

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTL)
LANDMASCHINEN- UND ACKERSCHLEPPER-VEREINIGUNG (LAV) IM VDMA
MAX-EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK (MEG)

Heft 6/1966

MÜNCHEN

16. JAHRGANG

Theo¹⁾ Oehler:

Untersuchungen über die Verringerung der Sprühwasserverluste bei Schwinghebelregnern

Die Beregnung ist das Bewässerungsverfahren mit der besten Ausnutzung des Wassers. Es hat, richtig angewandt, in der Regel weder durch Oberflächenabfluß noch durch Versickern in das Grundwasser Verluste. Dies führt zu der weit verbreiteten Ansicht, die Beregnung lasse das verteilte Wasser nahezu verlustfrei den Kulturen zukommen. Daß diese Ansicht irrig ist, haben Untersuchungen gezeigt, in denen erwiesen worden ist, daß recht erhebliche Wasserverluste durch Verdunsten eintreten können, wobei in unserem Klimaraum die Tropfenfeinheit und die Windverhältnisse die entscheidende Rolle spielen.

Das Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL) ist der Frage nachgegangen, wie die Sprühwasserverluste bei Schwinghebelregnern verringert werden können, und hat den Verfasser mit Untersuchungen hierüber beauftragt. Über die bisherigen Ergebnisse soll im folgenden berichtet werden.

Zunächst eine kurze Bemerkung über die Größenordnung der möglichen Einsparungen an Beregnungswasser in Deutschland: bei einer vorsichtigen Einschätzung der vermeidbaren Verluste zu 10 bis 15 % des verregneten Wassers könnten in der Bundesrepublik jährlich acht bis zwölf Millionen Kubikmeter der allgemeinen Wasserwirtschaft erhalten bleiben (Berechnungsgrundlagen 200 000 ha Beregnungsfläche [1], mittlere Beregnungshöhe jährlich 40 mm). Die entsprechend bessere Ausnutzung des Wassers muß auch der Landwirtschaft erwünscht sein.

1. Die Entstehung von Sprühwasser und Wasserstaub

Sprühwasser entsteht, wenn die auf einen Strahl wirkenden äußeren und inneren Kräfte die den Strahl zusammenhaltenden Oberflächenkräfte übersteigen. Beim Aufkommen und Zunehmen der Zerstörungskräfte löst sich der Strahl meist erst in größere Strahlteile, in übergroße nicht beständige, kleinere beständige und schließlich kleine bis sehr feine, als Wasserstaub zu bezeichnende Tropfen auf. Mitunter verläuft der Vorgang der Strahlauflösung auch in entgegen-

gesetzter Reihenfolge: an der Strahloberfläche entstehen sehr feine Tröpfchen, unter Umständen Wasserstaub, und die Bildung größerer Tropfen folgt erst nach.

Der zuerst beschriebene Vorgang ist eine Folge der Schwerkraftwirkung auf den Strahl und der von innen her wirkenden Turbulenz oder auch der durch Drall bedingten Fliehkraft. Die mit der Bildung feiner bis feinsten Tröpfchen beginnende Strahlauflösung wird durch Kräfte, die auf die Oberfläche des Strahls wirken, besonders durch Reibung des Strahls an der Luft, durch Reibung des Wasserstroms in der Düse, an deren Wandungen und durch ungünstige Form des Düsenauslaufs verursacht. Meist wirken äußere und innere Kräfte so zusammen, daß der Anteil der einen oder anderen nicht gesondert betrachtet werden kann.

Dazu kommen beim Schwinghebelregner und vielen anderen Regnerformen noch die durch Strahlstörung bedingten Auflösungserscheinungen und führen zu einer starken Sprühwasser- und Wasserstaubbildung nahe der Strahldüse.

Untersuchungen zur Verminderung der Wasserstaubbildung müssen sich mit der Frage der Auflösung des nicht gestörten Strahls wie mit dem Vorgang der künstlichen Strahlstörung und deren Auswirkung auf die Strahlauflösung befassen. Hierbei ist zu beachten, daß die Strahlstörung nicht nur an der Stelle des Strahls, an der sie erfolgt und am meisten auffällt, wirksam wird, sondern daß die gestörte Stelle des Strahls mit diesem wandert, was ungefähr bis zum Strahlscheitel mit dem Auge verfolgt werden kann. Auf dieser ganzen Strecke bleibt sie ein schwacher, gegen Auflösung besonders anfälliger Abschnitt.

2. Durch Messung nachgewiesene Wasserverluste

Über die Höhe von Wasserverlusten durch Verdunstung berichtet unter anderem die Veröffentlichung „Beregnung bei Wind“ [2], in welcher der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Verdunstungsverluste untersucht wurde. Die Ergebnisse beruhen auf Vergleichen der Differenzen zwischen Wasserabgabe und tatsächlichem Niederschlag bei einstündigen Beregnungen mit Industrieregern und Versuchsgeräten oder auch mit gleichartigen Regnern, jedoch bei unterschiedlichen Aufstellungsbedingungen. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, welcher Erfolg durch Verbesserung des Wasserstrahls und der Störungsverhältnisse erzielt werden kann¹⁾.

Tafel 1 bringt eine Gegenüberstellung eines Industrieregners und eines Versuchsregners [2].

Die Gruppen a und b unterscheiden sich nicht nur durch das Vorhandensein oder Fehlen einer Strahlstörung durch den

¹⁾ Anmerkung: Die aus [2] übernommenen Daten über Sprühwasserverluste wurden Ende März 1960 bei Lufttemperaturen zwischen 0° und 10° C gewonnen. Sie können nicht mit den in der viel wärmeren Zeit der Beregnungssaison entstehenden, wesentlich höheren Wasserverlusten gleichgesetzt werden. Leider liegen zuverlässige Angaben über die Verluste bei wärmerer und trockenerer Luft in der Bundesrepublik nicht vor. Aus einem südlichen, sehr warmen und trockenen Land machte jedoch eine Stelle, die sich dort mit Beregnung befaßt, folgende Angaben:

Wasserverluste bei Windstille und Beregnung mit Schwinghebelregnern (mit Strahlstörung) 75 % des Wasserverbrauchs — bei leichter Luftbewegung nach Ersatz der Schwinghebelberegnung durch ein für die dortigen Verhältnisse entwickeltes, nahezu wasserstaubfreies Beregnungsverfahren Verluste nur 25 % des Wasserverbrauchs. Es wurden somit 50 % eingespart

Tafel 1: Verschiedene Daten von Industrieregner und Versuchsregner

Auszug aus Tabelle 36 [2]

Nr.	Versuchs-Regnergruppe	Düsenweite [mm]	Betriebsdruck [atü]	Windstärke [m/s]	Wasserverlust [%]
84a	Regner mit Strahlstörer	8	2,0	2,47	13,3
b	Regner ohne Strahlstörer	8	2,0	2,47	6,4
76a	Regner mit Strahlstörer	10	2,4	2,27	26,8
b	Regner ohne Strahlstörer	10	2,4	2,27	18,1
78a	Regner mit Strahlstörer	12	3,0	2,25	22,0
b	Regner ohne Strahlstörer	12	3,0	2,25	9,6

Schwinghebel, sondern auch durch die Qualität des Wasserstrahls. Bei Gruppe a hat der Strahl eine nicht unbedeutende Streuung, dagegen ist bei Gruppe b für eine straffe Zusammenfassung des Strahls und geringe Streuung gesorgt. Die erheblichen Unterschiede der Wasserverluste sind somit auf das Zusammenwirken zweier Faktoren zurückzuführen, zu welchen Anteilen, das läßt sich aus den Daten dieser Zusammenstellung nicht ableiten. Einige Hinweise dafür gibt jedoch Tabelle 38 in [2]. In dieser Tabelle sind die Wasserverluste eines Regners mit einer Düsenweite von 4 mm und einer Strahlqualität etwa wie in Gruppe a der Tafel 1 mitgeteilt.

Unter der Voraussetzung, daß die unmittelbar durch die Strahlstörung verursachte Bildung von Wasserstaub vom Steigwinkel des Strahls innerhalb der Werte von 20° bis 35° unabhängig ist, ergibt sich aus einem Vergleich der Wasserverluste bei verschiedenen Steigwinkeln eine Vorstellung von der Empfindlichkeit des gestörten Strahles gegen Windeinflüsse. Denn ein steiler ansteigender Strahl gerät mit seinem Scheitel in einen Bereich mit ein wenig stärkerer Luftbewegung (Tafel 2).

