

1 Einleitung

Ohne Wasser gibt es kein Leben und auch keinen Ertrag angebauter Kulturpflanzen. Seit Alters her haben Menschen Bewässerungssysteme ersonnen, um den Ertrag der angebauten Pflanzen zu sichern und zu erhöhen. In ariden und semiariden Gebieten ist ein Pflanzenanbau ohne Bewässerung gar nicht oder nur eingeschränkt möglich. Im humiden Klima der Bundesrepublik Deutschland wäre eine Beregnung möglicherweise nicht erforderlich, um die Ernährung der Bevölkerung sicherzustellen. Aufgrund der gegebenen Agrarstruktur sind jedoch viele Betriebe auf eine Beregnung angewiesen, um wettbewerbsfähig zu sein. Die Beregnung dient hier zur Erhöhung und zur Sicherung der Erträge und der Qualitäten. Die leichten Böden Nordostniedersachsens bilden mit über 230.000 ha das größte zusammenhängende Beregnungsgebiet der Bundesrepublik Deutschland, in der insgesamt ca. 530.000 ha der landwirtschaftlich genutzten Fläche beregnet werden (Roth, 1995). In diesen Regionen sind die landwirtschaftlichen Betriebe auf die Feldberegnung angewiesen, um einen ökonomisch sinnvollen Pflanzenbau betreiben zu können.

1.1 Anforderungen an die Feldberegnung

Das Ziel der Beregnung ist die Gestaltung günstiger Voraussetzungen für ein optimales Pflanzenwachstum (vgl. Voigt, 1988). Aus Sichtweise pflanzenphysiologischer Ansprüche wird angestrebt, die Art der Beregnung hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften der eines natürlichen Landregens anzugleichen. Für die Erhaltung einer langfristigen Bodenfruchtbarkeit soll die Beregnung keine negativen Einflüsse auf die Bodenstruktur haben, und es sollen Erosionen durch oberirdischen Abfluss vermieden werden. Andererseits muss ein Beregnungsverfahren arbeitswirtschaftlich akzeptabel sein und die kostenmäßigen Aufwendungen für Kapital, Arbeit und Energie sollen ökonomisch vertretbar sein.

Wegen der besonderen Bedeutung der Lohnkosten in der Landwirtschaft sind Beregnungsverfahren mit möglichst geringem Arbeitszeitbedarf mit gleichzeitig möglichst niedrigen Kosten gefragt. Aufgrund der relativ klein strukturierten Landwirtschaft hat sich in großen Teilen Westdeutschlands, besonders in Nordostniedersachsen, die mobile Beregnungsmaschine mit Großflächenregner durchgesetzt.

Bei Großflächenregnern bewegt sich ein einzelner kreisender Wasserstrahl kontinuierlich in einer Richtung über die zu beregnende Fläche. Zusammengefasst bietet der Großflächenregner folgende Vorteile:

- preisgünstig,
- technisch ausgereift und zuverlässig,
- arbeitswirtschaftlich günstig,
- relativ hohe Flächenleistung.

Um eine große Flächenleistung zu erreichen, muss der Wasserstrahl eine große Wurfweite haben (ca. 30 bis 35 m). Hierzu wird ein hoher Betriebsdruck benötigt (ca. 3,5 bis 6 bar an der Düse). Durch diese Art des Wasserverteilsystems kommt es insbesondere zu folgenden Nachteilen:

- Hohe Energiekosten, um den erforderlichen Betriebsdruck an der Düse zu erreichen.
- Windempfindlichkeit der Wasserverteilung.
- Wasserverluste, da eine randgenaue Beregnung nicht möglich ist.

