

# Zur Tröpfchenabdrift bei der Beregnung

Dr.-Ing. D. Voigt, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR, Betriebsteil Potsdam-Bornim

Seit längerem ist bekannt, daß bei der Beregnung Wasserverluste auftreten. Dazu gehören Verdunstungsverluste auf dem Wege des Wassers vom Regner, zur Pflanze beziehungsweise zum Boden sowie Verluste infolge von Verwehung oder Abdrift.

Diese Wasserverluste sind auch unerwünscht, weil sie bei der Abwasser- und Gülleverregnung eine Umweltbelastung bzw. Umweltverschmutzung hervorrufen. In diesem Fall kommt zu der Tröpfchenabdrift noch die Geruchsbelästigung hinzu.

In den letzten Jahren wird diesem Umstand erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Zur Geruchsbelästigung bei der Gülleverregnung wurden bereits spezielle Ermittlungen durchgeführt [1].

Über entsprechende Untersuchungen zur Tröpfchenabdrift soll im folgenden berichtet werden.

## 1. Theoretische Grundlagen

Die Menge oder Anzahl der verwehten Tröpfchen ist abhängig von der Menge der in der Zeiteinheit ausgebrachten Gülle, von der Auflösung in Tropfen, insbesondere dem Anteil schwebender Tröpfchen im Tropfenspektrum, der konstruktiven Gestaltung des Regners und den meteorologischen Bedingungen.

Die Abdrift der Tröpfchen ist hauptsächlich von

der Windgeschwindigkeit und von der Verdunstung abhängig.

Für die Verdunstung eines in der Luft schwebenden Tröpfchens kann man folgende Modellgleichung ansetzen:

$$dV - \bar{v} O dt = 0;$$

$dV$  Änderung des Tropfenvolumens

$\bar{v}$  spezifische Verdunstung

$O$  Oberfläche des Tröpfchens

$dt$  Zeiteinheit.

Durch Umformen und Integrieren erhält man

$$t = \frac{d_0 - d}{2\bar{v}};$$

$t$  Verdunstungsdauer

$d_0$  ursprünglicher Tröpfchendurchmesser

$d$  Tröpfchendurchmesser zum Zeitpunkt  $t$ .

Für völliges Austrocknen des Tröpfchens ( $d = 0$ ) in der Luft ergibt sich die Verdunstungsdauer aus

$$t = \frac{d_0}{2\bar{v}}$$

Die Tröpfchengröße  $d_0$  in Aerosolen beträgt  $10^{-5}$  bis  $10^{-2}$  mm. Die spezifische Verdunstung  $\bar{v}$  ist von Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte und Luftdruck abhängig. Sie läßt sich aus der Verdunstungshöhe eines freien Wasserspiegels ableiten. Für mitteleuropäische Verhältnisse beträgt die tägliche Verdunstung einer freien Wasserfläche im groben Durchschnitt 4 mm. Daraus errechnet sich eine spezifische Verdunstung von  $\bar{v} = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{mm}^2 \cdot \text{min}$ . Mit diesen Werten läßt sich die Verdunstungsdauer von Tröpfchen annähernd ermitteln (Bild 1).

Die Abdrift (Reichweite, Flugweite) derartiger Tröpfchen ergibt sich dann aus der Beziehung

$$s = vt;$$

$s$  Abdrift

$v$  Windgeschwindigkeit

$t$  Verdunstungsdauer.

Im Bild 2 sind die Abdriftweiten verschiedener Tröpfchengrößen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dargestellt. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß eine nennenswerte Abdrift nur bei Tröpfchen mit Durchmesser zwischen  $10^{-2}$  mm und  $10^{-3}$  mm auftritt. Größere Tröpfchen schweben nicht,

sondern fallen, kleinere Tröpfchen verdunsten zu rasch. Die Abdrift beträgt bei Windgeschwindigkeiten bis zu 5 m/s maximal 540 m.

## 2. Versuchsdurchführung

Für die Umweltverschmutzung kann man folgende Abhängigkeit formulieren:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_9);$$

$y$  Kriterium, Maß der Umweltverschmutzung

$x_1$  Abstand vom Regner

$x_2$  Strahlung (Bewölkung)

$x_3$  Lufttemperatur

$x_4$  Luftfeuchte

$x_5$  Windgeschwindigkeit

$x_6$  Betriebsdruck

$x_7$  Regnerkonstruktion

$x_8$  Düsenweite

$x_9$  Meßdauer.