Tafel 2: Wasserverluste abhängig vom Windeinfluß

Auszug aus Tabelle 38 [2]

Versuch Nr.	Betriebsdruck [atü]	Windstärke [m/s]	Strahlanstieg [°]	Wasserverlust [%]	Differenz der Verluste [%]
2 a	4,0	5,02	35	39,2	
2 b	4,0	5,02	20	21,6	17,6

Tafel 3: Wasserverluste abhängig von Strahlstärke und Betriebsdruck

Auszug aus Tabelle 37 [2]

Versuch Nr.	Betriebsdruck [atü]	Windstärke [m/s]	Wasserverluste [%]
Düsenweite 4 mm			
39 b	3,3	1,94	28,6
33 b	4,5	5,84	41,6
34 b	3,1	5,64	35,2
35 b	4,6	5,70	40,1
37 b	2,3	5,33	33,4
Düsenweite 10 mm			
39 a	3,3	1,94	20,5
33 a	4,5	5,84	25,4
34 a	3,1	5,64	20,9
35 a	4,6	5,70	26,6
37 a	2,3	5,33	14,8

Aufgrund von Tafel 2 ist festzustellen, daß der gestörte Strahl im Windeinfluß mehr Wasserstaub gebildet hat.

Für die Größe der Wasserverluste eines Strahls sind neben der Turbulenz auch seine Stärke und der unmittelbar am Düsenauslauf herrschende Betriebsdruck maßgebend (Tafel 3).

Aus Tafel 3 ist zu entnehmen:

1. Die Wasserverluste in % der Verbrauchswassermenge sind bei 4 mm Strahlstärke wesentlich größer als bei 10 mm.
2. Bei gleicher Windstärke steigen die Wasserverluste mit der Druckhöhe (Beispiele 33 b gegenüber 34 b und 33 a gegenüber 34 a).

Daraus ist der Schluß zu ziehen: Um die Wasserverluste möglichst niedrig zu halten, sollen die Strahlstärken nicht zu klein, die Betriebsdrücke nicht zu groß gewählt werden.

3. Maßnahmen zur Verminderung der Wasserstaubbildung

3.1. Der Wasserstrahl

Das wirksamste Mittel zur Verringerung der Wasserstaubbildung ist die Verbesserung der Strahlqualität. Man erreicht sie durch

1. reichliche Dimensionierung des Strahlrohrs,
2. Unterdrückung von Turbulenz und Drall im Strahlrohr,
3. glatten Übergang vom Strahlrohr zur Düse (Mundstück),
4. zweckmäßige Düsenform,
5. Vermeiden höheren Betriebsdrucks, als erforderlich,
6. Vermeiden zu kleiner Düsenweiten.

Hiernach ergeben sich Richtlinien für die Abmessungen von Strahlrohren und Düsen (Mundstücken) von Strahlregnern. Die Abmessungen werden am besten in einem festen Verhältnis zur Düsenweite gewählt. Die angegebenen Verhältnisse gelten zunächst für Düsenweiten von 4 bis 7 mm, doch ist es zweckmäßig, sich bei der Dimensionierung größerer Regner ungefähr an dieselben Verhältnisse zu halten.

Empfehlenswerte Abmessungen und Betriebsdrücke:

Strahlrohr: Lichtweite (LW) = 5 Düsenweiten (DW)
Länge (von Bogenauslauf bis Düsen einlauf) = 10 LW

Gleichrichter: Länge = 5 LW
Abstand vom Strahlrohreinlauf bis Gleichrichtereinlauf = 3 LW
Abstand vom Gleichrichterauslauf bis Düsen einlauf = 2 LW
Lichtweite der Gleichrichterröhrchen 6—8 mm
Wandstärke der Gleichrichterröhrchen 0,5 mm.

Aus hydraulischen Gründen und, um die Wasserstaubbildung möglichst gering zu halten, wären die in Tafel 4 angegebenen, geringen Betriebsdrücke erwünscht. In der Praxis müssen jedoch mit Rücksicht auf die möglichen Regnerverbände und im Interesse einer gleichmäßigen Beregnungshöhe oft höhere Betriebsdrücke angewandt werden.

Als Düsenform empfiehlt sich ein einfacher Konus, innen

Tafel 4: Betriebsdrücke und Düsenweiten

Düsenweiten [mm]	Betriebsdrücke	
	erwünscht [atü]	praktisch üblich [atü]
4—5	2,0—2,5	3,0—3,5
6	2,5—3,0	3,0—4,0
7	3,0—3,5	3,5—4,0

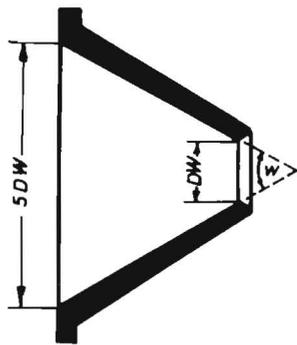


Bild 1: Empfehlenswerte Düsenformen mit einfachem Konus

- Konuswinkel $w = 60^\circ$ oder weniger
- Düsenweite $DW = 4$ bis 8 mm
- Einlaufweite $= 5 DW = 20$ bis 40 mm
- Auslauf mit scharfer, gratfreier Kante
- Auslauf versenkt, kein Auslaufzylinder

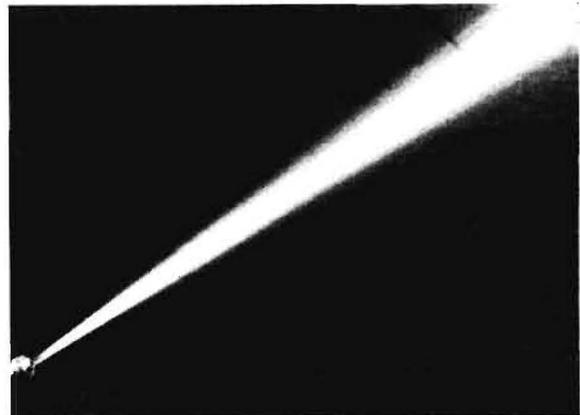


Bild 2: Stark streuender Strahl

Strahlstärke 12 mm, Betriebsdruck 4,2 atü, kein Gleichrichter

poliert, Konuswinkel 60° oder spitzer, kein zylindrischer Auslauf (Bild 1).

Die Einhaltung dieser auf die Düsen- und Rohrweite bezogenen Werte gewährleistet einen hydraulisch guten Strahl. Eine größere Dimensionierung erhöht die Strahlqualität. Lichtweiten und Wandstärken der Gleichrichterröhrchen sollten nicht ohne zwingende Gründe geändert werden. Der Röhrengleichrichter ist allen anderen Formen von Gleichrichtern in hydraulischer Sicht vorzuziehen.

Die empfohlenen Betriebsdrücke sind so gewählt, daß die Strahlen beim Verlassen der Düsen nur sehr schwache Turbulenz haben und deshalb keine unerwünschte Strahlstreuung auftritt.

Den Einfluß eines Gleichrichters auf die Qualität eines Wasserstrahls zeigt ein Vergleich der Bilder 2 und 3. Bild 2 zeigt einen Strahl mit starker Streuung und Wasserstaubbildung. Die Bedingungen der Strahlbildung sind sehr ungünstig. Das Strahlrohr ist im Verhältnis zur Düsenweite zu eng. Ein Gleichrichter ist nicht vorhanden. Der Strahl befriedigt in keiner Weise. Der Strahl in Bild 3 ist unter günstigen Bedingungen entstanden, doch könnte die Düsenform — mit einem Konuswinkel von 90° statt 60° — noch vorteilhafter sein. Das Verhältnis der Düsenweite von 8 mm zur Lichtweite 50 mm des Strahlrohrs ist recht gut, etwa 1:6. Der im Strahlrohr eingebaute Röhrengleichrichter unterdrückt Drall und Turbulenz weitgehend. Der Betriebsdruck ist angemessen, die Qualität des Strahls unvergleichlich höher als in Bild 2. Von Streuung ist nichts zu bemerken, die durch Reibung zwischen Strahl und Luft entstehende, unvermeidliche Bildung von Wasserstaub ist belanglos.

Aufschlußreich ist auch ein Vergleich der Bilder 4 und 5. Der Betriebsdruck ist in beiden Fällen ziemlich gleich, doch sind im ersten die Bedingungen ungünstiger. Die Folge ist ein wesentlich schlechterer Strahl mit stärkerer Streuung und frühzeitiger, voller Auflösung, die auch an der Bildung von Zacken im Scheitel und im abfallenden Teil des Strahls zu erkennen ist.

