

Zur Weiterentwicklung der „Rollenden Regnerflügel“

E. ZECH, KDT*

1. Einleitung

Bei dem Betrieb von Beregnungsanlagen erfordert der Rohrtransport der Flügelleitungen von Vorschub zu Vorschub den größten Arbeitsaufwand. Rollende Regnerflügel sind ein Mittel, um den Rohrtransport zu mechanisieren und den Arbeitsaufwand zu senken. Voraussetzung für den Einsatz sind langgestreckte rechteckige Flächen. Die Länge der Flächen richtet sich nach der Niederschlagsdichte, dem Vorschub, der Höhe der einzelnen Regengaben und dem Beregnungsturnus (Umtrieb). Sie sollte jedoch nicht unter 300 m sein. Hindernisse, wie Gräben, Bäume, Leitungsmasten oder feste Koppelzäune dürfen nicht vorhanden sein.

Bei einer guten Funktion (kein Abwinkeln der Rohre beim Rollen) können Rollende Regnerflügel auf Grund der Arbeiterleichterung auch von Frauen, Jugendlichen oder Rentnern bedient werden. Die Pflanzenschäden werden auf ein erträgliches Maß gesenkt.

2. Vergleich verschiedener Varianten Rollender Regnerflügel

In den Jahren 1959 bis 1964 wurden folgende Varianten Rollender Regnerflügel im Verlauf von Erprobungen und Prüfungen untersucht:

- a) PERROT 1. Ausführung
- b) PERROT 2. Ausführung
- c) Anlage des VEB (K) Wasserwirtschaft Jüterbog
- d) Anlage von E. Gausche & Sohn KG.

Einsatzstellen waren unter anderem das Lehr- und Versuchsgut des IfL Potsdam-Bornim und die Abwasserwertungsgebiete Jüterbog und Neustrelitz. Der Regnerflügel wurde wahlweise mit Schwach-, Mittelstark- oder Weitstrahlmittelstarkregnern eingesetzt.

2.1. Die Länge des Regnerflügels (PERROT a) betrug 120 m. Verwendet wurden Rohre der NW 100. Die Wanddicke betrug 1,0 mm, die Masse eines Rohres einschließlich Bügel und Schelle 30,7 kg, die eines Rades 13,0 kg. Das Rad war teilbar und wurde durch 8 Schrauben zusammengehalten.

Es ließ sich auf dem Rohr verschieben. Ein Bügel, der gleichzeitig die Drehbewegung des Rohres auf das Rad übertrug, stellte die Begrenzung (Bild 1) dar. Die Rohre waren mit der Kupplung BM 55 mit drei Spannbügeln versehen. Die Anlage wurde mehrmals 500 m vor- und zurückgerollt. Der Regnerflügel blieb gerade, kleine Abwinklungen durch Geländeunebenheiten glichen sich durch die Spannungen der Rohre und Kupplungen bis zum nächsten Vorschub wieder aus. Beim Vor- und Zurückrollen hielt die Anlage Spur, so daß ein Ausrichten nicht nötig war.

Ein großer Nachteil dieser Anlage war der hohe Arbeitsaufwand bei der Montage bzw. Demontage. Deshalb wurde diese Anlage beim Hersteller umgerüstet.

2.2. Bei der veränderten Ausführung (PERROT b) sind die Räder nicht teilbar, sie werden auf Stäbe, die an den Rädern angebracht sind, aufgeschoben. Die Rohre haben eine Wanddicke von 1,25 mm. Ihre Masse beträgt 42,4 kg, die eines Rades 11,4 kg. Die Gesamtmasse hat sich also um 10,1 kg erhöht. Diese Anlage bleibt beim Rollen nicht gerade. Die Spannung der Kupplungen reicht nicht aus, um die Anlage wieder auszurichten. Im Oderbruch wurde jedoch die Anlage mit gutem Erfolg zur Beregnung von Rotkohl eingesetzt.

Es wurden Regengaben bis zu 40 mm gegeben, im Oderbruch sind im allgemeinen die einzelnen Regengaben nicht über 20 mm.

