



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften  
Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre

Prof. Dr. Fuchs

## **Bachelorarbeit**

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0137-3

# **Wirtschaftlichkeit von Feldberechnungen**

Steffen König

Oktober 2009

**Inhaltsverzeichnis**

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	5
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
1. Einführung und Problemstellung	11
1.1 Gegenstand und Ziel der Arbeit	11
1.2 Vorgehensweise	12
2. Rechtliche Grundlagen der Feldberechnung	13
2.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie, Wasserrecht und Wasserhaushaltsgesetz	13
2.2 Untere Wasserbehörde	14
2.3 Wasserrechtsantrag	14
2.3.1 Hydrogeologisches Gutachten	15
2.4 Handhabung der 7-Jahresmittel-Erlaubnis	15
2.5 Fördermöglichkeiten	16
3. Wasserrückhalt in Agrarlandschaften	18
3.1 Natürliches Wasserspeichervermögen des Bodens	18
3.1.1 Humus als Wasserspeicher	18
3.1.2 Einfluss der Bodenart auf Berechnungsmenge und Berechnungszeitpunkt	19
3.2 Verregnung von Grundwasser	20
3.3 Verregnung von Oberflächenwasser	20
3.4 Verregnung von Abwasser	21
3.5 Verregnung aus Wasserspeicher	23
4. Vorteile der Feldberechnung	23
4.1 Mehrertrag durch Zusatzwasser	23
4.2 Ertragsstabilisierung und Risikominimierung	24
4.3 Qualitätsverbesserung	24
4.4 Ausschöpfung des Faktoreinsatzes	26
4.4.1 Nährstoffverlagerung, -auswaschung	27

---

5. Erläuterung der unterschiedlichen Kostenpunkte der Feldberegnungen	30
5.1 Bewässerungsverfahren	30
5.1.1 Mikrobewässerung	31
5.1.2 Reihenregner	31
5.1.3 Mobile Beregnungsmaschinen mit Regnerwagen (mBR)	32
5.1.4 Mobile Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen	33
5.1.5 Kreisberegnungsanlagen	35
5.1.6 Linearberegnungen	36
5.2 Wasserbereitstellung	37
5.2.1 Brunnenbohr- und Pumpkosten	37
5.2.2 Rohrleitung, Hydranten	38
5.3 Zusammenfassung	39
6. Beregnungskostenermittlung	39
6.1 Maschinenkosten	39
6.2 Erschließungskosten	51
6.3 Pumpkosten	55
6.4 Gesamtkosten	56
7. Wirtschaftlichkeit	59
7.1 Erzeugerpreise	60
7.2 Ertragszuwachs	62
7.3 Beregnungskostenfreie Leistung	66
7.3.1 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten	66
7.3.2 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gesamtkosten aller Varianten	67
7.3.3 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gesamtkosten der unterschiedenen Maschinen- typen	76
7.3.4 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten ohne Erschließung	81

---

7.3.5 Berechnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der variablen Kosten	84
7.3.6 Zusammenfassung	87
7.4 Berechnungswirtschaftlichkeit unter Beispielfruchtfolgen	88
8. Organisation der Feldberechnung	101
8.1 Kostenreduzierung	101
8.2 Eigentumsverhältnisse und Finanzierung	101
9. Zusammenfassung und Fazit	102
Literaturverzeichnis	105
Anhang	108
Eidesstattliche Erklärung	

**Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen**

Abkürzung	Begriff
*	Multiplikation
&	und
A	Fläche
AfA	Absetzung für Abnutzung
AFP	Agrarinvestitionsförderprogramm
AG	Aktiengesellschaft
AK	Arbeitskraft
AKh	Arbeitskraftstunde
B	Brandenburg
BG	Braugerste
bzw.	beziehungsweise
d	Tag
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V.
e.V.	eingetragener Verein
FK	Feldkapazität
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
hPa	Hektopascal
Hrsg.	Herausgeber
inkl.	inklusive
Kart.	Kartoffeln
KM	Körnermais
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LfL	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
LK	Landkreis
IS	lehmiger Sand
LWK	Landwirtschaftskammer
mBR	mobile Beregnung mit Regnerwagen
min.	mindestens
MLUV	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz

---

Abkürzung	Begriff
mm	Millimeter
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
N	Stickstoff
NDS	Niedersachsen
nFK	nutzbare Feldkapazität
Ø	Durchschnitt
o.ä.	oder ähnliches
Q	Volumendurchfluss
S	Sand
sL	sandiger Lehm
SM	Silomais
Sp.	Speise
St.	Stärke
SW	Sollwert
T	Berechnungsturnus
t	Berechnungsdauer
Tab.	Tabelle
tägl.	täglich
TM	Trockenmasse
TW	Totwasser
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
usw.	und so weiter
WG	Wassergesetz oder Wintergerste
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WR	Winterroggen
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WW	Winterweizen
ZALF	Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. Müncheberg
Zins.	Zinssatz
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH
ZR	Zuckerrübe

**Abbildungsverzeichnis**

Abb.: 1	Gewässergüteklassen der Oker	22
Abb.: 2	Stärkeerträge von Kartoffeln bei unterschiedlicher Berechnungsmenge	25
Abb.: 3	Abfuhr mit Kartoffelknollen bei unterschiedlichem N-Angebot und unterschiedlicher Berechnungsmenge	28
Abb.: 4	Nmin-Werte unter Kartoffeln	29
Abb.: 5	Bewässerungsverfahren	30
Abb.: 6	Teilmobile und mobile Berechnungsmaschinen	31
Abb.: 7	Mobile Berechnungsmaschine mit Regnerwagen	32
Abb.: 8	Mobile Berechnungsmaschine mit Düsenwagen	33
Abb.: 9	Düsenwagen	34
Abb.: 10	Kreisberechnungsanlage in Alamosa, USA	35
Abb.: 11	Aufnahmepunkt einer Linearberechnung	36
Abb.: 12	Verfahrensabläufe von Linearberechnungen	37
Abb.: 13	Maschinenkostenvergleich	50
Abb.: 14	Gesamtkostenvergleich	58
Abb.: 15	Berechnungsmehrertrag	63
Abb.: 16	Berechnungskostenfreie Leistung	69
Abb.: 17	Berechnungskostengewinn der Fruchtfolge V	100

**Tabellenverzeichnis**

Tab.: 1	Fördermöglichkeiten in Brandenburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern	17
Tab.: 2	Einfluss der Bodenart auf die nFK und die Höhe der Regengabe	19
Tab.: 3	Kreisberechnung	40
Tab.: 4	Linearberechnung	40
Tab.: 5	Mobile Berechnung mit Regnerwagen (mBR)	40
Tab.: 6	Flächenleistung der Linearberechnung	41
Tab.: 7	Flächenleistung der Kreisberechnung	41
Tab.: 8	Flächenleistung der mBR (350 und 400 m)	43
Tab.: 9	Flächenleistung der mBR (500 m)	44
Tab.: 10	Flächenleistung der mBR (600 m)	45
Tab.: 11	Überblick Flächenleistung der mBR	47
Tab.: 12	Gesamtkosten der Kreisberechnung	47
Tab.: 13	Gesamtkosten der Linearberechnung bei 1100 m Länge	48
Tab.: 14	Gesamtkosten der Linearberechnung bei 2200 m Länge	48
Tab.: 15	Gesamtkosten der mBR (3 mm Verdunstung)	49
Tab.: 16	Gesamtkosten der mBR (4,3 mm Verdunstung)	49
Tab.: 17	Erschließungskosten Dieselpumpaggregat (30 ha)	52
Tab.: 18	Erschließungskosten Elektropumpe (100 ha)	53
Tab.: 19	Erschließungskosten Elektropumpe (200 ha)	54
Tab.: 20	Variable Pumpkosten	56
Tab.: 21	Variable Pumpkosten gesamt	56
Tab.: 22	Gesamtkostenvergleich	57
Tab.: 23	Gesamtkostenvergleich in reduzierter Form	58
Tab.: 24	Erzeugerpreise 2004-2008 und Durchschnitt	60
Tab.: 25	Erzeugerpreise Zuckerrüben und Stärkekartoffeln	61
Tab.: 26	Erzeugerpreise Grassilage und Silomais 2009	61
Tab.: 27	Ertragszuwachs durch Zusatzbewässerung	62
Tab.: 28	Berechnungsmehrertrag	64
Tab.: 29	Berechnungsmehrertrag Braugerste und Futtergerste	65
Tab.: 30	Durchschnittliche Gesamtkosten aller Varianten	68
Tab.: 31	Berechnungskostenfreie Leistung	68
Tab.: 32	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Erzeugerpreisen	70



**Tabellenverzeichnis**

Tab.: 33	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen	70
Tab.: 34	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten	71
Tab.: 35	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten und 25 % höheren Erzeugerpreisen	72
Tab.: 36	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten und 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen	73
Tab.: 37	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten	74
Tab.: 38	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten und 25 % höheren Erzeugerpreisen	74
Tab.: 39	Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten und 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen	75
Tab.: 40	Berechnungskostenfreie Leistung der Kreisberegnungsanlage	76
Tab.: 41	Berechnungskostenfreie Leistung der Linearberegnung (1100 m Schlaglänge)	77
Tab.: 42	Berechnungskostenfreie Leistung der Linearberegnung (2200 m Schlaglänge)	78
Tab.: 43	Berechnungskostenfreie Leistung der mBR (3mm Verdunstung)	79
Tab.: 44	Berechnungskostenfreie Leistung der mBR (4,3mm Verdunstung)	80
Tab.: 45	Berechnungskostenfreie Leistungen der Kreisberegnung (Gesamtkosten ohne Erschließung)	82
Tab.: 46	Berechnungskostenfreie Leistungen der Linearberegnung 2200 m Schlaglänge (Gesamtkosten ohne Erschließung)	83
Tab.: 47	Berechnungskostenfreie Leistungen der mBR 3mm (Gesamtkosten ohne Erschließung)	84
Tab.: 48	Variable Kosten der Kreis- und Linearberegnungen mit Elektropumpe	85
Tab.: 49	Variable Kosten der mBR mit Elektropumpe	86
Tab.: 50	Variable Kosten der Kreis- und Linearberegnungen mit Dieselantrieb	86
Tab.: 51	Variable Kosten der mBR mit Dieselantrieb	87
Tab.: 52	Festkosten Stromvariante der mBR (3 mm Verdunstung)	89
Tab.: 53	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge I	90
Tab.: 54	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge I	90
Tab.: 55	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge II	91
Tab.: 56	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge II	91

**Tabellenverzeichnis**

Tab.: 57	Maximale Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge II	92
Tab.: 58	Maximaler Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge II	92
Tab.: 59	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge III	93
Tab.: 60	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge III	93
Tab.: 61	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge IV	94
Tab.: 62	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge IV	94
Tab.: 63	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge IV eingeschränkter Berechnungshöhe	94
Tab.: 64	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge IV und eingeschränkter Berechnungshöhe	95
Tab.: 65	Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge V	96
Tab.: 66	Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge V	96
Tab.: 67	Festkosten der Kreisberechnungen	97
Tab.: 68	Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse der Kreisberechnungen	97
Tab.: 69	Festkosten der Linearberechnungen	98
Tab.: 70	Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse der Linearberechnungen	98
Tab.: 71	Festkosten Dieselvariante der mBR (3 mm Verdunstung)	99
Tab.: 72	Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse, Dieselvariante der mBR (3 mm Verdunstung)	99

## **1. Einführung und Problemstellung**

Damit möglichst hohe Erträge im Ackerbau erzielt werden können, sollten alle Bedürfnisse der Feldfrucht erfüllt sein. Ist jedoch einer der Faktoren im Mangel und kann nicht durch andere ersetzt werden, ist dieser der begrenzende Ertragsfaktor. Eine möglichst gute Versorgung der Feldfrüchte wird gewährleistet, in dem Konkurrenten reduziert werden. Diese Konkurrenten können andere Pflanzen (Unkräuter) sein, aber auch Pilze und Viren. Eine weitere gute Versorgung wird gesichert, wenn Ertragsfaktoren den Feldfrüchten zugeführt werden oder verfügbar gemacht werden. Die Bereitstellung der Feldfrüchte mit Nährstoffen ist relativ einfach und kostengünstig machbar. Ertragsfaktoren wie Licht und Kohlendioxid werden den Feldfrüchten natürlich zugeführt und sind im Freiland nahezu unmöglich künstlich zu erhöhen.

Häufig ist der begrenzende Ertragsfaktor die Wasserversorgung der Feldfrüchte. Trotz einer in Deutschland natürlichen Wasserversorgung und einer ausreichenden Niederschlagsmenge pro Jahr gerät die Wasserversorgung vielerorts häufig in den Mangel, da die Verteilung der Niederschläge nicht mit dem zeitlichen Bedarf der Feldfrüchte gekoppelt ist. So erfolgen die Niederschläge größten Teils in den Wintermonaten, in denen die Feldfrüchte gar kein oder nur wenig Wasser aufnehmen. Da der Boden nur eine begrenzte Wassermenge pflanzenverfügbar speichern kann, fließt das überschüssige Wasser in Oberflächengewässer oder ins Grundwasser ab. In den Sommermonaten, wenn die Verdunstung hoch ist, ist der Wasserspeicher des Bodens schnell erschöpft. Bleibt dann der Niederschlag aus, leiden die Feldfrüchte schnell unter Wassermangel. Die Folge sind Trockenheitsschäden mit Ertragseinbußen oder Dürre. Diverse Klimaforschungen haben ergeben, dass sich in Zukunft dieses Problem in Deutschland verschärfen wird. In den Wintermonaten werden stärkere Niederschläge und in den Sommermonaten weniger Niederschläge erwartet (Freude, 2001).

### **1.1 Gegenstand und Ziel der Arbeit**

Eine Möglichkeit, die Wasserversorgung der Feldfrüchte zu erhöhen, ist die Feldberegnung. Diese Bachelor-Thesis soll einen Einblick auf die Wirtschaftlichkeit der Versorgung

der Feldfrüchte mit Zusatzwasser durch Feldberegnungen am Beispiel Norddeutschland geben.

## **1.2 Vorgehensweise**

Zunächst werden die rechtlichen Grundlagen zur Feldberegnung geklärt. Betrachtet sind neben den geltenden Gesetzen auch die Wasserrechtsvergabe und beispielhaft mögliche Förderungen durch die Länder. Des Weiteren wird ein Überblick über die Wasserverfügbarkeit gegeben. Hierzu zählt das natürliche Wasserspeichervermögen des Bodens sowie Informationen zu dem Einfluss der Bodenarten auf Beregnungsmenge und Zeitpunkt der Beregnungsmaßnahme. Ebenfalls wird die Wasserspeicherung sowie Wasserbereitstellung für das Verregnen von Oberflächenwasser, Grundwasser und Abwasser aufgeführt. Die Vorteile von Feldberegnungen sind im Hinblick auf Mehrertrag durch Zusatzwasser, Ertragsstabilisierung und Risikominimierung, Qualitätsverbesserung sowie Ausschöpfung des Faktoreinsatzes anhand in Norddeutschland üblicher Beispielfeldfrüchte erläutert. Es folgt eine Aufzählung der unterschiedlichen Kostenpunkte einer Feldberegnung sowie eine ausführliche Erläuterung der üblichen Bewässerungsverfahren und den Kosten zur Wasserbereitstellung.

Der Hauptteil dieser Bachelor-Thesis befasst sich zunächst mit der Kostenermittlung von Feldberegnungen. Unterteilt ist dieses in Maschinen-, Erschließungs- und Pumpkosten. Die unterschiedlichen Kostenpunkte sind anhand realer Daten, z.B. aus dem KTBL, auf vergleichbare Größen gerechnet und zu Gesamtkosten zusammengefasst. Diese ermittelten Kosten sind, neben den Erzeugerpreisen und Ertragszuwächsen einzelner Feldfrüchte, Grundlage für die weitere Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Feldberegnungen. Diese Berechnungen beinhalten Rentabilitätsüberprüfungen mit unterschiedlichen Kalkulationsbeispielen. Ermittelt sind dafür die Kosten der verschiedenen Maschinentypen und Antriebsarten sowie die durchschnittlichen Gesamtkosten im Hinblick auf Kostenschwankungen und Erzeugerpreisveränderungen. Des Weiteren wird die Beregnungswürdigkeit unter Nichtberücksichtigung der Erschließungs- bzw. Festkosten errechnet. Ebenfalls ist die Wirtschaftlichkeit der Feldberegnungen unter Berücksichtigung verschiedener Fruchtfolgen ermittelt und aufgeführt.

## 2. Rechtliche Grundlagen der Feldberegnung

Die Entnahme von Grundwasser zur Feldberegnung ist erlaubnispflichtig. Zuständig für eine Erlaubnis ist die jeweilige Untere Wasserbehörde. Grundlage sind die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Wassergesetz (WG).

### 2.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie, Wasserrecht und Wasserhaushaltsgesetz

Ziel der WRRL im Zusammenhang von Landwirtschaft und Feldberegnung sind nach Artikel 4 der Erhalt des chemischen Zustands (i) und der Erhalt des mengenmäßigen Zustands (ii) (WRRL, 2000). Für Artikel 4 (i) sind die geltenden Grenzwerte für z.B. Nitrate oder Pflanzenschutzmittel einzuhalten, um einen guten chemischen Zustand zu erhalten. Artikel 4 (ii) besagt, dass die Entnahme von Grundwasser niedriger sein muss, als die Grundwasserneubildung.

Benutzungen im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sind nach §3 die Entnahme, das Zutagefördern und das Ableiten von Grundwasser. Ebenfalls schreibt das WHG vor (§4), dass

„die Erlaubnis und die Bewilligung [können] unter Festsetzung von Nutzungsbedingungen und Auflagen erteilt werden. [...]“ (WHG, 2002)

Die Erlaubnis gewährt eine widerrufliche, ggf. befristete, Befugnis zur Gewässernutzung und unterliegt den wasserrechtlichen Vorschriften der zuständigen Bundesländer. Das Bewilligungsverfahren muss laut §7 gewährleisten,

„dass die Betroffenen und die beteiligten Behörden Einwendungen geltend machen können.“ (WHG, 2002)

Konkrete Bestimmungen für das Grundwasser werden im vierten Teil des WHG gemacht. In §33 finden sich die Bewirtschaftungsziele, die sich mit denen im §136a des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) decken. Hier ist festgelegt, dass das Grundwasser so zu bewirtschaften sei, dass

„1. eine nachteilige Veränderung seines mengenmäßigen und chemischen Zustands vermieden wird, [...]“

3. ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung gewährleistet wird. [...]“ (WHG,2002 und NWG, 2004)

Das Landesrecht bestimmt neben der Beschreibung, Festlegung und Einstufung, der Darstellung in Karten auch die Überwachung des Zustandes des Grundwassers.

## **2.2 Untere Wasserbehörde**

Prinzipiell stellt die Entnahme von Grundwasser eine erhebliche Auswirkung auf den Wasser- und Naturhaushalt dar. Daher muss von der zuständigen Unteren Wasserbehörde Art und Umfang dieser Beeinflussungen geprüft und beurteilt werden. So wird gewährleistet, dass Beeinträchtigungen vermieden, minimiert oder aber ausgeglichen werden. Die Auswirkungen der Grundwasserentnahme sind von der Entnahmemenge und von den örtlichen hydrogeologischen und bodenkundlichen Gegebenheiten abhängig. Für den Wasserrechtsantrag werden somit ein hydrogeologisches und, soweit erforderlich, ein bodenkundliches Gutachten benötigt. Grundsätzlich verweigert die Untere Wasserbehörde keine Bewilligung zur Grundwasserentnahme, kann diese aber mit strengen Auflagen behaften.

## **2.3 Wasserrechtsantrag**

Es empfiehlt sich vor Antragstellung ein Beratungsgespräch mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde. Nach der Antragstellung folgt die Prüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit und auf Erfüllung der rechtlichen und fachtechnischen Anforderungen. Eventuell gibt es zusätzlich eine fachbehördliche Prüfung, z.B. durch den Gewässerkundlichen Landesdienst. Ebenfalls ist es möglich, dass das wasserrechtliche Verfahren die Beteiligung mit der Öffentlichkeit (z.B. Verbände) als erforderlich betrachtet. Abschließend führt die Untere Wasserbehörde die endgültige Prüfung, Abstimmung und Entscheidung durch (Eckl/Raissi, 2009).

### 2.3.1 Hydrogeologisches Gutachten

Das hydrogeologische Gutachten ist die Grundlage zur Abschätzung von Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Wasserhaushalt, die Ökologie und der Nutzungen. Im hydrogeologischen Gutachten werden zunächst allgemeine Angaben über Entnahmen, Wasserrechte und die Datenbasis vorgelegt. Dazu zählen u.a. Entnahmebrunnen, Grundwassermessstellen, derzeitiges und beantragtes Wasserrecht, andere Grundwassernutzer, Lagepläne und Ausbaupläne. Erforderlich sind daneben Angaben über hydrogeologische, morphologische, klimatische und geologische Verhältnisse, das heißt Daten über das Gewässernetz, den Niederschlag und Verdunstung aber auch geologische Karten und Schnitte. Ausführlich darzustellen sind dabei die Grundwasserverhältnisse. Weiter werden im Gutachten der hydrogeologische Aufbau und charakteristische Kennwerte anhand entsprechender Karten und Schnitte erläutert. Dabei ist es erforderlich, u.a. Grundwasserstandsdaten, Grundwasserganglinien oder auch Grundwasserflurabstand des Nullzustandes (ohne Entnahme), den Ist-Zustand (bei Entnahme) und ein Prognosen-Zustand (Bei beantragter Entnahme) darzulegen. Des Weiteren werden die Grundwasserbeschaffenheit und die möglichen Änderungen durch die Entnahme beschrieben. Berücksichtigt werden dabei der eventuelle Anstieg des Nitritgehaltes und der Einfluss von Altlasten. Ebenfalls erforderlich sind Angaben zum Grundwasserhaushalt des Einzugsgebiets. Hierbei ist z.B. nachzuweisen, dass durch die Grundwasseregeneration und anderen Zuflüssen ein ausreichendes Grundwasserdargebot zur Verfügung steht. Danach ist eine zusammenfassende Bewertung möglicher Veränderungen durch die Entnahme zu beschreiben. Wichtig ist die Angabe von anderen Fachbereichen, die ggf. noch beteiligt werden müssen, um die Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf andere Nutzer, Natur und Landschaft weiter zu untersuchen. Mit einem Konzept für die Grundwassersicherung ist das hydrogeologische Gutachten vollständig. In diesem Konzept wird u.a. dargelegt,

„welche Messungen von Wasserständen oder Entnahmen und welche Wasseranalysen wo und mit welcher Häufigkeit durchzuführen und wie die Ergebnisse auszuwerten und darzustellen sind“ (Eckl/Raissi, 2009).

### 2.4 Handhabung der 7-Jahresmittel-Erlaubnis

Nach Bewilligung des Antrages wird ein Wasserrecht erteilt. Diese Wasserrechtsvergabe ist häufig mit strengen Auflagen behaftet, so wird in den meisten Fällen die Wasserentnahme auf 80mm pro Jahr im 7-Jahresmittel beschränkt (Fricke/Riedel, 2008). Das heißt, dass innerhalb

von 7 Jahren nicht mehr als die erlaubte Wassermenge im Durchschnitt ausgebracht werden darf. Grund für diese Handhabung ist die unterschiedliche Niederschlagsverteilung. So kann in den Trockenjahren die Beregnungsmenge die Höchstmengenbeschränkung überschreiten, da in weniger trockenen Jahren diese Beregnungsmenge so stark reduziert wird, dass der Gesamtdurchschnitt wieder unterhalb der Höchstmengenbeschränkung liegt. In den folgenden Berechnungen in Kapitel 6 ist eine Höchstmengenbegrenzung von 80 mm pro Jahr angenommen. Wie sich eine Reduzierung der Höchstmengenbeschränkung auf die Wirtschaftlichkeit der Feldberegnung auswirkt ist in Kapitel 7.4 errechnet.

## **2.5 Fördermöglichkeiten**

Zuletzt sollte erwähnt werden, dass die Investition von Feldberegnungsanlagen in Deutschland gefördert wird. Diese Förderungen weisen die einzelnen Landesagrarministerien zu und werden je nach Bundesland unterschiedlich gewährt. Diese Förderlinien können im genauen bei den zuständigen Landesagrarministerien eingesehen werden, daher folgt hier nur ein kurzer Auszug (Tab.1) über den Fördergegenstand und seine Höhe in Brandenburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern.



Tabelle 1: Fördermöglichkeiten in Brandenburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern

	Brandenburg <sup>1)</sup>	Niedersachsen <sup>2)</sup>	Mecklenburg-Vorpommern <sup>3)</sup>
Fördergegenstand	<p>Fördergrundsätze für ergänzende Landesmaßnahmen z.B. Investitionen in folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tierproduktion: Verbesserung der Hygienebedingungen und Gewährleistung des Gesundheitsschutzes;</li> <li>- Gärtnerei Produktion: Einführung und Verbesserung umwelt-schonender Produktionsverfahren;</li> <li>- Bewässerung landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzter Flächen;</li> </ul>	<p>Investitionen zur Modernisierung landwirtschaftlicher Betriebe, zur Weiterentwicklung des Sachkapitals und zur Innovationsförderung</p>	<p>Der Kauf fabrikneuer mobiler Beregnungsmaschinen und –anlagen.</p>
Förderhöhe	<p>Die Höhe der Zuwendung beträgt in der Regel 25 % bis zu einem förderfähigen Investitionsvolumen von maximal 1,5 Mio. Euro. Die Zuwendung wird als Zuschuss gewährt.</p>	<p>Allgemeiner Zuschuss in Höhe bis zu 25 % der Investitionskosten bzw. 30% im Bereich Tierschutz und Tierhygiene.</p>	<p>Der Zuwendungsempfänger kann einen Zuschuss in Höhe von bis zu 25 % der zuwendungsfähigen Ausgaben erhalten. Die Förderung ist im Förderzeitraum begrenzt auf zuwendungsfähige Ausgaben von bis zu 400.000 Euro.</p>

Quelle:

<sup>1)</sup> Einzelbetriebliche Investitionen in landwirtschaftlichen Unternehmen – Richtlinie des MLUV B, 2007

<sup>2)</sup> Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP) NDS, 2007

<sup>3)</sup> Merkblatt zur Berechnungsrichtlinie des MLUV M-V, 2009

### **3. Wasserrückhalt in Agrarlandschaften**

Neben den rechtlichen Grundlagen aus dem vorhergegangenen Kapitel ist es nötig, Kenntnisse über das Wasserspeichervermögen des Bodens sowie der klimatischen Wasserbilanz zu haben, um entscheiden zu können, wann und in welcher Höhe zu beregnen ist. Außerdem wird in diesem Kapitel erläutert, welche Arten der Wasserbereitstellung möglich sind.