Zur Untersuchung des Einflusses dieser Größen auf die Umweltverschmutzung wurden in Zusammenarbeit mit dem Bezirks-Hygiene-Institut Neustrelitz spezielle Messungen durchgeführt [2]. Als Maß für die Umweltverschmutzung diente dabei die Anzahl der verwehten Tröpfchen. Zur Bestimmung der Tröpfchenabdrift wurden mit einem Fuchsinpiegel versehene Petrischalen verwendet. Die Auffangfläche der Petrischalen betrug  $64 \text{ cm}^2$ . Die Meßstellen befanden sich auf 1,5 m hohen Metallstäben, die oben zur Aufnahme der Petrischalen mit einer Plattform versehen waren. Die Plattform war während der Versuche um  $45^\circ$  abgewinkelt. Die Meßanordnung war so aufgebaut, daß in Windrichtung vom Regner aus in Abständen von jeweils 25 m die Meßstellen errichtet wurden. Die Untersuchungen wurden mit zwei Regnertypen unterschiedlicher Konstruktion, aber gleicher Düsenweite von 15 mm durchgeführt. Die Regner wurden in einer Höhe von 1 m über dem Erdboden aufgestellt. Die Meßdauer betrug 15 min.

Während der Versuche wurden die Bewölkung, die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte, die Windgeschwindigkeit und der Betriebsdruck ermittelt.

Die Zahl der Tröpfchen auf den Fuchsinplatten wurde im Laboratorium ausgezählt.

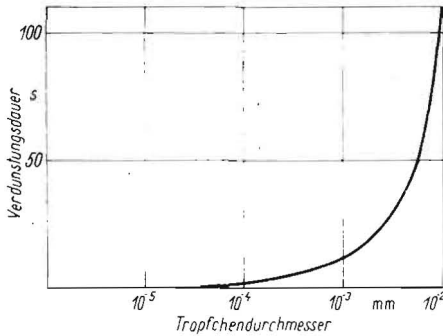


Bild 1. Verdunstungsdauer in Abhängigkeit von der Tröpfchengröße

Bild 2. Tröpfchenabdrift in Abhängigkeit von Durchmesser und Windgeschwindigkeit

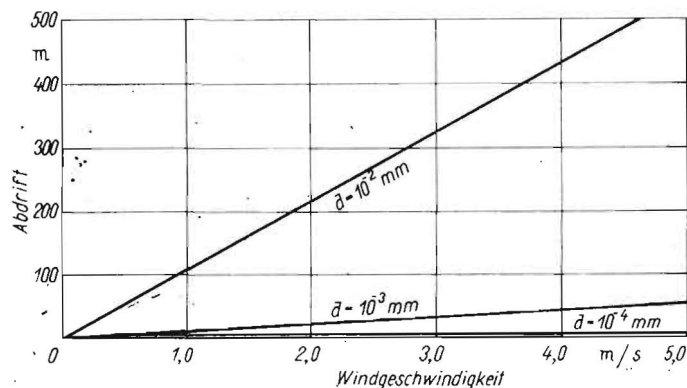
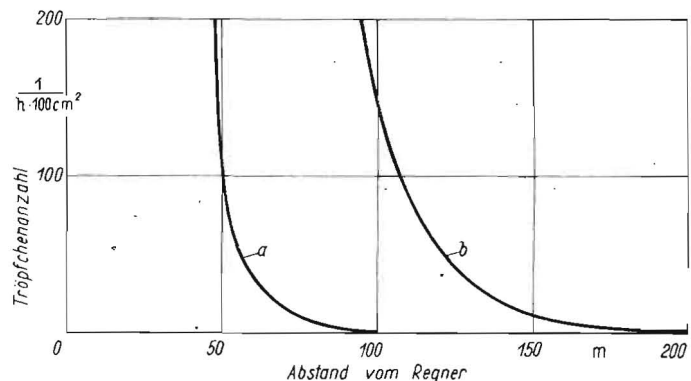


Bild 3. Tröpfchenabdrift beim Regner Typ A (Kurve a) und beim Regner Typ B (Kurve b); Windgeschwindigkeit 3 m/s, Betriebsdruck 0,2 MPa