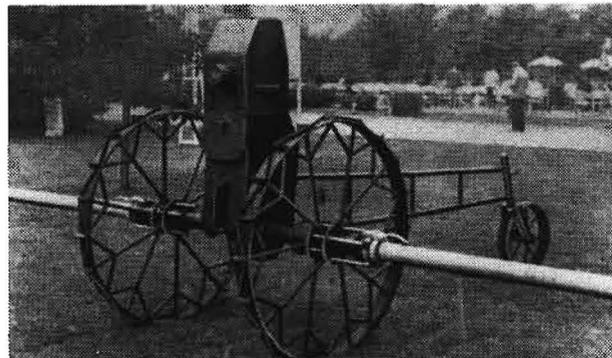
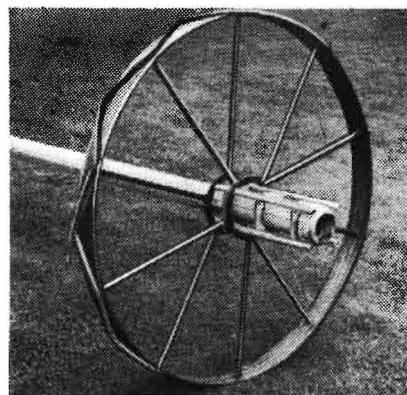
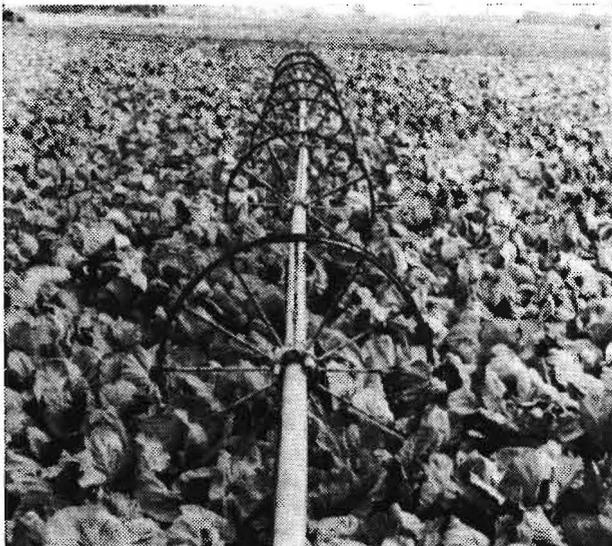
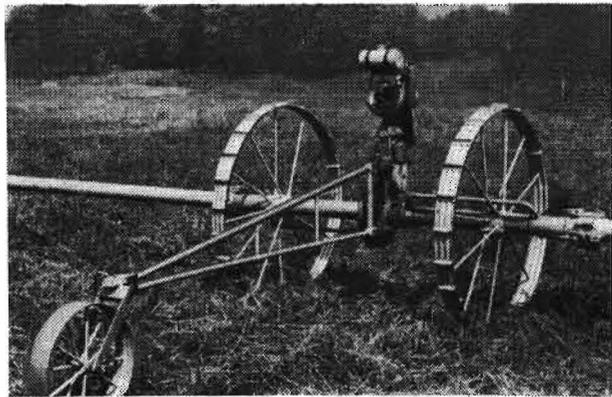
* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Leiter: Dipl.-Ing. TUREK)

Bild 1. Mittelteil des Rollenden Regnerflügels System Perrot, 1. Ausführung

Bild 2. Rollender Regnerflügel System Perrot (2. Ausführung) im Oderbruch

Bild 3. Rad des Rollenden Regnerflügels vom VEB (K) Wasserwirtschaft Jüterbog

Bild 4. Räder mit Raupe und Querstollen (Jüterbog, VEB Wasserwirtschaft)



Tafel 1. Absoluter Arbeitsaufwand für Montage und Demontage der Rollenden Regnerflügel sowie für das Ausrichten nach je einem Vorschub von 30 m bei unterschiedlichen Schlaglängen

