1 Einleitung ... 1

1.1 Anforderungen an die Feldberegnung ... 1
1.2 Verbesserung der Wasserverteilung mit dem Düsenwagen ... 2
1.3 Ziel der Untersuchungen ... 4

2 Stand der Beregnungstechnik ... 7

2.1 Oberflächenbewässerung ... 7
2.2 Mikrobewässerung ... 8
2.3 Beregnung ... 8
2.3.1 Reihenregnerverfahren ... 9
2.3.2 Teilmobile Beregnungsverfahren ... 10
2.3.3 Mobile Beregnungsmaschinen ... 11
2.3.3.1 Einzugsgeschwindigkeit bei mobilen Beregnungsmaschinen ... 12
2.3.3.1.1 Mechanische Einzugsgeschwindigkeitssteuerungen ... 12
2.3.3.1.2 Elektronische Einzugsgeschwindigkeitssteuerung ... 12
2.3.3.2 Wasserverteilsysteme bei mobilen Beregnungsmaschinen ... 15
2.3.3.2.1 Großflächenregner ... 15
2.3.3.2.2 Düsenwagen ... 17

3 Definitionen und Berechnungsgrundlagen zu Beregnungs-intensität und Oberflächenabfluss ... 21

3.1 Beregnungsintensität ... 21
3.1.1 Definition der mittleren Beregnungsintensität ... 22
3.1.2 Definition der momentanen Beregnungsintensität ... 23
3.1.3 Definition der Beregnungsintensität eines Düsenwagens ... 24
3.2 Bodenbeschaffenheit, Oberflächenabfluss und Infiltrationsrate ... 26
3.2.1 Bodenbeschaffenheit und Oberflächenabfluss ... 27
3.2.2 Infiltrationsrate ... 29
3.2.2.1 Körnung und Porengrößenverteilung ... 30
3.2.2.2 Veränderung der Wasserleitfähigkeit im Verlauf des Infiltrations-vorgangs ... 31

4 Material und Methoden 33

4.1 Laborversuche zur Düseneinstellung 33

4.1.1 Versuchsaufbau und -durchführung 33

4.1.2 Auswahl der Düsen 34

4.2 Feldversuche 35

4.2.1 Technische Voraussetzungen: Verwendete Maschinen und Einstellungen 35

4.2.1.1 Technische Kenndaten der verwendeten Maschinen 36

4.2.1.2 Maschineneinstellungen für die Versuche zur Arbeitszeitbedarfsermittlung und Flächenleistung 38

4.2.2 Versuchsaufbau und -durchführung zur Arbeitszeitbedarfsermittlung und Flächenleistung 40

4.2.2.1 Versuchsbeschreibung 41

4.2.2.2 Durchführung der Arbeitszeitmessungen 42

4.2.2.3 Ermittlung der Flächenleistung 44

4.2.3 Versuche zur Oberflächenrauhigkeit und zum Oberflächenabfluss 45

4.2.3.1 Bestimmung der Oberflächenrauhigkeit 45

4.2.3.2 Bestimmung des Oberflächenabflusses 46

4.2.4 Versuche zur Wasserverteilung und Wassereinsparung 49

4.2.5 Versuche zur Energieeinsparung 50

4.2.5.1 Messung des Dieselverbrauchs 51

4.2.5.2 Ermittlung des Stromverbrauchs 51

5 Versuchsergebnisse 53

5.1 Ergebnisse der Laborversuche zur Düseneinstellung 53

5.1.1 Wasserdurchfluss 53

5.1.2 Wurfweite 54

5.1.3 Beregnungsintensität 57

5.1.4 Umsetzung der Laborversuche in eine optimale Konfiguration des Düsenwagens 59

5.2 Ergebnisse der Feldversuche 61

5.2.1 Ergebnisse zur Arbeitszeitbedarfsermittlung und Flächenleistung der untersuchten Beregnungsverfahren 61

5.2.1.1 Arbeitszeitbedarf 61

5.2.1.2 Flächenleistung 67

5.2.2 Ergebnisse zur Bestimmung der Oberflächenrauhigkeit 69

5.2.3 Ergebnisse zum Oberflächenabfluss beim Einsatz des Düsenwagens 71

5.2.4 Ergebnisse zur Wasserverteilung und Wassereinsparung ... 73
5.2.4.1 Wassereinsparung durch Vermeidung von Wasserverlusten ... 73
5.2.4.2 Wasserverteilung der verschiedenen Beregnungsverfahren ... 78
5.2.5 Ergebnisse zur Energieeinsparung ... 78
5.2.5.1 Dieselverbrauch ... 78
5.2.5.2 Stromverbrauch ... 80

6 Gesamtkosten der verschiedenen Beregnungsverfahren ... 85

6.1 Festkosten ... 85
6.1.1 Kapitalbedarf der Beregnungsverfahren ... 85
6.1.2 Nutzungsdauer und jährliche Abschreibung ... 87
6.1.3 Schlepperkosten ... 87
6.1.4 Festkosten der Beregnungsverfahren ... 88
6.2 Variable Kosten ... 90
6.2.1 Reparatur- und Betriebsstoffkosten ... 91
6.2.2 Wasserbereitstellungskosten ... 91
6.2.2.1 Wasserbereitstellungskosten für Elektroaggregate ... 92
6.2.2.2 Wasserbereitstellungskosten für Dieselaggregate ... 93
6.2.2.3 Vergleich der Wasserbereitstellungskosten für Diesel- und Elektroaggregate ... 94
6.2.3 Arbeitskosten ... 94
6.2.4 Schlepperkosten ... 95
6.2.5 Summe der variablen Kosten ... 96
6.3 Gesamtkosten ... 97

7 Diskussion ... 101

7.1 Kenndaten eines praxistauglichen Düsenwagens und Möglichkeiten zur Optimierung ... 101
7.1.1 Entwicklung und Eigenschaften des Düsenwagens ... 101
7.1.2 Einstellung und Ausrüstung des Düsenwagens ... 103
7.1.3 Wasserverteilgenauigkeit ... 103
7.1.4 Arbeitszeitbedarf ... 103
7.1.5 Flächenleistung ... 104
7.1.6 Beregnungsintensität ... 105
7.1.7 Vergleich Düsenwagen und Großflächenregner in wichtigen Parametern ... 107

7.2 Interaktionen: Flächenleistung, Beregnungsintensität und Oberflächenabfluss 108
7.2.1 Flächenleistung, Beregnungsintensität und Oberflächenabfluss 109
7.2.2 Oberflächenrauhigkeit 113
7.3 Umweltverträglichkeit 114
7.3.1 Wassereinsparung 115
7.3.2 Energieeinsparung (Diesel, Strom) 117
7.4 Wirtschaftlichkeit/Wettbewerbsfähigkeit 119
7.5 Akzeptanz des Düsenwagens in der Praxis 124

8 Zusammenfassung 127

9 Summary 129

10 Literaturverzeichnis 131