#### **3.1 Natürliches Wasserspeichervermögen des Bodens**

Die natürliche Wasserspeicherkapazität eines Bodens hängt von der Bodenart und dem Bodentyp ab. Je kleiner die Korngrößen und je höher der Humusgehalt des Bodens, desto größer das Wasserhaltevermögen. So können die Schwarzerde Böden des Harzvorlandes in einem Meter Tiefe ca. 240 mm Wasser pflanzenverfügbar speichern. Die Sandböden in der Norddeuschentiefebene hingegen verfügen nur etwa über 100-150 mm Speicherkapazität in der gleichen Tiefe. An warmen Tagen im Hochsommer verdunsten etwa 6 mm. Rein rechnerisch ist somit die Wassernachlieferung auf den besseren Böden unter solchen Bedingungen nach 40 Tagen erschöpft und auf den schlechteren Standorten bereits nach 17 Tagen (Eulenstein/Wenkel, 2002).

##### **3.1.1 Humus als Wasserspeicher**

Ein wichtiger Wasserspeicher des Bodens ist der Humus. Er ist in der Lage das 4-5 fache seines Eigengewichtes an pflanzenverfügbarem Wasser zu speichern. Das heißt, dass ein Boden mit 1 % Humusgehalt nur im Humus 30 mm in 0-40 cm Tiefe speichern kann. Bei einem Humusgehalt von 3 % liegt das Wasserspeichervermögen bereits bei 90 mm (Thome, 2004).

Humus ist also ein idealer Wasserspeicher im Boden. Doch ist die Anreicherung von Humus im Boden eine langjährige Sache. Jede Bodenbearbeitung oder die Abfuhr von organischen Substanzen kostet Humus. Anzureichern ist er relativ schwierig, zum Beispiel durch den Anbau von Zwischenfrüchten oder der organischer Düngung. Daher ist es immer wichtig, eine Humusreduzierung zu vermeiden sowie eine möglichst hohe Humusanreicherung im Boden

zu fördern. Dies sollte im Bodenmanagement immer bedacht werden, denn eine verbesserte Wasserspeicherkapazität schafft auch eine bessere Ertragsstabilität.

### 3.1.2 Einfluss der Bodenart auf Berechnungsmenge und Berechnungszeitpunkt

Neben dem Humusgehalt unterscheiden sich die unterschiedlichen Bodenarten im Wasserspeichervermögen. Das gesamte Wasserspeichervermögen eines Bodens bezeichnet man als Feldkapazität (FK), das davon nicht pflanzenverfügbare als Totwasseranteil (TW) und das pflanzenverfügbare als nutzbare Feldkapazität (nFK). Diese ist für den Pflanzenbau die wichtige Größe. Wie hoch diese Werte bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen sind, ist in Tab. 2 dargestellt. Des Weiteren ist aufgeführt, wie viel Speichervermögen der entsprechende Boden bei 50 % nFK aufweist und wie viel Zusatzwasser nötig ist, um den entsprechenden Boden von 50 % nFK auf 80 % nFK aufzufüllen.

Tabelle 2: Einfluss der Bodenart auf die nFK und die Höhe der Regengabe

Bodenart	-S-	...	...	...	-IS, sL-
Bodenwertzahl	20	25	30	35	40
pflanzennutzbare Kapazität bezogen auf 60cm Wurzelraum nFK in mm	60	70	85	100	110
max. Speichervermögen des Bodens bei 50 % nFK in mm	30	35	42	50	55
notwendige Regengabe zur Auffüllung auf ca. 80 % nFK in mm	20	24	28	31	35

Quelle: Fricke, 2005

Je höher die Bodenwertzahl desto größer auch die nutzbare Feldkapazität. So ist in Tab. 2 zu erkennen, dass ein Sandboden bei einer Bodenwertzahl von 20 nur 60 mm nFK zur Verfügung hat. Ein sandiger Lehm mit einer Bodenwertzahl von 40 hingegen 110 mm nFK. Dies bedeutet, dass der Boden mit 40 Bodenpunkten 50 mm Wasser mehr pflanzenverfügbar speichern kann. Theoretisch tritt demnach auf diesem Boden ein Wassermangel erst später auf, als auf den Böden mit geringeren Bodenpunkten.

Die Auffüllung des nFK auf 80 % in mm ist bei der Beregnungsmaßnahme sinnvoll, da in diesem Fall der Boden bei Niederschlägen weiterhin in der Lage ist, Wasser aufzunehmen. Bei einer nFK über 80 % in mm besteht die Möglichkeit der Nährstoffverlagerung/-auswaschung oder aber eine Überversorgung bzw. ein Sauerstoffmangel der Feldfrüchte. Eine optimale Wasserversorgung ist bei einer nFK unter 50 % nicht gegeben. Daher ist es angebracht, bei einer nFK von 50 % oder weniger zu beregnen. Mit Sensoren zur Bestimmung der Bodenfeuchte kann der tatsächliche nFK des Bodens und somit der optimale Zeitpunkt der Bewässerungsmaßnahme ermittelt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung des Beregnungszeitpunktes ist die klimatische Wasserbilanz. Diese ist die Differenz zwischen gemessenem Niederschlag und der gleichzeitig klimatisch möglichen Verdunstung. Von der potentiellen Verdunstung kann auf den tatsächlichen Wasserverbrauch geschlossen werden, wenn diese mit dem so genannten Pflanzenkoeffizienten multipliziert wird. Beregnen nach der klimatischen Wasserbilanz bedeutet, dann zu beregnen, wenn aufgrund der ermittelten Verdunstung Wasserbedarf besteht (Wenkel/Mirschel, 2008).

### **3.2 Verregnung von Grundwasser**

Mit dem Einsatz der Feldberegnung ist es möglich, das gespeicherte Grundwasser den Feldfrüchten verfügbar zu machen, wenn sie es benötigen. Verbunden ist dies mit einem relativ hohen Aufwand, denn das Grundwasser muss an die Oberfläche gepumpt werden, um es auf die Bestände verteilt werden zu können. So kann das Grundwasser als natürliches Wasserspeicherbecken genutzt werden. Bei Bedarf wird Wasser abgepumpt und bei Wasserüberfluss versickert es zurück ins Grundwasser. Wenn im Gebiet ein Grundwasserleiter mit ausreichender Ergiebigkeit vorhanden ist, kann eine sichere Entnahme gewährleistet werden. Die Grundwasserentnahme sollte immer mit der Grundwasserneubildung einhergehen, um den mengenmäßigen Zustand nach WRRL nicht nachteilig zu verändern.

### **3.3 Verregnung von Oberflächenwasser**

Die Verfügbarkeit von verregnungsgereignetem Oberflächenwasser ist relativ gering. Ein wichtiger Aspekt hierfür ist die Entfernung der Gewässer zu den Flächen, um die Bau- und Pumpkosten niedrig zu halten (Segebarth, 2009).

Ist eine Verregnung von Oberflächengewässer geeignet, ist diese durchaus als vorteilhaft zu bewerten. Denn die häufig wärmere Temperatur als beim Grundwasser wirkt sich bei hohen Temperaturen der Pflanzenbestände positiv auf das Wachstum aus. Durch den entfallenden Brunnenbau können häufig die dafür veranschlagten Kosten reduziert werden und durch die oftmals niedrigere Pumphöhendifferenz auch die Pumpkosten. Der mengenmäßige Zustand des Grundwassers kann verbessert werden, denn ca. 30 % einer Beregnungsgabe gelangen ins Grundwasser (Frede, 2006).

### **3.4 Verregnung von Abwasser**

Die Wasserversorgung der Haushalte und Industrie erfolgt größtenteils vom Grundwasser. Nach deren Nutzung werden die Abwässer meistens geklärt und in Oberflächengewässer abgelassen. Durch die Verregnung dieser geklärten Abwässer kann man das Wasser ein weiteres Mal nutzen. Außerdem würde ein Teil des Wassers wieder ins Grundwasser gelangen. Somit könnte ein Wasserkreislauf entstehen und damit gegen eine Grundwasserabsenkung gearbeitet werden (Ripke, 2007). Laut WRRL sind jegliche Verunreinigungen von Grundwassern zu verhindern, daher ist diese Verregnung etwas umstritten. Anlagen dieser Art werden z.B. vom Abwasserverband Braunschweig und der Nordzucker AG in Uelzen betrieben. Untersuchung des Abwasserverbands Braunschweig haben keine höheren Belastungen der Grundwasser ergeben, im Gegenteil, die Wasserqualitäten der Oberflächengewässer, z.B. der Oker (Abb.1), haben sich wesentlich verbessert.

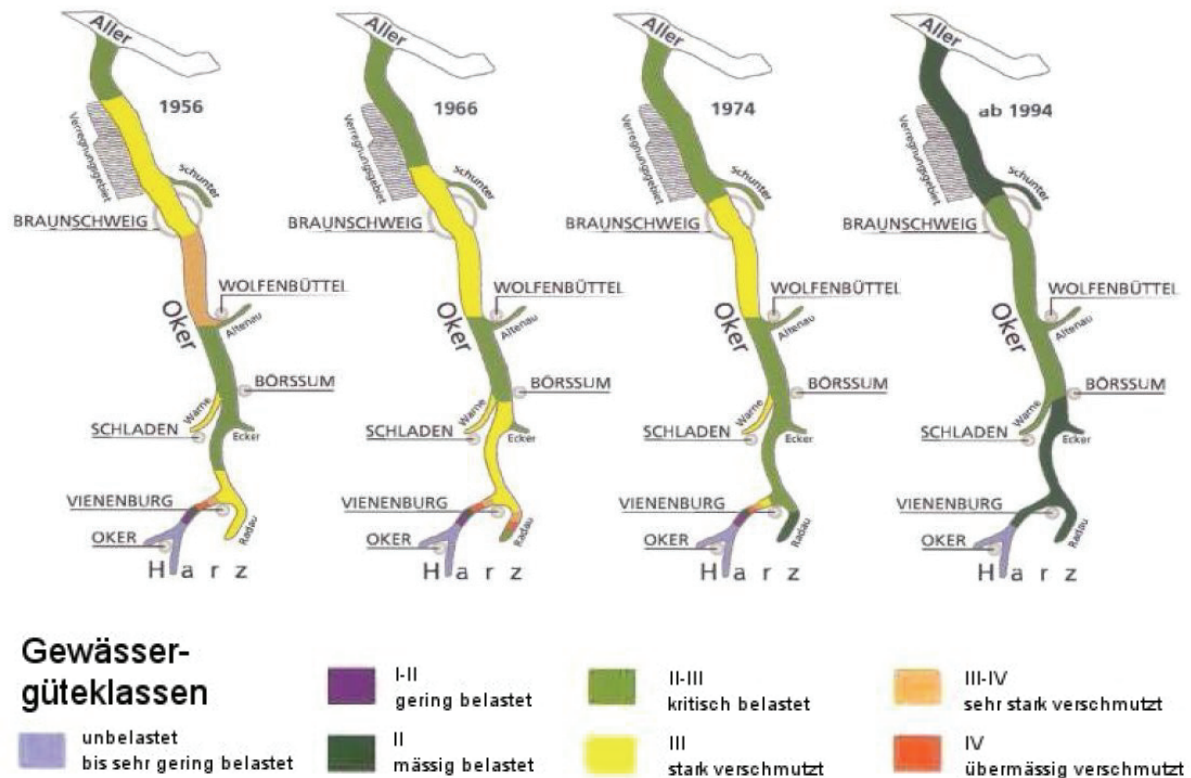


Abbildung 1: Gewässergüteklassen der Oker

Quelle: Ripke, 2007

Mit der Abwasserverregnung der Stadt Braunschweig wird eine Nachreinigung des geklärten Abwassers gewährleistet. Somit kann die Oker (Abb.1) vor großen Mengen geklärten Abwassers geschont werden, was sich positiv auf die Gewässerqualität ausgewirkt. Die Bodenpassage filtert eine Vielzahl von schädlichen Stoffen.

Ebenfalls ermöglicht eine Abwasserverregnung, die enthaltenen Nährstoffe und organischen Restbestandteile düngewirksam zu nutzen. Bei der direkten Einleitung in Oberflächengewässer sind genau diese Bestandteile umweltbelastend. Außerdem dient der Boden als zusätzlicher Filter bevor das Wasser ins Grundwasser gelangt oder über Drainage in Oberflächengewässer fließt. Durch die flächenmäßige Verteilung der Abwässer werden Vorfluter und Umwelt geschont. In Verbindung mit Wasserspeicherbecken kann die Wassernutzung optimiert werden und nur bei Bedarf erfolgen.

### **3.5 Verregnung aus Wasserspeicherbecken**

Wasserspeicherung ist u.a. in Form von Speicherseen (Stauseen), Talsperren oder Wasserspeicherbecken möglich. Hauptaufgabe der Wasserspeicherung ist es, bei hoher Wasserverfügbarkeit diese bis zum Gebrauch zu speichern. Bei Lagen mit natürlichem Gefälle kann beim Ablassen von Wasser Energie gewonnen werden. Bei Hochwassergefahr können die Wasserspeicher den Wasserüberschuss aufnehmen. Wasserspeicher können ebenfalls den erhöhten Wasserverbrauch im Sommer, mit dem im Winter gesammeltem Wasser gewährleisten. Gerade bei der Feldberegnung wird fast ausschließlich Wasser benötigt, wenn wenig zur Verfügung steht. Mit Hilfe solcher Becken können also Trockenphasen besser überbrückt werden. Diese Art der Wasserbereitstellung ist äußerst umweltschonend, doch mit hohen Kosten gekoppelt. Die Bau- und Unterhaltungskosten verteuern dieses Verfahren enorm, je nach Bauart des Wasserspeichers können zusätzlich höhere Pumpaufwendungen (befüllen + entleeren) entstehen.

## **4. Vorteile der Feldberegnung**

Die Beregnungsmaßnahme kann viele verschiedene Vorteile beinhalten. Neben den in Kapitel 7 betrachteten Daten spielen noch weitere Aspekte eine wichtige Rolle.

- Mehrertrag durch Zusatzwasser
- Ertragsstabilisierung und Risikominimierung
- Qualitätsverbesserung
- Ausschöpfung des Faktoreinsatzes

### **4.1 Mehrertrag durch Zusatzwasser**

Wie in Kapitel 7 dargestellt wird, erhöht sich der Ertrag durch Zusatzwasser unterschiedlich hoch. Sind die Kosten der Beregnungsmaßnahme niedriger als der Ertragszuwachs, ist eine Beregnungsmaßnahme sinnvoll.

## 4.2 Ertragsstabilisierung und Risikominimierung

Durch unterschiedliche Niederschlagsverteilungen kommt es in Norddeutschland, je nach Standort, zu Wassermangel bei verschiedenen Kulturen und zu verschiedenen Zeitpunkten. So kann es sein, dass in manchen Jahren kein Wassermangel bei den angebauten Feldfrüchten auftritt, in anderen Jahren aber erhebliche Ertragseinbußen zu verzeichnen sind. Auch wenn die Trockenheit bereits im Frühjahr auftritt, sind häufig nur Winterkulturen betroffen, bei Spätsommertrockenheit sind wiederum die Sommerungen häufig stärker auf Wasser angewiesen.

Durch die Feldberegnung kann man den Wassermangel überbrücken und die Erträge stabilisieren. Ertragseinbußen durch Trockenheit bedeuten Ertrags- und Gewinnschwankungen oder auch Mangel an Ernteprodukten (z. B. Futtermangel bei Viehbetrieben) sowie Rohstoffmangel bei verarbeitenden Unternehmen (z. B. Brennereien oder Biogasanlagen).

Ein weiterer wichtiger Punkt für stabile Erträge auch in Trockenjahren ist die Marktpreisentwicklung bei Ernteprodukten. Denn wenn die Erntemenge der Region bzw. Global durch Trockenheit sinkt, steigt der Marktpreis (Angebotsverknappung durch Trockenheit = steigender Marktpreis). Können dennoch einzelbetrieblich mit Hilfe der Beregnung stabile Erträge erzielt werden, steigt der Gewinn deutlich (Breitschuh, 2007). Dies geschieht häufig bei Speisekartoffeln, denn hier herrscht ein sehr empfindlicher Markt vor.

## 4.3 Qualitätsverbesserung

Neben den Erträgen verbessern sich häufig auch die Qualitäten bei ausreichender Wasserversorgung. Mit gekanntem Beregnungseinsatz lassen sich Qualitätsfaktoren regelrecht steuern.

Die Qualitätsansprüche zum Beispiel bei

- der **Braugerste** ist u.a. die Einhaltung eines niedrigen Proteingehaltes. Ist dieser zu hoch, wird die Gerste als Futtergerste eingestuft, deren Marktpreis deutlich niedriger ist. Beeinflussen lässt sich der Proteingehalt mit dem richtigen Verhältnis zwischen pflanzenverfügbarem Stickstoff und Ertrag. Kommt es also zu Ertragseinbußen erhöht



sich der Proteingehalt. Mit Hilfe der Beregnung lassen sich Ertragseinbußen durch Trockenheit reduzieren und somit wird auch der Proteingehalt beeinflusst. Wie sich diese Qualitätsverbesserung auf die Wirtschaftlichkeit der Feldberegnung auswirkt, ist in Kapitel 7.2 Tabelle 29 errechnet. Außerdem kann mit einer ausreichenden Wasserversorgung ein höherer Vollgerstenanteil sowie höhere Malzextraktgehalte erreicht werden (Fricke, 2006 b).

- der **Kartoffel** sind je nach Verwendungszweck verschieden bzw. unterschiedlich stark gewichtet. Mit der Wasserversorgung lässt sich, je nach Entwicklungsstadium der Pflanze, der Knollenansatz, die Knollengröße oder auch die Stärkeeinlagerung (Abb. 2) beeinflussen (Fricke, 2006 b). Bei Speisekartoffeln ist es ebenfalls wichtig, den Schorfbefall zu vermeiden, der bei Manganmangel auftritt. Dieser Mangel wird meist durch eine Manganfestlegung in Oxidform (Seggewiß, 2006) verursacht, die mit einer ausreichenden Dammfeuchte reduziert werden kann. Vermindern lässt sich auch der Schädlingsbefall, z.B. der Drahtwurm, der bei großer Trockenheit die Kartoffelknollen anfrisst.

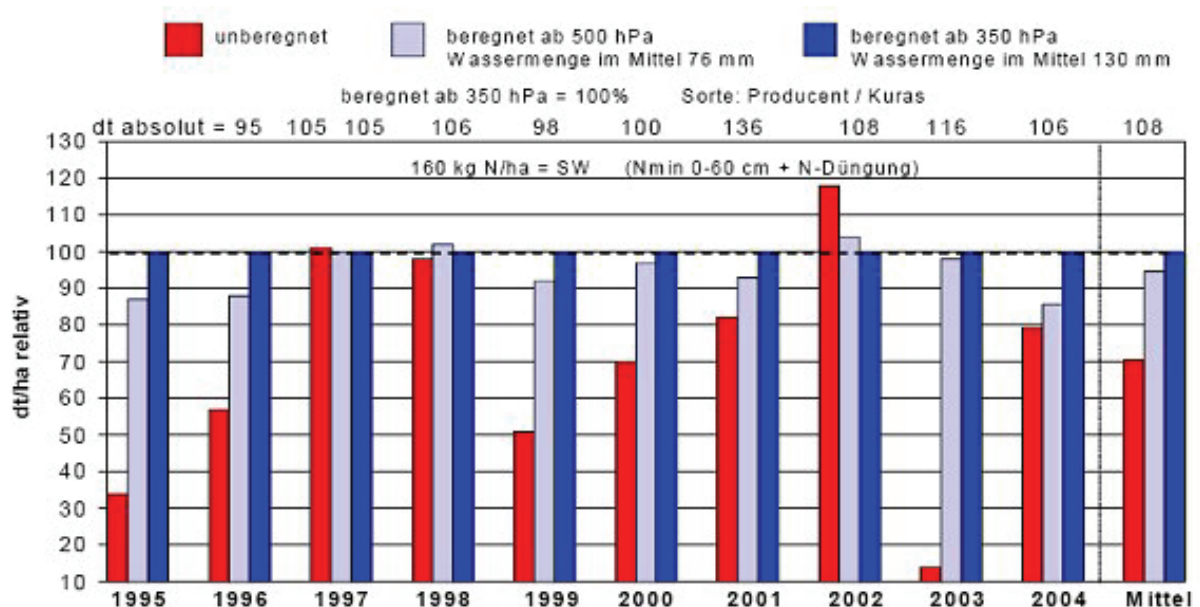


Abbildung 2: Stärkeerträge von Kartoffeln bei unterschiedlicher Beregnungsmenge  
Quelle: Fricke, 2005

Eine gute Wasserversorgung der Kartoffeln begünstigt die Stärkereinlagerung. In Abb. 2 ist aufgeführt, wie deutlich die relativen Stärkeerträge in Abhängigkeit der Bereg-

nungsmaßnahme voneinander abweichen. In dieser Darstellung ist der Stärkeertrag der Variante „berechnet ab 350 hPa“ auf 100 % Stärkeertrag gesetzt. Weniger Zusatzwasser wird in der Variante „berechnet ab 500 hPa“ eingesetzt und gar kein Beregnungswasser in der unberegneten Variante. Zu erkennen ist, dass in Trockenjahren, wie 2003, die unberegnete Variante nur etwa 15 % des Stärkeertrags der beregneten Variante erreicht. Auch der Mittelwert der Jahre sagt einen deutlichen Mehrertrag der beregneten Varianten aus.

- der **Zuckerrübe**, bei der es hauptsächlich wichtig ist, möglichst viel Zuckerertrag pro Hektar zu erreichen. In der Jugendentwicklung der Rübe wird durch Wasserverknappung (keine Beregnungsmaßnahme) die Wurzeltiefe erhöht und somit die spätere Wasserversorgung verbessert. Durch stetiger Wasserversorgung erhöhen sich die Photosyntheseleistung und somit auch der Zuckergehalt. Auch die Ausbeuteverluste lassen sich reduzieren, in dem ein stetiges Wachstum und somit ein stetiger Stickstoffverbrauch erfolgen kann (Fricke, 2006).
- den Grundfutterpflanzen, wie **Gras** und **Mais**, sind u.a. die Energiedichte und/oder der Proteingehalt, die sich durch eine ausreichende Wasserversorgung deutlich verbessern lassen. Ebenfalls kann der zunehmenden Verholzung der Futterpflanzen bei Trockenheit durch die Beregnungsmaßnahme entgegengewirkt werden. Somit kann der Rohfasergehalt reduziert werden, was u.U. eine höhere Futteraufnahme sowie eine bessere Futtermittelverwertung der Viehbestände bewirkt.

#### 4.4 Ausschöpfung des Faktoreinsatzes

Da Trockenheit immer unterschiedlich auftritt, ist es relativ schwierig, einen angemessenen Flächenaufwand zu betreiben. Der Flächenaufwand richtet sich nach dem Ertragspotential, wird dieses aber durch Trockenheit herab gesetzt, kann der Flächenaufwand nur selten oder zu Teilen noch reduziert werden.

Werden also alle Faktoren, z.B. bei Weizen, für einen Ertrag von 80 dt eingesetzt (Bodenbearbeitung, Dünger, Pflanzenschutz), der Ertrag erreicht aufgrund Wassermangels nur 50 dt, so kostet die Trockenheit 30 dt Ertrag/Aufwand.

Das Hauptproblem hierbei ist, dass der meiste Faktoreinsatz bereits vor der Trockenheit erbracht wird, nur selten sind noch Maßnahmen einsparsam, wie z.B. Qualitätsdüngung oder Halmeinkürzer im Getreide. Teilweise verlieren sogar schon ausgebrachte Dünger oder Pflanzenschutzmittel ihre Wirkung durch die Trockenheit. Mit Hilfe der Beregnung können die durch Trockenheit verursachten Ertragseinbußen reduziert werden und der betriebene Aufwand kann besser genutzt werden.

#### **4.4.1 Nährstoffverlagerung, -auswaschung**

Nährstoffverlagerung bzw. -auswaschung bedeutet, dass der Faktoreinsatz „Nährstoff“ in nicht mehr pflanzenverfügbare Bodenschichten verlagert wird. Neben dem Nährstoffverlust kann diese Auswaschung auch Umweltbelastungen bewirken. Niederschläge begünstigen diese Auswaschung und Verlagerung, weshalb Zusatzwassergaben umweltschädigende Wirkungen unterstellt werden.

„Die mitunter pauschal gezogene Schlussfolgerung, die Beregnung fördere zwangsläufig die Nitratauswaschung, ist vom Prinzip her nicht richtig.

Sandböden in relativen Trockenklimabereichen zeichnen sich bekanntlich durch ausgeprägte Wassermangelperioden aus, ein wesentliches Kennzeichen für ihre Beregnungsbedürftigkeit.

Nährstoff-, also auch Nitratvorräte im Boden können also von den in ihrer Ertragsbildung gehemmten Kulturpflanzen nicht ausgenutzt werden, weil das Wasser Minimumfaktor ist.

Insofern verbessert eine Bodenwasserhaushaltsregelung durch Beregnung die Nährstoffausnutzung und vermindert somit die mögliche spätere Verlagerungsgefahr mit der herbstlich einsetzenden Sickerung.“ (Wohlrab, 1992)

In Abb. 3 wird dargestellt, wie sich die Düngennutzung bei Kartoffeln unter Beregnung verhält. Aufgezeigt ist die Stickstoffabfuhr in der Erntemenge. Bei unterschiedlich applizierten Stickstoffmengen ist zu erkennen, dass je höher die Stickstoffgabe, desto besser die Stickstoffausnutzung bei ausreichender Wasserversorgung. Des Weiteren verdeutlicht die Abbildung, dass gerade in trockeneren Jahren (1995) die Stickstoffausnutzung mit Beregnung deutlich verbessert wird.

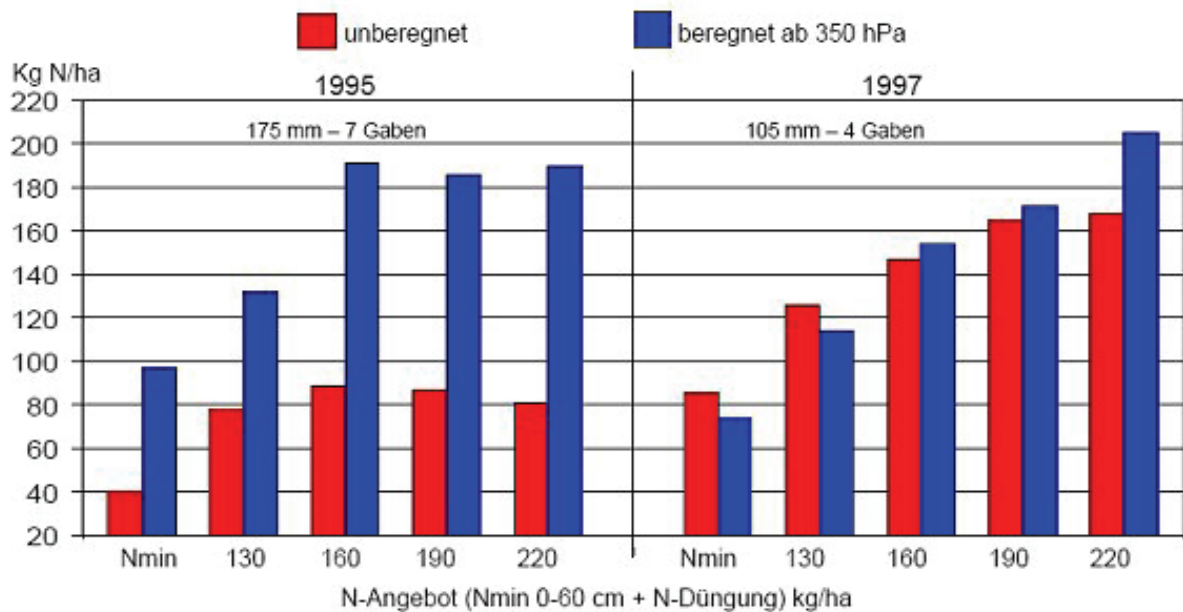


Abbildung 3: N-Abfuhr mit Kartoffelknollen bei unterschiedlichem N-Angebot und unterschiedlicher Berechnungsmenge

Quelle: Fricke, 2005

Die Düngeempfehlung der LWK Niedersachsen zu Kartoffeln auf Sandböden liegt bei 160 kg N/ha, in dieser Variante zeigt sich im Jahr 1995 sogar eine höhere Stickstoffabfuhr als Stickstoffangeboten wurde. Dies ist durch eine hohe Mineralisationsrate möglich. Da das Stickstoffangebot in den unberechneten Varianten zumeist deutlich höher ist, als die ins Erntegut eingelagerte Menge, ist daraus zu schließen, dass der restliche Stickstoff im Boden verbleibt. Wird dieser Restbestand nach Aberntung nicht gebunden, verlagert er sich in tiefere Bodenschichten, was neben dem finanziellen Stickstoffverlust auch einen ökologisch negativen höheren Stickstoffeintrag ins Grundwasser zur Folge haben kann.