Schlaglänge [m]	Montage- und Demontagezeit (2 Ak) [min]			Ausrichten nach Vorschub (1 Ak) [min]			Ausfallzeit (Montage und Ausrichten) [min]		
	PERROT alte Ausfüh- rung	PERROT umge- rüstet	JÜTERBOG beide Typen	PERROT alte Ausfüh- rung	PERROT umge- rüstet	JÜTERBOG beide Typen	PERROT alte Ausfüh- rung	PERROT umge- rüstet	JÜTERBOG beide Typen
150	137,8	44,1	39,4	0,0	0,0	25,-	137,8	44,1	64,4
300	137,8	44,1	39,4	0,0	5,0	50,-	137,8	49,1	89,4
450	137,8	44,1	39,4	0,0	5,0	75,-	137,8	49,1	114,4
600	137,8	44,1	39,4	0,0	10,0	100,-	137,8	54,1	139,4
750	137,8	44,1	39,4	0,0	10,0	125,-	137,8	54,1	164,4
900	137,8	44,1	39,4	0,0	15,0	150,-	137,8	59,1	189,4
1050	137,8	44,1	39,4	0,0	15,0	175,-	137,8	59,1	214,4

Pflanzenschäden traten nicht auf. Allerdings wurde nach jedem Vorschub kontrolliert, ob die Räder noch in der Mitte zwischen den Pflanzenreihen standen. Anderenfalls wurden sie nachgestellt (Bild 2). Ein Nachstellen der Räder beim Einsatz des Regnerflügels auf Reihenkulturen wird fast immer notwendig sein, denn einmal ist es sehr schwierig, den Regnerflügel genau rechtwinklig zu den Reihen aufzustellen, zum anderen gibt es kaum ganz gerade Pflanzenreihen.

2.3. Als nächstes wurde der Rollende Regnerflügel System Jüterbog Versuchsmuster (c) untersucht. Hersteller: VEB (K) Wasserwirtschaft Jüterbog. Zu dieser Anlage wurden Schnellkupplungsrohre NW 80 mit Kardangelkuppelung, an denen Ösen mit Mitnehmerstäben angeschweißt sind, verwendet. Die Räder waren mit einem Steg versehen (Bild 3). Beim Rollen blieb die Anlage nicht gerade, die einzelnen Rohre wankten sich sehr stark ab. Das Mittelteil blieb zurück. Durch die Eigenmasse des Antriebes wurde der Steg bis zu den Laufflächen der Räder in die Grasnarbe gedrückt, während bei den anderen Rädern die Raupe gar nicht oder nur bis 3 mm einsank, so daß der Weg, den die einzelnen Räder bei einer Umdrehung zurücklegten, sehr unterschiedlich war. Um ein Nachlaufen des Mittelteils zu verhindern, wurden vom Hersteller an den Rädern des Mittelteils zusätzlich Querstellen angebracht (Bild 4). Dadurch wurde aber nur erreicht, daß das Mittelteil voreilte.

2.4. An den Rädern des Rollenden Regnerflügels, System Jüterbog, Hersteller: E. Gausche & Sohn KG. — Maschinen- und Mühlenbau Jüterbog — sind nur Querstellen angebracht (Bild 5), jedoch sind diese an den Rädern des Mittelteils um 10 mm höher als bei den übrigen Rädern. Sonst entspricht die Konstruktion dieser Anlage der des VEB (K) Wasserwirtschaft. Die Rohre sind 5,80 m lang, die Wanddicke beträgt 1,5 mm, die Masse 30 kg, die eines Rades 11,3 kg. Bei Messungen auf ebenem und hügeligem Grünland wurden unterschiedliche Ergebnisse festgestellt. Neben einem Abwinkeln der einzelnen Rohre wurde ein Nach- bzw. Vorlaufen des Mittelteiles gemessen.

Auf Ackerflächen vergrößert sich das Abwinkeln der Rohre, besonders auf schweren, aufgeweichten Böden sehr stark. Sind Furchen vorhanden, so bleibt das Abwinkeln während eines Vorschubs in tragbaren Grenzen.