3.2. Die Strahlstörung bei Schwinghebelregnern

Das Ausschwingen des Hebels durch den vom Strahl ausgehenden Impuls setzt folgende Einzelvorgänge voraus:

1. Einführen eines Antriebselementes (z. B. Treibschaukel) in den Strahl,
2. Ausschleudern des Antriebselementes aus der Strahlbahn und damit Ausschwingen des Hebels.

Diese beiden Vorgänge können zeitlich aufeinander folgen, doch ist die Folge meist so rasch, daß sie sich zeitweise überdecken.

Für ein richtiges Zusammenspiel der beiden Vorgänge ist es erforderlich, daß das Einführen weniger Energie verbraucht, als beim Ausschleudern gewonnen wird. Wie dies erreicht werden kann, soll weiter unten behandelt werden.



Bild 3: Zusammengefaßter Strahl aus einem Versuchsgerät mit Gleichrichter

Strahlstärke 8 mm, Betriebsdruck 3,5 atü

Das Einführen des Antriebselementes (im folgenden Schaufel genannt) setzt in der Regel ein Durchschneiden oder wenigstens Anschneiden des Strahls durch die Schaufel voraus. Das Ausschleudern verlangt wenigstens eine im Winkel zur Strahlachse stehende Fläche (im folgenden Prallfläche ge-



Bild 4: Strahl aus einem Versuchsgerät ohne Gleichrichter mit einer Industriedüse

Strahlstärke 30 mm, Betriebsdruck 3,1 atü



Bild 5: Strahl aus einem Versuchsgerät mit Gleichrichter mit Versuchsdüse

(Konuswinkel 62°)

Strahlstärke 24 mm, Betriebsdruck 3,0 atü



Bild 6: Strahlspaltung durch ein Blech von 1 mm Stärke
Es entstehen zwei in Tropfen aufgelöste Strahlteile, umgeben von Wasserstaub

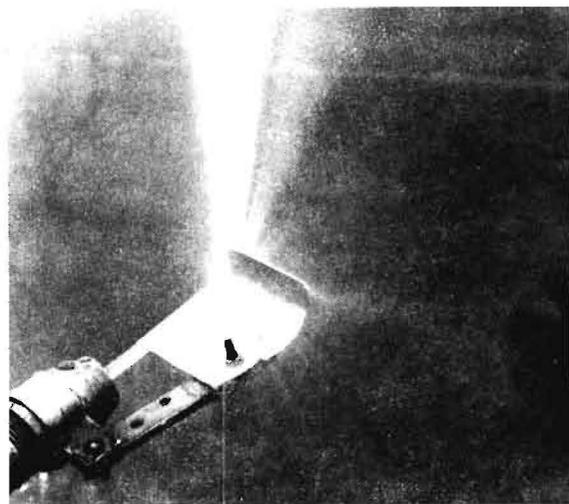


Bild 7: Strahlumlenkung durch eine abgegebene Prallfläche
Die Entwicklung von Wasserstaub ist schwächer als bei der Strahlspaltung

nannt). Sowohl beim Durchschneiden des Strahls (Bild 6) als auch beim Aufschlagen des Strahls auf die Prallfläche (Bild 7) entsteht Sprühwasser, das sich aus Tropfen verschiedener Größe zusammensetzt. Hier interessieren besonders die allerfeinsten Tröpfchen, der Wasserstaub.

Die Bilder 8 und 9 zeigen einen Strahl mit wenig Streuung im ungestörten und im gestörten Zustand. Außerdem wird auch der über den Störkörper hinweg gehende Teil des Strahls zu starker Streuung gebracht. Der schon an

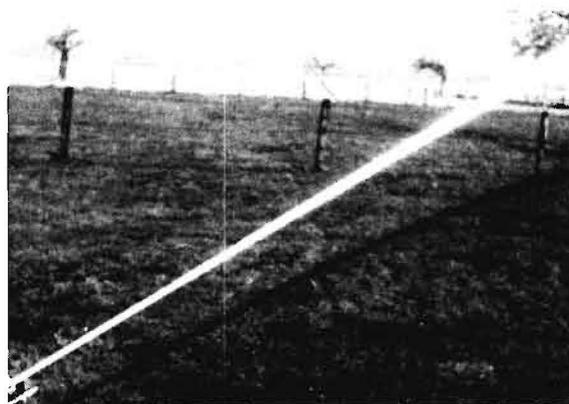


Bild 8: Wenig streuender Strahl eines Industrieregners
Strahlstärke 12 mm, Betriebsdruck 7,0 atü

dieser Stelle vollständig in Tropfen und Tröpfchen aufgelöste Strahlteil (Bild 9) hebt sich deutlich vom übrigen Sprühwasser ab und liefert wesentlich mehr Wasserstaub als der ungestörte Strahl in Bild 8.

Der Wasserstaub ist der Teil des Sprühwassers, der sich sehr schnell im Luftraum durch Verdunsten in Wasserdampf auflöst und so der Anfeuchtung von Boden und Pflanzen verloren geht, oder den, sofern er nicht aufgelöst wird, jeder leichte Lufthauch über die Beregnungsfläche hinausführt. Als Beregnungsfläche gilt die von der Beregnungsgleiche 0,1 mm/h umschlossene Fläche.

Es kommt darauf an, die Voraussetzungen für eine wasserstaubarme Strahlstörung zu schaffen. Die Menge des Sprühwassers und des Wasserstaubs ist von den folgenden Faktoren abhängig:

Strahlstärke

Die Strahlstärke ist im Blick auf den Düsendruck (also auch den Betriebsdruck) zu wählen; ein dünnerer Strahl bei hohem Druck gibt mehr Wasserstaub ab als ein stärkerer bei niedrigerem Druck, wenn beide dieselbe Leistung in l/s haben. Man wähle den Betriebsdruck nicht höher als erforderlich, um die gewünschte Strahlwurfweite zu erreichen.

Düsendruck

Der Düsendruck ist gleich dem Betriebsdruck, vermindert um die Druckverluste im Regner.

Frequenz der Störungen

Sie muß so niedrig wie möglich gehalten werden. Dies gilt nicht zuletzt auch für den Rückwärtsgang von Sektorregnern.

Dauer der Störungen

Sie läßt sich durch die Form der Schaufel, die Länge des Schwinghebels, die Stärke und die Spannung der Schwinghebelfeder beeinflussen.

Anzahl der Strahldurch- oder -anschneidungen bei jeder Störung

Da jedes An- oder Durchschneiden des Strahls eine Wasserstaub erzeugende Störung ist, muß die Anzahl dieser Vorgänge auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Sie müssen sich aber auch möglichst schnell abspielen. In der Regel beansprucht ein Durchschneiden weniger Zeit als ein Anschneiden des Strahls mit Umkehr der Schaufelbewegung im Strahl.

Schärfe der den Strahl schneidenden Kante

Die Schneidkante ist als eine Fläche von sehr geringer Breite anzusehen. Je schärfer sie ist, umso schwächer ihre Wasserstaub erzeugende Wirkung.

Form der Prallflächen

Prallflächen haben hier die Aufgabe, den Strahl mit möglichst schwacher Entwicklung von Wasserstaub umzulen-



Bild 9: Strahl wie in Bild 8 während einer starken Störung
Vollständige Auflösung in Tropfen mit starker Bildung von Wasserstaub

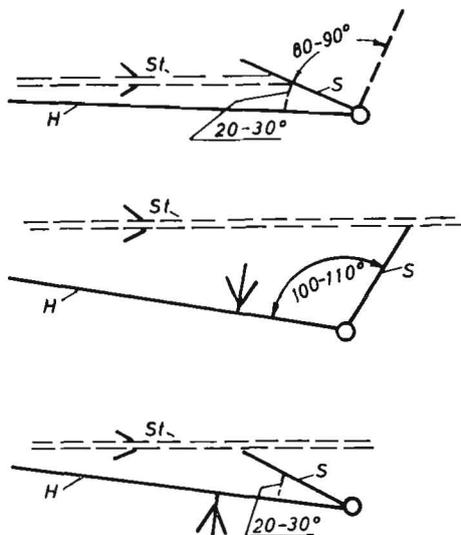


Bild 10: Arbeitsweise der durch Strahl Druck und Gegenfeder betätigten Treibschaukel bei der Regnerform I

(St = Strahl)

oben: Schaufelstellung im Ruhezustand und bei Beginn jedes Ausschlagens des Hebels

Mitte: Schaufelstellung beim Austritt aus der Strahlbahn

unten: Schaufelstellung beim Wiedereintritt der Schaufel in den Strahl
Die Winkel zwischen dem Schwinghebel H und der Schaufel S sind eingeschrieben und die Bewegungsrichtungen des Schwinghebels durch Pfeile angedeutet

ken. Die Richtungsänderung darf nicht plötzlich, sondern soll kontinuierlich in einer nicht zu scharfen Kurve erfolgen.