In Abb. 4 sind die N-min Gehalte des Versuchs im Verlauf der Vegetationsperiode dargestellt. Betrachtet wurde die Variante mit einem Stickstoffangebot von 160 kg N/ha.

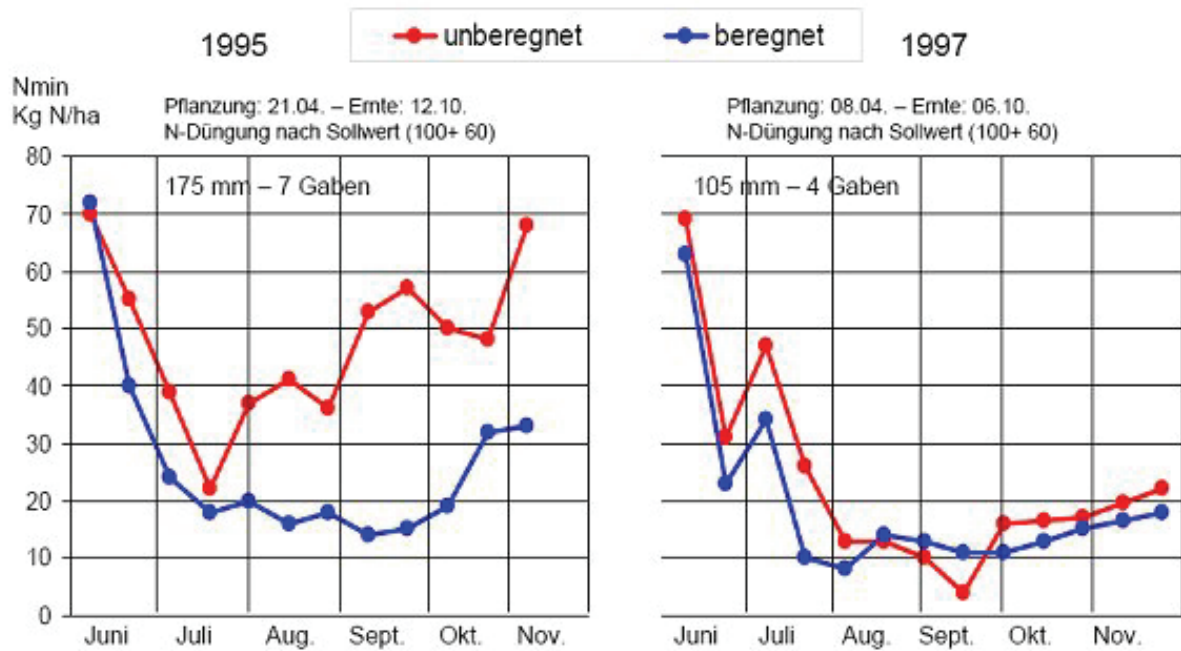


Abbildung 4: Nmin-Werte unter Kartoffeln  
Quelle: Fricke, 2005

In dieser Abbildung lässt sich deutlich erkennen, wie viel Stickstoff ungenutzt im Boden verbleibt. Selbst im Jahr 1995 verbleibt ein N-min Wert von über 30 kg N/ha in der berechneten Variante, obwohl die Stickstoffabfuhr größer als das Angebot war. Trotzdem lässt sich deutliche eine positive Wirkung der Beregnung auf die Stickstoffausnutzung feststellen.

Wichtig bei den Beregnungsmaßnahmen ist es immer ein gutes Beregnungsmanagement zu haben, da eine Wasserübersättigung des Bodens zu Stickstoffverlagerungen führen kann.

„In der Diskussion um Gewässerschutz wird häufig die Befürchtung geäußert, dass durch die Feldberegnung auch die Auswaschung von Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, erhöht wird. Unterstellt man die Faustregel, dass auf einem wassergesättigten Sandboden 1mm Niederschlag eine Stickstoffverlagerung von 1cm bewirken kann, so ist eine Nitratauswaschung sowohl mit natürlichen Niederschlägen – vorrangig im Winterhalbjahr, aber auch durch unvorhergesehene Gewitterniederschläge während der Vegetationsperiode – als auch mit zu hoch bemessenen Beregnungsgaben möglich.“  
(Fricke, 2003)

Dieser Nährstoffverlagerung lässt sich vorbeugen, indem Beregnungsmaßnahmen frühestens ab 50 % nFK eingeleitet werden und ein Feuchtegehalt des Bodens von 80 % nFK nicht überschritten wird.

## 5. Erläuterung der unterschiedlichen Kostenpunkte der Feldberegnungen

Neben den in Kapitel 4 aufgeführten Vorteilen der Feldberegnungen ergeben sich durch ihre Nutzung auch Kosten. Diese Gesamtkosten der Beregnungsanlagen kann man in viele kleinere Kosten unterteilen, z.B. können unterschieden werden:

- Bewässerungsverfahren, Arbeit für Beregnung
- Wasserbereitstellung, Pumpen, Energie
- Rohrleitungen, Hydranten

Nachfolgend werden ein paar wichtige Grundsätze der einzelnen Kostenpunkte erläutert, um einen Eindruck zu erhalten.

### 5.1 Bewässerungsverfahren

Es gibt viele verschiedene Bewässerungsverfahren, im Folgenden wird auf einzelne Verfahren genauer eingegangen, insbesondere auf die in Norddeutschland weit verbreiteten Beregnungen. Die unterschiedlichen Bewässerungsverfahren sind in Abb.5 dargestellt.

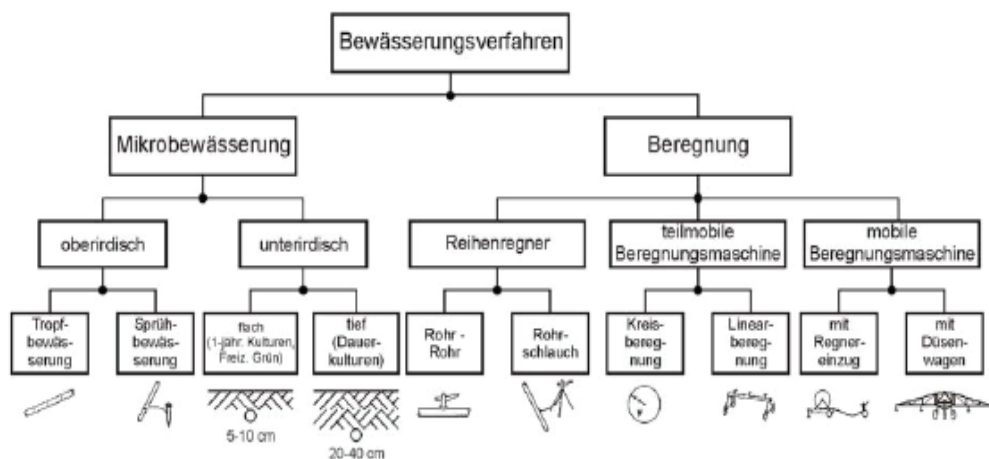


Abbildung 5: Bewässerungsverfahren

Quelle: DIN Taschenbuch 187

### 5.1.1 Mikrobewässerung

Die Möglichkeiten der Bewässerung lassen sich in verschiedene Gruppen unterteilen. Die Mikrobewässerung findet hauptsächlich in Intensivkulturen und ariden Klimagebieten Anwendung. In Zukunft könnten Arten der Mikrobewässerung aber auch eine bedeutende Rolle in der Bewässerung von landwirtschaftlichen Kulturen einnehmen. Zwar ist der Arbeitsaufwand relativ hoch, doch die Verdunstungsraten sehr gering. Somit kann mit diesen Verfahren eine sehr effiziente Wassernutzung gewährleistet werden.

### 5.1.2 Reihenregner

Die Reihenregner wurden in den 60er Jahren häufig in landwirtschaftlichen Kulturen eingesetzt. Heute werden sie wegen dem hohen Arbeitsaufwand fast nur noch auf Sportplätzen, bei Intensivkulturen oder auf insgesamt kleiner strukturierten Flächen eingesetzt.

Momentan werden in Norddeutschland hauptsächlich teilmobile- sowie mobile Beregnungsmaschinen in landwirtschaftlichen Kulturen eingesetzt. Diese unterteilt man in vier Arten (Abb. 6).

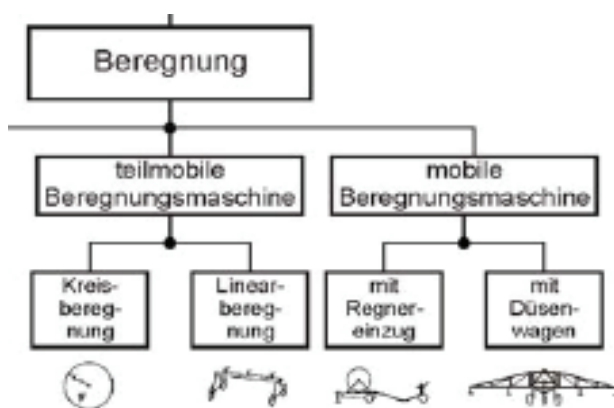


Abbildung 6: Teilmobile und mobile Beregnungsmaschinen

Quelle: DIN Taschenbuch 187

In wie weit sich die Kreisberegnungen, Linearberegnungen und die mobilen Beregnungen mit Regnerwagen bzw. Düsenwagen unterscheiden, wird im Folgenden erläutert.

### 5.1.3 Mobile Beregnungsmaschinen mit Regnerwagen (mBR)



Abbildung 7: Mobile Beregnungsmaschine mit Regnerwagen

Quelle: eigene Aufnahme

Diese Beregnungsmaschinen werden relativ häufig eingesetzt, doch sie stehen in Verbindung mit einem relativ hohen Arbeitsaufwand. Grundsätzlich bestehen diese Maschinen aus einer Schlauchtrommel und einem Regnerwagen. Sie werden über Druckleitungen an Hydranten angeschlossen. Die Schläuche mit dem Regnerwagen werden von der Trommel abgewickelt. Beim Einleiten von Wasser wird es im Regnerwagen durch eine Düse gepresst und auf bis zu 45m verteilt. Durch ein, an der Düse hängendes, Pendel wird die Düse langsam im Kreis gedreht, so dass der Verteildurchmesser und auch die Arbeitsbreite 90 m erreichen können. Auf dem Trommelwagen befindet sich zusätzlich ein Einzugsmechanismus, der den Schlauch mit dem Regnerwagen zur Trommel zurückzieht. Diese Einzugsmechanismen arbeiten mit dem Wasserdurchfluss. Es gibt verschiedene Arbeitsweisen, z.B. mit einer Turbine oder einem Zylinder.



Bei einer Arbeitsbreite von 66 m und einer Schlauchlänge von 400 m benötigt eine solche Maschine beispielsweise bei einer gewünschten Regenmenge von 27 mm ca. 16,4 Stunden bis der Regnerwagen ganz an die Trommel herangezogen ist (siehe Tab. 6). Die berechnete Fläche wäre in diesem Beispiel 2,6 ha, dann müsste die Maschine umgebaut werden. Pro Umbau können Arbeitsaufwendungen (AK + Schlepper) von über einer  $\frac{3}{4}$  Stunde anfallen (Sourell/Thörmann, 2007). Durch die teilweise zeitlich schlecht gelegenen Umbauintervalle ist eine volle Auslastung der Maschinen kaum möglich und kann häufig in Beregnungsbetrieben zu Arbeitsspitzen führen. Dennoch sind diese Maschinen im Vergleich zu fest installierten Regenmaschinen, wie Kreis- oder Linearberegnungen, relativ flexibel. So ist es möglich, die Einsatzfläche oder auch die Maschinenauslastung zu variieren, die bei den fest installierten Maschinen nur durch eine stärkere Regengabe erhöht werden kann.

#### 5.1.4 Mobile Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen



Abbildung 8: Mobile Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen

Quelle: <http://www.wasser-uelzen.de/wbv/index.php>



Abbildung 9: Düsenwagen

Quelle: <http://www.liz-online.de/gi/regen/beregnung.htm>

Die Düsenwagen ersetzen die Verteildüse am Regnerwagen. Der Trommelwagen ist die gleiche Maschine, wie bei der mobilen Beregnungsmaschine mit Regnerwagen. Beim Düsenwagen wird das Wasser mit Hilfe feiner Sprinklerdüsen an einem Gestänge verteilt. Der Vorteil dieser Verregnungsart ist, im Vergleich zur mobilen Beregnung mit Regnerwagen, die niedrigere Verdunstungsrate. Zusätzlich verringert diese Ausbringungsart die Windabweichungen. Nachteilig zu bewerten sind allerdings die höheren Anschaffungskosten. Beim Transport können die Gestänge verkehrsgerecht zusammengeklappt werden, doch der Umbau kann sich durchaus aufwendiger als beim Regnerwagen gestalten.

### 5.1.5 Kreisberegnungsanlagen



Abbildung 10: Kreisberegnungsanlage in Alamosa, USA

Quelle: [http://www.valley-de.com/userfiles/image/Center%20Pivots/crop%20circles %20in%20Alamosa.jpg](http://www.valley-de.com/userfiles/image/Center%20Pivots/crop%20circles%20in%20Alamosa.jpg)

Hier befindet sich in der Mitte der Beregnungsfläche die Wasserzufuhr. Sie ist der Drehpunkt der Beregnungsanlage, die einen Radius von 500 m und mehr erreichen kann. Die Wasserverteilung erfolgt, ähnlich wie beim Düsenwagen, über Gestänge, die durch Räder gestützt sind. Wassersprinkler o.ä. befinden sich am Gestänge. Je länger die Maschine ist, desto günstiger auch der Kostenaufwand pro Beregnungsfläche (siehe Kapitel 7). Auch eine bessere Maschinenauslastung kann so erreicht werden, da sie mehr Zeit braucht, um die Fläche mit ausreichend Wasser zu versorgen. Beispielsweise kann, je nach Wasserbedarf, nach der Umrundung mit einer weiteren begonnen werden. Bei kürzeren Anlagen z.B. kann die Bewässerung bereits nach einem Tag abgeschlossen sein und eine weitere Bewässerung ist erst nach 10 Tagen erforderlich. Begrenzend für die Anlagenlänge sind in Deutschland häufig die Flächengrößen. Nachteilig ist es, dass Keile im Schlag bzw. die Ecken oftmals nicht erreicht werden. Bei ei-

nem quadratischen Schlag entsprechen die nicht zu erreichenden Ecken ca. 21 % der Fläche. Durch Wurfdüsen, einklappbare Teilsegmente am Ende der Anlage oder durch nicht vollständige Umrundungen ist mehr Fläche eines Schlages mit Wasser zu erreichen, dies ist aber mit höheren Kosten verbunden. Der größte Vorteil dieser Maschinen ist, dass sie mit nahezu keinen Arbeitsaufwendungen zu betreiben sind. Sie sind meist fest installiert, bauartbedingt könnten sie zwar auch umgebaut werden, dieser relativ hohe Aufwand ist allerdings nur in seltenen Fällen rentabel. Weitere Vorteile sind, ähnlich wie beim Düsenwagen, die niedrigen Verdunstungsraten und Windabweichungen. Der größte Nachteil sind die hohen Anschaffungskosten und die geringe Flexibilität zur Flächenleistung und Flächenform.

### 5.1.6 Linearberegnungen



Abbildung 11: Aufnahmepunkt einer Linearberegnung

Quelle: <http://www.hpj.com/wsdocs/premiere/images/PR4A%20T-L%20IrrigationUltra.jpg>

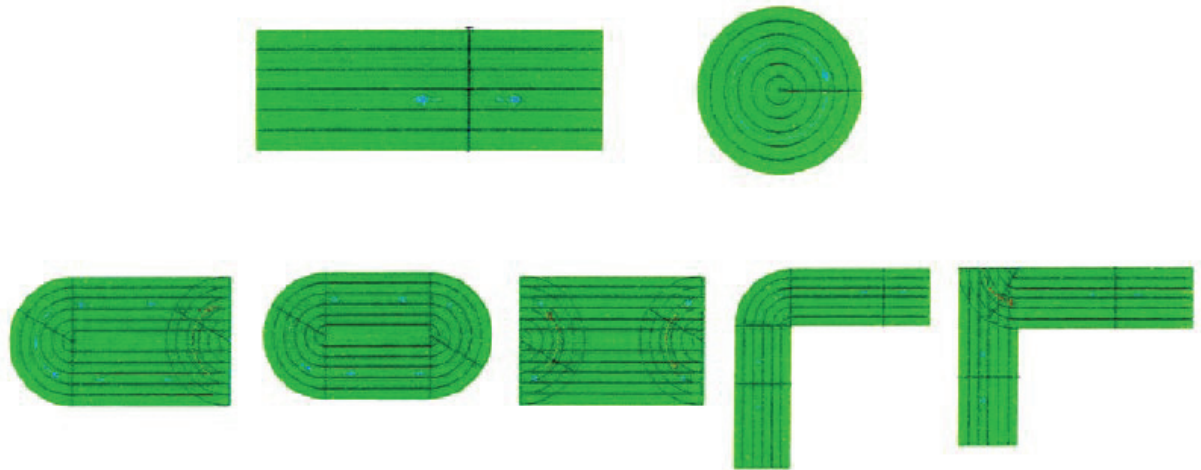


Abbildung 12: Verfahrensabläufe von Linearberegnungen

Quelle: Sourell/Thörmann, 2007

Linearberegnungen funktionieren ähnlich wie die Kreisberegnungen. Neben der Umkreisung des Zentralpunktes können sie auch linear über die Fläche fahren. So kann, je nach Schlagformation, eine solche Maschine viel mehr Fläche beregnen. Durch ihre Mobilität sind sie flexibler einsetzbar, was Flächenauslastung oder Flächenform angeht, als die Kreisberegnungen. Die Versetzung auf andere Flächen ist, wie auch bei mobilen Kreisberegnungen, nur schwierig umsetzbar. Nachteilig zu bewerten sind die hohen Anschaffungskosten.

## 5.2 Wasserbereitstellung

Grundsätzlich erfolgt die Wasserbereitstellung vom Grundwasser oder von Oberflächengewässern. Die Art der Wasserentnahme entscheidet sich vorwiegend nach den natürlichen und strukturellen Gegebenheiten.

### 5.2.1 Brunnenbohr- und Pumpkosten

Die Brunnenbohrkosten umfassen die Kosten der Bohrarbeiten und fallen, je tiefer der benötigte Brunnen sein muss, dementsprechend höher aus. Bei den Pumpkosten variieren die Preise je nach Pumpstrecke (Ansaugstrecke sowie Entfernung von der Pumpe zur Beregnungsfläche), sind aber nicht in den Berechnungen in Kapitel 6 differenziert erfasst. Des Weiteren

unterscheiden sie sich je nach Pumpenbauart und Pumpenleistung (Volumendurchfluss). Bei den Pumpenantrieben wird prinzipiell zwischen Elektroantrieb, Dieselaggregat und Schlepperantrieb unterschieden. Häufig ist der Elektroantrieb die günstigste Methode, er ist relativ wartungsarm und hat geringe Energiekosten. Jedoch ist die Strombereitstellung an abgelegenen Brunnenstandorten oftmals ein hoher Kostenfaktor. Dort können die anderen Varianten die günstigeren sein. Die Dieselpumpaggregate und die vom Schlepper betriebenen Pumpen haben relativ mobile Energiequellen. Dadurch können sie sehr flexibel eingesetzt werden, indem eine Pumpe für mehrere Brunnen genutzt werden kann. Anzumerken ist, dass die vom Schlepper betriebenen Pumpen durch die hohen Schlepperkosten relativ wenig Anwendung in der Praxis finden und deshalb auch nicht in den in Kapitel 6 aufgeführten Berechnungen aufgeführt sind.

Bei der Oberflächenwasserentnahme entfallen die Brunnenbohrkosten. Jedoch können andere Kosten entstehen, zum Beispiel die Bau- und teilweise auch Befüllkosten von Wasserspeicherbecken. Häufig sind auch Wasserentnahmestellen erforderlich.

### **5.2.2 Rohrleitung, Hydranten**

Die Rohrleitungen verbinden die Pumpen mit den Verregnungsmaschinen. Zu unterscheiden sind oberirdische und unterirdische Zuleitungen. Die unterirdischen Leitungen sind zwischen Pumpe und Hydrant fest verlegt. Sind die Hydranten gut verteilt ist nur eine kurze Distanz zu den Verregnungsmaschinen oberirdisch zu verbinden. Die oberirdischen Leitungen werden jedoch auch häufig für nicht regelmäßig beregnete Flächen genutzt. Sie werden meist für verschiedene Strecken genutzt werden, dadurch können mit ihrem Einsatz die Erschließungskosten reduziert werden. Sie sind aber mit einem relativ hohen Arbeitsaufwand zu versetzen.

Rohrleitungs- und Hydrantenkosten hängen stark von den strukturellen Gegebenheiten des Beregnungsgebiets ab. Sind die Flächen arrondiert und die Pumpen nahe gelegen, so sind auch nur wenig Rohrleitungswege nötig. Diese Kosten sind immer im Zusammenhang mit den anderen Kosten zu sehen. So lassen sich durch höhere Rohrleitungs- und Hydrantenkosten andere Kosten einsparen bzw. andersherum. Durch ein ausgebautes Rohrleitungsnetz können z.B. kleinere Brunnen mit Dieselaggregat durch einen großen Brunnen mit Elektropumpe ersetzt werden. Dies ermöglicht ggf. Einsparungen bei Brunnenbohr- und Pumpkosten. Auch

durch eine bessere Hydrantenverteilung können Arbeitsaufwendungen beim Umsetzen der mobilen Beregnungen eingespart werden.

### **5.3 Zusammenfassung**

Die Ermittlung der genauen Beregnungskosten sind Anlagenspezifisch sehr unterschiedlich. Alle Kosten stehen in einem Zusammenhang. So können z.B. die variablen Kosten, wie Pumpkosten oder Arbeitskosten, durch höhere Festkosten, wie Rohrleitungen oder Elektropumpen, gesenkt werden bzw. umgekehrt. Auch die natürlichen und strukturellen Gegebenheiten sowie die Dimensionierung der Anlagengröße haben enormen Einfluss auf die Beregnungskosten. In diesem Kapitel wurden die Beregnungskosten erklärt, eine Kostenermittlung der unterschiedlichen Verfahren findet in Kapitel 6 statt.

## **6. Beregnungskostenermittlung**

Die Kosten einer Beregnungsmaßnahme setzen sich aus verschiedenen Aufwendungen zusammen. Im Folgenden sind sie in Maschinenkosten, Erschließungskosten und Pumpkosten unterteilt. Unterteilt sind sie außerdem in die Varianten der unterschiedlichen Maschinentypen sowie die Antriebsarten Dieselpumpe und Elektropumpe. Gerechnet sind sie auf die vergleichbaren Einheiten €/ha und €/mm.

### **6.1 Maschinenkosten**

Wie schon in Kapitel 5 bezieht sich die Maschinenkostenermittlung auf die drei Varianten Kreisberegnungsanlage, Linearberegnungsanlage und mobile Beregnung mit Regnerwagen (mBR). In Tab. 3 sind die Anschaffungskosten der unterschiedlich langen/großen Beregnungsmaschinen aufgezeigt. Aus den Anschaffungskosten errechnen sich die jährlichen Festkosten.

Tabelle 3: Kreisberegnung

Beregnung	Anschaffung <sup>1)</sup>	Festkosten/Jahr	
Länge	€	(Zins.+AfA) <sup>3)</sup>	AfA <sup>2)</sup>
200 m	24000	2480	2000
300 m	34500	3565	2875
400 m	48500	5012	4042
500 m	63000	6510	5250

Quelle: eigene Berechnung und

<sup>1)</sup> Anschaffungswerte nach KTBL, 2008

<sup>2)</sup> Abschreibung, bei 12 Jahren Nutzungsdauer (nach KTBL, 2008)

<sup>3)</sup> jährliche Festkosten Gesamt (Zinsen und Abschreibung), der Zinssatz beträgt 4% (DLG, 2009 und Landwirtschaftliche Rentenbank 09/2009)

Tabelle 4: Linearberegnung

Beregnung	Anschaffung <sup>1)</sup>	Festkosten/Jahr	
Länge	€	(Zins.+AfA) <sup>3)</sup>	AfA <sup>2)</sup>
200 m	36500	3772	3042
300 m	47500	4908	3958
400 m	61000	6303	5083
500 m	72000	7440	6000

Quelle: eigene Berechnung und

<sup>1)</sup> Anschaffungswerte nach KTBL, 2008

<sup>2)</sup> Abschreibung, bei 12 Jahren Nutzungsdauer (nach KTBL, 2008)

<sup>3)</sup> jährliche Festkosten Gesamt (Zinsen und Abschreibung), der Zinssatz beträgt 4% (DLG, 2009 und Landwirtschaftliche Rentenbank 09/2009)

Tabelle 5: Mobile Beregnung mit Regnerwagen (mBR)

Beregnung	Anschaffung <sup>1)</sup>	Festkosten/Jahr	
Länge	€	(Zins.+AfA) <sup>3)</sup>	AfA <sup>2)</sup>
350 m	11500	1188	958
400 m	13500	1395	1125
500 m <sup>4)</sup>	24000	2480	2000
500 m <sup>5)</sup>	29000	2997	2417
600 m	33500	3462	2792

Quelle: eigene Berechnung und

<sup>1)</sup> Anschaffungswerte nach KTBL, 2008

<sup>2)</sup> Abschreibung, bei 12 Jahren Nutzungsdauer (nach KTBL, 2008)

<sup>3)</sup> jährliche Festkosten Gesamt (Zinsen und Abschreibung), der Zinssatz beträgt 4% (DLG, 2009 und Landwirtschaftliche Rentenbank 09/2009)

<sup>4)</sup> Q= 60,5m<sup>3</sup>/h

<sup>5)</sup> Q= 78m<sup>3</sup>/h

Je größer die Beregnungsmaschine, desto höher sind die jährlichen Festkosten. Die Variante mit 500 m taucht in der Tab. 5 zweimal auf, da die mBR unterschiedlich hohe Volumendurch-



flüsse haben ( $Q = 60,5 \text{ m}^3/\text{h}$  und  $78 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Die Flächenleistung der Maschinen wird benötigt, um die Festkosten pro ha kalkulieren zu können. Diese errechnet sich bei der Linearberechnung relativ einfach, nämlich Länge \* Breite.