Durch das Abwinkeln der einzelnen Rohre kommt es zu Brüchen und zu übermäßigen Pflanzenschäden. Die Anlage muß nach dem Vorschub ausgerichtet werden. Das Abwinkeln wird nur bedingt durch das Vor- bzw. Nacheilen des Mittelteils hervorgerufen. Die Ursachen sind vielmehr die unterschiedlichen Bodenunebenheiten in den Spuren der Räder und das ungleichmäßige Anhaften des Bodens an den Laufflächen. Durch das letztere entstehen Veränderungen der Radurchmesser. Dieser Mangel ließe sich am besten durch eine Kupplung von höheren Steifigkeiten beheben. Besonders störend macht sich bei dieser Anlage das Öffnen der Spannbügel und dadurch das Lösen der Kupplungsteile bemerkbar. Eine Arbeitskraft ist kaum in der Lage, den Regnerflügel wieder zusammenzukuppeln.

Bei der Jüterboger Anlage sind auf Grund der Konstruktion der Kupplung die Montagezeiten um 280 s kürzer als bei der

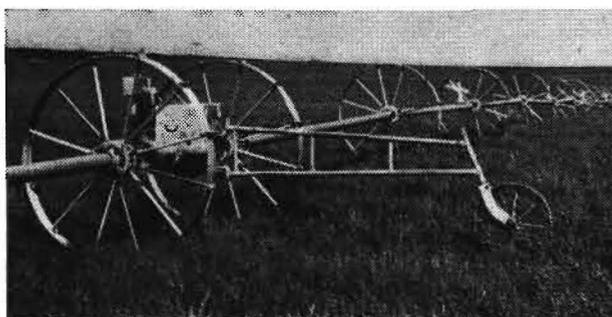


Bild 5. Rollender Regnerflügel (Gausche & Sohn, Jüterbog)

Anlage von PERROT. Da aber die Zeit zum Ausrichten der Anlage nach einem Vorschub 300 s beträgt, die PERROT-Anlage, 2. Ausführung, jedoch nur nach einer Rollstrecke von über 300 m ausgerichtet zu werden braucht, so ist der Arbeitsaufwand doch bedeutend höher als die Zeitersparnis bei der Montage (Tafel 1).

Wie aus der Tafel ersichtlich, verlängert sich bei größeren Schlaglängen die Ausfallzeit bei dem Regnerflügel System Jüterbog erheblich gegenüber der umgerüsteten PERROT-Anlage. Lange rechtwinklige Flächen sind aber Voraussetzung für einen günstigen Einsatz Rollender Regnerflügel.

Das Ausrichten einer Beregnungsanlage in 5 min, wie in der Tafel zugrunde gelegt, erfordert einen gut eingearbeiteten kräftigen Beregnungswärter. Die anzuhebende Last kann dabei bis zu 150 kg bei dem Mittelteil und 75 kg bei den Rohren betragen. Wird das Ausrichten vernachlässigt, kommt es zu Brüchen in der Rohrleitung. Der einzige Vorteil der Jüterboger Anlage ist, daß durch die Abwinkelbarkeit der Rohre der Regnerflügel sich besser den Geländeunebenheiten anpaßt. Dieser Vorteil hebt aber nicht die aufgeführten Nachteile auf.

3. Schlußfolgerungen und allgemeine Forderungen an die Weiterentwicklung

Aus der Literatur ist bekannt, daß in den USA Rollende Regnerflügel mit einer Länge von 400 m einwandfrei arbeiten. Die Rohre sind aus Aluminium gefertigt und mit Steckkupplungen versehen, an denen Hülsen angebracht sind. Die Rohre werden durch Schrauben zusammengehalten.

Auch in der DDR mehren sich die Stimmen, die eine größere Arbeitsbreite der Rollenden Regnerflügel fordern. Größere Arbeitsbreiten erfordern aber auch eine höhere Stabilität der Rohrleitungen. Eine höhere Stabilität der Rohrleitungen läßt sich aber mit der jetzigen Kupplung nicht erreichen. 3 Zuglaschen statt 2 und Festlegen der Spannbügel oder eine Steck- bzw. Flanschkupplung würden eine Verbesserung der Arbeitsqualität der Rollenden Regnerflügel erreichen.