Breite und Länge aller vom Strahl und vom Sprühwasser berührten Teile der Schaufel

Je länger der Weg ist, den das Wasser in Berührung mit einer Fläche zurücklegt, umso stärker ist die Bildung von Wasserstaub. Diese Wegstrecken sind möglichst kurz zu halten.

Rauhigkeit der vom Strahl und vom Sprühwasser berührten Teile der Schaufel

Die Rauhigkeit der von dem Wasser in hoher Geschwindigkeit berührten Flächen begünstigt die Bildung von Wasserstaub. Deshalb sollen diese Flächen glatt sein.

4. Vorschläge für die Konstruktion von Schwinghebelregnern mit sehr schwacher Wasserstaubbildung

Unter Berücksichtigung der dargelegten Forderungen wurden zwei Formen von Schwinghebelregnern entwickelt und auf ihre Wasserverteilung und die Entwicklung von Wasserstaub geprüft.

4.1. Regnerform I

Die Regnerform I unterscheidet sich nur durch die Schaufel und deren Arbeitsweise von den üblichen Formen der Schwinghebelregner.

Die Schaufel ist um einen Winkel in der Größenordnung um 90° schwenkbar am Schwinghebel angebracht. In der Ruhelage, zugleich Anfangsstellung der horizontalen Schwingbewegung, ist sie gegen den Strahl gerichtet (Bilder 10, 11, 12). Der auf die als Prallfläche wirkende Schaufel aufschlagende Strahl schwenkt diese entgegen der Ausschwingrichtung des Hebels aus, so daß der Hebel einen Impuls erhält, der ihn ausschwingen läßt (Bild 10 Mitte). Sobald die Schaufel aus dem Bereich des Strahls kommt, wird sie durch eine Feder wieder in die Anfangsstellung zurückgedreht. Sie bleibt in dieser Stellung so lange, wie sie außerhalb des Strahlbereichs ist, also während des weiteren Ausschlagens und des Zurückschlagens des Hebels bis zum Wiedereintritt der Schaufel in den Strahlbereich (Bild 10 unten). Nun wird infolge der gegen den Strahl gerichteten Schaufelstellung die rückschwingende Bewegung des Hebels beschleunigt, bis sie durch den am Strahlrohr befestigten An-

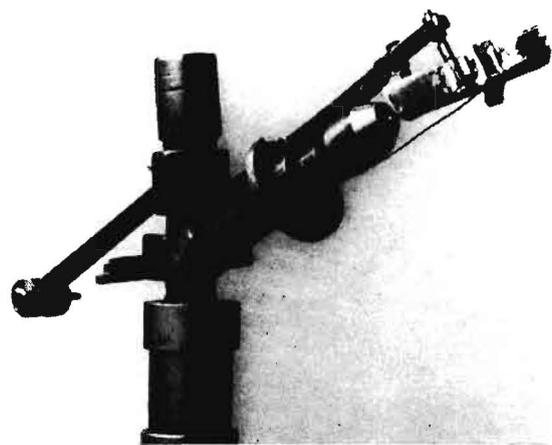


Bild 11: Treibschaukel der Regnerform I in der Ausgangsstellung

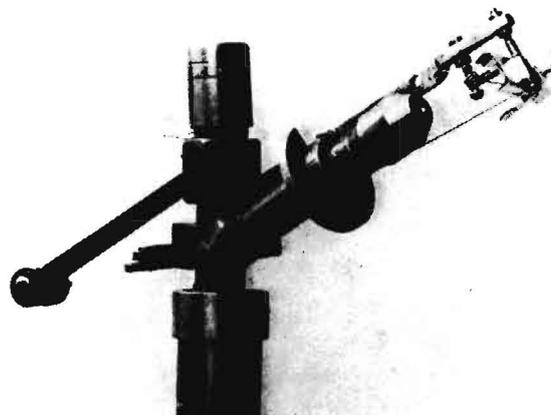


Bild 12: Treibschaukel ausgeschwenkt Stellung beim Austritt aus der Strahlbahn

schlag abstoppt, wodurch das Strahlrohr einen kurz wirkenden Drehimpuls erhält. Hierdurch ist die Ausgangslage wieder erreicht, und das Spiel beginnt aufs neue.

4.2. Regnerform II

Die Regnerform II hat einen in vertikaler Ebene schwingenden Hebel. Er kann über oder unter dem Strahlrohr liegen und schwingt dann nach oben oder unten aus. Dem entsprechend muß der rinnenartige Einlauf der Schaufel (Bild 13) im ersten Fall nach unten, im andern nach oben offen sein.

4.2.1. Beschreibung der Antriebsvorrichtung bei nach oben ausschwingendem Hebel

In der Ruhelage liegt die Prallfläche der Schaufel mit dem einlaufenden etwas über dem Strahl, das auslaufende tiefer als die Strahlunterkante (Bild 13). Beim Anstellen des

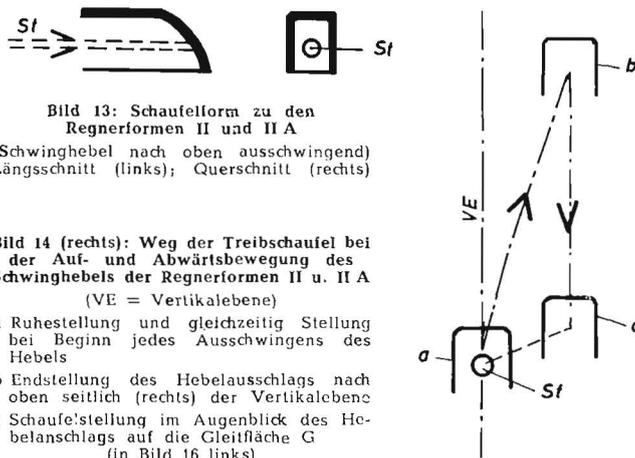


Bild 13: Schaufelform zu den Regnerformen II und II A

(Schwinghebel nach oben ausschlagend) Längsschnitt (links); Querschnitt (rechts)

Bild 14 (rechts): Weg der Treibschaukel bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Schwinghebels der Regnerformen II u. II A (VE = Vertikalebene)

a Ruhelage und gleichzeitig Stellung bei Beginn jedes Ausschlagens des Hebels
b Endstellung des Hebelausschlags nach oben seitlich (rechts) der Vertikalebene
c Schaufelstellung im Augenblick des Hebelanschlags auf die Gleitfläche G (in Bild 16 links)

Regners (Bild 14, Stellung a) stößt der aufkommende Strahl auf den nach unten abgelenkten Teil der Schaufel und gibt so der Schaufel und damit dem Hebel einen Impuls nach oben. Das Ausschwingen erfolgt mit einer leichten Abweichung von der Senkrechten nach einer Seite (z. B. nach rechts), so daß die ganze Schaufel rechts einer durch die Strahlmitte angenommenen vertikalen Schwingungsebene liegt (Bild 14, Stellung b). Von diesem Höhepunkt des Ausschlags bewegt sich der Hebel senkrecht nach unten, bis die Unterkante der linken Schaufelwand sich ungefähr in der Höhe der Strahlachse befindet (Bild 14, Stellung c). In diesem Augenblick schlägt der Hebel auf eine an der Oberseite des Strahlrohrs angebrachte, nach links abwärts geneigte Gleitfläche (Bilder 15 und 16 links). Damit erfährt die Schaufel eine ebenfalls nach links unten gerichtete Bewegung, die zu einem Durchschneiden des Strahls durch die linke Schaufelwand führt. In unmittelbarer Folge dieser Bewegung (z. T. auch gleichzeitig) gelangt die Prallfläche der Schaufel wieder in den Bereich des Strahls (Bild 14, Stellung a), wird von ihm beaufschlagt, und ein weiterer Schwingungsvorgang beginnt. Beim Aufschlag des Schwinghebels auf die Gleitfläche erhält das Strahlrohr einen nach rechts gerichteten Impuls, welcher die bezweckte leichte Drehung des Regners nach rechts auslöst.