Tabelle 6: Flächenleistung der Linearberechnung

Berechnung	Fläche bei 1100m Schlaglänge	Fläche bei 2200m Schlaglänge
	ha	ha
200 m	22	44
300 m	33	66
400 m	44	88
500 m	55	110

Quelle: eigene Berechnung

Es gibt viele verschiedene Varianten der Linearberechnung. Meist ist der begrenzende Faktor dieser Anlagen jedoch die vorgegebene Struktur der Berechnungsfläche. Denn umso größer die Dimensionierung der Berechnungsfläche (ohne Hindernisse), desto größer auch der mögliche Einsatzumfang. Die in Tab. 6 angegebenen Schlaglängen beziehen sich auf die Fahrstrecke der Berechnungen, sie müssen nicht die tatsächliche Schlaglänge wiedergeben. Ähnlich ist es bei der Kreisberechnungsanlage, allerdings lässt sich, wie in Kapitel 5 beschrieben, die Flächenleistung nur schwierig steigern.

Tabelle 7: Flächenleistung der Kreisberechnung

Berechnung	Fläche
	ha
200 m	16
300 m	33
400 m	57
500 m	87

Quelle: KTBL, 2008

Diese Werte ergeben sich aus Anlagen mit Eckenausgleich, daher gehen sie nicht mit der Fläche eines Kreises einher. Die Kosten des Eckenausgleichs sind auch in Tabelle 3 berücksichtigt.

Die Flächenleistung der mobilen Beregnung mit Regnerwagen wird in Tab. 8 errechnet. Neben der Flächenleistung werden auch noch weitere andere wichtige Daten zu den Beregnungstypen aufgezeigt und/oder ermittelt. Der Rechenweg erfolgt, in dem man die Zeit errechnet, in der das durch die Beregnungsmaßnahme ausgebrachte Wasser wieder verdunstet ist. Die berechnete Fläche in dieser Zeit ist die Flächenleistung, denn wenn das Wasser verdunstet ist, sollte wieder erneut beregnet werden. Somit werden, bei einer vorausgesetzten täglichen Verdunstung, der mögliche Einsatzumfang einer Beregnungsmaschine kalkuliert.

Tabelle 8: Flächenleistung der mBR (350 und 400 m)

Verdunstung	mm/d	3	4,3	3	4,3
<b>A. technische Daten</b>					
Beregnungsmaschine mit Einzelregner					
Volumendurchfluss Q	m <sup>3</sup> /h	30,5	30,5	43	43
Beregnungshöhe H	mm	26,67	26,67	26,67	26,67
nutzbare Beregnungsbreite	m	66	66	66	66
nutzbare Beregnungsfeldlänge	m	<b>350</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
beregnete Fläche je Aufstellung A	m <sup>2</sup>	23100	23100	26400	26400
tägliche Einsatzzeit	h	20	20	20	20
Beregnungsturnus T	d	9	6	9	6
Berechnung der Beregnungsdauer	h	20,2	20,2	16,4	16,4
<b>B. Arbeitszeitbedarf je Aufstellung</b>					
Gesamtarbeitszeitbedarf pro ha	h	0,34	0,34	0,30	0,30
Gesamtarbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h	0,79	0,79	0,79	0,79
<b>C. Berechnung der der Aufstellungsdauer</b>					
Beregnungsdauer und Arbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h	21,0	21,0	17,2	17,2
<b>D. Berechnung der Aufstellungen</b>					
Anzahl Aufstellungen = tägl. Einsatzzeit*Beregnungsturnus/Aufstellungsdauer	Anzahl	8,47	5,91	10,36	7,23
<b>E. Berechnung der tatsächlichen Flächenleistung</b>					
Aufstellungen*beregnete Fläche pro Aufstellung	ha	19,57	13,65	27,35	19,08

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008; Sourell/Thörmann., 2007

Tabelle 9: Flächenleistung der mBR (500 m)

Verdunstung	mm/d	3	4,3	3	4,3
<b>A. technische Daten</b> Beregnungsmaschine mit Einzelregner Volumendurchfluss Q Beregnungshöhe H nutzbare Beregnungsbreite nutzbare Beregnungsfeldlänge beregnete Fläche je Aufstellung A tägliche Einsatzzeit Beregnungsturnus T Berechnung der Beregnungsdauer	m <sup>3</sup> /h mm m m m <sup>2</sup> h d h	60,5 26,67 66 500 <sup>1)</sup> 33000 20 9 14,5	60,5 26,67 66 500 <sup>1)</sup> 33000 20 6 14,5	78 26,67 66 500 <sup>2)</sup> 33000 20 9 11,3	78 26,67 66 500 <sup>2)</sup> 33000 20 6 11,3
<b>B. Arbeitszeitbedarf je Aufstellung</b> Gesamtarbeitszeitbedarf pro ha Gesamtarbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h h	0,24 0,79	0,24 0,79	0,24 0,79	0,24 0,79
<b>C. Berechnung der Aufstellungsdauer</b> Beregnungsdauer und Arbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h	15,3	15,3	12,1	12,12
<b>D. Berechnung der Aufstellungen</b> Anzahl Aufstellungen = tägl. Einsatzzeit*Beregnungsturnus/Aufstellungsdauer Aufstellungen	Anzahl	11,59	8,09	14,73	10,27
<b>E. Berechnung der tatsächlichen Flächenleistung</b> Aufstellungen*beregnete Fläche pro Aufstellung	ha	38,26	26,69	48,60	33,91

1) Q=60,5m<sup>3</sup>/h2) Q=78m<sup>3</sup>/h

Quelle: Eigene Berechnung; KTBL, 2008; Sourell/Thörmann., 2007

Tabelle 10: Flächenleistung der mBR (600 m)

Verdunstung	mm/d	3	4,3
<b>A. technische Daten</b> Beregnungsmaschine mit Einzelregner Volumendurchfluss Q Beregnungshöhe H nutzbare Beregnungsbreite nutzbare Beregnungsfeldlänge beregnete Fläche je Aufstellung A tägliche Einsatzzeit Beregnungsturnus T Berechnung der Beregnungsdauer	m <sup>3</sup> /h mm m m m <sup>2</sup> h d h	95,5 26,67 66 <b>600</b> 39600 20 9 11,1	95,5 26,67 66 <b>600</b> 39600 20 6 11,1
<b>B. Arbeitszeitbedarf je Aufstellung</b> Gesamtarbeitszeitbedarf pro ha Gesamtarbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h h	0,20 0,79	0,20 0,79
<b>C. Berechnung der Aufstellungsdauer</b> Beregnungsdauer und Arbeitszeitbedarf pro Aufstellung	h	11,8	11,8
<b>D. Berechnung der Aufstellungen</b> Anzahl Aufstellungen = tägl. Einsatzzeit*Beregnungsturnus/Aufstellungsdauer Aufstellungen	Anzahl	15,01	10,47
<b>E. Berechnung der tatsächlichen Flächenleistung</b> Aufstellungen*beregnete Fläche pro Aufstellung	ha	59,42	41,46

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008; Sourell/Thörmann., 2007

Für die Beregnungsmaschinentypen 350 m, 400 m, 500 m <sup>1), 2)</sup> und 600 m sind jeweils die zwei Varianten mit 3 mm und mit 4,3 mm täglicher Verdunstung gerechnet. Dies sind durch-  
aus übliche Tagesverdunstungswerte während der Vegetationsperiode.

- der Volumendurchfluss  $Q$  ist aus dem Mittelwert der dementsprechenden Maschinen (KTBL, 2008)
- die Beregnungshöhe  $h$  ist je nach Bodenwasserspeicherkapazität unterschiedlich (siehe Kapitel 3, Tab. 2) anzusetzen und hier mit  $\frac{1}{3}$  von 80 mm (26,67 mm) angegeben
- die beregnete Fläche pro Aufstellung  $A$  errechnet sich durch die nutzbare Beregnungsbreite und Beregnungsfeldlänge
- die Breite variiert je nach eingesetzter Düse, hier mit 66 m angesetzt (Sourell/Thörmann, 2007)
- die Länge bezieht sich auf die Maschinenlänge oder Schlaglänge
- die tägliche Einsatzzeit ist mit 20 Stunden kalkuliert (Sourell/Thörmann, 2007), da es arbeitstechnisch kaum möglich ist, die Maschinen ohne Stillstand zu versetzen; es werden 4 Stunden täglicher Stillstand angenommen, da die volle Auslastung nur mit Nachtschichten erreicht werden kann
- der Beregnungsturnus  $T$  zeigt auf, in wie viel Tagen, bei der vorausgesetzten Verdunstung und Wassermenge pro Regengabe, die Beregnungsmaßnahme erneut stattfinden sollte
- die Beregnungsdauer  $t$  zeigt auf, wie viel Stunden die Beregnung braucht, die beregnete Fläche pro Aufstellung  $A$  mit der vorausgesetzten Beregnungshöhe  $H$  und dem entsprechenden Volumendurchfluss  $Q$  zu versorgen
  - $t = \frac{H * A}{Q * 1000}$
- die Gesamtarbeitszeit pro Hektar errechnet sich durch:
  - die Gesamtarbeitszeit pro Aufstellung (Sourell/Thörmann, 2007) und der beregneten Fläche pro Aufstellung; pro Hektar ist der Arbeitszeitbedarf umso kleiner, je größer die beregnete Fläche pro Aufstellung
- die Aufstellungsdauer beinhaltet die Zeit, die die Maschine braucht, um die Fläche mit Wasser zu versorgen (Beregnungsdauer) und die benötigte Zeit pro Aufstellung
- die Anzahl der Aufstellungen zeigen auf, wie viele Aufstellungen innerhalb des vorgegebenen Beregnungsturnus mit entsprechender Aufstellungsdauer und der täglichen Einsatzzeit erreicht werden können
- mit der Anzahl der Aufstellungen und der Fläche pro Aufstellung errechnet sich die tatsächliche Flächenleistung

Reduziert dargestellt sind die Flächenleistungen der einzelnen Beregnungsmaschinen noch einmal in Tab. 11.

Tabelle 11: Überblick Flächenleistung der mBR

Beregnung	tägliche Verdunstung	
	3 mm	4,3 mm
	ha	ha
350 m	20	14
400 m	27	19
500 m <sup>1)</sup>	38	27
500 m <sup>2)</sup>	49	34
600 m	59	41

<sup>1)</sup> Q=60,5m<sup>3</sup>/h

<sup>2)</sup> Q=78m<sup>3</sup>/h

Quelle: eigene Berechnung

Zu erkennen ist, dass je größer die Beregnungsmaschine ist, desto größer auch die Flächenleistung sowie dass je höher die Verdunstung ist, desto weniger Fläche mit ausreichend Wasser versorgt werden kann.

Mit den jährlichen Festkosten und der jährlichen Flächenleistung der einzelnen Beregnungsmaschinen lassen sich auch die Festkosten pro ha errechnen. Für die Umrechnung, von €/ha zu €/mm oder umgekehrt, wird von einer durchschnittlichen Regengabe von 80 mm pro Jahr (siehe Kapitel 2.4) ausgegangen. Die variablen Kosten sind dem KTBL entnommen.

Tabelle 12: Gesamtkosten der Kreisberegnung

Beregnung	Festkosten		variable Kosten		Gesamtkosten	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
200 m	155	1,94	32	0,40	187	2,34
300 m	108	1,35	24	0,30	132	1,65
400 m	88	1,10	16	0,20	104	1,30
500 m	75	0,94	16	0,20	91	1,14

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008

Tabelle 13: Gesamtkosten der Linearberegnung bei 1100m Länge

Beregnung	Festkosten		variable Kosten		Gesamtkosten	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
200 m	171	2,14	32	0,40	203	2,54
300 m	149	1,86	24	0,30	173	2,16
400 m	143	1,79	16	0,20	159	1,99
500 m	135	1,69	16	0,20	151	1,89

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008

In diesen Tabellen wird deutlich, dass die Kosten pro ha und pro mm bei kleineren Anlagen höher sind, als bei den größeren. Werden die beiden Varianten verglichen, ist zu erkennen, dass die Kreisberegnung die günstigere Option ist.

Tabelle 14: Gesamtkosten der Linearberegnung bei 2200m Länge

Beregnung	Festkosten		variable Kosten		Gesamtkosten	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
200 m	86	1,07	32	0,40	118	1,47
300 m	74	0,93	24	0,30	98	1,23
400 m	72	0,90	16	0,20	88	1,10
500 m	68	0,85	16	0,20	84	1,05

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008

Eine noch größere Flächenleistung der Linearberegnungen und somit eine größere Kostenreduktion pro ha und mm lässt sich durch längere Schlaglängen erreichen. Hier sinken die Kosten deutlich, sie unterschreiten sogar die der Kreisberegnungen und fallen teilweise unter das Kostenniveau der mobilen Beregnung mit Regnerwagen (Tab. 12, 15 und 16). Die Kosten der mobilen Beregnungen mit Regnerwagen sind in den Varianten 3 mm und 4,3 mm Verdunstung unterteilt. Wie in Tab. 8 bis 10 gezeigt, wird die Flächenleistung danach unterschieden und somit ergeben sich die unterschiedlichen Werte. Wie schon in Kapitel 5.2.3 beschrieben, ist ein Nachteil der mobilen Beregnung mit Regnerwagen der hohe Arbeitsaufwand. Deshalb ist dieser extra dargestellt, er errechnet sich aus dem in Tab. 8 bis 10 kalkulierten Arbeitsaufwand in Stunden pro ha multipliziert mit durchschnittlich drei Beregnungsgaben. Die Kosten des Aufwands sind mit einem Stundenlohn von 10,42 € (KTBL, 2008) und einem Schlepper, der zum Aufstellen benötigt wird, angesetzt. Für den Schlepper mit 67 kW entstehen 6,10 €/h Fixkosten und 15,24 €/h variable Kosten. Daraus ergeben sich 21,34 €/h Gesamtkosten für



den Schlepper (KTBL, 2008). Der Gesamtaufwand zur Aufstellung beläuft sich somit auf 31,76 €/h. Die Reparaturkosten sind vom KTBL übernommen und die Beregnungshöhe ist, wie in den anderen Varianten, mit durchschnittlich 80 mm jährlicher Beregnungshöhe angesetzt.

Tabelle 15: Gesamtkosten der mBR (3mm Verdunstung)

Beregnung	Festkosten		variable Kosten €/ha			variable Kosten €/mm			Gesamtkosten	
	€/ha	€/mm	Reparatur	Arbeit	Gesamt	Reparatur	Arbeit	Gesamt	€/ha	€/mm
350m	61	0,76	4	33	37	0,05	0,41	0,46	98	1,22
400m	51	0,64	4	29	33	0,05	0,36	0,41	84	1,05
500m <sup>1)</sup>	65	0,81	4	23	27	0,06	0,29	0,34	92	1,15
500m <sup>2)</sup>	62	0,77	4	23	27	0,06	0,29	0,34	89	1,11
600m	58	0,73	5	19	24	0,06	0,24	0,29	82	1,02

<sup>1)</sup> Q=60,5m<sup>3</sup>/h

<sup>2)</sup> Q=78m<sup>3</sup>/h

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008

Tabelle 16: Gesamtkosten der mBR (4,3mm Verdunstung)

Beregnung	Festkosten		variable Kosten €/ha			variable Kosten €/mm			Gesamtkosten	
	€/ha	€/mm	Reparatur	Arbeit	Gesamt	Reparatur	Arbeit	Gesamt	€/ha	€/mm
350m	87	1,09	4	33	37	0,05	0,41	0,76	124	1,55
400m	73	0,91	4	29	33	0,05	0,36	0,41	106	1,32
500m <sup>1)</sup>	93	1,16	4	23	27	0,06	0,29	0,34	120	1,50
500m <sup>2)</sup>	88	1,10	4	23	27	0,06	0,29	0,34	116	1,44
600m	83	1,04	5	19	24	0,06	0,24	0,29	107	1,34

<sup>1)</sup> Q=60,5m<sup>3</sup>/h

<sup>2)</sup> Q=78m<sup>3</sup>/h

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008

Im Vergleich zu den anderen Beregnungsmaschinentypen befinden sich die mobilen Beregnungen auf einem niedrigen Kostenniveau. Im Bezug zu den höheren Kosten bei höherer Verdunstung ist noch anzumerken, dass sich mit niedrigeren Regengaben die Kosten pro ha erhöhen. Jedoch sind bei gleich bleibender Wassermenge pro Jahr die Kosten pro mm konstant. Da sich die Berechnungen auf 80 mm Beregnungsgabe beziehen um vergleichbar zu sein, sinkt auch kalkulatorisch mit einer geringeren Flächenauslastung die Wassermengenauslas-

tung und somit steigen die Kosten pro mm mit an. Steigt die Verdunstung über die ermittelte Flächenleistung, kann die vorgesehene Fläche nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden. Die Verdunstungsrate ist ohnehin eine kalkulatorische Größe, nach der die Flächenleistung ermittelt wird. In dieser Berechnung wird nicht berücksichtigt, dass verschiedene Feldfrüchte zu unterschiedlichen Zeiten Wassermangel erleiden. Wird dieses einbezogen, so kann eine noch höhere Flächenleistung erreicht werden. Von der Kostenstruktur liegen die unterschiedlich langen/großen Maschinen dicht beieinander. Die Wahl der günstigsten Maschine hängt meist von den Angeboten und den gegebenen Strukturen der zu berechneten Fläche ab.

In Abb.13 sind die Kosten der verschiedenen Varianten grafisch dargestellt, damit sie besser verglichen werden können.

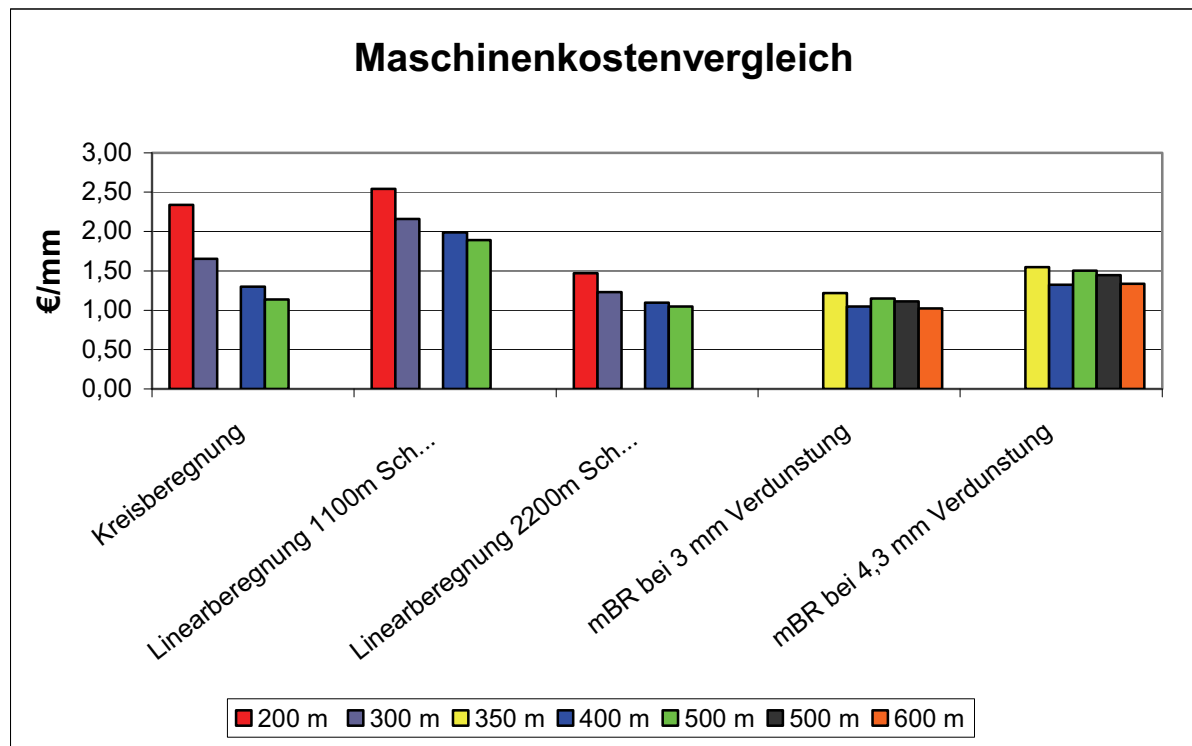


Abbildung 13: Maschinenkostenvergleich

■  $Q = 60,5 \text{ m}^3/\text{h}$  ■  $Q = 78 \text{ m}^3/\text{h}$

Quelle: eigene Darstellung

In dieser Abbildung wird deutlich, dass die mobilen Beregnungen mit Regnerwagen eine durchweg günstige Maschinenart sind. Die Kosten der Kreis- und Linearberegnungen erreichen nur bei einer großen Auslastung ein ähnlich niedriges Niveau. Zu den Gesamtkosten einer Beregnungsmaßnahme gehören jedoch neben den Maschinenkosten ebenfalls die Erschließungskosten, die im Folgenden beschrieben werden.

## 6.2 Erschließungskosten

Als Erschließungskosten sind in diesem Kapitel alle anfallenden Kosten der Feldberegnung, außer den in Kapitel 6.1 aufgeführten Maschinenkosten und die in Kapitel 6.3 errechneten variablen Pumpkosten erfasst. In Tab. 17 bis 19 sind die Kosten aufgeführt, um die es sich im Einzelnen genau handelt. Dargestellt sind die drei Varianten „30 ha mit Dieselpumpaggregat“, „100 ha mit Elektropumpe“ und „200 ha mit Elektropumpe“. Alle drei Möglichkeiten beziehen sich auf die Entnahme von Grundwasser. Die Kosten der Entnahme von Oberflächengewässer sind sehr fallspezifisch und können daher nicht aufgeführt werden.

Ein relativ hoher Kostenfaktor bei den Elektroantrieben ist der Stromanschluss. Dieser kann pro ha niedrig gehalten werden, in dem man möglichst viel Fläche über einen Stromanschluss beregnet. Somit ist es sinnvoll, mehr Kosten für Erdleitungen in Kauf zu nehmen, um ausreichend Fläche mit einer Pumpe zu erreichen und möglichst kurze Wege von Stromleitungen (Stromanschluss-Pumpe) zu haben. Bei einer gut arrondierten Fläche können die Erdleitungskosten trotz großem Beregnungsgebiet von einer Pumpe niedrig gehalten werden. Bei kleineren, weit verstreuten Einzelflächen rechnen sich häufig mehrere kleinere Brunnen, die mit einem mobilen Dieselpumpaggregat betrieben werden können. Daher bezieht sich die in Tab. 17 dargestellte Rechnung auf nur 30 ha Einsatzgebiet. Der Vorteil an diesem Verfahren ist, dass die Brunnen, unabhängig von Stromleitungen, in Grundwasser- und Beregnungsflächen-nähe errichtet werden können. Auch die Arrondierung der Fläche hat wenig Einfluss, da durch mehrere Brunnen kaum Erdleitungen erforderlich sind. So können beispielsweise mit dem Dieselaggregat zwei 15 ha große Flächen, die 10 km weit voneinander entfernt sind, mit diesen Kosten beregnet werden. Beim Elektroantrieb würden die Kosten durch den zweiten Stromanschluss steigen.

Aufgeführt sind die Investitionskosten und die Nutzungsdauer sowie deren Einsatzumfang der einzelnen Kostenpunkte. Diese Daten wurden von Fricke, 2006a und Fricke/Heidorn, 2003 übernommen. Außerdem errechnen sich daraus die Kosten der einzelnen Einheiten, pro Jahr, ha und mm. Die Zinsen sind mit 4 % (DLG, 2009 und Landwirtschaftliche Rentenbank, 09/2009) angesetzt und die durchschnittliche jährliche Beregnungshöhe mit 80mm.

Tabelle 17: Erschließungskosten Dieselpumpaggregat (30 ha)

	Investitionskosten		Nutzungs- dauer	Abschreibung		Zinsen (4 %)		Gesamtkosten		
	€	€/ha		€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/mm
2 Brunnen (20 m tief)	50000	250	25	2000	10,00	1000	5,00	3000	15,00	0,1875
Dieselpumpaggregat (60 m <sup>3</sup> /h)	60000	300	15	4000	20,00	1200	6,00	5200	26,00	0,3250
Erdleitung (inkl. Straßen- benpressung und Graben ausheben, 600m)	30000	150	25	1200	6,00	600	3,00	1800	9,00	0,1125
Hydranten (Hydranten, Abgänge, Bögen)	60000	300	25	2400	12,00	1200	6,00	3600	18,00	0,2250
<b>Gesamt</b>	<b>200000</b>	<b>1000</b>		<b>9600</b>	<b>48,00</b>	<b>4000</b>	<b>20,00</b>	<b>13600</b>	<b>68,00</b>	<b>0,8500</b>

Quelle: eigene Berechnung; Fricke, 2006a; Fricke/Heidorn, 2003; DLG, 2009; Landwirtschaftliche Rentenbank 09/2009

Tabelle 18: Erschließungskosten Elektropumpe (100 ha)

	Investitionskosten		Nutzungs- dauer	Abschreibung		Zinsen (4 %)		Gesamtkosten		
	€	€/ha		€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/mm
Brunnen (50 m tief)	17000	170	25	680	6,80	340	3,40	1020	10,20	0,1275
110 m <sup>3</sup> /h, Elektroan- schluss, Frequenzrege- lung, Schaltschrank,	25000	250	15	1667	16,67	500	5,00	2167	21,70	0,2708
Erdleitung (inkl. Stra- ßenpressung und Gräben ausheben, 600m)	61000	610	25	2440	24,40	1220	12,20	3660	36,60	0,4575
Hydranten (Hydranten, Abgänge, Bögen)	14000	140	25	560	5,60	280	2,80	840	8,40	0,1050
<b>Gesamt</b>	<b>117000</b>	<b>1170</b>		<b>5347</b>	<b>53,47</b>	<b>2340</b>	<b>23,40</b>	<b>7687</b>	<b>76,90</b>	<b>0,9608</b>

Quelle: Quelle: eigene Berechnung; Fricke, 2006a; Fricke/Heidorn, 2003; DLG, 2009; Land-  
wirtschaftliche Rentenbank 09/2009

Tabelle 19: Erschließungskosten Elektropumpe (200 ha)

	Investitionskosten		Nutzungs- dauer	Abschreibung		Zinsen (4 %)		Gesamtkosten		
	€	€/ha		€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/Jahr	€/ha	€/mm
2 Brunnen (60 m tief)	50000	250	25	2000	10,00	1000	5,00	3000	15,00	0,1875
2 Pumpen	60000	300	15	4000	20,00	12000	6,00	5200	26,00	0,3250
140 m <sup>3</sup> /h, 120 m Steig- leitung, Schaltschrank, Kabelanbindung	30000	150	25	1200	6,00	600	3,00	1800	9,00	0,1125
Erdleitung inkl. Hydran- ten (4000 m)	60000	300	25	2400	12,00	1200	6,00	3600	18,00	0,2250
<b>Gesamt</b>	<b>200000</b>	<b>1000</b>		<b>9600</b>	<b>48,00</b>	<b>4000</b>	<b>20,00</b>	<b>13600</b>	<b>68,00</b>	<b>0,8500</b>

Quelle: Quelle: eigene Berechnung; Fricke, 2006a; Fricke/Heidorn, 2003; DLG, 2009; Landwirtschaftliche Rentenbank 09/2009

Die hier aufgeführten Kostenpunkte enthalten im Einzelnen nicht exakt gleiche Leistungen, sie sind deshalb nicht im Detail vergleichbar. Sie sollen einen Eindruck der verschiedenen Erschließungskosten geben, sind jedoch repräsentativ und bei den Gesamtkosten vergleichbar. Zu vermerken ist, dass wie in Kapitel 5.2 beschrieben, im Einzelfall enorme Kostenunterschiede bei der Erschließung auftauchen können. Es ist zu erkennen, dass sich die Erschließungskosten mit Elektropumpe bei steigender Anlagengröße reduzieren. Ebenfalls wird deutlich, dass die Erschließungskosten beim Dieselpumpaggregat unter denen der Elektropumpe liegen. Allerdings belaufen sich die Pumpkosten dieser Variante aber auch über denen der Elektropumpen, wie im Folgenden Abschnitt aufgezeigt wird.

