht (Übersicht 7). Die praktisch höchste mittlere Niederschlagsdichte aller T-Düsen weist die T 30 mit 24,5 auf, die nur von der T 100 ein wenig übertroffen wird. Bei den

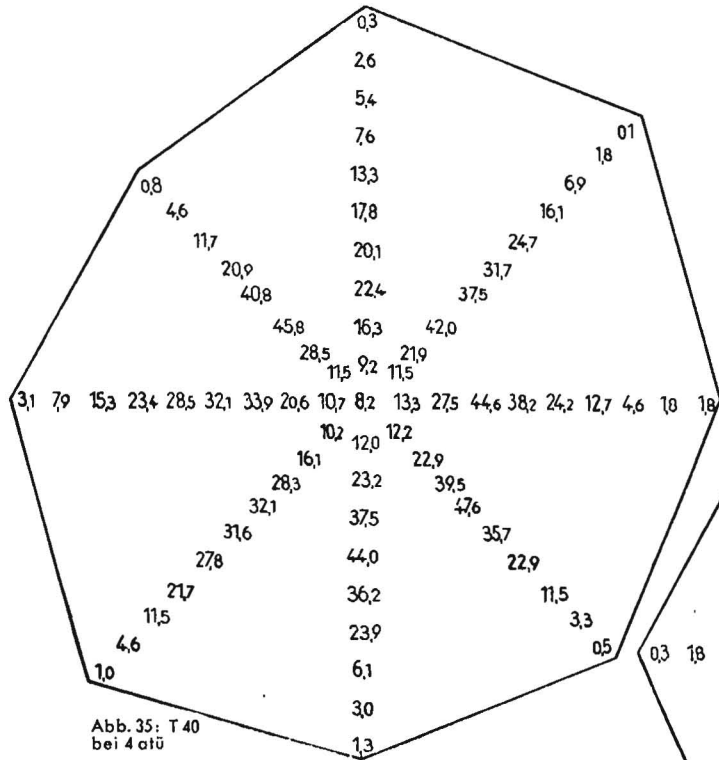


Abb. 35: T 40 bei 4 atü

Weg: Aus den bei den Prüfungen bei Windstille sich ergebenden mittleren Reichweiten errechneten wir die von jeder Düse berechnete Ist-Fläche. Dann stellten wir den stündlichen Wasserverbrauch ohne Verregnung durch Auffangen und Auswiegen des Wassers fest und errechneten aus diesen beiden Werten die für Einzelaufstellung gültige mittlere Niederschlagsdichte. Wasserverteilung bzw. prozentualer Anteil aller festgestellten Niederschlagsdichten an der berechneten Fläche können einwandfrei nur durch die Aufstellung einer Vielzahl von Auffanggefäßen festgestellt wer-

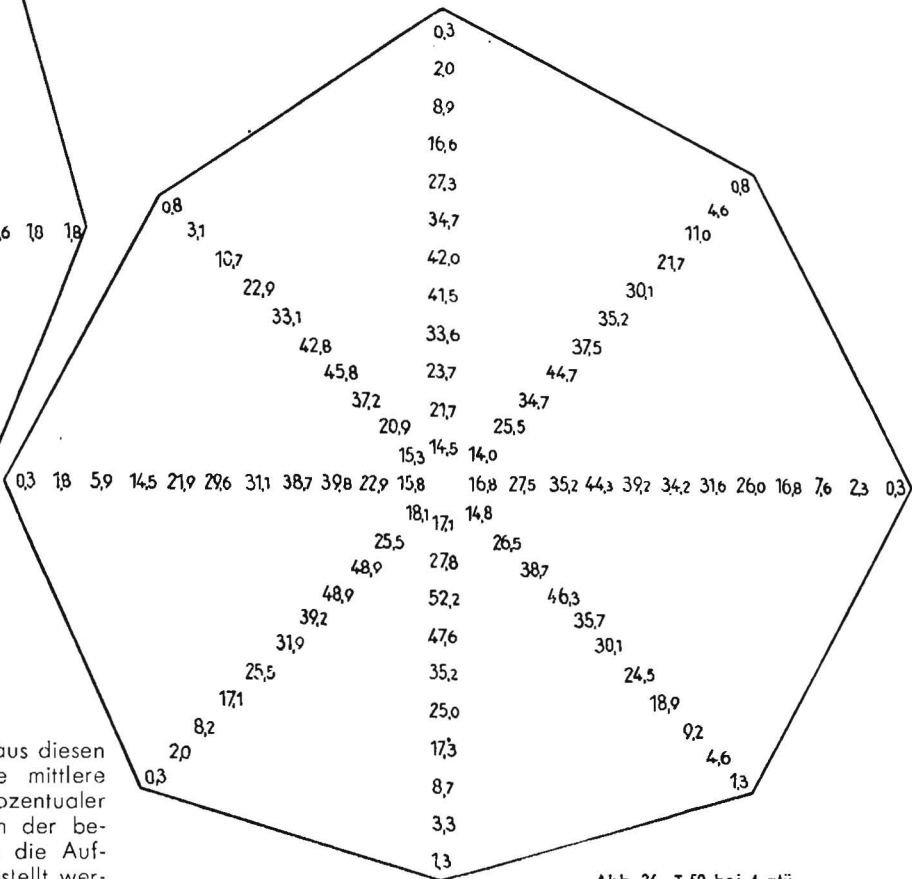


Abb. 36: T 50 bei 4 atü

Schrifttum:

1. Oehler, Die Wasserverteilung bei natürlichem und künstlichem Regen, Heft 30 der RKTU-Schriften, Verlag Parey, Berlin, 1932.
2. Oehler, Die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung d. Drehstrahlregner, Heft 38, der RKTU-Schriften, Verlag Parey, Berlin, 1933.
3. Oehler, Grundlagen der Wasserverteilung durch Beregnungsgeräte, KTL-Schrift VI, Verlag Neureuter, Wolftratshausen, 1949.
4. Witte, Untersuchungen zur Frage der Frostabwehr durch Beregnung, Wasser und Boden, Heft 4/1951.
5. Witte, Untersuchungen über den Einfluß erhöhter Luft- und Bodenfeuchte auf den Pflanzenertrag, Schriftenreihe des Ausschusses für Kulturbauwesen in Westdeutschland, Verlag Wasser und Boden, Hambg., 1952.
6. Brouwer, Die Feldberegnung, ihre zweckmäßige Anwendung in der Landwirtschaft, Verlag Ulmer, Stuttgart, 1953.

Résumé:

Dr. K. Witte: „Efficiency Tests on Various Types of Greenhouse Artificial Rain Installations“.

An Artificial Rain Installation for a Greenhouse is of greater importance to the gardener than is a similar installation for the fields of the agriculturalist, particularly, as in our climates it is so essential that the growth of the plants under glass be stimulated with artificial rain or other means of watering. The author describes in full the various methods employed in testing the several installations, as well as describing them in detail. He then arrives at the conclusion that the amount of precipitation is not of the same importance in the case of watering installations in greenhouses as is the case in artificial rain installation intended for use in open fields. The regularity of distribution is of greater importance, whereby the range of precipitation can be compared with that of natural rain. The distribution of the water in an artificial rain installation can only be classed as satisfactory when the volume of precipitation has a range of only 1 : 2 over a maximum area. This is, in effect, a deviation of $\pm 33\%$ from the average precipitation. The humidity in the greenhouse can still be satisfactorily reached by the use of installations which precipitate large drops, although finer drops would be more advantageous where sensitive and delicate plants are concerned. The greatest regularity in the distribution of the water was attained in all the installations under test when a pressure of 4 atmospheres was used.

In conclusion, the author states just how far the artificial rain installations under test can be relied upon to meet the demands made upon them.

Dr. K. Witte: „Examen du rendement de différents arroseurs de serres“.

L'arrosage des serres est, pour le travail du jardinier, d'une plus grande importance que l'arrosage des champs pour l'agriculture, parce que, contrairement à ce qui se passe en plein air sous notre climat, l'arrosage artificiel des serres et des chassis est la condition primordiale pour la croissance des plantes. Après une description détaillée du procédé d'examen et des différentes sortes d'arroseurs étudiés, l'examineur conclut que la densité de la précipitation n'a pas la même signification pour les arroseurs de serres que pour ceux de plein air. La régularité de la pulvérisation est plus importante en serres. Une comparaison est établie entre les secteurs de variations relatives de la densité de la précipitation et la pluie naturelle. La distribution de l'eau par un arroseur n'est bonne que si, sur la plus grande partie possible de la surface arrosée, la densité de la précipitation ne varie que dans la proportion de 1 à 2, ce qui correspond à une variation de $\pm 33\%$ de la densité. L'humidification de l'air dans les serres peut être obtenue avec satisfaction, à l'aide d'installations ne comportant pas de fins pulvérisateurs, bien qu'une fine pulvérisation soit toujours préférable pour des cultures très délicates. La plus grande régularité de distribution d'eau a été obtenue avec une pression de 4 atm., sur toutes les installations considérées.

La fin de l'exposé montre de quelle façon les arroseurs de serres examinés correspondaient aux exigences posées.

Dr. K. Witte: „Comprobación del rendimiento del riego por aspersión en varios invernaderos“.

La aspersión en los invernaderos de jardinería es más importante que el riego en la agricultura. Se hace una descripción minuciosa de los modos de comprobación y de los aparatos de aspersión y llega el autor a la conclusión de que la aspersión en los invernaderos no corresponde a la altura de las precipitaciones atribuyéndole la misma importancia que en los riegos en campo abierto. Más importante es una distribución de agua uniforme, con la que la relativa densidad de la precipitación se compara con la de la lluvia artificial. La distribución con un aparato de aspersión puede considerarse satisfactoria si en una parte importante de la superficie que se debe regar oscila entre 1 y 2, lo que equivale a una desviación de $\pm 33\%$ de la densidad media de precipitación. La humedad del aire en el invernadero puede además obtenerse satisfactoriamente con aparatos que aprecian la caída de gotas gruesas, aun cuando una pulverización más fina para cultivos delicados sea preferible.

Con los aparatos sometidos a una presión de agua de 4 atmosferas de sobrepresión se obtuvo una distribución de agua uniforme.

Al final se puntualiza que los aparatos para la aspersión en los invernaderos responden a lo que de ellos se exige.