Die Neigung der Gleitfläche muß rund 45° betragen. Der Schwinghebel braucht eine Führung, die Gewähr dafür gibt, daß der oberste Punkt (Stellung b) des Hebelausschlags mit Sicherheit erreicht wird und die Abwärtsbewegung bis zum Aufschlag auf die Gleitfläche in genau vertikaler Richtung



Bild 15: Regnerform II mit Gleitdreieck auf dem Strahlrohr
(Hebel nach oben ausschwingend)

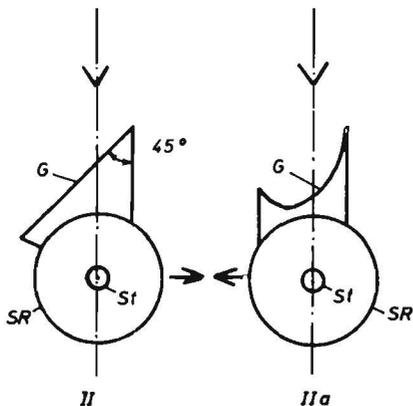


Bild 16: Regnerformen II und II A

links: Schematische Darstellung der Anordnung einer dreieckigen Gleitfläche G auf dem Strahlrohr SR; Hebelschlag von oben (großer Pfeil), Impuls nach rechts (kleiner Pfeil)

rechts: Schematische Darstellung der Anordnung einer geschwungenen Gleitfläche G auf dem Strahlrohr SR; Hebelschlag von oben, Impuls nach links

erfolgt. Diese Führung wird zweckmäßig an der Rückseite des Regners angebracht.

4.3. Regnerform IIa

Die Regnerform IIa unterscheidet sich von der Form II nur durch die Form der Gleitfläche. Sie ist hier geschwungen und in dem oberen Teil, auf welchen der Schwinghebel bei seiner Abwärtsbewegung aufschlägt, steiler als 45° . Dagegen verläuft die Gleitfläche im unteren Teil angenähert horizontal und trägt am Ende einen Anschlag, der ein weiteres Ausweichen des Hebels nach der Seite verhindert und den Impuls auf das Strahlrohr überträgt (Bild 17).

Durch den Aufschlag des Hebels beim Abwärtsgang auf eine stark geneigte Fläche wird er seitlich abgelenkt, ohne einen für die Drehung des Regners ausreichenden Impuls auf diesen auszuüben. Auch die weitere Umlenkung in die Horizontalrichtung vermag nicht eine zur Bewegung des Regners ausreichende Wirkung hervorzurufen. Erst beim plötzlichen Stoppen der Horizontalbewegung wird die ganze noch im Hebel gespeicherte Energie nutzbar gemacht und über den Anschlag ein zur Bewegung des Strahlrohrs ausreichender Impuls ausgelöst. Der Regner dreht somit hier — im Gegensatz zur Regnerform II — in der Richtung, in welcher der Hebel von der vertikalen Bewegungsrichtung abweicht (Bild 16 rechts).

Bei dieser Anordnung der Gleitfläche wirkt der Impuls auf das Strahlrohr im selben Drehsinn wie der Druck des Hebelschwanzes auf die Vorrichtung zur Hebelführung an der Rückseite des Regners. Hierdurch wird die im Hebel gespeicherte Energie zum Drehen des Regners besser ausgenutzt als bei der Regnerform II, die einzelnen Schritte der Regnerdrehung sind deshalb bei der Form IIa größer.

Bei beiden Regnerformen kann die Abwärtsbewegung des Hebels durch ein Übergewicht des mit der Schaufel ausgerüsteten Hebelarmes über den Schwanz erreicht werden. Soll der Betrieb des Regners auch bei schräger Achsstellung gesichert sein, so empfiehlt es sich, das Drehmoment beider Teile des Hebels auszubalancieren und die Abwärtsbewegung durch eine Feder zu bewerkstelligen.

4.4. Die Wasserverteilung durch die Regnerformen I und II

Das Verhältnis des Wasserstaubanteils an der gesamten Sprühwassermenge hängt von der Wirksamkeit der für die Wasserstaubbildung maßgebenden Faktoren ab, die oben behandelt worden sind. Die vorgeschlagenen Konstruktionen von Regnern beziehungsweise Treibschaukeln erlauben eine nur sehr geringe Bildung von Wasserstaub, das Verhältnis Wasserstaub/Sprühwassermenge hat also einen sehr niedrigen Wert. Es wäre unrichtig, aus der geringen Wasserstaub-

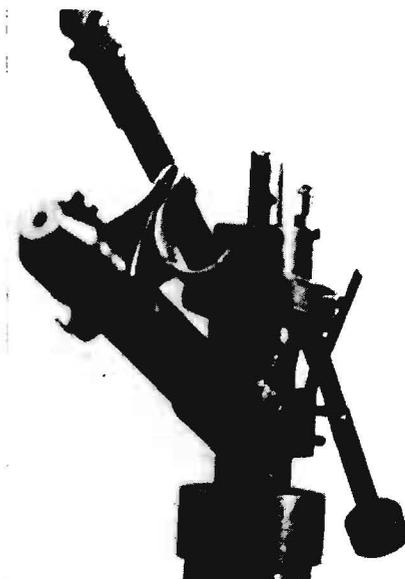


Bild 17: Gleitflächen der Regnerform II A in Kurvenform

menge auf eine auch geringe, für die Nahberegnung verfügbare Sprühwassermenge zu schließen. Eher ist es umgekehrt. Der nicht in Wasserstaub verwandelte Teil des Sprühwassers kommt der Nahberegnung zugute.

Bei normalem Hebelausschlag ist die Schlagfrequenz ohne Einfluß auf das Verhältnis Wasserstaub/Sprühwasser. Dagegen ändert sich das Verhältnis Sprühwasser/Wasserspende des Regners (m^3/h). Mit zunehmender Frequenz der Störung steigt der Anteil des Sprühwassers, während die im Strahl weitergeführte und durch diesen verteilte Wassermenge abnimmt. Die Änderung der Störungsfrequenz ist somit ein Mittel, um das Verhältnis der zur Nahberegnung verfügbaren Sprühwassermenge zu der auf die äußeren Bereiche der Fläche gelangenden Wassermenge zu ändern. Es empfiehlt sich deshalb, für kleine Regner das erwünschte Verhältnis der Sprühwassermenge zu der durch den Strahl unmittelbar zu verteilenden Wassermenge durch die Wahl einer angemessenen Störungsfrequenz herzustellen.

Eine nur für größere Regner zu empfehlende Möglichkeit besteht in der Verwendung eines zusätzlichen Hilfsstrahls, der nur die Aufgabe hat, die Nahberegnung zu verstärken. Dieser Hilfsstrahl wird, um eine unerwünschte Vermehrung des Wasserstaubs zu verhindern, mit einem in der Regel ausreichenden Druck von 1,0 bis 1,5 atü betrieben, was sich durch den Einbau einer Staublende in den Zulauf zur Hilfsdüse leicht erreichen läßt. Im Gegensatz dazu muß ein Treibstrahl eines zweistrahligten Regners stärker sein und den vollen Druck erhalten, so daß er als Hilfsstrahl im besprochenen Sinne ungeeignet wird.

Bei Anordnung des Schwinghebels über dem Strahlrohr besteht die Gefahr einer zu starken Nahberegnung durch das Sprühwasser. Eine an der Unterseite des Strahlrohrs liegende Leitschaukel, die dem Sprühwasser eine mehr vorwärts gerichtete Bewegung gibt, kann ausreichende Besserung bringen.

Ein anderes Mittel, eine zu starke Nahberegnung zu verhindern, ist die Ausstattung des Regners mit einem unter dem Strahlrohr angebrachten, nach unten ausschlagenden Hebel. Zur Lenkung des Sprühwassers kann hier eine über dem Strahlrohr angebrachte, kleinere Leitschaukel gute Dienste leisten. Bei einem seitlich angeordneten und seitwärts ausschlagenden Hebel wird man in der Regel ohne eine zusätzliche Leitschaukel auskommen. Diese Form ist dann zu bevorzugen, wenn die Regner auch zur Frostschutzberegnung eingesetzt werden sollen.

Das in Bild 18 wiedergegebene Beregnungshöhenprofil eines Versuchsregners der Form IIa gibt eine Vorstellung von der Güte der Wasserverteilung.

4.5. Sektorberegnung

Für Kreisberegnung dürfte die Regnerform I den Formen II und IIa vorzuziehen sein. Für die beiden Formen II und IIa gelten die folgenden Ausführungen sinngemäß.