### **6.3 Pumpkosten**

Diese Kosten fallen in den Berechnungen nur als variable Pumpkosten an. Sie setzen sich aus dem Energieverbrauch und den Reparaturkosten zusammen. Die Kosten der Arbeit, die ebenfalls variabel sind, werden bereits bei den Maschinenkosten (Kapitel 6.1) berücksichtigt. Die Festkosten der Pumpen sind in den Erschließungskosten (Kapitel 6.2) einbegriffen. Neben der Differenzierung der Kosten von verschiedenen Pumpen mit unterschiedlichen Pumpleistungen werden die Varianten „Dieselpumpaggregat“ und „Elektropumpe“ unterschieden. Die unterschiedlichen Pumpleistungen, Reparaturkosten sowie Energieverbrauchswerte sind vom KTBL übernommen. Die Reparaturkosten pro m<sup>3</sup> errechnen sich durch die Pumpleistung pro Stunde und den Reparaturkosten pro Stunde. Des Weiteren sind die Energiekosten kalkuliert, die sich aus einem angenommenen Strompreis von 0,13 €/kWh und einem Dieselpreis von 1,10 €/l ergeben (Fricke, 2006 a).

Tabelle: 20 Variable Pumpkosten

Antrieb	Pumpleistung	Reparatur		Strom	Strompreis von 0,13€/kWh	
	m <sup>3</sup> /h	€/h	€/m <sup>3</sup>	kWh	€/h	€/m <sup>3</sup>
Strom	30	0,20	0,0067	11,00	1,43	0,0477
	60	0,30	0,0050	22,00	2,86	0,0477
	90	0,30	0,0033	30,00	3,90	0,0433
	150	0,40	0,0027	45,00	5,85	0,0390
Diesel				Diesel	Dieselpreis von 1,10€/l	
				l/h		
	30	0,70	0,0233	4,00	4,40	0,1467
	70	0,80	0,0114	9,40	10,34	0,1477
	100	1,00	0,0100	13,00	14,30	0,1430

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008; Fricke, 2006 a

Tabelle 21: Variable Pumpkosten gesamt

Antrieb	Pumpleistung	Gesamt (Reparatur+Energie)		
	m <sup>3</sup> /h	€/h	€/m <sup>3</sup>	€/mm
Strom	30	1,63	0,0543	0,5433
	60	3,16	0,0527	0,5267
	90	4,20	0,0467	0,4667
	150	6,25	0,0417	0,4167
Diesel	30	5,10	0,1700	1,7000
	70	11,14	0,1591	1,5914
	100	15,30	0,1530	1,5300

Quelle: eigene Berechnung; KTBL, 2008; Fricke, 2006 a

Auch hier lässt sich eine Kostenreduktion bei den größeren Pumpen erkennen. Viel deutlicher werden jedoch die unterschiedlichen Kosten von den Varianten Diesel- zu Stromantrieb. Die Pumpkosten mit den Dieselaggregaten übersteigen merklich die Kosten der Elektropumpen. Somit wird der Blick auf die Gesamtkosten einer Beregnungsmaßnahme interessanter, da die Dieselvariante die niedrigeren Erschließungskosten aufweist (Tab.17 bis 19).

#### 6.4 Gesamtkosten

Die Variationsmöglichkeit ist mit den gesammelten Daten sehr groß, um einen Überblick halten zu können sind in Abb. 14 und Tab. 22 die teuersten, die günstigsten und die Mittelwerte



der verschiedenen Varianten aufgeführt/errechnet. Die einzelnen Gesamtwerte sind im Anhang einzusehen, sie enthalten Maschinenkosten, Erschließungskosten, Pumpkosten und eine Pauschale an die untere Wasserbehörde zur Benutzung des Wassers, das Wasserentnahmeentgelt von  $0,0051 \text{ €/m}^3$  (Martens, 2008). Immer unterschieden wird zwischen den Varianten Strom- und Dieselpumpen. Auch die Erschließungskosten der Dieselvariante sind nur in Verbindung mit Dieselpumpen, sowie die Stromvarianten nur in Verbindung mit Elektropumpen errechnet. Des Weiteren ist zwischen den verschiedenen Maschinentypen unterschieden, da hier relativ hohe Kostenunterschiede auftauchen.

Tabelle 22: Gesamtkostenvergleich

	teuer		günstig		mittel	
	Diesel €/mm	Strom €/mm	Diesel €/mm	Strom €/mm	Diesel €/mm	Strom €/mm
Kreisberechnung	4,27	3,84	2,89	2,40	3,49	3,05
Linearberechnung 1100 m	4,47	4,05	3,65	3,16	4,03	3,59
Linearberechnung 2200 m	3,40	2,98	2,80	2,31	3,10	2,66
mBR 3 mm Verdunstung	3,15	2,72	2,78	2,29	3,00	2,55
mBR 4,3mm Verdunstung	3,48	3,05	3,10	2,59	3,32	2,88

Quelle: eigene Berechnung

Bei der Einstufung in Variante „teuer“ ist der jeweils höchst mögliche Wert aufgezeigt, der bei allen Maschinentypen die kleinste Maschinengröße in Verbindung mit der kleinsten Pumpe sowie der geringsten Erschließungsfläche betrifft. Bei der Einstufung in Variante „günstig“ ist es fast genau umgekehrt. Die jeweils günstigste Variante errechnet sich immer mit dem Einsatz der größtmöglichen Einheiten, nur bei den Maschinenkosten der mBR bei 4,3 mm Verdunstung ist die 400 m Berechnung günstiger als die noch größeren. Die Variante „mittel“ enthält die Mittelwerte aller für den entsprechenden Maschinentyp und der Antriebsvariante anfallenden Kosten pro mm. Die Unterschiede zwischen Diesel- und Stromantrieb verdeutlichen, dass die Gesamtkosten, trotz den günstigeren Erschließungskosten der Dieselvariante, durch die höheren Pumpkosten noch über dem Niveau denen der Stromvariante liegen. In Abb. 14 sind die Werte aus Tab. 22 zur Übersicht grafisch dargestellt.

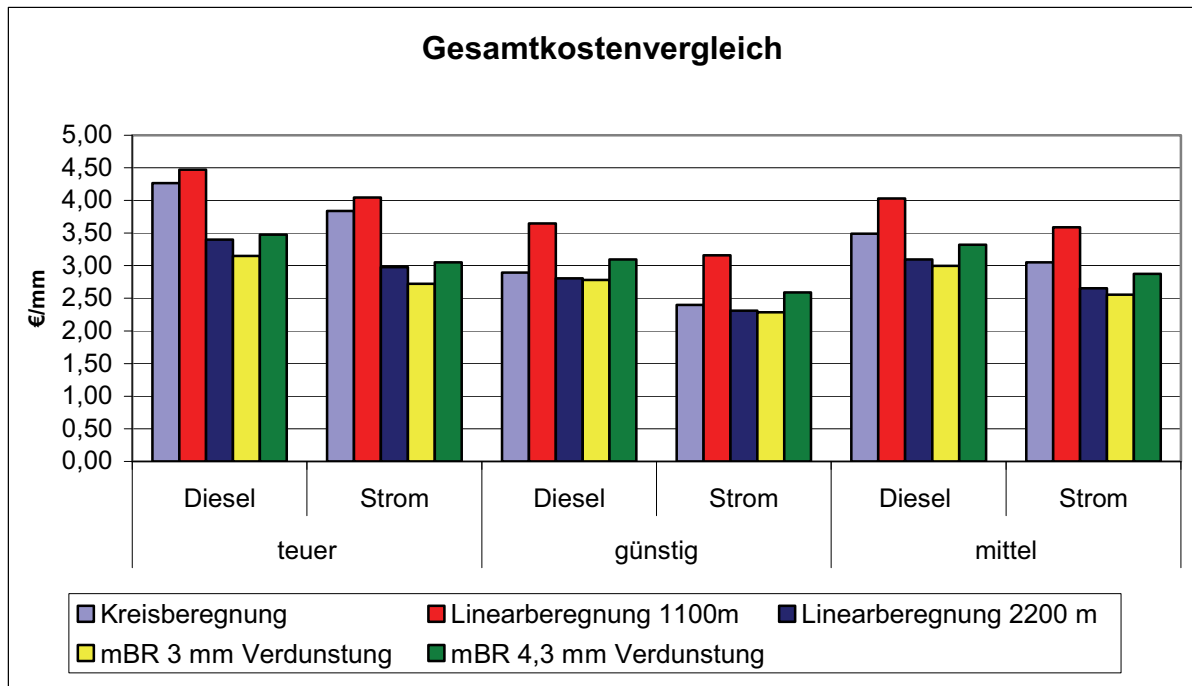


Abbildung 14: Gesamtkostenvergleich

Quelle: eigene Darstellung

In Abb. 14 ist verdeutlicht, dass nicht generell bestimmte Maschinentypen oder Antriebsarten günstig bzw. teuer sind. Für möglichst geringe Beregnungswasserkosten spielen alle Kostenpunkte eine Rolle. So weist z.B. die günstigste Variante der Kreisberegnungsanlage geringere Kosten auf, als die anderen Maschinentypen mit gleichem Antrieb bei den teureren oder mittleren Gesamtkosten.

Des Weiteren sind die Gesamtkosten noch in reduzierter Form dargestellt (Tab. 23), einmal die Gesamtkosten pro mm ohne Erschließung sowie die gesamten variablen Kosten pro mm.

Tabelle 23: Gesamtkosten in reduzierter Form

	ohne Erschließung		variable Kosten	
	Diesel €/mm	Strom €/mm	Diesel €/mm	Strom €/mm
Kreisberegnung	3,26	2,15	1,93	0,81
Linearberegnung 1100 m	3,80	2,69	1,93	0,81
Linearberegnung 2200 m	2,87	1,75	1,93	0,81
mBR 3 mm Verdunstung	2,77	1,65	2,03	0,91
mBR 4,3 mm Verdunstung	3,09	2,41	2,03	0,91

Quelle: eigene Berechnung

Dabei sind in Tab. 23 nur die Mittelwerte der unterschiedlichen Varianten dargestellt. Die Erhebung der Gesamtkosten ohne Erschließung ist in sofern sinnvoll, da bei bereits vorhandener Erschließung (Brunnen, Pumpen, Erdleitung usw.), dies die zusätzlich anfallenden Kosten der Berechnungsmaßnahme in €/mm sind. Mit diesen Kosten lassen sich, wenn die Erschließungskosten bereits gegeben sind, wie auch in Tab. 23 ausgeführt, eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der Berechnungsmaßnahme unter den entsprechenden Umständen durchführen. Eine ausführlichere Begründung dieser Betrachtungsweise ist in Kapitel 7.3.4 und 7.3.5 aufgeführt.

Die gesamten variablen Kosten sind unerlässlich für die kurzfristige Entscheidung der Berechnungsmaßnahme. Bei komplett vorhandener Berechnungsausstattung ist es wichtig zu wissen, wie viel Kosten zusätzlich entstehen, wenn beregnet wird. Die Festkosten fallen immer an, ob beregnet wird oder nicht. Sind die variablen Gesamtkosten niedriger als der Ertragszuwachs ist eine Berechnungsmaßnahme sinnvoll.

Die in diesem Kapitel dargestellten und kalkulierten Kosten sind die Grundlage für die in Kapitel 7 aufgeführten Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Feldberechnungen.

## **7. Wirtschaftlichkeit**

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Berechnungsmaßnahme bezieht sich auf verschiedene in Norddeutschland übliche Feldfrüchte. Hierzu sind die durchschnittlichen und/oder die voraussichtlich zukünftigen Erzeugerpreise dieser Feldfrüchte herangezogen sowie der durchschnittliche Ertragszuwachs durch Feldberechnung. Die Berechnungskosten sind aus den in Kapitel 6 gesammelten Daten entnommen. Aufgeführt ist die berechnungskostenfreie Leistung mit Einbezug der Gesamtkosten, mit den Gesamtkosten ohne Erschließung sowie mit den gesamten variablen Kosten. Außerdem ist die Berechnungswirtschaftlichkeit von Beispielfruchtfolgen errechnet. Die in Kapitel 4.3 beschriebene Qualitätssteigerung durch Feldberechnung ist am Beispiel Braugerste kalkuliert.

## 7.1 Erzeugerpreise

Um einen Ertragszuwachs in €/ha zu errechnen sind die Erzeugerpreise der einzelnen Produkte erforderlich. Diese Preise sind in den folgenden Tabellen auf verschiedenen Wegen ermittelt. In Tab. 24 sind die Preise der letzten 5 Jahre gemittelt.

Tabelle 24: Erzeugerpreise 2004-2008 und Durchschnitt

Jahr	Kartoffeln	Weizen		Roggen	Braugerste	Futtergerste	Körnermais
	€/dt	Qualitätsweizen €/dt	Futterweizen €/dt	€/dt	€/dt	€/dt	€/dt
2004	13,82	13,48	12,87	10,91	12,85	11,41	14,92
2005	7,20	9,92	9,34	7,97	10,43	9,28	9,65
2006	7,91	10,10	9,42	9,52	11,21	9,51	10,86
2007	18,45	13,56	13,14	13,02	17,47	12,02	15,13
2008	17,38	23,71	21,17	21,23	27,22	18,64	21,31
Ø	<b>12,95</b>	<b>14,15</b>	<b>13,19</b>	<b>12,53</b>	<b>15,83</b>	<b>12,17</b>	<b>14,38</b>

Quelle: eigene Berechnungen; ZMP, 2008

Die Durchschnittspreise von Getreide erhöhen sich relativ stark durch das Hochpreisniveau im Jahr 2008. Bei den Preisen für Zuckerrüben handelt es sich um Mischpreiswerte, mit denen auch in Zukunft kalkuliert werden kann. Sie setzen sich aus dem EU-Mindestpreis (2,63 €/dt) und weiteren anteiligen, fabrikspezifischen Zu- und/oder Abschlägen zusammen (Weihe, mdl., 2009). Die Preise für Stärkekartoffeln sind hier mit einem Stärkegehalt von 20,2 % aufgeführt, sie errechnen sich ähnlich wie die der Zuckerrüben über den EU-Mindestpreis + weitere Zu- und/oder Abschläge. Wichtig hierbei anzumerken ist, dass sich dieser Preis inkl. der produktmengenbezogenen Ausgleichszahlung errechnet, diese Zahlung entfällt zukünftig. Er wurde trotzdem in die Berechnung mit einbezogen, da sonst die Stärkekartoffelproduktion auf einem derart niedrigen Preisniveau vielerorts komplett eingestellt werden würde. Somit ist für die weitere Produktion von Stärkekartoffeln ein ähnlich hoher Erzeugerpreis erforderlich (Weihe, mdl., 2009).

Tabelle 25: Erzeugerpreise Zuckerrüben und Stärkekartoffeln

Zuckerrüben	Kartoffeln (St.)
€/dt	€/dt
<b>3,49</b>	<b>7,52</b>

Quelle: Weihe, mdl., 2009

Zuckerrüben aus Kauf/ Pacht Zuckerrübenquote

Stärkekartoffeln bei 20,2 % Stärkegehalt inkl. Ausgleichszahlung (14,70 €/t)

Die Erzeugerpreisfindung für Grundfuttermittel wie Gras- und Maissilage ist relativ schwierig, da hier kein ausgedehnter Markt besteht. Zur Grundlage der Preisfindung sind bei der Grassilage die Produktionskosten ermittelt. Diese werden mit einem 20% Gewinnaufschlag belegt und auf Trockenmasse (TM) umgerechnet. Bei der Maissilage ist der Preis der Landberatung Uelzen entnommen und ebenfalls auf die Trockenmasse umgerechnet. Verglichen werden beide Werte mit den aktuellen Preisen der LAND&Forst 10/2009. Diese Werte gehen nach Umrechnung auf €/dt TM mit den zuvor errechneten Werten einher.

Tabelle 26: Erzeugerpreise Grassilage und Silomais 2009

	Grassilage		Silomais	
Produktionskosten	3	€/dt		
Gewinnaufschlag	20	%		
Summe	3,6	€/dt	2,79	€/dt
TM Gehalt	35	%	30	%
TM Preis	<b>10,29</b>	€/dt TM	<b>9,30</b>	€/dt TM

Quelle: eigene Berechnungen; LfL Bayern, 2009; Weihe, mdl., 2009; KTBL, 2008; Land&Forst 10/2009

Durch die häufige innerbetriebliche Verwertung der Grundfuttermittel besteht kaum ein Markt dafür. Durch den Zukauf von Maissilage bei vielen Biogasanlagen entwickelt sich hierfür aber langsam einer.

Nach der Erzeugerpreisfindung der verschiedenen Feldfrüchte wird für die weitere Kalkulation der Ertragszuwachs durch Beregnung benötigt. Dieser ist im Folgenden aufgeführt.

## 7.2 Ertragszuwachs

Zur Ermittlung des Ertragszuwachses durch Zusatzbewässerung werden zwei Varianten mit möglichst gleichen Bedingungen angelegt. Eine berechnete Variante sowie eine ohne Zusatzwasser. Die Differenz zwischen beiden Varianten ist der Ertragszuwachs durch Zusatzwasser. Da u.a. die natürliche Niederschlagsverteilung großen Einfluss auf die Ergebnisse hat, sind nur langjährige Versuche signifikant. In Tab. 27 sind die Ergebnisse von vier verschiedenen Versuchsstandorten mit Langzeitversuchen zusammengefasst, um die Ertragszuwächse möglichst vieler Feldfrüchte darzustellen.

Tabelle 27: Ertragszuwachs durch Zusatzbewässerung

Frucht	Ertrag (dt/ha)		Berechnungs- mehrertrag	Zusatzwasser	Effektivität
	unberechnet	berechnet			
	dt/ha	dt/ha	dt/ha	mm/ha	dt/mm
Kartoffeln (Stärke) <sup>1)</sup>	408	545	137	130	1,05
Kartoffeln (Speise) <sup>2)</sup>	380	526	146	100	1,46
Welsches Weidelgras <sup>4)</sup>	151	180	29	159	0,18
Silomais <sup>4)</sup>	146	179	31	80	0,39
Körnermais <sup>3)</sup>	61	82	21	80	0,26
Winterweizen <sup>4)</sup>	58	68	10	62	0,16
Winterroggen <sup>1)</sup>	52	72	20	65	0,31
Zuckerrüben <sup>4)</sup>	517	630	113	116	0,97
Zuckerrüben <sup>1)</sup>	426	576	150	108	1,39
Braugerste <sup>2)</sup>	43	55	12	50	0,24
Braugerste <sup>1)</sup>	35	55	20	80	0,25
Wintergerste <sup>4)</sup>	54	61	7	35	0,20
Braugerste <sup>2*)</sup>	43	55	12	50	0,24

Quelle: eigene Berechnungen; Fricke, 2006; Dittmann, 2001; Dittmann/Lüttger/Sourell, 2005

<sup>1)</sup> Versuchstandort Nienwolde, LK Uelzen; Berechnungsmaßnahme ab 50% nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre

<sup>2)</sup> Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 25; Versuchsdauer 1999-2004

<sup>3)</sup> Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 35; Versuchsdauer 1999-2004

<sup>4)</sup> Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin; Versuchsstandort Berge; Bodenpunkte 40; Versuchsdauer 1952-2004

\*) mit Einfluss der Qualitätssteigerung in Tab. 29 errechnet

Aufgezeigt sind die unterschiedlichen Erträge der Varianten „unberegnet“ und „beregnet“ sowie der daraus resultierende Mehrertrag. In der Spalte Zusatzwasser ist aufgeführt, wie viel Zusatzwasser in der Variante „beregnet“ pro Jahr eingesetzt wurde. Die Effektivität sagt aus, wie viel Mehrertrag pro mm Zusatzwasser entstanden ist. Diese Werte können je nach Jahr und Standort sowie Zeitpunkt der Beregnungsmaßnahme etwas schwanken. Zu erkennen ist dies z.B. an den unterschiedlichen Werten von Zuckerrüben<sup>1)</sup> und <sup>4)</sup> oder Braugerste<sup>1)</sup> und <sup>2)</sup>. Die Daten aus Tab. 27 sind die Grundlage für die weiteren Kalkulationen. Nicht berücksichtigt werden die unterschiedlichen Gegebenheiten wie Bodenarten und natürliche Niederschlagsverteilungen.

Mit dem Beregnungsmehrertrag, dem dafür eingesetzten Zusatzwasser und den Erzeugerpreisen errechnet sich dann der Beregnungsmehrertrag in €/ha und €/mm.

Dieser Mehrertrag in €/ha ist zur Verdeutlichung in Abb. 15 grafisch dargestellt.

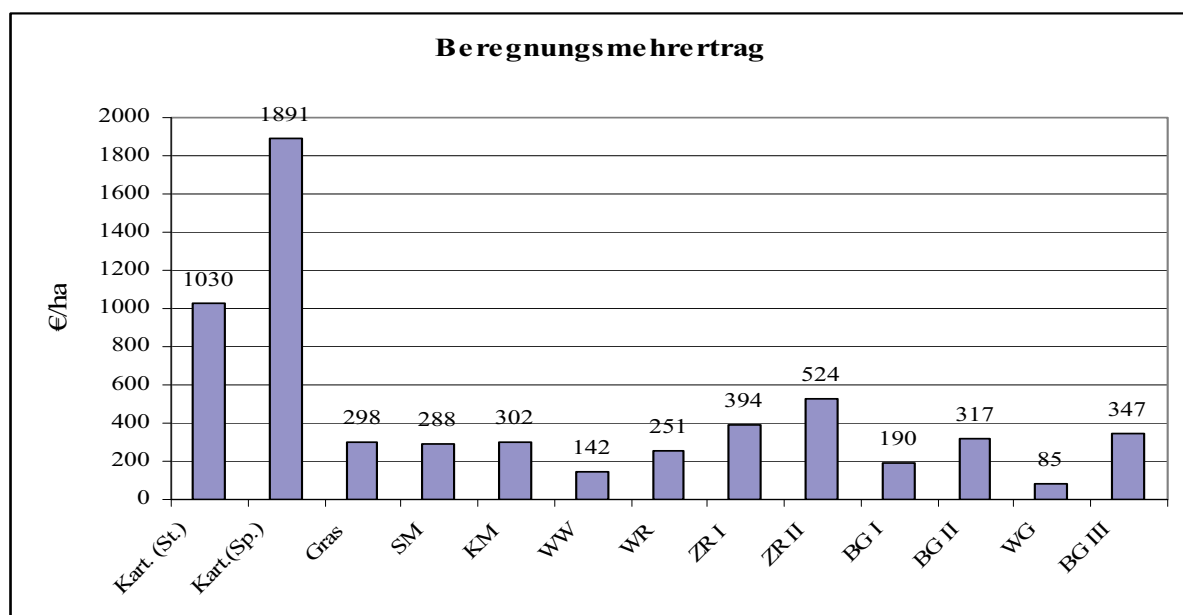


Abbildung 15: Beregnungsmehrertrag

Quelle: eigene Darstellung

ZR I: Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin; Versuchsstandort Berge; Bodenpunkte 40; Versuchsdauer 1952-2004

ZR II: Versuchstandort Nienwolde, LK Uelzen; Beregnungsmaßnahme ab 50 % nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre

BG I: Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 25; Versuchsdauer 1999-2004

BG II: Versuchstandort Nienwolde, LK Uelzen; Beregnungsmaßnahme ab 50 % nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre

BG III: mit Einfluss der Qualitätssteigerung in Tab. 29 errechnet

Deutlich zu erkennen in Abb. 15 ist, dass sich mit den Kartoffeln der höchste geldliche Mehrertrag erreichen lässt. Doch auch bei anderen Früchten steigert sich die Wertschöpfung be-

achtlich. Die Kosten der Beregnungsmaßnahme richten sich aber u.a. nach der Menge des eingesetzten Zusatzwassers. Somit ist der Beregnungsmehrertrag in €/mm auch ohne Betrachtung der Kosten eine aussagekräftigere Größe. Beide sind in Tab. 28 dargestellt.

Tabelle 28: Beregnungsmehrertrag

Frucht	Beregnungsmehrertrag	Zusatzwasser	Erzeugerpreise €/dt	Beregnungsmehrertrag	
	dt/ha	mm/ha		€/ha	€/mm
Kartoffeln (Stärke) <sup>1)</sup>	137	130	7,52	1030	7,92
Kartoffeln (Speise) <sup>2)</sup>	146	100	12,95	1891	18,91
Welsches Weidelgras <sup>4)</sup>	29	159	10,29	298	1,88
Silomais <sup>4)</sup>	31	80	9,30	288	3,60
Körnermais <sup>3)</sup>	21	80	14,38	302	3,77
Winterweizen <sup>4)</sup>	10	62	14,15	142	2,28
Winterroggen <sup>1)</sup>	20	65	12,53	251	3,86
Zuckerrüben <sup>4)</sup>	113	116	3,49	394	3,40
Zuckerrüben <sup>1)</sup>	150	108	3,49	524	4,85
Braugerste <sup>2)</sup>	12	50	15,83	190	3,80
Braugerste <sup>1)</sup>	20	80	15,83	317	3,96
Wintergerste <sup>4)</sup>	7	35	12,17	85	2,43
Braugerste <sup>2*)</sup>	12	50	(15,83 bzw. 12,17)	347	6,95

Quelle: eigene Berechnungen; Fricke, 2006; Dittmann, 2001; Dittmann/Lüttger/Sourell, 2005

<sup>1)</sup> Versuchstandort Nienwolde, LK Uelzen; Beregnungsmaßnahme ab 50% nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre

<sup>2)</sup> Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 25; Versuchsdauer 1999-2004

<sup>3)</sup> Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 35; Versuchsdauer 1999-2004

<sup>4)</sup> Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin; Versuchstandort Berge; Bodenpunkte 40; Versuchsdauer 1952-2004

\*) mit Einfluss der Qualitätssteigerung in Tab. 29 errechnet



Der Berechnungsmehrertrag in €/mm sagt u.a. aus, wie teuer 1 mm Zusatzwasser sein darf, damit sich die Beregnungsmaßnahme lohnt. Des Weiteren zeigt dieser Wert auf, bei welchen Feldfrüchten das eingesetzte Zusatzwasser den höchsten geldlichen Ertragszuwachs erbringt. Unter den gegebenen Voraussetzungen erbringen die Kartoffeln den höchsten Ertragszuwachs in €/mm, obwohl die Zuckerrüben den höchsten Ertragszuwachs in dt/ha aufweisen. Durch die höheren Erzeugerpreise pro dt aber ist der geldliche Mehrertrag bei den Kartoffeln deutlich höher. Bei der Braugerste ist die Variante <sup>2)</sup>\* mit dem Einfluss der Qualitätsverbesserung errechnet (Tab. 29).