Der Prüfungsausschuß hat bei der Abschlußbesprechung „Prüfung Rollender Regnerflügel, System Jüterbog“ folgendes empfohlen:

(Fortsetzung auf Seite 218)

Immer wieder begegnet man in der Praxis Beregnungsanlagen, bei denen die Regner ohne ausreichenden Druck arbeiten. Sieht man von betrieblichen Fehlern ab, etwa, daß zuviel Regner gleichzeitig arbeiten, so ist eine mögliche Ursache dafür zu geringe Bemessung der Förderhöhe des Pumpenaggregats auf Grund falscher Berechnung des Druckverlustes in den Rohrleitungen.

1. Allgemeine Grundlagen

Während der Druckverlust in den Erdleitungen im allgemeinen nach den in der Wasserwirtschaft geltenden Richtlinien ermittelt wird bzw. werden kann, errechnet man die Druckverluste in den oberirdischen Schnellkupplungsleitungen seit Jahrzehnten mit den von OEHLER [1] ermittelten Werten. Der Benutzer der Tafeln von OEHLER macht sich heute kaum noch Gedanken darüber, für welche Rohre diese Tafeln eigentlich gelten. Durch Übertragung der Meßergebnisse OEHLERS auf Rohre mit anderen Kupplungen, aus andern Material und mit anderen Abmessungen können beträchtliche Fehler entstehen. OEHLER weist selbst darauf hin, daß die Unterschiede in den Fließwiderständen verschiedener Fabrikate so groß sind, daß es nicht angängig ist, alle SK-Leitungen nach dem gleichen Schema zu berechnen, vielmehr ist eine individuelle Behandlung erforderlich [1].

KEUNEKE und MOSER [2] stellen ebenfalls fest: „diese Ergebnisse in Verbindung mit Verhältniszahlen nach OEHLER können jedoch nur für eine überschlägliche Berechnung Verwendung finden, da neben der Strömungsgeschwindigkeit und dem Rohrdurchmesser auch Rauigkeit, Konstruktion der Schnellkupplung sowie die kinematische Zähigkeit ν des strömenden Mediums von Einfluß auf den Widerstandsbeiwert sind“.

Allgemein gilt für den Druckverlust in einer geraden Rohrleitung vom Durchmesser d und der Länge l die Beziehung

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2.$$

Darin bedeuten:

- Δp Druckverlust
- λ Widerstandsbeiwert,
- ρ Dichte des strömenden Mediums
- w Strömungsgeschwindigkeit.

Für die Strömung in rauen Rohren, zu denen die Schnellkupplungsrohre zu zählen sind, unterscheidet man drei Strömungsbereiche; je einen Bereich mit laminarem und turbulentem Fließen und einen Übergangsbereich.

Der größte Teil der praktischen Fälle liegt im Übergangsbereich. Für diesen Bereich hat COLEBROOK eine Formel für den Widerstandsbeiwert ermittelt.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\frac{0,27 \cdot k}{d} + \frac{2,52}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right]$$

Darin bedeuten:

- k die mittlere Wandrauhigkeit und
- Re die Reynold'sche Zahl

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

In Bild 1 ist die COLEBROOKSCHE Gleichung graphisch dargestellt. Mit Hilfe dieser Gleichungen ist es möglich, den Druckverlust in entsprechenden Rohrleitungen zu berechnen. In den Richtlinien und Bemessungsgrundlagen für Anlagen im Allgemeinen Wasserbau [3] Abschnitt 3.729.1 (Stationäres Druckrohrnetz) heißt es „Ermittlung der Rohrreibungsverluste nach Prandtl-Colebrook unter Beachtung der entsprechenden k -Werte“ und Abschnitt 3.729.2 Schnellkupplungsleitungen, „Berechnung der Rohrreibungsverluste nach Prandtl-Colebrook“.