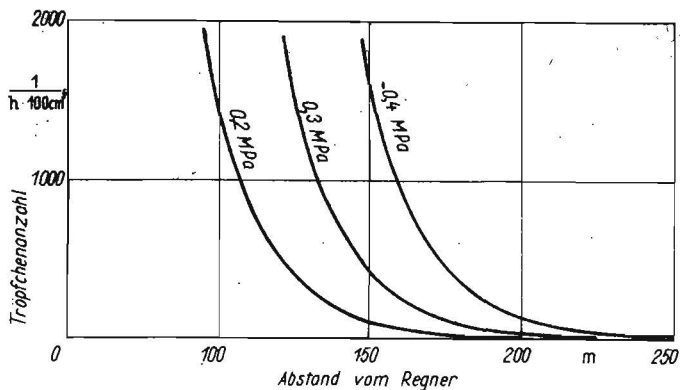


Bild 4. Einfluß des Betriebsdrucks auf die Tröpfchenabdrift beim Regner Typ B; Düsenweite 15 mm, Windgeschwindigkeit 3 m/s, Luftfeuchte 55 %

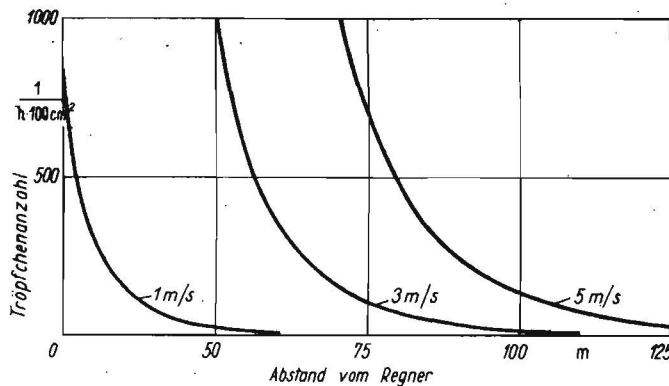


Bild 5. Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die Tröpfchenabdrift beim Regner Typ A; Bewölkung heiter bis bedeckt, Lufttemperatur 25 bis 33 °C, Luftfeuchte 49 bis 58 %

### 3. Ergebnisse und Auswertung der Versuche

Der mathematischen Auswertung der Ergebnisse wurden multiple, nichtlineare Regressionsfunktionen zugrunde gelegt.

Die statistische Auswertung lieferte für den Regner Typ A die Gleichung

$$y_A = 1,11 \cdot 10^{11} x_1^{-5,78} x_5^{3,77}$$

mit einem Bestimmtheitsmaß  $B = 0,89$  und für den Regner Typ B die Gleichung

$$y_B = 1,62 \cdot 10^{14}$$

$$\cdot e^{-0,052x_1 - 0,472x_4 + 1,014x_5 + 1,378x_6}$$

mit einem Bestimmtheitsmaß  $B = 0,82$ .

Diese Gleichungen sind für folgende Variationsbreiten der Einflußgrößen definiert:

$$x_1 = 25 \dots 250 \text{ m}$$

$$x_2 = 1 \dots 3 \text{ (1 heiter; 2 halb bedeckt; 3 stark bewölkt)}$$

$$x_3 = 19 \dots 33 \text{ °C}$$

$$x_4 = 49 \dots 58 \text{ \%}$$

$$x_5 = 1,9 \dots 3,6 \text{ m/s}$$

$$x_6 = 0,2 \dots 0,45 \text{ MPa}$$

Aus den Regressionsgleichungen geht hervor, daß beim Regner Typ A aus den Meßergebnissen kein statistisch gesicherter Einfluß von Strahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchte auf die Tröpfchenabdrift nachgewiesen werden konnte.

Beim Regner Typ B ist lediglich der Einfluß der Strahlung und der Lufttemperatur statistisch nicht gesichert.

Das Bestimmtheitsmaß beider Regressionsgleichungen ist hoch.

#### 3.1. Vergleich der Regner

Im Bild 3 ist die Tröpfchenabdrift der beiden untersuchten Regnertypen bei einer Wind-

geschwindigkeit von 3 m/s und einem Betriebsdruck von 0,2 MPa dargestellt. Daraus geht eindeutig hervor, daß die Tröpfchenabdrift des Regners Typ A wesentlich geringer ist als bei dem Regner Typ B. Die Tröpfchenanzahl des Regners Typ B bei einer Entfernung von 110 m entspricht etwa der Tröpfchenanzahl des Regners Typ A bei 50 m.