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, ist durchaus in bestimmten Fällen eine Qualitätsverbesserung bei Gerste durch den Feldberegnungseinsatz zu bewirken. Wie sich eine derartige Verbesserung auf den Beregnungsmehrertrag auswirkt ist in Tab. 29 errechnet.

Tabelle 29: Berechnungsmehrertrag Braugerste und Futtergerste

Frucht		Ertrag	Erzeugerpreise	Ertrag	Zusatzwasser	Beregnungsmehrertrag	
		dt/ha	€/dt	€/ha	mm/ha	€/ha	€/mm
Braugerste <sup>2)</sup>	berechnet	55	15,83	871	50	347	6,95
Futtergerste <sup>4)</sup>	unberechnet	43	12,17	523			

Quelle: eigene Berechnung

<sup>2)</sup> Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 25; Versuchsdauer 1999-2004

<sup>4)</sup> Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin; Versuchsstandort Berge; Bodenpunkte 40; Versuchsdauer 1952-2004

Ausgegangen wird in Tab. 29 von der Erreichung der Qualitätsanforderungen nur unter ausreichender Wasserversorgung, die nur in der berechneten Variante eintritt. Zur Grundlage der Erträge sind die Werte des Ertragszuwachses vom jeweiligen Versuchsstandort übernommen. Die Erzeugerpreise beziehen sich in der unberechneten Variante auf Futtergerste und in der berechneten Variante auf Braugerste. Der Beregnungsmehrertrag bezieht sich auf die Differenz der beiden Varianten.

Nach Ermittlung des Ertragszuwachses kann in Verbindung der Beregnungskosten die Ermittlung der beregnungskostenfreien Leistung stattfinden.

### 7.3 Beregnungskostenfreie Leistung

Da die in Kapitel 6 ermittelten Beregnungskosten in verschiedene Varianten geteilt sind, gibt es in diesem Kapitel ebenfalls verschiedene Rechenbeispiele. Grundsätzlich werden in diesem Kapitel die beregnungskostenfreien Leistungen unter Berücksichtigung der Gesamtkosten, der Gesamtkosten ohne Erschließung sowie der variablen Kosten ermittelt.

Anzumerken ist, dass sich die Kostenermittlung in Kapitel 6 durch eine jährliche Zusatzwassermenge von 80 mm errechnet hat. Der in Kapitel 7.2 ermittelte Ertragszuwachs setzt jedoch teilweise andere Zusatzwassermengen voraus.

In den weiteren Berechnungen sind zwecks Übersichtlichkeit folgende Kürzel verwendet:

- ZR I: Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin; Versuchsstandort Berge; Bodenpunkte 40; Versuchsdauer 1952-2004
- ZR II: Versuchsstandort Nienwolde, LK Uelzen; Beregnungsmaßnahme ab 50 % nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre
- BG I: Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg; Bodenpunkte 25; Versuchsdauer 1999-2004
- BG II: Versuchsstandort Nienwolde, LK Uelzen; Beregnungsmaßnahme ab 50 % nFK, Bodenpunkte 26-28; Versuchsdauer 10 Jahre
- BG III: mit Einfluss der Qualitätssteigerung in Tab. 29 errechnet

#### 7.3.1 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten

In diesem Kapitel, wie auch in Kapitel 6, wird zwischen Diesel- und Stromkostenvarianten unterschieden. Neben den durchschnittlichen Gesamtkosten aller Varianten werden auch die durchschnittlichen Gesamtkosten der unterschiedlichen Maschinentypen unterschieden.

### **7.3.2 Berechnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gesamtkosten aller Varianten**

In Kapitel 6.4 (Tab. 22) sind die Gesamtkosten aller in Kapitel 6 errechneten Variationsmöglichkeiten (siehe Anhang) zu den, in Diesel- und Stromkosten unterschiedenen, durchschnittlichen Gesamtkosten zusammengefasst. In Verbindung mit den in Kapitel 7.2 unterstellten Zusatzwassermengen pro ha ergeben sie die Gesamtkosten pro ha.

In diesem Kapitel sind, um darzustellen in wie weit sich die Wirtschaftlichkeit in Bezug auf die Erzeugerpreise verändert, die Ergebnisse der durchschnittlichen Gesamtkosten zusätzlich mit 25 % höheren bzw. 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen errechnet. Diese Preisänderungen sind ohne Einfluss politischer Rahmenbedingungen oder Erzeugerpreisprognosen auf alle hier aufgeführten Früchte bezogen. Wie real eine solche Veränderung ist, ist selbst zu bewerten. Anzumerken ist, dass diese Veränderung nicht nur durch schwankende Erzeugerpreise hervorgerufen werden können. Diese Veränderungen können z.B. auch bei unterschiedlichen Berechnungsmehrerträgen oder bei besseren oder schlechteren Qualitäten auftauchen. Die Höhe von 25 % soll nur eine Tendenz aufzeigen.

Da die Gesamtkosten auch relativ unterschiedlich hoch ausfallen können, sind auch diese in 25 % erhöhter sowie 25 % reduzierter Form in verschiedenen Rechenbeispielen erfasst.

Tabelle 30: Durchschnittliche Gesamtkosten aller Varianten

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	418	3,21	481	3,70
Kart.(Sp.)	321	3,21	370	3,70
Gras	511	3,21	588	3,70
SM	257	3,21	296	3,70
KM	257	3,21	296	3,70
WW	199	3,21	229	3,70
WR	209	3,21	240	3,70
ZR I	373	3,21	429	3,70
ZR II	347	3,21	399	3,70
BG I	161	3,21	185	3,70
BG II	257	3,21	296	3,70
WG	112	3,21	129	3,70
BG III	161	3,21	185	3,70

Quelle: eigene Berechnung

Die Gesamtkosten pro ha sagen noch relativ wenig aus, sie zeigen nur den jährlichen Aufwand einer ausreichenden Beregnungsmaßnahme. Verrechnet man diesen Aufwand nun mit dem in Kapitel 7.2 gesammelten Ertragszuwachs ergibt sich die beregnungskostenfreie Leistung (Tab. 31).

Tabelle 31: Beregnungskostenfreie Leistung

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	613	4,71	550	4,23
Kart.(Sp.)	1570	15,70	1521	15,21
Gras	-212	-1,34	-290	-1,82
SM	31	0,39	-8	-0,09
KM	45	0,56	6	0,08
WW	-58	-0,93	-88	-1,42
WR	42	0,64	10	0,16
ZR I	22	0,19	-35	-0,30
ZR II	177	1,64	124	1,15
BG I	29	0,59	5	0,10
BG II	60	0,75	21	0,26
WG	-27	-0,78	-44	-1,26
BG III	187	3,74	163	3,25

Quelle: eigene Berechnung

Die berechnungskostenfreie Leistung sagt aus, wie viel bei gegebenem Ertragszuwachs abzüglich der gegebenen Gesamtkosten der Beregnungsmaßnahme an Leistungen übrig bleibt. So fallen bei Feldfrüchten wie z.B. Winterweizen oder Welschen Weidelgras höhere Kosten als Leistungen an, die Kartoffeln oder die Braugerste hingegen verzeichnen positive Kostendeckungen. In Tab. 31 ist zu erkennen, dass ein kleiner positiver/negativer Wert pro mm einen beachtlichen Wert pro ha erbringt. Dieser Effekt verstärkt sich bei gleichem Ertragszuwachs pro mm und steigender Zusatzwassermenge bzw. umgekehrt. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Feldfrüchten werden in Abb. 16 verdeutlicht.

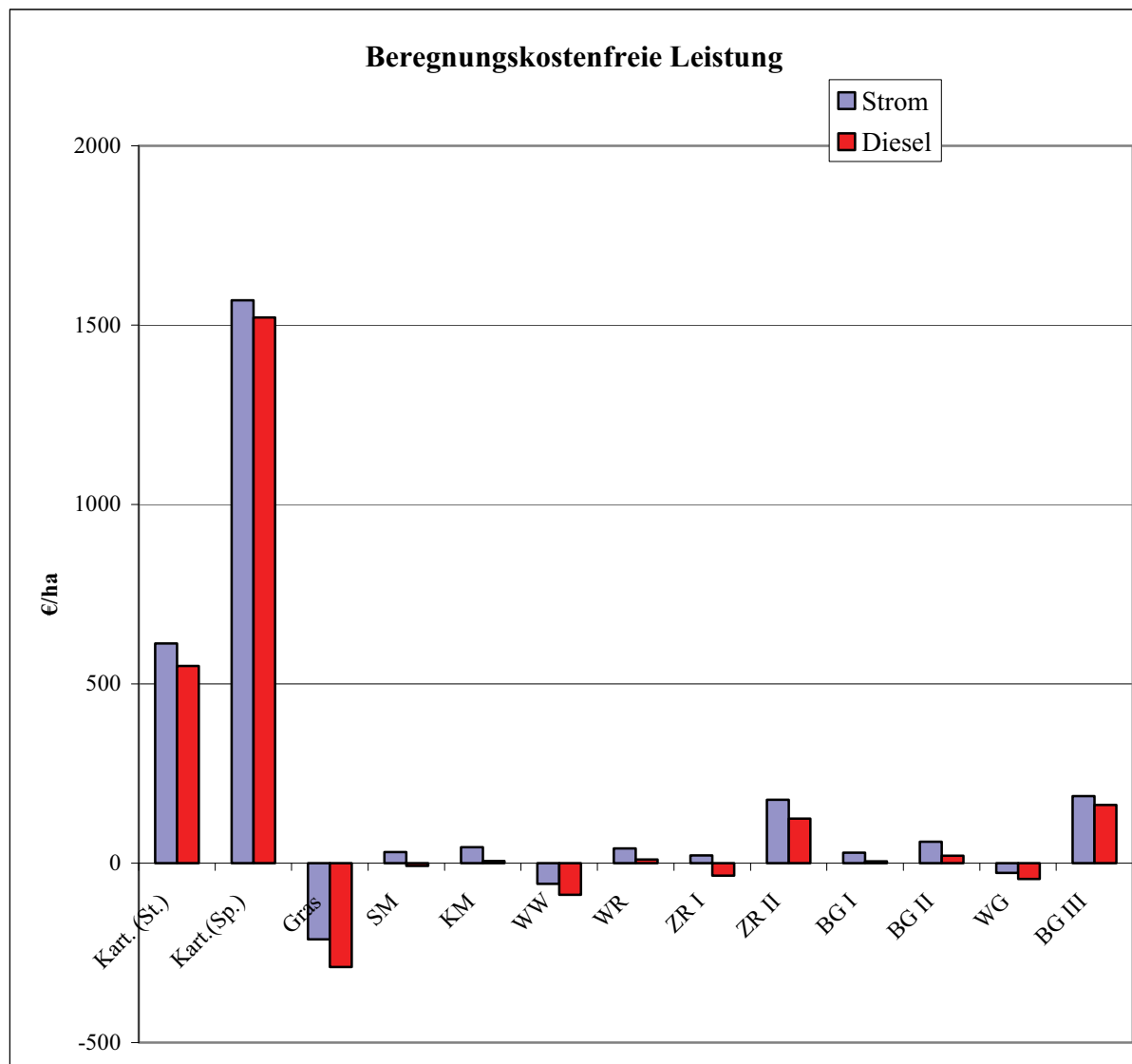


Abbildung 16: Berechnungskostenfreie Leistung  
Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich zu den hohen berechnungskostenfreien Leistungen bei den Kartoffeln befinden sich die anderen Früchte an oder unter der Gewinngrenze. In Tab. 32 und 33 sind die bereg-

nungskostenfreien Leistungen mit 25 % höheren bzw. 25 % niedrigen Erzeugerpreisen dargestellt.

Tabelle 32: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	870	6,69	807	6,21
Kart.(Sp.)	2043	20,43	1994	19,94
Gras	-138	-0,87	-215	-1,35
SM	103	1,29	65	0,81
KM	120	1,50	82	1,02
WW	-22	-0,36	-52	-0,84
WR	104	1,61	73	1,12
ZR I	120	1,04	64	0,55
ZR II	307	2,85	255	2,36
BG I	77	1,54	53	1,05
BG II	139	1,74	100	1,25
WG	-6	-0,17	-23	-0,65
BG III	274	5,47	249	4,99

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 33: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	355	2,73	292	2,25
Kart.(Sp.)	1097	10,97	1048	10,48
Gras	-287	-1,80	-364	-2,29
SM	-41	-0,51	-80	-1,00
KM	-31	-0,38	-69	-0,87
WW	-93	-1,50	-123	-1,99
WR	-21	-0,32	-52	-0,81
ZR I	-77	-0,66	-133	-1,15
ZR II	46	0,42	-7	-0,06
BG I	-18	-0,36	-42	-0,85
BG II	-19	-0,24	-58	-0,73
WG	-49	-1,39	-66	-1,87
BG III	100	2,00	76	1,51

Quelle: eigene Berechnung

Die veränderte Situation der Erzeugerpreise hat einen relativ großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Beregnungsmaßnahme. So sinkt diese Wirtschaftlichkeit bei niedrigeren Preisen bzw. steigt bei höheren. Bei 25 % höheren Erzeugerpreisen (Tab. 32) können alle Feldfrüchte, außer Welsche Weidelgras, Winterweizen sowie Wintergerste, kostendeckend beregnet werden. Geht man von 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen aus, (Tab. 33) können nur noch die Kartoffeln sowie die Braugerste mit Qualitätssteigerung kostendeckend beregnet werden. Jedoch sind die Erzeugerpreise nur schlecht zu beeinflussen, die Gesamtkosten allerdings schon.

In wie weit sich die Wirtschaftlichkeit verändert, wenn man 25 % niedrigere Gesamtkosten unterstellt, ist in Tab. 34 errechnet.

Tabelle 34: Beregnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	717	5,52	670	5,15
Kart.(Sp.)	1650	16,50	1614	16,14
Gras	-85	-0,53	-143	-0,90
SM	96	1,19	66	0,83
KM	109	1,36	80	1,00
WW	-8	-0,13	-30	-0,49
WR	94	1,45	70	1,08
ZR I	115	0,99	73	0,63
ZR II	263	2,44	224	2,07
BG I	70	1,39	51	1,03
BG II	124	1,55	95	1,19
WG	1	0,03	-12	-0,34
BG III	227	4,54	209	4,18

Quelle: eigene Berechnung

Werden die Gesamtkosten also niedrig gehalten, so verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Beregnungsmaßnahme. Durch in Kapitel 2.5 beschriebene Fördermöglichkeiten oder Kostenreduktion anderer Art, können selbst Feldfrüchte rentabel beregnet werden, die mit durchschnittlichen Gesamtkosten nicht beregnungswürdig wären, (z.B. Silomais). Welche bereg-

nungskostenfreie Leistung sich mit niedrigeren Gesamtkosten und veränderten Erzeugerpreise ergibt, ist in Tab. 35 und 36 errechnet.

Tabelle 35: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten und 25 % höheren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	975	7,50	927	7,13
Kart.(Sp.)	2123	21,23	2086	20,86
Gras	-10	-0,06	-68	-0,43
SM	168	2,10	139	1,73
KM	185	2,31	155	1,94
WW	28	0,44	5	0,08
WR	157	2,41	133	2,05
ZR I	214	1,84	171	1,48
ZR II	394	3,65	355	3,29
BG I	117	2,34	99	1,98
BG II	203	2,54	174	2,17
WG	22	0,63	9	0,27
BG III	314	6,28	296	5,91

Quelle: eigene Berechnung



Tabelle 36: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % niedrigeren Gesamtkosten und 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	460	3,53	412	3,17
Kart.(Sp.)	1177	11,77	1141	11,41
Gras	-159	-1,00	-217	-1,37
SM	24	0,29	-6	-0,07
KM	34	0,42	5	0,06
WW	-43	-0,70	-66	-1,06
WR	31	0,48	8	0,12
ZR I	16	0,14	-26	-0,22
ZR II	132	1,23	93	0,86
BG I	22	0,44	4	0,08
BG II	45	0,56	16	0,20
WG	-20	-0,58	-33	-0,95
BG III	140	2,80	122	2,44

Quelle: eigene Berechnung

Werden die durchschnittlichen Gesamtkosten 25 % niedriger angesetzt und dann dazu eine Erzeugerpreisentwicklungstendenz festgelegt, ergeben sich die in Tab. 35 und 36 errechneten Werte. In Tab. 35 sind doppelt vorteilhafte Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit der Beregnung gegeben, niedrige Gesamtkosten sowie höhere Erzeugerpreise. Alle Feldfrüchte könnten unter diesen Voraussetzungen die Beregnungskosten durch Ertragszuwachs übersteigen, nur das Welsche Weidelgras würde weniger Ertragszuwachs als Gesamtkosten erbringen. Bei einer niedrigeren Erzeugerpreistendenz (Tab. 36) erzielen selbst mit niedrigeren Gesamtkosten einige Früchte negative beregnungskostenfreie Leistungen.

In Tab. 37 ist der Einfluss von 25 % höheren Gesamtkosten auf die beregnungskostenfreie Leistung dargestellt. Bei einer Beregnungsanlage können relativ viele Umstände eintreten, die die Gesamtkosten erhöhen, z.B. steigende Energiekosten, höhere Baukosten als angenommen oder auch höhere Reparaturkosten.

Tabelle 37: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	508	3,91	429	3,30
Kart.(Sp.)	1489	14,89	1429	14,29
Gras	-340	-2,14	-437	-2,75
SM	-33	-0,41	-81	-1,02
KM	-19	-0,24	-68	-0,85
WW	-107	-1,73	-145	-2,34
WR	-10	-0,16	-50	-0,77
ZR I	-71	-0,62	-142	-1,22
ZR II	90	0,83	24	0,22
BG I	-11	-0,21	-41	-0,82
BG II	-5	-0,06	-53	-0,66
WG	-55	-1,58	-77	-2,19
BG III	147	2,93	116	2,33

Quelle: eigene Berechnung

Diese Tabelle lässt erkennen, dass nur wenige Feldfrüchte (Kartoffeln, Zuckerrüben, Braugerste) in der Lage sind, diese hohen Gesamtkosten zu decken. In Tab. 38 und 39 sind diese höheren Gesamtkosten auf die unterschiedlichen Erzeugerpreise gerechnet.

Tabelle 38: Berechnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten und 25 % höheren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	766	5,89	687	5,28
Kart.(Sp.)	1962	19,62	1902	19,02
Gras	-266	-1,67	-362	-2,28
SM	39	0,49	-9	-0,12
KM	56	0,70	8	0,09
WW	-72	-1,16	-110	-1,77
WR	52	0,80	13	0,20
ZR I	27	0,23	-43	-0,37
ZR II	221	2,04	155	1,44
BG I	37	0,74	6	0,13
BG II	75	0,93	26	0,33
WG	-34	-0,97	-55	-1,58
BG III	234	4,67	203	4,06

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 39: Beregnungskostenfreie Leistung bei 25 % höheren Gesamtkosten und 25 % niedrigeren Erzeugerpreisen

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	251	1,93	172	1,32
Kart.(Sp.)	1017	10,17	956	9,56
Gras	-415	-2,61	-511	-3,22
SM	-105	-1,31	-154	-1,92
KM	-95	-1,18	-143	-1,79
WW	-143	-2,30	-180	-2,91
WR	-73	-1,12	-113	-1,73
ZR I	-170	-1,47	-240	-2,07
ZR II	-41	-0,38	-107	-0,99
BG I	-58	-1,16	-89	-1,77
BG II	-84	-1,05	-132	-1,65
WG	-77	-2,19	-98	-2,80
BG III	60	2,00	29	0,59

Quelle: eigene Berechnung

Wird eine steigende Erzeugerpreisentwicklung angenommen, können einige Feldfrüchte die höheren Gesamtkosten decken. Bei höheren Gesamtkosten und niedrigeren Erzeugerpreisen sind unter gegebenen Vorraussetzungen nur noch die Kartoffel und die Braugerste mit Qualitätssteigerung in der Lage, durch die Beregnungsmaßnahme, die Kosten decken.

Je mehr Daten bzw. Tendenzen für die Beregnung feststehen, desto eher lässt sich ein Trend festsetzen. Viele hier aufgelistete Feldfrüchte schwanken zwischen positiven und negativen Kostendeckungen. Hieraus lässt sich schließen, dass die Erstellung einer Beregnungsanlage nur mit Hilfe möglichst vieler gegebener Faktoren wie Kosten, Erzeugerpreise oder Ertragszuwächse zu empfehlen ist. Des Weiteren lassen sich weniger kostendeckende Feldfrüchte (Welsches Weidelgras, Wintergerste) erkennen, und häufiger kostendeckende Feldfrüchte wie die Kartoffeln oder die Braugerste. So kann man daraus schließen, dass sich eine Beregnungsmaßnahme am ehesten bei den Feldfrüchten lohnt, die hier am häufigsten positive Kostendeckungen erreichen konnten. Weichen jedoch nur einige Werte von den angenommenen ab, kann sich die Wirtschaftlichkeit bei den meisten Feldfrüchten vom Positiven ins Negative bewegen bzw. umgekehrt.

### 7.3.3 Berechnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gesamtkosten der unterschiedenen Maschinentypen

Die unterschiedlichen Maschinentypen mit deren durchschnittlichen Kosten (Kapitel 6.4, Tab. 22) sind mit denen in Kapitel 7.2 gesammelten Ertragszuwächsen verrechnet, um aussagen zu können, wie sich die unterschiedlichen Kosten der unterschiedlichen Maschinentypen auf die berechnungskostenfreie Leistung der einzelnen Feldfrüchte auswirkt. Da mit den Mittelwerten der unterschiedlichen Maschinentypen gerechnet wird, sind bei gleichen Maschinentypen durchaus höhere oder niedrigere Gesamtkosten möglich. Somit kann bei den einzelnen Maschinentypen die Wirtschaftlichkeit ebenfalls höher oder niedriger ausfallen, die Mittelwerte zeigen jedoch eine grundsätzliche Tendenz auf.

Im Anhang sind diese Berechnungskosten der Kreisberechnungsanlage mit der in Kapitel 7.2 vorausgesetzten Berechnungshöhe der unterschiedlichen Feldfrüchte in Gesamtkosten pro ha errechnet. Wie schon bei den durchschnittlichen Gesamtkosten aller Varianten (Kapitel 7.3.1) lassen sich aus diesen Kosten die jährlichen Gesamtkosten für den entsprechenden Ertragszuwachs entnehmen. Die durchschnittlichen Gesamtkosten pro mm bei den Kreisberechnungsanlagen liegen etwas unter dem gesamten Durchschnitt, somit verläuft auch die Wirtschaftlichkeit in dieser Variante etwas positiver.

Tabelle 40: Berechnungskostenfreie Leistung der Kreisberechnungsanlage

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	634	4,87	576	4,43
Kart.(Sp.)	1586	15,86	1542	15,42
Gras	-187	-1,17	-257	-1,62
SM	44	0,55	9	0,11
KM	58	0,72	23	0,28
WW	-48	-0,77	-75	-1,21
WR	52	0,80	24	0,36
ZR I	41	0,35	-11	-0,09
ZR II	194	1,80	146	1,36
BG I	37	0,75	15	0,31
BG II	73	0,91	37	0,47
WG	-22	-0,62	-37	-1,06
BG III	195	3,90	173	3,46

Quelle: eigene Berechnung

Mit der Kreisberechnungsanlage lassen sich bei einigen Feldfrüchten wirtschaftliche Werte erreichen. Negativ sind hier Welsches Weidelgras, Winterweizen und Wintergerste.

Bei der Linearberechnung mit 1100 m Schlaglänge liegen die durchschnittlichen Gesamtkosten, von denen hier aufgeführten maschinentypenspezifischen Gesamtkosten, an höchster Stelle. Dies heißt nicht zwangsläufig, dass dieser Maschinentyp der teuerste ist, wie in Kapitel 6 Abb. 14 zu erkennen, doch die Durchschnittskosten ergeben diesen relativ hohen Wert. Die berechnungskostenfreien Leistungen dieser Variante (Tab. 41) liegen deshalb ebenfalls etwas unter den anderen.

Tabelle 41: Berechnungskostenfreie Leistung der Linearberechnung (1100 m Schlaglänge)

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	563	4,33	506	3,89
Kart.(Sp.)	1532	15,32	1488	14,88
Gras	-273	-1,71	-343	-2,16
SM	1	0,01	-34	-0,43
KM	15	0,18	-21	-0,26
WW	-81	-1,31	-108	-1,75
WR	17	0,26	-12	-0,18
ZR I	-22	-0,19	-73	-0,63
ZR II	136	1,26	88	0,81
BG I	10	0,21	-12	-0,23
BG II	29	0,37	-6	-0,07
WG	-40	-1,16	-56	-1,60
BG III	168	3,36	146	2,92

Quelle: eigene Berechnung

Bei derart hohen Gesamtkosten sind nur bei wenigen Feldfrüchten kostendeckende Ertragszuwächse zu verzeichnen. So sind z.B. in der Dieselsevariante nur bei den Kartoffeln und der Braugerste mit Qualitätsverbesserung positive berechnungskostenfreie Leistungen zu erreichen.

Wie schon in Kapitel 6 errechnet, liegen die Gesamtkosten der Linearberechnungen bei einer größeren Schlaglänge deutlich unter den bei kürzeren. Zum Vergleich sind in folgender Ta-

belle (Tab. 42) die berechnungskostenfreien Leistungen der Linearberegnung mit 2200 m Schlaglänge errechnet.

Durch die doppelte Flächenleistung der gleichen Maschine liegen auch die Gesamtkosten deutlich unter denen der kürzeren Variante. Wie sich diese niedrigeren Gesamtkosten auf die Wirtschaftlichkeit auswirken ist in Tab. 42 errechnet.

Tabelle 42: Berechnungskostenfreie Leistung der Linearberegnung (2200 m Schlaglänge)

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	685	5,27	628	4,83
Kart.(Sp.)	1625	16,25	1581	15,81
Gras	-124	-0,78	-194	-1,22
SM	76	0,95	41	0,51
KM	89	1,12	54	0,68
WW	-23	-0,37	-50	-0,81
WR	78	1,20	49	0,76
ZR I	86	0,74	35	0,30
ZR II	237	2,19	189	1,75
BG I	57	1,14	35	0,70
BG II	104	1,30	69	0,86
WG	-8	-0,22	-23	-0,66
BG III	215	4,29	193	3,85

Quelle: eigene Berechnung

Mit den durch die größere Schlaglänge reduzierten Gesamtkosten errechnen sich weit wirtschaftlichere Werte, nur die Berechnungskosten beim Gras, Winterweizen und bei der Wintergerste werden nicht durch den veranschlagten Ertragszuwachs gedeckt.