Die in Regner II (Bild 15) verwirklichte Bewegung des Schwinghebels in einer Vertikalebene ermöglicht es durch einfache Mittel, den Kreis- in einen Sektorregner umzuwandeln. Hierzu wird die schräge Gleitfläche durch ein Gleitdreieck ersetzt, das je nach der erstrebten Drehrichtung des Regners seine linke oder seine rechte Seite dem Schwinghebel zukehrt (Bild 19). Der Winkel w , um den das Gleitdreieck geschwenkt werden muß, ist abhängig von der Größe des Scheitelwinkels s . Durch jede Schwenkung muß die dem Schwinghebel zugekehrte Seite (Gleitfläche) die Neigung von 45° zur Senkrechten erhalten. Beispiel:

Bei einem Scheitelwinkel $s = 72^\circ$ oder $\frac{s}{2} = 36^\circ$

und einem Schwenkwinkel $w = 18^\circ$ oder $\frac{w}{2} = 9^\circ$

ergibt sich eine Neigung einer der Gleitflächen des geschwenkten Dreiecks von

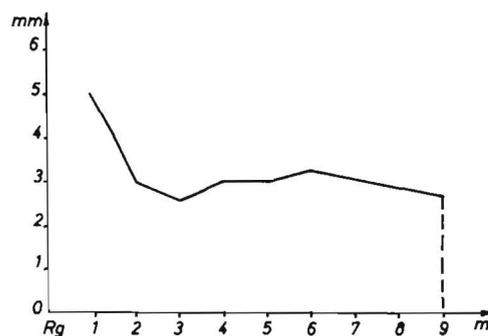


Bild 18: Beregnungshöhenprofil eines Versuchsregners der Form IIa mit Hebelausschlag nach oben und einer festen Leitschaukel unterhalb des Strahlrohrs

(Wurfweite 20 m)

Profilabschnitt 0 bis 9 m; Düsenweite 6 mm; Betriebsdruck 2,8 atü

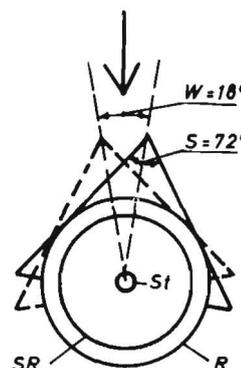


Bild 19: Schema der Umsteuerung eines Sektorregners der Form II

Das Gleitdreieck ist auf dem Strahlrohr SR mit einem drehbaren Ring befestigt; der Ring und damit das Gleitdreieck können um je 9° nach rechts und links der (durch die Strahlrohrachse gedachten) Vertikalebene geschwenkt werden

Dreieck ausgezogen = Impuls nach rechts
Dreieck gestrichelt = Impuls nach links

$$\frac{s}{2} + \frac{w}{2} = 45^\circ \text{ (Bild 19).}$$

Der Schwenkwinkel $w = 18^\circ$ hat sich als zweckmäßig erwiesen.

Das Umsteuern des Regners durch das Schwenken des Gleitdreiecks kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Auf die technische Vorrichtung hierzu soll nicht eingegangen, doch sollen einige Hinweise gegeben werden.

Bei der Regnerform II empfiehlt es sich, die Umsteuerung in die Zeitspanne zu legen, in welcher der Schwinghebel die Gleitfläche nicht berührt, sondern sich von ihr entfernt. Dabei kann die im ausschlagenden Hebel gespeicherte Energie zum Schwenken des Dreiecks verwendet werden. Der zurückschwingende Hebel trifft dann auf die andere Gleitfläche, die bis zur nächsten Umsteuerung ihre Lage nicht verändert.

Bei der Regnerform IIa kann der Aufschlag des Hebels zum Schwenken unmittelbar verwendet werden. Dann ist jedoch in dieser Lage eine Verriegelung des Gleitkörpers nötig, die erst bei der nächsten Umsteuerung wieder gelöst wird.

5. Das Entstehen von Wasserstaub im Lichtbild

Der Wasserstaub ist bei genügender Dichte und geeigneter Beleuchtung gut wahrnehmbar und im Lichtbild zu erkennen. Wo kein Wasserstaub wahrnehmbar ist, fehlt er oder hat eine nur geringe Dichte. Ein sicheres Mittel, um die Bildung des Wasserstaubs zu verfolgen und eine Trennung von Sprühwassertropfen und Wasserstaub im Bild zu ermöglichen, ist die Aufnahme von Strahlstörungsvorgängen mit dem Film im Zeitlupentempo (32 Bilder je Sekunde). Solche Aufnahmen sind vergleichsweise von einem Industrieregner

und einem für Versuchszwecke gebauten Regner in Betrieb gemacht worden. Beide Regner hatten die Düsenweite 6 mm, und bei beiden war der Betriebsdruck mit 2,8 atü gleich. Auch der Ort, der Zeitpunkt und der Hintergrund der Aufnahmen und damit die Beleuchtungsbedingungen waren möglichst gleich. Die Aufnahmen folgten bei hellem Wetter im Zeitabstand nur weniger Minuten auf einander (Bilder 20 und 21). Jede Aufnahme dauerte einige Minuten, so daß in jedem Fall eine ausreichende Anzahl von Strahlstörungen mit den dazwischenliegenden Zeitspannen festgehalten wurden. Da auch noch die Schlagfrequenz beider Regner ziemlich gleich war, sind die beiden Bildreihen durchaus vergleichbar.

Jede Bildreihe zeigt in Nahaufnahme den Zeitraum vom Beginn einer Strahlstörung bis einschließlich Beginn der nachfolgenden Störung. Die Bildreihe A (Bild 20) zeigt den Störungsvorgang eines Industrieregners, die Bildreihe B (Bild 21) den eines Versuchsregners der Form II mit einem unter dem Strahlrohr liegenden, nach unten ausschwingenden Hebel. Aus diesen Bildreihen läßt sich folgendes entnehmen:

	Bildreihe A	Bildreihe B
Zeit- spanne	12 Bilder = $\frac{12}{32}$ s	12 Bilder = $\frac{12}{32}$ s
Störungs- dauer	3 Bilder = etwa $\frac{1}{10}$ s	1 Bild = etwa $\frac{1}{30}$ s
Wasser- staub sichtbar	6 Bilder = etwa $\frac{1}{5}$ s	4 Bilder = etwa $\frac{1}{8}$ s
un- gestörter Strahl	stark streuend, von Wasserstaub umhüllt	kaum streuend, kein Wasserstaub sichtbar
Sprüh- wasser- bildung	wegen des Wasserstaubs nicht erkennbar	erkennbar
Wasser- staub- bildung	sehr stark	sehr schwach

Die Bildreihe A gibt jedoch keine Auskunft über das weitere Verhalten des Strahls. In der Bildreihe A' (Bild 22), die mit etwa dem gleichen Objektstand wie die Bildreihe B aufgenommen wurde, lassen sich die Bewegung und Ausbreitung des Wasserstaubs in der Umgebung des Strahls verfolgen. Während des Störungsvorganges wird der Regner vom Wasserstaub eingehüllt und für einen Augenblick unsichtbar (obere Phase). Dann wandert die durch die Störung ganz oder teilweise unterbrochene Stelle im Strahl weiter. Dabei wird an dieser Stelle noch immer mehr Wasserstaub abgegeben, als vergleichsweise vom ungestörten Strahl abgeht.

Auffallend sind (Phasen 2 und 3) die starke Verbreitung des Wasserstaubs quer zur Strahlbahn und das schnelle Verschwinden der durch die Störung entstandenen Wasserstaubwolke, die in der vierten Phase nur noch als leichter Nebel erscheint. Dagegen zeigt die Phase 4, daß auch noch an dieser Stelle der Strahl selbst vermehrt Wasserstaub abgibt.

In der Bildreihe B (Bild 21) sind ähnliche Vorgänge in nur wesentlich geringerem Ausmaß und nur unmittelbar nach der Strahlstörung in der zweiten Phase zu erkennen. Dadurch ist optisch der Nachweis für die geringe Wasserstaubbildung des Versuchsregners erbracht.

6. Schwinghebelregner ohne Strahlstörung

Zu der Frage einer Verringerung der Wasserverluste bei der Beregnung durch Schwinghebelgeräte mit Strahlstörung wurde gezeigt, daß durch Abänderung der Störungsverhältnisse die Bildung von Wasserstaub und damit der Verlust von Sprühwasser erheblich verringert werden kann. Erwünscht wäre eine noch weitergehende Herabsetzung der Sprühwasserverluste möglichst auf den Wert Null. Aber auch der beste Strahl soll sich in Tropfen auflösen. Da sich bei der Strahlauflösung stets Tropfen verschiedener Größe bilden und die größten Tropfen sich im Fallen noch weiter in feine und feinste Tröpfchen teilen können, sind der Verringerung der Sprühwasserverluste durch Verbesserung des Strahls Grenzen gesetzt.