Die indirekten Verluste (durch nicht randgenaue Beregnung) sowie die direkten Verluste (Verdunstung und ungünstige Verteilung durch Windabdrift) können zusammen ca. 15 % betragen (Sourell, 1992). In der Vergangenheit traten zusätzlich Verluste durch das ungleichmäßige Einziehen des Regners durch die Beregnungsmaschine auf. Durch die Einführung elektronischer Einzugsgeschwindigkeitsregelungen an der Beregnungsmaschine sind solche Verluste heute kaum noch von Bedeutung. Wegen der vorhandenen Wasserverluste durch die nicht randgenaue Beregnung und wegen der nicht optimalen Wasserverteilung bleibt es weiterhin ein Ziel, die Beregnungsverfahren zu verbessern.

1.2 Verbesserung der Wasserverteilung mit dem Düsenwagen

In den 80er Jahren wurde im Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) ein **Düsenwagen** entwickelt, um das Problem der ungünstigen Wasserverteilung zu verringern. Dieser Düsenwagen wird wie ein Großflächenregner an das Ende des PE-Rohres der mobilen Beregnungsmaschine angeschlossen. Die Wasserverteilung des Düsenwagens erfolgt mittels mehrerer Niederdruckdüsen, die

auf einem Gestänge von bis zu ca. 62 m Länge montiert sind. Somit werden ähnliche Arbeitsbreiten wie beim Großflächenregner erreicht, ohne dass ein merklicher Windeinfluss auftritt.

Bis heute spielen Düsenwagen in der Praxis allerdings kaum eine Rolle, da sie bisher technisch noch nicht ausgereift waren und einen zu hohen Arbeitszeitbedarf für das Ausklappen des Düsenwagengestänges erforderten (Kunzelman, 1998). Nur in Teileinsatzgebieten (Gartenbau) werden Düsenwagen bereits seit längerer Zeit eingesetzt. Diese Düsenwagen haben allerdings nur geringe Arbeitsbreiten und sind für eine größere Feldberegnung nicht geeignet.

Die Nachteile der Düsenwagen der ersten Generation waren insbesondere:

- Der Düsendruck am Ende des Gestänges fiel ab.
- Die Düsen waren nicht optimal. Wegen zu kleiner Tropfen war der Sprühradus zu gering, so dass es zu hohen Beregnungsintensitäten kam.
- Geringe Arbeitsbreite.
- Keine Stabilität bei größeren Arbeitsbreiten.
- Sehr umständlicher Auf- und Abbau und damit verbunden ein hoher Arbeitszeitbedarf.

Trotzdem ist die Weiterentwicklung des Düsenwagenberegnungsverfahrens interessant geblieben. Von diesem Verfahren werden nämlich insbesondere folgende Vorteile erwartet:

- optimale Wasserverteilung,
- geringerer Energiebedarf,
- geringerer Wasserverbrauch.

Seit ca. 1995/96 standen in der FAL technisch ausgereifte Düsenwagen zur Verfügung. Diese wurden in Zusammenarbeit mit den Firmen Beinlich und Hüdig bis zur Praxistauglichkeit entwickelt und in der vorliegenden Arbeit eingesetzt und untersucht. Von 1995 bis 1998 wurde in Wehnsen (Kreis Peine) ein gemeinsames „Pilotprojekt zur wassersparenden Beregnung“ durchgeführt. An diesem Projekt waren der Wasserverband Peine, die FAL Braunschweig-Völkenrode und die Landwirtschaftskammer Hannover beteiligt.

1.3 Ziel der Untersuchungen

Das Ziel dieser Arbeit war, die Akzeptanz des Düsenwagens in der landwirtschaftlichen Praxis zu erhöhen und der Industrie einen Anreiz zur Weiterentwicklung entsprechender Geräte zu geben. Bei den im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Versuchen handelt es sich um ein Teilprojekt des gesamten Pilotprojektes.

Die durchgeführten Versuche dienten einerseits der Ermittlung von Leistungsmerkmalen und optimalen Einstellungen der verwendeten Düsenwagen. Andererseits sollte in direkten Vergleichsversuchen mit dem Großflächenregner die Wettbewerbsfähigkeit des Verfahrens festgestellt und verbessert werden.

Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit bildeten die Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit des Düsenwagenverfahrens. Hierbei spielten Einsparpotentiale an Wasser und Energie eine besondere Rolle. Die Ressourcenschonung ist auch auf dem Hintergrund eines veränderten Bewusstseins der Bevölkerung hinsichtlich der begrenzten Verfügbarkeit von Grundwasser zu sehen. Dieses hat bereits zu einer Politikänderung geführt, die sich für Wasserversorger und betroffene Landwirte in Form des „Wasserpennings“ auswirkt. Hierdurch ist das Thema „Wassersparende Beregnung“ nicht nur ein Umwelt- und Ressourcenthema, sondern auch ein wirtschaftliches Thema.

Zu den verfahrensbedingten Nachteilen des Düsenwagenverfahrens gehören insbesondere:

- die Beregnungsintensität (die gleichzeitig beregnete Fläche ist wesentlich kleiner als beim Großflächenregnerverfahren),
- der erhöhte Oberflächenabfluss (das Beregnungswasser kann bei hoher Beregnungsintensität schlecht vom Boden infiltriert werden),
- hohe Anschaffungskosten,
- hohe Arbeitszeitbelastung für das erforderliche separate Auf- und Abbauen des Düsenwagens.

Aus dem vorstehenden wurden folgende Ziele für die vorliegende Arbeit formuliert:

1. Ermittlung der Wasserverteilgenauigkeit für die eingesetzten Düsenwagen.

2. Ermittlung der Beregnungsintensität und des Oberflächenabflusses sowie die Prüfung der Möglichkeit, durch Bildung von Mulden (Oberflächenprofilierung) den Oberflächenabfluss zu mindern.
3. Ermittlung des Wasser- und Energiebedarfes von Düsenwagen- und Großflächenregnerverfahren.
4. Ermittlung der Flächenleistung von Düsenwagen- und Großflächenregnerverfahren im Vergleich und Optimierung der Flächenleistung beim Düsenwagen.
5. Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes bei Düsenwagen- und Großflächenregnerverfahren.
6. Anstellung eines Gesamtkostenvergleiches bei Düsenwagen- und Großflächenregnerverfahren.
7. Aussagen für die Praxistauglichkeit.

In der Literatur (z.B. Merriam und Keller 1978; Scheffer und Schachtschabel, 1989) wird darauf hingewiesen, dass die Beregnungshöhe und -intensität der Infiltration, der Pflanzentranspiration, dem Windeinfluss und dem Oberflächenwasserabfluss angepasst werden muss. Die Höhe des Oberflächenwasserabflusses wird beeinflusst durch die Intensität der Niederschläge, die Beregnungshöhe, die Infiltrationsrate und durch das Gefälle der Bodenoberfläche. Für die Wasserversorgung der Pflanzen ist auch die Infiltrationsverteilung von besonderer Bedeutung. Für die einzelne Pflanze ist nicht die Qualität der Wasserverteilung entscheidend, sondern die Menge Wasser, die am Standort der Pflanze verfügbar ist.

Aus diesem Grunde wurden die Auswirkungen verschiedener Beregnungsintensitäten (mm/h) auf den Oberflächenabfluss untersucht. Ziel war es, die maximal mögliche Flächenleistung und ihre negative Auswirkung auf Oberflächenabfluss, Infiltration und Infiltrationsverteilung für einen Standort zu ermitteln. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Oberflächenwasserabflüsse Verschlammung und Bodenerosion zur Folge haben (Roth und Helming, 1992).

Im Blickwinkel der vorliegenden Arbeit sollten insbesondere die Interaktionen zwischen Flächenleistung, Beregnungsintensität und Oberflächenabfluss betrachtet werden (**Abb. 1.1**). In der Vergangenheit beschränkte man sich vorwiegend auf eine isolierte Betrachtung der vorstehenden Merkmale - es wurde kaum auf die Interaktion in einer Gesamtwirkung eingegangen.