Eine in Norddeutschland sehr häufig angewandte Form der Beregnungsmaschinentypen sind die mobilen Beregnungen mit Regnerwagen. Wie in Kapitel 5.1.3 beschrieben sind sie sehr flexibel einsetzbar und auch für kleinere Strukturen eine relativ günstige Variante. Die mobilen Beregnungen mit Regnerwagen (3 mm Verdunstung) sind, von den hier aufgeführten Mittelwerten der Maschinentypen differenzierten Varianten, die günstigste. Die Gesamtkosten verlaufen sich somit im unteren Bereich. Welche Auswirkung sie auf den Ertragszuwachs haben, ist in Tab. 43 errechnet.

Tabelle 43: Berechnungskostenfreie Leistung der mBR (3 mm Verdunstung)

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	698	5,37	641	4,93
Kart.(Sp.)	1635	16,35	1591	15,91
Gras	-108	-0,68	-178	-1,12
SM	84	1,05	49	0,61
KM	97	1,22	62	0,78
WW	-17	-0,27	-44	-0,71
WR	85	1,30	56	0,86
ZR I	98	0,84	47	0,40
ZR II	248	2,29	200	1,85
BG I	62	1,25	40	0,80
BG II	112	1,40	77	0,96
WG	-4	-0,12	-20	-0,56
BG III	220	4,39	198	3,95

Quelle: eigene Berechnung

Wie zu erwarten, ergeben sich relativ hohe, positive Kostendeckungen bei den meisten hier aufgeführten Feldfrüchten. Doch bei dem Welschen Weidelgras, dem Winterweizen und der Wintergerste werden, trotz geringer Kosten, diese nicht durch den Ertragszuwachs gedeckt.

Sollen nun mit den gleichen Maschinen die Fläche auch bei einer höheren Verdunstungsrate mit ausreichend Zusatzwasser versorgt werden, verringert sich die Flächenleistung (siehe Kapitel 6, Tab. 8 bis 10). Bezieht man diese niedrigere Flächenleistung in die Berechnungen ein, ergeben sich die in Tab. 44 dargestellten berechnungskostenfreien Leistungen.

Tabelle 44: Beregnungskostenfreie Leistung der mBR (4,3 mm Verdunstung)

Frucht	Strom		Diesel	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	656	5,05	599	4,61
Kart.(Sp.)	1603	16,03	1559	15,59
Gras	-159	-1,00	-229	-1,44
SM	58	0,73	23	0,29
KM	72	0,90	36	0,46
WW	-37	-0,59	-64	-1,04
WR	64	0,98	35	0,54
ZR I	61	0,52	9	0,08
ZR II	213	1,97	165	1,53
BG I	46	0,92	24	0,48
BG II	87	1,08	51	0,64
WG	-15	-0,44	-31	-0,88
BG III	204	4,07	182	3,63

Quelle: eigene Berechnung

Die Wirtschaftlichkeit verringert sich minimal, wenn sich die Flächenleistung bei gleicher Zusatzwassermenge pro Jahr verringert.

Die unterschiedlichen Beregnungsmaschinentypen haben einen relativ großen Einfluss auf die Gesamtkosten. Unterscheidet man diese Gesamtkosten wird deutlich, in wie weit sie für eine kostendeckende Beregnungsmaßnahme eine Rolle spielen. Es ist ein günstiger Maschinentyp zu wählen, um eine möglichst hohe beregnungskostenfreie Leistung zu erzielen. Da z.B. die Kartoffeln in allen hier aufgeführten Varianten einen kostendeckenden Ertragszuwachs aufweisen, ist daraus zu schließen, dass Kartoffeln auch bei geringeren als den gegebenen Zuwächsen kostendeckend zu beregnen sind. Hingegen weist das Welsche Weidelgras in allen hier aufgeführten Varianten negative Kostendeckungen auf, hier wäre ein höherer Ertragszuwachs erforderlich.

In diesem Kapitel werden die durchschnittlichen Gesamtkosten der unterschiedlichen Maschinentypen berücksichtigt. Diese sagen aus, ob und wenn mit welchen Maschinentypen die Erstellung einer kompletten Beregnungsanlage unter den vorausgesetzten Gegebenheiten für welche Feldfrüchte wirtschaftlich ist. Ob sich bei bereits erschlossener Fläche eine Beregnungsmaßnahme lohnt, wird in Kapitel 7.3.4 errechnet.



### 7.3.4 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der Gesamtkosten ohne Erschließung

Die Gesamtkosten sind in Kapitel 6 in Maschinenkosten, Erschließungskosten sowie Pumpkosten unterteilt. Ist die Erschließung jedoch bereits vorhanden, ergeben sich die damit verbundenen Kosten, egal ob beregnet wird oder nicht. Sind die Beregnungsmaschinen versetzbar, können diese hingegen auch für andere Flächen genutzt werden. Die Pumpkosten sind ohnehin variabel und fallen nur bei tatsächlicher Nutzung an.

Die Betrachtung der Beregnungswürdigkeit ohne Berücksichtigung der Erschließungskosten kann unter mehreren Umständen sinnvoll sein, und zwar immer dann, wenn die Fläche schon mit Beregnung erschlossen ist. Die Gründe dafür können beispielsweise sein, dass eine Fläche nur für die Zusatzbewässerung von Kartoffeln erschlossen wurde. Diese werden aber nur alle drei oder vier Jahre auf der Fläche angebaut. Auch beim Neuerwerb einer Fläche kann es sein, dass diese mit Beregnung erschlossen ist.

Fallen diese Kosten also unabhängig von der Nutzung an, können sie ausgeblendet werden und die beregnungskostenfreien Leistungen werden ohne deren Berücksichtigung ermittelt. Übrig bleiben die variablen Kosten, die bei jeder Beregnungsmaßnahme anfallen. Sie sind in den Pumpkosten und variablen Maschinenkosten sowie der Gebühr zur Wasserentnahme erfasst. Hinzu kommen die festen Maschinenkosten, insofern diese neu angeschafft werden müssen bzw. vorhandene Maschinen noch Festkosten verursachen. Die daraus resultierende beregnungskostenfreie Leistung sagt aus, ob es wirtschaftlich ist, die vorausgesetzten Feldfrüchte bei den vorausgesetzten Gegebenheiten zu beregnen. Diese Wirtschaftlichkeit ist in folgenden Tabellen errechnet. Grundlage sind die in Kapitel 6.4 Tab. 23 ermittelten durchschnittlichen Gesamtkosten ohne Erschließung bei der Kreisberegnung, Linearberegnung (2200 m Schlaglänge) und der mobilen Beregnung mit Regnerwagen (3 mm Verdunstung). Alle drei Varianten sind nur mit den Kosten der Stromvariante dargestellt. Wie auch in vorangegangenen Berechnungen beziehen sich die beregnungskostenfreien Leistungen auf €/ha und €/mm.

Die durchschnittlichen Gesamtkosten ohne Erschließung der Kreisberegnungsanlagen ergeben, laut Kapitel 6.4 Tab. 23, einen Betrag von 2,15 €/mm Zusatzwasser. Mit dem in Kapitel 7.2 ermittelten Ertragszuwachs und den dafür nötigen Zusatzwassermengen pro ha errechnen

sich die in Tab. 45 aufgeführten Gesamtkosten ohne Erschließung pro ha sowie die berechnungskostenfreien Leistungen pro ha und mm.

Tabelle 45: Berechnungskostenfreie Leistungen der Kreisberegnung (Gesamtkosten ohne Erschließung)

Frucht	Gesamtkosten ohne Erschließung		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	279	2,15	751	5,78
Kart.(Sp.)	215	2,15	1676	16,76
Gras	341	2,15	-43	-0,27
SM	172	2,15	117	1,46
KM	172	2,15	130	1,63
WW	133	2,15	9	0,14
WR	139	2,15	111	1,71
ZR I	249	2,15	146	1,25
ZR II	232	2,15	292	2,70
BG I	107	2,15	83	1,66
BG II	172	2,15	145	1,81
WG	75	2,15	10	0,29
BG III	107	2,15	240	4,80

Quelle: eigene Berechnung

Ohne Berücksichtigung der Erschließungskosten ergibt die Kreisberegnung, bei den in Tab. 45 unterstellten Werten, in allen Varianten (Ausnahme Welsches Weidelgras), eine positive Kostendeckung. In Tab. 46 ist die gleiche Berechnung mit den Daten der Linearberegnung bei 2200 m Schlaglänge aufgeführt.

Tabelle 46: Berechnungskostenfreie Leistungen der Linearberegnung  
2200 m Schlaglänge (Gesamtkosten ohne Erschließung)

Frucht	Gesamtkosten ohne Erschließung		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	227	1,75	803	6,18
Kart.(Sp.)	175	1,75	1716	17,16
Gras	278	1,75	20	0,13
SM	140	1,75	148	1,85
KM	140	1,75	162	2,02
WW	108	1,75	33	0,53
WR	114	1,75	137	2,11
ZR I	203	1,75	191	1,65
ZR II	189	1,75	335	3,10
BG I	87	1,75	103	2,05
BG II	140	1,75	177	2,21
WG	61	1,75	24	0,68
BG III	87	1,75	260	5,20

Quelle: eigene Berechnung

Die Kosten dieser Variante liegen noch etwas unter denen der Kreisberegnung, somit wäre unter diesen Umständen eine Beregnungsmaßnahme bei allen hier aufgeführten Feldfrüchten wirtschaftlich. Die Gesamtkosten ohne Erschließung und die berechnungskostenfreie Leistungen der mBR bei 3 mm Verdunstung sind auf gleiche Weise errechnet und in Tab. 47 dargestellt.

Tabelle 47: Beregnungskostenfreie Leistungen der mBR 3 mm  
(Gesamtkosten ohne Erschließung)

Frucht	Gesamtkosten ohne Erschließung		beregnungskostenfreie Leistungen	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	214	1,65	816	6,28
Kart.(Sp.)	165	1,65	1726	17,26
Gras	262	1,65	36	0,23
SM	132	1,65	156	1,95
KM	132	1,65	170	2,12
WW	102	1,65	39	0,63
WR	107	1,65	143	2,21
ZR I	191	1,65	203	1,75
ZR II	178	1,65	345	3,20
BG I	82	1,65	108	2,15
BG II	132	1,65	185	2,31
WG	58	1,65	27	0,79
BG III	82	1,65	265	5,30

Quelle: eigene Berechnung

Diese Variante weist die geringsten, der hier aufgeführten, Kosten auf. Somit besteht die höchste, hier errechnete, Wirtschaftlichkeit aller aufgeführten Feldfrüchte.

Fallen bei zusätzlichen Wassergaben keine weiteren Erschließungskosten an, so ist bei fast allen hier aufgeführten Varianten die Beregnungsmaßnahme sinnvoll. Somit tragen auch fast alle hier aufgeführten Varianten zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bei, auch wenn nicht alle mit den vorausgesetzten Gegebenheiten die Gesamtkosten decken können. Grundsätzlich kann man diese Berechnungen auch als Entscheidungshilfe nehmen, ob eine Anschaffung von Beregnungsmaschinen bei erschlossener Fläche wirtschaftlich ist.

Die letztendliche Entscheidung ob eine Beregnungsmaßnahme sinnvoll ist kann aber auch bei ausschließlicher Betrachtung der variablen Kosten fallen.

### 7.3.5 Beregnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der variablen Kosten

Betrachtet man die unterschiedlichen Kostenpunkte, sind die Erschließungskosten pro ha fest. Bei den festen Maschinenkosten ist es ähnlich. Sind die Beregnungsmaschinen bereits vorhanden, fest installiert oder den erschlossenen Flächen fest zugeordnet, fallen sie immer an,

ob berechnet wird oder nicht. Setzt man diese Kosten also als gegeben voraus, ergibt sich die Berechnungswürdigkeit unter Berücksichtigung der variablen Kosten. Zu diesen Kosten zählen die variablen Maschinenkosten (Arbeit, Reparatur) aus Kapitel 6.1 Tab. 12 bis 16 und die Pumpkosten (Energiebedarf, Reparatur), die in Kapitel 6.2 Tab. 18 und 19 errechnet sind. Da die Pumpkosten in Strom- und Dieselvariante unterschieden und jeweils gemittelt sind, ergeben sich nur noch die in Kreis- und Linearberechnungen sowie mBR unterschiedenen Varianten.

Tabelle 48: Variable Kosten der Kreis- und Linearberechnungen mit Elektropumpe

Frucht	gesamte variable Kosten		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	106	0,81	924	7,11
Kart.(Sp.)	81	0,81	1810	18,10
Gras	129	0,81	169	1,06
SM	65	0,81	223	2,79
KM	65	0,81	237	2,96
WW	50	0,81	91	1,47
WR	53	0,81	198	3,04
ZR I	94	0,81	300	2,59
ZR II	88	0,81	436	4,03
BG I	41	0,81	149	2,99
BG II	65	0,81	252	3,14
WG	29	0,81	57	1,62
BG III	41	0,81	307	6,13

Quelle: eigene Berechnung

Betrachtet man ausschließlich die hier unterstellten variablen Kosten, ist bei allen hier aufgeführten Feldfrüchten, mit dem entsprechenden Ertragszuwachs, eine Berechnungsmaßnahme sinnvoll. Besteht also eine solche Anlage und nur die Entscheidung ist zu fällen, ob sie bei Wassermangel zum Einsatz kommen soll, ergibt sich unter den vorausgesetzten Gegebenheiten immer eine Berechnungswürdigkeit. Die mBR erfordern einen etwas höheren Arbeitsaufwand, wie sich dieser auf die Berechnungswürdigkeit auswirkt ist in Tab. 49 errechnet.

Tabelle 49: Variable Kosten der mBR mit Elektropumpe

Frucht	gesamte variable Kosten		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	118	0,91	912	7,02
Kart.(Sp.)	91	0,91	1800	18,00
Gras	144	0,91	154	0,97
SM	73	0,91	216	2,70
KM	73	0,91	229	2,87
WW	56	0,91	85	1,37
WR	59	0,91	192	2,95
ZR I	105	0,91	289	2,49
ZR II	98	0,91	425	3,94
BG I	45	0,91	145	2,89
BG II	73	0,91	244	3,05
WG	32	0,91	53	1,53
BG III	45	0,91	302	6,04

Quelle: eigene Berechnung

Auch durch den höheren Arbeitsaufwand ist Beregnungswürdigkeit bei allen hier aufgeführten Feldfrüchten gegeben. Die Variante mit Dieselpumpaggregat hat etwas höhere variable Kosten, wie sich die auf die Beregnungswürdigkeit unter den gegebenen Voraussetzungen auswirken, ist in Tab. 50 und 51 errechnet.

Tabelle 50: Variable Kosten der Kreis- und Linearberegnungen mit Dieselantrieb

Frucht	gesamte variable Kosten		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	251	1,93	779	5,99
Kart.(Sp.)	193	1,93	1698	16,98
Gras	307	1,93	-9	-0,06
SM	155	1,93	134	1,67
KM	155	1,93	147	1,84
WW	120	1,93	22	0,35
WR	126	1,93	125	1,92
ZR I	224	1,93	170	1,47
ZR II	209	1,93	315	2,91
BG I	97	1,93	93	1,87
BG II	155	1,93	162	2,03
WG	68	1,93	18	0,50
BG III	97	1,93	251	5,02

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 51: Variable Kosten der mBR mit Dieselantrieb

Frucht	gesamte variable Kosten		berechnungskostenfreie Leistung	
	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
Kart. (St.)	264	2,03	767	5,90
Kart.(Sp.)	203	2,03	1688	16,88
Gras	322	2,03	-24	-0,15
SM	162	2,03	126	1,58
KM	162	2,03	140	1,75
WW	126	2,03	16	0,26
WR	132	2,03	119	1,83
ZR I	235	2,03	159	1,37
ZR II	219	2,03	305	2,82
BG I	101	2,03	89	1,77
BG II	162	2,03	155	1,93
WG	71	2,03	14	0,41
BG III	101	2,03	246	4,92

Quelle: eigene Berechnung

Die deutlich höheren variablen Kosten des Dieselantriebs verringern auch den berechnungskostenfreien Mehrertrag. Beim Gras passiert dies so stark, dass es unter den gegebenen Voraussetzungen nicht berechnungswürdig ist. Die Unterschiede der Maschinenarten werden kaum noch deutlich, da die Antriebskosten sich derart auffällig unterscheiden.

Da sich die variablen Kosten, insbesondere die Energiekosten, wie auch die Ertragszuwächse und die Erzeugerpreise ständig ändern ist eine derartige Berechnung bei Berechnungsbetrieben ebenfalls ständig, unter betriebsspezifischen Werten, erforderlich.

### 7.3.6 Zusammenfassung

Die unterschiedlichen berechnungskostenfreien Leistungen verdeutlichen, wie viele variablen Größen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Feldberechnungsanlage gehören. Je mehr der angenommenen Werte als fest voraus gesetzt werden können, desto sicherer wird das Ergebnis. Diese hier aufgeführten Berechnungen sollen nur eine Tendenz der Wirtschaftlichkeit aufführen. Die in diesem Kapitel aufgeführten Berechnungen beziehen sich immer nur auf einzelne Feldfrüchte, für die Planung der Erstellung einer Berechnungsanlage ist jedoch eine Fruchtfolgeplanung unumgänglich.

## 7.4 Berechnungswirtschaftlichkeit unter Beispielfruchtfolgen

Mit der Einhaltung von Fruchtfolgen können nicht nur ausschließlich die Feldfrüchte auf der Beregnungsfläche angebaut werden, die die höchsten beregnungskostenfreien Leistungen erbringen. Auch weniger beregnungswürdige Früchte sind unumgänglich. Da für die Erstellung einer Beregnungsanlage unbedingt die Gesamtkosten zu berücksichtigen sind, geschieht dies in folgenden Berechnungen an Beispielfruchtfolgen.

Die in Kapitel 7.3 vorangegangenen Berechnungen der beregnungskostenfreien Leistung beziehen sich auf die Beregnungskosten pro mm. Dieser Rechenweg ist nötig, um die unterschiedlich hohen Beregnungsgaben der Versuchsergebnisse vergleichbar zu machen. Mit Hilfe von Beispielfruchtfolgen lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Beregnung, auch ohne Veränderung der Versuchsergebnisse, in €/ha und €/mm differenzierte Kosten ermitteln. Denn die variablen Kosten entstehen nur bei der Verregnung von Zusatzwasser. Die Festkosten ergeben sich pro ha, unabhängig von der Beregnungswassermenge. Jedoch sind dann nur noch die unterschiedlichen Fruchtfolgen vergleichbar, und nicht wie in Kapitel 7.3 die unterschiedlichen Feldfrüchte.

In den folgenden Berechnungen sind verschiedene Varianten errechnet. Unterschieden ist zwischen den Kreisberegnungen, den Linearberegnungen und der mobilen Beregnung mit Regnerwagen (3 mm Verdunstung). Die jeweiligen Varianten sind zusätzlich in Strom- und Dieselantrieb differenziert. Grundsätzlich ist die Beregnungswürdigkeit verschiedener Beispielfruchtfolgen errechnet. Für diese Berechnung sind die Gesamtkosten in feste und variable Kosten unterteilt. Die Festkosten ergeben sich aus den in Kapitel 6.1 Tab. 12 bis 16 errechneten festen Maschinenkosten (Mittelwert der unterschiedlichen Maschinentypen) und den für die Pumpenantriebsart errechneten Erschließungskosten (Kapitel 6.2, Tab. 17 bis 19). Diese Festkosten fallen pro Jahr und ha an, unabhängig von der Beregnungswasserhöhe und gehen deshalb unverändert in die Berechnung ein. Die variablen Kosten beinhalten, die in Kapitel 6.3 Tab. 20 und 21 errechneten Pumpkosten, in Mittelwerten der Antriebsarten unterschieden, sowie die Mittelwerte der variablen Maschinenkosten der unterschiedlichen Maschinentypen (Kapitel 6.1, Tab. 12 bis 16). Diese variablen Kosten fallen pro mm Zusatzwasser an, deshalb sind sie gleich im Voraus von den Ertragszuwächsen abgezogen und ergeben die Effektivität in €/mm. Die Ertragszuwächse sind aus den in Kapitel 7.2 aufgeführten Werten entnommen. Die in den Versuchen ausgebrachten Zusatzwassermengen sind als Beregnungshöchstmenge



unterstellt, um das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs zu berücksichtigen. Wie in Kapitel 2.4 beschrieben, gibt es real auch eine Zusatzwasserhöchstmenge. Da diese innerhalb von sieben Jahren eingehalten werden muss, wird sie auch bei den Fruchtfolgen nur im Durchschnitt als Höchstmengenbegrenzung (80 mm) unterstellt. Die Fruchtfolge IV ist mit 80 mm und 60 mm Zusatzwasserhöchstmengenbegrenzung errechnet, um feststellen zu können, in wie weit sich die Wirtschaftlichkeit bei einer niedrigeren Begrenzung verhält. Außerdem ist zu erwähnen, dass bei Überschreitung dieser Begrenzungen das Beregnungswasser immer bei der Feldfrucht eingekürzt wird, die die schlechteste Effizienz aufweist.

Die Fruchtfolgebeispiele sind so aufgeführt, dass sie auch auf die gesamte Beregnungsfläche bezogen werden können. Werden jedes Jahr soviel Prozent, wie aufgeführt, mit den entsprechenden Feldfrüchten angebaut, ergeben sich die errechneten Gesamtwerte.

In den folgenden Tabellen sind die Gesamtkosten mit den Kosten der Stromvariante errechnet. Die Festkosten in Tabelle 52 ergeben sich aus den durchschnittlichen Festkosten der mobilen Beregnung mit Regnerwagen und den durchschnittlichen Erschließungskosten der Stromvariante.

Tabelle 52: Festkosten der Stromvariante der mBR (3 mm Verdunstung)

Beregnung	Erschließung	Gesamt
€/ha	€/ha	€/ha
59	72	132

Quelle: eigene Berechnung

Die in den folgenden Tabellen aufgeführte Effektivität beinhaltet den ermittelten Beregnungsmehrertrag (Kapitel 7.2, Tab. 28) abzüglich der variablen Kosten (Kapitel 6.4, Tab. 23). In diesem Fall beinhalten die variablen Kosten, die durchschnittlichen Pumpkosten der Elektroantriebe sowie die Reparatur- und Arbeitskosten der mBR. Außerdem wird die zuvor beschriebene Beregnungsmengenbegrenzung berücksichtigt und aufgeführt. Alle Werte sind von Feldfrüchten einer in Norddeutschland üblichen Fruchtfolge.

Tabelle 53: Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge I

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regenmenge/Jahr	
		€/mm	mm/Jahr	Ø Wasserrecht
33%	ZR I	2,49	116	
33%	WW	1,37	62	
33%	WG	1,53	35	
Durchschnitt/ Jahr			71	80

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tab. 53 dargestellte Fruchtfolge I (Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste) kann mit den vorausgesetzten Höchstwassermengen nicht ganz die des Wasserrechts erreichen. Anzumerken ist, dass eine Ausschöpfung des Wasserrechts das Gesamtergebnis verbessern würde. In Tab. 54 ist die Effektivität pro ha errechnet, sie ergibt sich aus der Effektivität pro mm und der vorausgesetzten Zusatzwassermenge pro ha. Zieht man von dieser Effektivität, die nur die variablen Kosten beinhaltet, zusätzlich die Festkosten ab, ergibt sich der Berechnungsgewinn.

Tabelle 54: Berechnungsgewinn mBR Stromvariante der Fruchtfolge I

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
33 %	ZR I	289,00	157,27
33 %	WW	85,21	-46,52
33 %	WG	53,42	-78,31
Durchschnitt/ Jahr		143	11

Quelle: eigene Berechnung

Die Tab. 54 verdeutlicht, dass es auch zu einem positiven Gesamtgewinn einer Fruchtfolge kommen kann, obwohl 66 % der Früchte nicht gesamtkostendeckend berechnet werden können. In Tab. 55 ist eine andere Fruchtfolge nach gleicher Art errechnet.

Tabelle 55: Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge II

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regen-	Ø Wasserrecht
		€/mm	menge/Jahr mm/Jahr	
20 %	ZR I	2,49	116	75
20 %	SM	2,70	80	80
20 %	WR	2,95	65	65
20 %	Kart. (St.)	7,02	130	130
20 %	BG I	2,89	50	50
Durchschnitt/Jahr			88	80

Quelle: eigene Berechnung

Mit der in Tab. 55 vorausgesetzten Fruchtfolge II (Zuckerrüben, Silomais, Winterroggen, Stärkekartoffeln, Braugerste) der zu berechneten Fläche ergibt sich, bei der max. angenommenen Zusatzwassermenge der Versuchsergebnisse, eine Überschreitung des Wasserrechts. Deshalb ist hier die Zusatzwassermenge bei der Feldfrucht, die die geringste Effektivität aufweist, reduziert. In Tab. 55 ergibt eine Reduzierung der Zuckerrübenberegnung von 116 mm pro Jahr auf 75 mm pro Jahr die vorausgesetzte Einhaltung der durchschnittlich 80 mm pro Jahr. Hierbei anzumerken ist, dass in den folgenden Berechnungen bei dieser Reduzierung von dem gleichen Ertragszuwachs pro mm Zusatzwasser ausgegangen wird. Tab. 56 ist wie Tab. 55 errechnet, nur durch andere Feldfrüchte und deren Flächenanteil unterscheiden sich die Ergebnisse.

Tabelle 56: Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge II

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
20 %	ZR I	186,85	55,12
20 %	SM	215,63	83,90
20 %	WR	191,54	59,81
20 %	Kart. (St.)	912,15	780,42
20 %	BG I	144,59	12,86
Durchschnitt/ Jahr		330	198

Quelle: eigene Berechnung

Werden ausschließlich gesamtkostendeckende Feldfrüchte einer Fruchtfolge unterstellt, entsteht auch ein durchschnittlich positiver Berechnungsgewinn. Unter den in Tab. 56 vorausgesetzten Bedingungen erbringt die Feldberegnung ein deutlich positives Ergebnis. Dieses Ergebnis wird erreicht, obwohl die vorausgesetzten Feldfrüchte in den Varianten mit dem geringsten Ertragszuwachsen und den niedrigsten Erzeugerpreisen unterstellt sind. Wie sich die

Ergebnisse dieser Fruchtfolge verhalten, unterstellt man die höchst mögliche Effektivität, wird in Tab. 57 und Tab. 58 errechnet.

Tabelle 57: Maximale Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge II

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regenmenge/Jahr	Ø Wasserrecht
		€/mm	mm/Jahr	
20 %	ZR II	3,94	108	
20 %	SM	2,70	80	
20 %	WR	2,95	65	
20 %	Kart. (Sp.)	18,00	100	
20 %	BG III	6,04	50	
Durchschnitt/Jahr			76	80

Quelle: eigene Berechnung

Durch die veränderten Varianten der Feldfrüchte sind auch die Zusatzwassermengen verändert. Mit den in Tab. 57 unterstellten Varianten wird keine Wasserrechtsausschöpfung erreicht.