Wenn bei größeren Regnern durch ein Verteilen des Wassers auf zwei Strahlen, von denen nur einer zum Antrieb verwendet und gestört wird, die Störungsschäden verringert werden, so ist der Gewinn doch nicht groß, da zwei schwä-

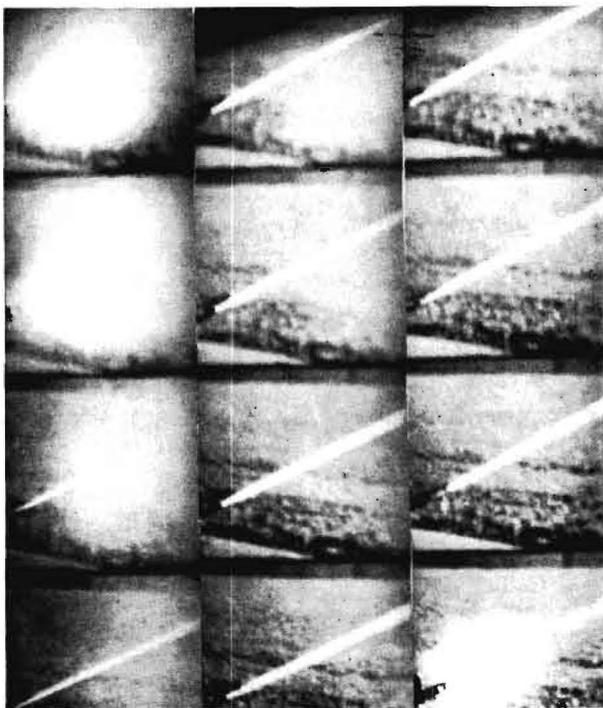


Bild 20: Störungsvorgang bei einem Industrieregner
(Bildreihe A)
Bildfolge: 32 Aufnahmen/s

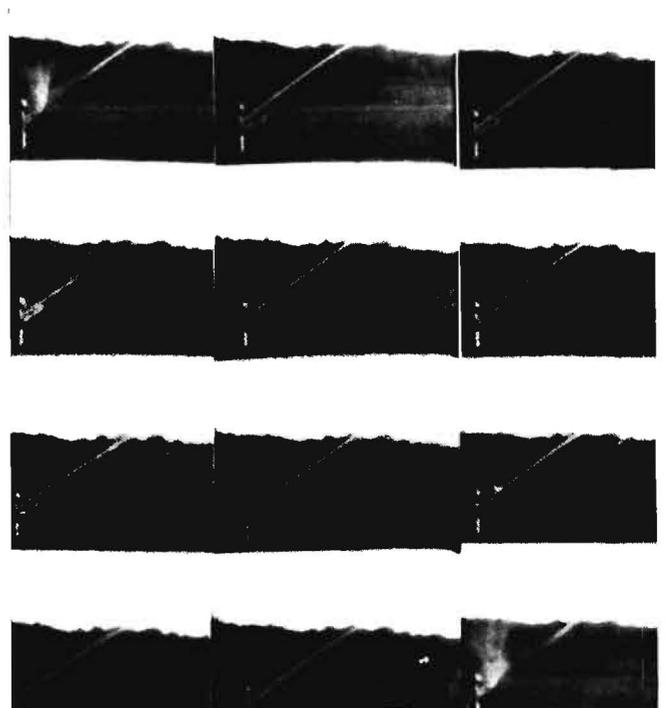


Bild 21: Störungsvorgang bei einem Versuchsregner
(Bildreihe B)
Bildfolge: 32 Aufnahmen/s



Bild 22: Industrieregner wie in Bildreihe A

Aufnahmeabstand wie in Bildreihe B: weite Ausbreitung des Wasserstaubs
Bildfolge: 16 Aufnahmen/s

chere Strahlen etwas mehr Wasserstaub erzeugen und gegen Windeinflüsse weniger widerstandsfähig sind als ein einzelner Strahl gleicher Leistung.

Bei größeren Schwinghebelregnern ist auch ein vollständiger Verzicht auf Strahlstörung möglich. So wurde bei den Untersuchungen über „Beregnung bei Wind“ [2] ein Versuchsregner eingesetzt, dessen Schwinghebel durch ein zweiarmiges, langsam laufendes Segner-Rad zum Ausschwingen gebracht, die Rückbewegung aber in üblicher Weise durch eine Feder bewerkstelligt wurde. Das Segner-Rad hatte einen so langsamen Lauf und die Druckverhältnisse waren so geregelt, daß kein sichtbarer Wasserstaub entstand.

7. Verringerung der Wasserverluste beim Verregnen von Düngelösung, Gülle und Abwasser

Es bedarf keiner Begründung, daß Verluste an nährstoffreichem Wasser den Landwirt härter treffen als Klarwasserverluste. Erfolgreiche Maßnahmen zur Verringerung von Wasserverlusten erscheinen daher für die düngende Beregnung besonders wichtig.

Ob und wie weit die erörterten Maßnahmen anwendbar sind, ist von der Beschaffenheit der zu verregnenden Flüssigkeit abhängig. Ist sie frei von Feststoffen, so sind die oben behandelten Maßnahmen ohne weiteres anwendbar. Man wird nur in der Wahl der Werkstoffe auf die möglichen chemischen Auswirkungen Rücksicht nehmen müssen. Ist das Wasser jedoch mit Feststoffen, besonders Faserstoffen, belastet, so können diese in einem Gleichrichter bekannter Bauweisen zurückgehalten werden und eine Verstopfung des Strahlrohrs verursachen. Ein voller Verzicht auf die Bekämpfung der Turbulenz und des noch schädlicheren Dralls im Strahlrohr würde aber zu stark streuenden Strahlen mit reichlichen Wasser- und Nährstoffverlusten führen. Zur Vermeidung dieses Übels bietet die Technik folgende Mittel:

1. Verwendung eines Gleichrichters, der auch Faserstoffe hindurchläßt. In Bild 23 ist ein solcher Gleichrichter dargestellt, bei dem die in das Strahlrohr eingebauten Leitlamellen in glatter Linie, ohne Absatz, aus der inneren Rohrwand herauswachsen und zur Rohrmitte hin sanft ansteigen, jedoch ohne sie zu erreichen. In der Rohrmitte muß noch ein Durchflußraum etwa in der Weite des Düsenquerschnitts offen bleiben.
2. Verwendung eines Rohrbogens mit größerem Radius statt einer einfachen Abwinkelung vor dem Strahlrohreinlauf. Dadurch werden die bei der Richtungsänderung des Wasserstroms infolge der Fliehkraft auftretenden Geschwindigkeitsunterschiede und die von ihnen bedingten Turbulenzen wesentlich verringert.
3. Reichliche Bemessung der Strahlrohrweite, weil die Turbulenz mit der Fließgeschwindigkeit zunimmt, und die Verwendung lieber von weiteren Düsen bei geringerem Druck als von engeren Düsen bei höherem Druck.

Die Befolgung dieser Ratschläge reicht noch nicht aus, um die Bildung eines eben so guten Wasserstrahls zu gewährleisten wie bei Einbau eines guten Röhrgleichrichters in das Strahlrohr. Man wird deshalb auch etwas größere Verluste durch die Bildung von Wasserstaub in Kauf nehmen müssen.

Die zweite Quelle von Wasserverlusten, die Strahlstörung, verlangt bei dem Verregnen von feststoffbelastetem Wasser

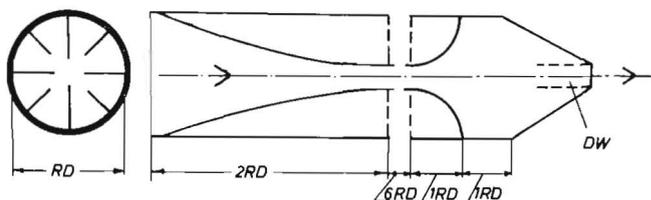


Bild 23: Skizze eines Strahlrohrs mit Gleichrichter für feststoffhaltiges Wasser

Auf dem sechs Rohrdurchmesser messenden Mittelstück verlaufen die Lamellenkanten parallel mit der Rohrachse und lassen eine innere Durchflußöffnung so weit wie Düsenweite frei

keine grundsätzlich anderen Formen der Störvorrichtungen, soweit die unmittelbar vom Strahl berührten Teile nicht Gelegenheit zum Anhängen von Faserstoffen bieten.

Zusammenfassung

Die nachweislich sehr hohen Sprühwasserverluste bei der Schwinghebel-Beregnung rühren teils von der Wasserstaubbildung des ungestörten Wasserstrahls, teils von der durch die Strahlstörung bedingten Bildung von Wasserstaub her. Eine wesentliche Verringerung der Wasserverluste kann nur durch eine straffere Zusammenfassung des ungestörten Strahls und eine Verbesserung der Strahlstörung oder einen vollständigen Verzicht auf diese erzielt werden.