#### 3.2. Einfluß des Betriebsdrucks

Aus der Regressionsgleichung für die Tröpfchenabdrift beim Regner Typ B geht hervor, daß der Betriebsdruck die Tröpfchenabdrift beeinflusst.

Wie im Bild 4 zu erkennen ist, nimmt die Tröpfchenabdrift mit steigendem Betriebsdruck zu. Das ist einmal darauf zurückzuführen, daß durch höheren Betriebsdruck der Regnerstrahl stärker aufgelöst und zerstäubt wird und dadurch mehr kleinere Tröpfchen erzeugt werden, die schweben und abgetrieben werden können. Andererseits steigt der Durchsatz des Regners mit zunehmendem Druck, so daß sich auch dadurch die Menge bzw. die Zahl der Tröpfchen und damit die Tröpfchenabdrift erhöhen.

#### 3.3. Einfluß der Windgeschwindigkeit

Von entscheidendem Einfluß auf die Tröpfchenabdrift ist die Windgeschwindigkeit. Wie aus Bild 5 hervorgeht, verdreifacht sich etwa die Reichweite der Tröpfchenabdrift bei einer Zunahme der Windgeschwindigkeit von 1 m/s auf 5 m/s.

Die Reichweite beträgt bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s beim Regner Typ A etwa 150 m. Das ist wesentlich weniger, als

theoretisch ermittelt wurde. Ursache dafür sein können eine höhere spezifische Verdunstung oder kleinere Tröpfchen, die rascher verdunsten. Messungen des Tropfenspektrums der Regner bei verschiedenen Betriebsdrücken können Aufschluß darüber geben.

### 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In speziellen Versuchen wurde die Abhängigkeit der Tröpfchenabdrift bei der Gülleverregnung von technischen und klimatischen Faktoren untersucht.

Es wurde festgestellt, daß sowohl die Regnerkonstruktion als auch Betriebsdruck und Windgeschwindigkeit erheblichen Einfluß auf die Tröpfchenabdrift haben können.

Die Untersuchungsergebnisse können zur umweltfreundlichen Gestaltung von Regnern, zur Wahl der günstigen Betriebsparameter sowie als Grundlage für die Festlegung von Sicherheitsabständen von Straßen und Siedlungen bei der Gülleverregnung dienen.

### Literatur

- [1] Pflieger, J. u. a.: Ermittlungen zur Geruchsbelästigung bei Gülleverregnung. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Jena, 1974 (unveröffentlicht).
- [2] Klug, J. u. a.: Bewertung von Verfahren zur Aufbereitung, Lagerung und Ausbringung von Gülle, Güllefugat und biologisch aufbereiteter Gülleflüssigkeit aus hygienischer und landeskultureller Sicht. Bezirks-Hygiene-Institut Neustrelitz 1976 (unveröffentlicht). A 1897

## Landmaschinenangebot zur Leipziger Frühjahrsmesse

Das Angebot der Leipziger Frühjahrsmesse 1978 an Maschinen und Ausrüstungen für sämtliche Arbeitsstufen der Nahrungsgüterproduktion reicht von Landmaschinen und Anlagen der Landwirtschaft über Maschinen und Ausrüstungen für die Nahrungs- und Genußmittelindustrie bis zur Verpackungstechnik. Dreizehn Länder werden dazu ausstellen, an der Spitze die DDR als einer der führenden Produzenten im Weltmaßstab auch von Maschi-

nen und Ausrüstungen für die industriemäßige Pflanzen- und Tierproduktion.

Der VEB Weimar-Kombinat wird u. a. den neuen Kartoffelrodeler E 682 in den Vordergrund stellen. Es handelt sich um eine zweireihige, leistungsfähige und an stark wechselnde Einsatzbedingungen gut angepaßte Erntemaschine für Einmann-Bedienung, die sich neben guter Arbeitsqualität auch durch geringe Störanfälligkeit auszeichnet. Großes Interesse wird weiterhin der neue Aufsatzbeetpflug B 552 als Variante des B 550 für Wiesen- und Moorumbbruch finden.

Aus dem Kombinat Fortschritt sind komplette Maschinensysteme für die Getreideproduktion und -verarbeitung und für Halmfutterproduktion und -verarbeitung angekündigt. Dabei stehen der Mähdescher E 516 und die Hochdruckpresse K 453 im Mittelpunkt.

Der VEB Kombinat Impulsa vermittelt vor allem einen Überblick über sein repräsentatives Programm an Milchgewinnungsanlagen.

(Presseinformation)