Während für viele Rohrarten die entsprechenden k -Werte bereits ermittelt worden sind, gibt es für Schnellkupplungsrohre noch keine allgemeingültigen Unterlagen.

In den Richtlinien zur Ausarbeitung von Projekten für den Bau von Bewässerungsanlagen [4] werden dementsprechend für verschiedene Rohrarten k -Werte angegeben.

Der Druckverlust in Schnellkupplungsleitungen soll jedoch wieder nach den graphischen Darstellungen von OEHLER ermittelt werden.

Auf die Mängel dieser Berechnung wurde bereits hingewiesen. KEUNEKE und MOSER [2] ermittelten erstmals k -Werte für Schnellkupplungsrohre. Sie untersuchten SK-Rohre von PERRROT mit verschiedenen Durchmessern und mit unterschiedlichen Kupplungen. Als Mittelwerte ergaben sich für SK-Rohre der Bauart A eine absolute Rauigkeit von 0,011 mm und für die Bauart B von 0,029 mm. Die Kupplungen der Bauart A sind die bekannten Kardangelnschnellkupplungen.

Mit diesen k -Werten können die Druckverluste in SK-Rohren der Firma PERRROT genauer als nach den Kurven von OEHLER ermittelt werden.

Es ergibt sich nun die Frage, ob die SK-Rohre des VEB Rohrwerke Bitterfeld ebenfalls mit diesen Werten berechnet werden können. Diese Frage muß von vornherein verneint werden, da die SK-Rohre des VEB Rohrwerke Bitterfeld eine andere Länge, andere Konstruktion und vermutlich auch andere Wandrauhigkeit haben.

Es erscheint daher dringend erforderlich, für die in der DDR vorhandenen SK-Rohre entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Über die ersten Ergebnisse entsprechender Versuche soll im folgenden berichtet werden.

2. Versuchsanordnung und -durchführung

Die Messungen wurden an SK-Rohren des VEB Rohrwerke Bitterfeld (Bild 2) durchgeführt. Ziel der Messungen war, 1. nachzuweisen, ob Abweichungen zu den Kurven von OEHLER bestehen und

2. die absolute Rauigkeit k zu ermitteln.

Der Druckverlust wurde an einer geraden Rohrleitung von rund 100 m Länge mit einer Nennweite von 80 mm (89 × 1) gemessen. Die Rohre sind 5,80 m lang und bestehen aus feuerverzinktem Bandstahl. Sie haben eine Längsnaht.

Der Druck wurde mit Hilfe geeichter Federmanometer gemessen. Ein am Ende der Meßstrecke eingebauter Schieber diente zum Regulieren der Fördermenge, die durch eine Wasseruhr registriert wurde.

3. Untersuchungsergebnisse

In Bild 3 ist der Druckverlust in Abhängigkeit von der Durchflußmenge aufgetragen. Aus den Meßwerten wurden für die verschiedenen Durchflußmengen die Widerstandsbeiwerte und REYNOLD'schen Zahlen ermittelt.

Durch Eintragen der λ - und Re -Werte in die graphische Darstellung der Formel von COLEBROOK erhält man die

(Schluß von Seite 217)

Die Anlagen sind hinsichtlich der Vorrollgenauigkeit, der Verwendung von Rohren NW 100 und der Anbringung von Entleerungsventilen weiterzuentwickeln.

Die Verbesserung der Vorrollgenauigkeit läßt sich technisch am einfachsten durch eine höhere Steifigkeit der Kupplungen lösen. Trotz Erhöhung der Montagezeiten kann durch die Senkung der Ausfallzeit (Ausrichten der Anlage) die Arbeitsproduktivität gesteigert werden.

Literatur

- SCHWARZ, K.: Zur Rationalisierung des Rohrtransportes bei der Beregnung. Zeitschrift für Landeskultur (1960) H. 4
- Anonym: Irrigation, Implement und Tractor. 15 August 1961
- ZECH, E.: Rollende Regnerflügel System Jüterbog. Deutsche Agrartechnik (1965) H. 6

* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Leiter: Dipl.-Ing. E. TUREK)