Der einzige gangbare Weg zur Verbesserung des Regnerstrahls und mehrere Mittel zur Verbesserung der Störvorrichtungen bei der Kreis- und der Sektor-Beregnung werden aufgezeigt. Weiter wird ein Weg zum vollständigen Verzicht auf die Strahlstörung gewiesen. Die erreichbare Verringerung der Wasserverluste ist recht erheblich. Sie kommt der allgemeinen Wasserwirtschaft zugute, ebenso dem Effekt der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Beregnung, indem sie nicht nur Wasser, sondern auch Betriebskosten spart. Das gilt in erhöhtem Maße für die Betriebe mit düngender Beregnung. Für sie werden spezifische Maßnahmen vorgeschlagen.

Schrifttum

- [1] ANGERER, H.: Arbeitswirtschaftliche Hinweise zum Einsatz der Feldberegnung. Mitt. d. DLG 1966, H. 9
- [2] OEHLER, TH. und G. SCHONNOFF: Beregnung bei Wind. Untersuchung über die durch Wind bei der Beregnung verursachten Störungen und Maßnahmen zur ihrer Verhütung. Schriftenreihe des Kuratorium für Kulturbauwesen, Heft 10. Hamburg 1963

Résumé

Theodor Oehler: „Recherches sur la diminution des pertes d'eau par atomisation des jets d'arroseurs oscillants.“

Les pertes d'eau très élevées des arroseurs oscillants proviennent de la formation de brouillard d'eau en partie par le jet non brisé et en partie par le jet brisé. Une diminution notable des pertes d'eau ne peut être obtenue que par une meilleure centralisation du jet non brisé et par une amélioration des systèmes de brise-jet ou par la suppression complète de ces derniers.

L'auteur montre la seule voie possible permettant une amélioration sensible du jet et indique plusieurs moyens pour l'amélioration des brise-jet des arroseurs rotatifs et oscillants. Il montre de plus une voie qui permet la suppression complète du brise-jet. Les pertes d'eau peuvent ainsi être considérablement réduites. Il en résulte des avantages pour l'économie de l'eau en général et une amélioration de l'effet de l'arrosage agricole et maraîcher étant donné que l'on obtient non seulement une économie d'eau, mais également une réduction des frais d'exploitation. Ceci est surtout valable pour les exploitations qui arrosent avec une eau chargée d'engrais. L'auteur indique des mesures spécifiques pour ces exploitations.

Theodor Oehler: „Estudios en torno a la disminución de las pérdidas de agua en aparatos de riego por aspersión con balancín“

Se ha demostrado que las pérdidas de agua son muy altas en el riego por aspersión con balancín, debiéndose éstas, en parte, a la atomización del agua del chorro continuo y, en parte, a la pulverización del agua al interrumpir la continuidad del mencionado chorro. Una disminución considerable de las pérdidas de agua sólo se puede conseguir por una mayor densidad del chorro continuo y un mejoramiento de las interrupciones de éste o la total renuncia a tales interrupciones.

Se muestran el único camino practicable para el mejoramiento del chorro en la lluvia artificial así como varios medios para la mejora de los dispositivos de interrupción en la aspersión circular y por sectores. Además, se indica un camino para la renuncia total a la dislocación del chorro. La disminución conseguible de las pérdidas de agua es bien considerable, y redundará en provecho de la economía general de agua al igual que en provecho del efecto del riego por aspersión en campos y jardines al ahorrar no sólo agua, sino también gastos de explotación. Esto se hace extensivo

en mayor medida a las empresas con riego abonador, para el que se proponen medidas específicas.

Theodor Oehler: "Examination on the Reduction of Spray Losses with Rocker-Arm Sprinklers."

The provably very high spray losses at rocker-arm irrigation are partly due to the water spray formation of the undisturbed water jet and partly to the water formation of the disturbed jet. Only a better undisturbed jet and a decreased jet disturbance or a complete avoidance of the disturbances can reduce substantially the water losses.

The only way possible of improving the sprinkler jet and several means of decreasing the disturbances with circular and sector irrigation are described. Furthermore, a way is shown how the jet disturbance can be eliminated completely. The attainable reduction of the water losses is fairly considerable. It is for the benefit of general water economy and also of agricultural and horticultural irrigation, as not only water is saved but also operating expenses. This applies increasingly to farms with manuring irrigation. For these specific measures are proposed.

Numan Sungur:

Untersuchungen über die Zweckmäßigkeit von Schleuderschutzvorrichtungen an Stallungstreuern

Institut für Landmaschinen, Gießen

Es ist bekannt, daß an Stallungstreuern durch im Stallung befindliche Fremdkörper, die von den Streutrommeln nach vorn in den Bereich des Schlepperfahrers geworfen werden, Unfälle eintreten können. Aus den Unfallmeldungen der Berufsgenossenschaft zur Unfallverhütung seien folgende Merkmale erwähnt:

„Der Unfall geschah auf dem Feld beim Düngerfahren. Der Verletzte stand neben dem Trecker. Als der Streuer leer lief, wurde ein Stein herausgeschleudert und traf ihn.“

„Bei Arbeiten am Miststreuer schlug dem Verletzten ein Stein gegen seinen Rücken.“

„Erst als ein Stein nach vorne geschleudert wurde, stand fest, daß dieser Schutz nicht ausreichte.“

„Beim Miststreuen wurde dem Verletzten ein Stein gegen den Kopf geschleudert.“

„Beim Miststreuen flog dem Verletzten ein Stein gegen die rechte Wange.“

Es erscheint also notwendig, daß die Vorgänge, die zu sol-

chen Unfällen führen, systematisch näher untersucht werden. Es wurden deshalb Steine verschiedener Größe nach einem bestimmten System der Stallungladung beigegeben und deren Verhalten an Stallungmiststreuern mit verschiedenen Streuwerken festgestellt. Hierzu wurden Steine, deren Durchmesser zwischen 25—45 mm, 45—65 mm und 65—100 mm betragen, verwendet. Zu jeder Gruppe gehörende Steine wurden mit drei verschiedenen Farben (weiß, gelb, rot) angestrichen. Um die Mittelgröße von der größeren und kleineren Gruppe leicht zu unterscheiden, sind diese Steine mit zwei weiteren Farben gekennzeichnet. Damit sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Feststellung der Größe (Durchmesser und Gewicht) der ausgeschleuderten Steine;
2. Abhängigkeit der ausgeschleuderten Steinzahl von der Anzahl der im Stallung befindlichen;
3. Abhängigkeit der ausgeschleuderten Steinzahl von der Vorschubgeschwindigkeit des Kratzbodens;
4. Wurfhöhe und Wurfweite der durch das Streuwerk ausgeschleuderten Steine;
5. Einfluß der Lage der Steine im Stallung auf die Anzahl der ausgeschleuderten Steine (d. h. welche von dem in der

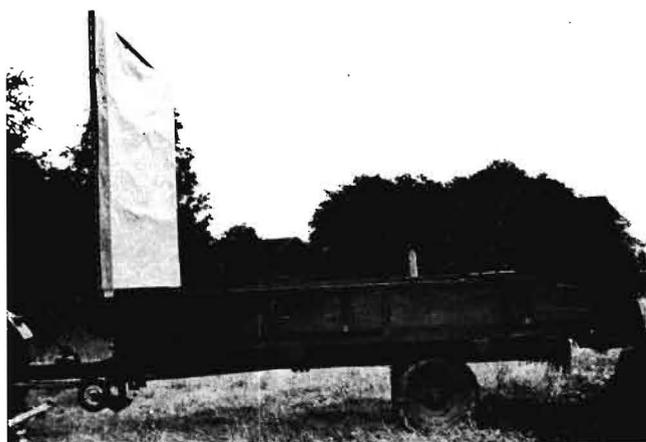


Bild 1: Auffangrahmen für ausgeschleuderte Fremdkörper am Stallungstreuer zur Kennlichmachung der Flugbahn

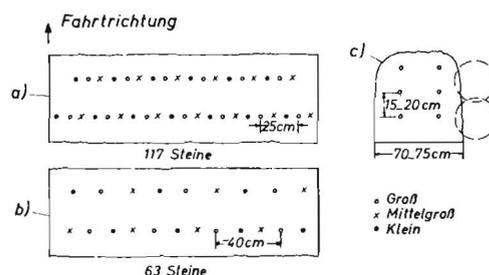


Bild 2: Systematik der Verteilung der Steine in der Stallungladung des Streuers

- a Verteilung in einer der horizontalen Ebenen bei dichtem Besatz (117 Steine)
- b Verteilung bei geringerem Besatz (63 Steine)
- c Steinschichtung und Größe der Stallungladung