Tabelle 58: Maximaler Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge II

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
20 %	ZR II	425,40	293,67
20 %	SM	215,63	83,90
20 %	WR	191,54	59,81
20 %	Kart.(Sp.)	1800,16	1668,43
20 %	BG III	302,02	170,28
Durchschnitt/ Jahr		587	455

Quelle: eigene Berechnung

In Tab. 58 ist zu erkennen, dass die selbe Fruchtfolge, mit den gleichen Kosten unterstellt, durch veränderte Mehrerträgen (Zuckerrüben) und Qualitätsverbesserung (Braugerste) sowie Änderung der Verarbeitungsrichtung der Kartoffeln (Speise) einen deutlich höheren Berechnungsgewinn erzielen kann. Dieses Rechenbeispiel soll verdeutlichen, in wie weit sich der Berechnungsgewinn der gleichen Fruchtfolge durch bessere Mehrerträge erhöhen lässt. In Tab. 59 und 60 wird die Fruchtfolge III (Silomais, Wintergerste, Welsches Weidelgras, Körner-

mais, Winterroggen) berechnet, diese soll eine typische Fruchtfolge für einen Milchviehbetrieb wieder spiegeln.

Tabelle 59: Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge III

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regenmenge/Jahr	Ø Wasserrecht
		€/mm	mm/Jahr	
20 %	SM	2,70	80	80
20 %	WG	1,53	35	35
20 %	Gras	0,97	159	140
20 %	KM	2,87	80	80
20 %	WR	2,95	65	65
Durchschnitt/Jahr			83,8	80

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 60: Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge III

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
20 %	SM	215,63	83,90
20 %	WG	53,42	-78,31
20 %	Gras	135,47	3,74
20 %	KM	229,22	97,49
20 %	WR	191,54	59,81
Durchschnitt/ Jahr		165	33

Quelle: eigene Berechnung

Unter den unterstellten Voraussetzungen kann selbst eine, für einen Milchviehbetrieb typische, Fruchtfolge einen Berechnungsgewinn erbringen. Obwohl in dieser Fruchtfolge keine Feldfrüchte vorkommen, die deutlich hohe berechnungskostenfreie Leistungen aufweisen, ergibt sich ein positiver Berechnungsgewinn. In wie fern sich eine niedrigere Wasserrechtsbeschränkung auf die Fruchtfolge IV (Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Winterweizen, Körnermais) auswirkt, ist in den Tab. 61 bis 64 errechnet.

Tabelle 61: Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge IV

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regen-	Ø Wasserrecht
		€/mm	menge/Jahr mm/Jahr	
25 %	ZR I	2,49	116	110
25 %	Kart. (St.)	7,02	130	130
25 %	WW	1,37	62	0
25 %	KM	2,87	80	80
Durchschnitt/Jahr			97	80

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 62: Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge IV

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
25 %	ZR I	274,05	142,32
25 %	Kart. (St.)	912,15	780,42
25 %	WW	0,00	-131,73
25 %	KM	229,22	97,49
Durchschnitt/ Jahr		354	222

Quelle: eigene Berechnung

Schon in diesem Beispiel musste Zusatzwasser eingespart werden, um nicht das mit 80 mm unterstellte Wasserrecht zu überschreiten. Hier wurde die Berechnungsmaßnahme kalkulatorisch beim Winterweizen komplett eingestellt und zusätzlich bei den Zuckerrüben auf 110 mm reduziert. Wie sich ein niedrigeres Wasserrecht auf die Fruchtfolgerentabilität der Zusatzbewässerung auswirkt ist in Tab. 63 und 64 errechnet.

Tabelle 63: Effektivität der mBR Stromvariante und eingeschränkter Berechnungshöhe der Fruchtfolge IV

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regen-	Ø Wasserrecht
		€/mm	menge/Jahr mm/Jahr	
25 %	ZR I	2,49	116	30
25 %	Kart. (St.)	7,02	130	130
25 %	WW	1,37	62	0
25 %	KM	2,87	80	80
Durchschnitt/Jahr			97	60

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 64: Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge IV und eingeschränkter Berechnungshöhe

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
25 %	ZR I	74,74	-56,99
25 %	Kart. (St.)	912,15	780,42
25 %	WW	0,00	-131,73
25 %	KM	229,22	97,49
Durchschnitt/ Jahr		304	172

Quelle: eigene Berechnung

Eine derartige Beschränkung reduziert das Gesamtergebnis. Da es aber möglich ist, das zur Verfügung stehende Zusatzwasser effizienter zu nutzen, verschlechtert sich das Gesamtergebnis nur relativ gering. Von ähnlichen Auswirkungen ist auszugehen, falls in Trockenjahren die tägliche Verdunstungsrate über die, für die Flächenleistung der Berechnungsmaschine, kalkulierte Verdunstung steigt. Genauso können diese Arbeitsengpässe sein. Wenn es also nicht möglich ist, die Flächen mit ausreichend Zusatzwasser zu versorgen, kann bzw. sollte an den Feldfrüchten Zusatzwasser eingespart werden, die die geringste Effizienz aufweisen.

Die vorangegangenen Fruchtfolgebeispiele können auch so gewertet werden, dass die zu beregnende Fläche mit einem, wie dargestellten, Flächenanteil der Feldfrüchte bebaut wird. In Tab. 65 und 66 ist keine eindeutige Fruchtfolge (V) aufgeführt, um eine solche Herangehensweise zu verdeutlichen. Die zu beregnende Fläche kann mit unterschiedlichen Fruchtfolgen bebaut werden, doch die Bebauung geschieht mit einem dort vorausgesetzten Flächenanteil der unterschiedlichen Früchte (Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Winterweizen, Wintergerste, Braugerste, Winterroggen, Silomais, Körnermais, Welsches Weidelgras).

Tabelle 65: Effektivität der mBR Stromvariante und der Fruchtfolge V

Flächenanteil		Effektivität	maximale Regen-	Ø Wasserrecht
		€/mm	menge/Jahr mm/Jahr	
10 %	ZR I	2,49	116	116
10 %	Kart. (St.)	7,02	130	130
20 %	WW	1,37	62	62
10 %	WG	1,53	35	35
15 %	BG II	3,05	80	80
10 %	WR	2,95	65	65
15 %	SM	2,70	80	80
5 %	KM	2,87	80	80
5 %	Gras	0,97	159	100
Durchschnitt/Jahr			82,95	80

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 66: Berechnungsgewinn der mBR Stromvariante der Fruchtfolge V

Flächenanteil		Effektivität	inkl. Festkosten
		€/ha	€/ha
10 %	ZR I	289,00	157,27
10 %	Kart. (St.)	912,15	780,42
20 %	WW	85,21	-46,52
10 %	WG	53,42	-78,31
15 %	BG II	244,01	112,28
10 %	WR	191,54	59,81
15 %	SM	215,63	83,90
5 %	KM	229,22	97,49
5 %	Gras	96,76	-34,97
Durchschnitt/ Jahr		247	115

Quelle: eigene Berechnung

In Tab. 66 ist der Flächenanteil der unterschiedlichen Feldfrüchte auf einen, unter gegebenen Voraussetzungen hochgerechneten, durchschnittlichen Berechnungsgewinn kalkuliert, um mehrere Fruchtfolgen gleichzeitig zu berechnen und somit den gesamten Berechnungsgewinn einer Fläche ermitteln zu können. Wird in dieser Berechnung von den gegebenen Werten ausgegangen, kann der Flächenanteil der geplanten Feldfrüchte relativ einfach verändert werden und es ergibt sich der Berechnungsgewinn der Gesamtfläche. Diese Kalkulation sagt aus, ob und, wenn ja, wie groß der Berechnungsgewinn der gesamten Fläche sein kann. Außerdem ist durch die Effektivität zu erkennen, welche Feldfrüchte berechnungswürdig sind.



Da in Kapitel 6 die Kosten weiterer Varianten ermittelt wurden, sind diese vier Beispielfruchtfolgen im Anhang mit den Varianten „Durchschnittskosten der Kreisberechnung in Strom- und Dieselvarianten“, „Linearberechnungen in Strom- und Dieselvarianten“ sowie die „mobile Berechnung mit Regnerwagen (3 mm Verdunstung) der Dieselvariante“ in gleicher Weise berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in den folgenden Tabellen aufgeführt.

Tabelle 67: Festkosten der Kreisberechnungen

Variante	Berechnung	Erschließung	Gesamt
	€/ha	€/ha	€/ha
Strom	106	72	179
Diesel	106	18	125

Quelle: eigene Berechnung

Wie schon in Kapitel 6.2 aufgeführt, liegen die unterstellten Erschließungskosten der Dieselvariante unter denen der Stromvariante. Welches Gesamtergebnis sich mit Einbezug der variablen Kosten ergibt, ist in Tab. 68 errechnet.

Tabelle 68: Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse der Kreisberechnungen

Varianten	Strom		Diesel	
	Effektivität	inkl. Festkosten	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha
I	149	-30	70	-55
II	338	159	248	123
II (max. Effektivität)	595	416	504	380
III	172	-7	85	-40
IV	361	182	272	147
IV (60 mm Wasserrecht)	310	131	243	118
V	254	76	165	40

Quelle: eigene Berechnung

Einige der hier aufgeführten Fruchtfolgen (I und III) können unter den gegebenen Voraussetzungen nicht kostendeckend beregnet werden. Anzumerken ist, dass bei einer negativen Effektivität die Zusatzwassermenge auf Null berechnet wurde. Das heißt, wenn die variablen Kosten den Ertragszuwachs übersteigen, bewirkt sich jede Zusatzwassermenge negativ auf

das Gesamtergebnis aus. Somit ist unter diesen Umständen die Beregnungsmaßnahme nicht sinnvoll. Wird sie eingestellt, entfallen trotzdem die Festkosten. In der Dieselvariante ist dies beim Winterweizen und dem welschen Weidelgras der Fall.

Die durchschnittlichen Festkosten der Linearberegnungen unterscheiden sich von den anderen Maschinentypen und sind in Tab. 69 errechnet.

Tabelle 69: Festkosten der Linearberegnungen

Variante	Beregnung	Erschließung	Gesamt
	€/ha	€/ha	€/ha
Strom	112	72	185
Diesel	112	18	131

Quelle: eigene Berechnung

Wie sich diese Festkosten auf den Beregnungsgewinn der unterschiedlichen Fruchtfolgen auswirken, ist in Tab. 70 errechnet.

Tabelle 70: Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse der Linearberegnungen

Varianten Fruchtfolgen	Strom		Diesel	
	Effektivität	inkl. Festkos-	Effektivität	inkl. Festkos-
	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha
I	149	-35	70	-61
II	338	153	248	118
II (max. Effektivität)	595	410	504	374
III	172	-13	85	-46
IV	361	177	272	141
IV (60 mm Wasserrecht)	310	125	243	112
V	254	70	165	35

Quelle: eigene Berechnung

Da die variablen Kosten nicht von denen der Kreisberegnung abweichen, unterscheidet sich der Beregnungsgewinn nur durch die minimal höheren Festkosten. In Tab. 71 ist errechnet, in welcher Höhe sich die Festkosten bei der Dieselvariante der mBR (3 mm Verdunstung) belaufen.

Tabelle 71: Festkosten der Dieselvariante der mBR (3 mm Verdunstung)

Berechnung	Erschließung	Gesamt
€/ha	€/ha	€/ha
59	18	78

Quelle: eigene Berechnung

Die Festkosten dieser Variante ergeben den niedrigsten Wert der hier aufgeführten Varianten. Wie sich die variablen Kosten auf die Effektivität und den Gesamtgewinn auswirken ist in Tab. 72 aufgeführt.

Tabelle 72: Durchschnittliche Fruchtfolgeergebnisse, Dieselvariante der mBR (3 mm Verdunstung)

Varianten Fruchtfolgen	Strom	
	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/ha	€/ha
I	63	-14
II	241	163
II (max. Effektivität)	497	419
III	80	2
IV	264	187
IV (60 mm Wasserrecht)	237	159
V	158	81

Quelle: eigene Berechnung

Von fast allen Beispielfruchtfolgen können mit den vorausgesetzten Werten dieser Variante die Gesamtkosten gedeckt werden. Nur die Fruchtfolge I weist eine negative Kostendeckung auf.

In den Tabellen 68, 70 und 72 können die verschiedenen Fruchtfolgen miteinander verglichen werden. Die Abb. 17 zeigt auf, wie sich der Berechnungsgewinn der Beispielfruchtfolge V im Vergleich zu den unterschiedlichen maschinentypenspezifischen Gesamtkostenvarianten verhält.

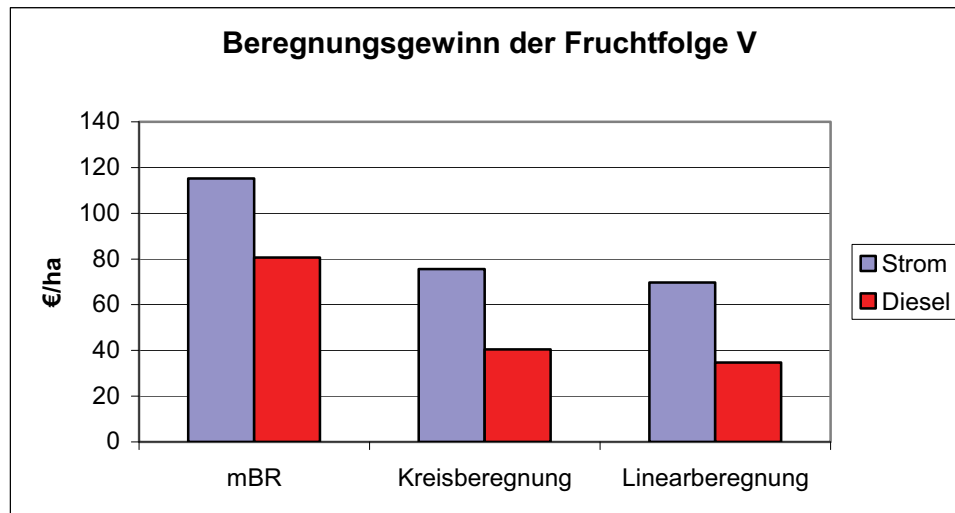


Abbildung 17: Berechnungskostengewinn der Fruchtfolge V  
Quelle: eigene Darstellung

In Abb. 17 ist zu erkennen, dass in dieser Beispielfruchtfolge, unter den vorausgesetzten Gegebenheiten, der Berechnungsgewinn der mBR am höchsten ist. Selbst die Dieselvariante der mBR ergibt einen höheren Berechnungsgewinn, als die der Kreis- bzw. Linearberegnungen. Diese Beiden ergeben einen ähnlich hohen Gewinn, die Dieselvariante fällt insgesamt deutlich niedriger aus.

Die Berechnungswirtschaftlichkeitsüberprüfung anhand von Fruchtfolgebeispielen ist eine aussagekräftige Größe. Denn nur so lässt sich die Gesamtkostendeckung einer, mit unterschiedlichen Feldfrüchten bebauten, Fläche überprüfen. Gleichzeitig lässt sich auch die Berechnungswürdigkeit der unterschiedlichen Feldfrüchte erkennen. Mit der zum Kapitel 7.3 unterschiedlich Herangehensweise im Hinblick auf variable und feste Kosten, lassen sich nur die durchschnittlichen Berechnungsgesamtgewinne einer Fruchtfolge vergleichen. Die Berechnungsgewinne der unterschiedlichen Feldfrüchte sind nur bei gleichen Zusatzwassermengen vergleichbar.

Zu den Resultaten ist anzumerken, dass wenn die auf den ersten Blick niedrig erscheinenden Ergebnisse z.B. von 10 €/ha und Jahr auf 10 Jahre und 100 ha hochgerechnet werden, einen Gesamtgewinn von 10.000 € erreichen. Also können auch kleine Werte relativ hohe Gewinne bewirken, kleine negative Werte jedoch hohe Verluste.

In diesem Kapitel wurde deutlich gemacht, ab wann eine Berechnungsmaßnahme wirtschaftlich ist. Die ermittelten Daten sollen nur eine Tendenz sowie die Herangehensweise aufzeigen. Die zur Berechnung herangezogenen Werte können im Einzelfall von den realen Bedingungen abweichen. Da es sich um sehr viele variable Werte handelt sind die Gesamtergebnisse ebenfalls variabel. Nur wenn man die kalkulatorischen Werte durch gegebene ersetzt, kann man ein genaues Ergebnis erwarten.

## **8. Organisation der Feldberechnung**

Bei der Erstellung einer Feldberechnungsanlage ist noch auf einige weitere Punkte zu achten. Hier aufgeführt sind Beispiele zur Kostenreduzierung, Lösungsmöglichkeiten bei der Erschließung von Pachtflächen sowie Möglichkeiten der Finanzierung.

### **8.1 Kostenreduzierung**

Wie bereits erwähnt spielen zur Wirtschaftlichkeit der Feldberechnungen die Berechnungskosten eine entscheidende Rolle. In Kapitel 6 ist aufgeführt, dass je größer die Berechnungsanlage dimensioniert ist, desto weniger Gesamtkosten pro Einheit anfallen. Des Weiteren können die Erschließungskosten, wie in Kapitel 5.3 bereits erwähnt, durch eine gute Arrondierung, der zu erschließenden Flächen, niedrig gehalten werden. Beide Kostenreduzierungen können häufig durch eine, von mehreren Betrieben zusammen, erstellte Berechnungsanlage gelingen. Eine solche Organisation kann z.B. mit Hilfe von Berechnungsverbänden passieren.

### **8.2 Eigentumsverhältnisse und Finanzierung**

Die Erstellung einer Berechnungsanlage liegt meistens im Interesse des Bewirtschafters, der zu beregnenden Fläche. Da dieser nicht immer der Eigentümer ist, kann es bei der Erstellung einer Berechnungsanlage auf diesen Zupachtflächen zu Schwierigkeiten kommen. Erstellt nämlich der Pächter eine Feldberechnungsanlage, entstehen für ihn Kosten, die er auf 10 bis 25 Jahre abschreibt. Pachtet innerhalb dieser Zeit jemand anderes diese Fläche, bleiben diese Kosten beim Eigentümer der Feldberechnungsanlage und nicht beim Eigentümer der Fläche

bzw. dem neuen Pächter. Für den Eigentümer der Feldberegnungsanlage bestehen also Kosten für eine Fläche, die er nicht nutzen kann. Der Rückbau einer bereits erstellten Beregnungsanlage ist nur teilweise und mit hohen Kosten verbunden möglich. Somit sollte vor der Erstellung unbedingt vertraglich geregelt werden, wer die Anlage wie lange finanziert. Hierfür gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten, z.B.:

- Verlängerung des Pachtvertrages auf die Nutzungsdauer der Feldberegnungsanlage
- Rückkaufgarantie bei Beendigung des Pachtverhältnisses
- Pächterabhängige Finanzierungsgarantie

Ist die Feldberegnungsanlage in einem Beregnungsverband organisiert, ist auch häufig die Finanzierung über diesen organisiert. In den meisten Beregnungsverbänden werden die Erschließungskosten, wie auch die Pumpkosten und das Wasserentnahmeentgelt, über den Verband abgerechnet. Die Maschinenkosten verbleiben häufig beim Bewirtschafter der Flächen. Die Finanzierungsart sieht meistens so aus, dass der Verband für größere Investitionskosten, wie die Erstellung der Erschließung oder Reparaturkosten, einen Kredit aufnimmt. Die jährlichen Kreditkosten (Zinsen und Tilgung) werden dann auf die erschlossene Verbandsfläche als Hektarbeitrag von den Bewirtschaftern eingezogen. Die variablen Pumpkosten fallen zusätzlich pro m<sup>3</sup> genutzten Beregnungswassers an.

## **9. Zusammenfassung und Fazit**

Nach Überprüfung der rechtlichen, natürlichen und betriebsindividuellen Voraussetzungen kann eine Wirtschaftlichkeitsüberprüfung einer Feldberegnung stattfinden. Hierfür sind die dafür anfallenden Kosten zu berücksichtigen. Diese Beregnungskosten sind, für die in Frage kommenden Maschinentypen, Erschließungsarten und Antiebsarten, differenziert zu betrachten.

Hiervon ist die günstigste Variante auch die, mit der später berücksichtigen höchsten Wirtschaftlichkeit. Die Maschinenkostenermittlung hat ergeben, dass die durchschnittlichen Kosten der mBR die geringsten aufweisen, gefolgt von der Linearberegnung bei 2200 m Schlaglänge und der Kreisberegnung, die teuerste ist die Linearberegnung bei 1100 m Schlaglänge. Werden jedoch die günstigsten und teuersten Maschinentypen verglichen, können sich durch-

aus andere Maschinentypen als Kostenführer ergeben, so ist z.B. eine 500 m lange Kreisberegnung durchaus günstiger, als eine mBR mit 350 m Länge.

Die Erschließungskosten unterscheiden sich hauptsächlich nach natürlichen, strukturellen und betriebsindividuellen Gegebenheiten (Wasserverfügbarkeit, Pumpstrecke), allerdings können diese Kosten auch nach Antriebsarten der Pumpen unterschieden werden. So ist z.B. mit mobilen Dieselpumpagregaten eine kleinere Fläche mit weniger Erschließungskosten zu berechnen, als mit einer Elektropumpe. Jedoch sind die variablen Pumpkosten bei den Dieselpumpen deutlich höher, daher ergeben sich auch niedrigere Gesamtkosten mit den Elektropumpen, als mit den Dieselpumpen.

Wird nun vorausgesetzt, welcher zusätzliche Mehrertrag bei einer Beregnungsmaßnahme entsteht, ergeben sich, mit Einbezug der Kosten, die beregnungskostenfreien Leistungen. Diese fallen je nach Feldfrucht unterschiedlich hoch aus, somit sind diese getrennt zu betrachten. Die Ergebnisse der, nach Feldfrüchten unterschiedlich hohen, beregnungskostenfreien Leistungen haben ergeben, dass eine Beregnungsmaßnahme unter den gegebenen Voraussetzungen bei Kartoffeln immer wirtschaftlich ist. Auch die Braugerste und die Zuckerrüben können fast immer kostendeckend beregnet werden. Bei Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Silomais und Körnermais hingegen kann der vorausgesetzte Mehrertrag nur bei geringen Gesamtkosten gedeckt werden. Das Welsche Weidelgras ist unter den Gegebenheiten jedoch nicht kostendeckend zu beregnen.

Außerdem ist erkenntlich, dass eine Beregnungsmaßnahme bei höheren Erzeugerpreisen und/oder niedrigeren Gesamtkosten rentabler wird. Unterstellt man aber niedrigere Erzeugerpreise und/oder höhere Gesamtkosten, sinkt die Rentabilität, in vielen Beispielen sogar unter die Kostendeckung.

Die Beregnungswürdigkeit wird durch Ausblendung der bereits anfallenden Kosten ermittelt. So ist bei bereits vorhandener Beregnungsanlage, die Wirtschaftlichkeit nur mit den zusätzlich anfallenden Kosten zu ermitteln. Bei komplett vorhandenen Beregnungsanlagen sind dies nur die variablen Kosten. Sind allerdings noch Maschinenneuanschaffungen zu leisten so müssen auch die Maschinenkosten berücksichtigt werden. In den aufgeführten Varianten mit Elektropumpen lohnen sich immer die Maschinenneuanschaffungen, nur die Erstellung einer Kreisberegnungsanlage für Gras hat keine positive Kostendeckung ergeben. Wenn die kom-

plette Feldberegnungsanlage bereits vorhanden ist und nur die variablen Beregnungskosten berücksichtigt werden, ergibt sich bei allen aufgeführten Feldfrüchten eine Beregnungswürdigkeit. Ausnahme ist das Welsche Weidelgras, wird es mit Dieselpumpen beregnet, ist es nicht mehr wirtschaftlich.

Mit diesen Berechnungen lässt sich erkennen, bei welchen Feldfrüchten mit welchen Beregnungskosten sich eine Beregnungswürdigkeit ergibt. Doch bei der Erstellung einer Beregnungsanlage sind verschiedene Fruchtfolgen oder die Flächenanteile der Feldfrüchte, die auf der Beregnungsfläche angebaut werden sollen, zu betrachten. Die Unterstellung verschiedener Fruchtfolgen hat ergeben, dass sich bei vielen Fruchtfolgen durchschnittliche Beregnungsgewinne ergeben. Diese Fruchtfolgergebnisse können Beregnungsgewinne von über 200 € erreichen, sie können aber auch bei nicht so beregnungswürdigen Fruchtfolgen durchaus positive Beregnungsgewinne erbringen. Werden jedoch zu hohe Beregnungskosten veranschlagt, reduziert sich der Beregnungsgewinn bei einigen Fruchtfolgen so stark, dass es einen Verlust ergibt.

Die Wirtschaftlichkeit von Feldberegnungen ist nur mit entsprechend niedrigen Kosten gegeben, zusätzlich müssen mit ihr hohe Mehrerträge erbracht werden. Gelingt dies jedoch, lassen sich mit Hilfe der Feldberegnung enorme Gewinnsteigerungen erreichen.



**Literaturverzeichnis**

- Breitschuh, G.: Die Wasserversorgung der Pflanzen als wesentlicher Ertragsfaktor. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Jena-Zwätzen, 2007
- Dittmann, B.: Ergebnisse aus Beregnungsversuchen im Land Brandenburg. In: Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.): 2. Brandenburger Beregnungstag. Güterfelde, 2001
- Dittmann, B./Lüttger, A./Sourell, H.: Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen. Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.), Güterfelde, 2005
- Eckl, H./Raissi, F.: Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), Hannover, 2009
- Eulenstein, F./Drechsler, H.: Ursachen, Differenzierung und Steuerung der Nitratkonzentration im Grundwasser überwiegend agrarisch genutzter Wassereinzugsgebiete. Göttingen, 1992
- Eulenstein, F./Wenkel, K.-O.: Wasserrückhalt in Agrarlandschaften – Beitrag zur Landnutzung an der Versickerung von Wasser zur Grundwasser-Neubildung am Beispiel Mittlerer Fläming. ZALF Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (Hrsg.), Müncheberg, 2002
- Freude, M.: Landschaftswasserhaushalt in Brandenburg: Situationsanalyse und Ausblick. In: SPD-Landtagsfraktion Brandenburg (Hrsg.): Landschaftswasserhaushalt – wo bleibt das Wasser?, Potsdam, 2001
- Fricke, E.: Beregnung und Nährstoffausnutzung. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2003
- Fricke, E.: Optimierte Nährstoffausnutzung durch Bewässerung. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2005
- Fricke, E.: Energiekosten der Beregnung – was kostet Beregnung zur Zeit? Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2006 a
- Fricke, E.: Zusatzwasser für mehr Qualität. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2006 b
- Fricke, E./Heidorn, H.: Effizientes landwirtschaftliches Beregnungs-Management. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2003
- Fricke, E./Riedel, A.: Wirtschaftlichkeit der Beregnung steigt. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 2008
- Frede, H.-G.: Landwirtschaftliche Bewässerung – Einfluss auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement der Universität Gießen (Hrsg.), Gießen, 2006

Martens, J.: Möglichkeiten und Kosten der Substitution von Grundwasser in der Landwirtschaftlichen Beregnung. Beregnungsverband Elbe-Seitenkanal (Hrsg.), Uelzen, 2008

o.V.: DIN Taschenbuch 187, Boden 1 – Bodenkundliche Standortbeurteilung, Bewässerung, Entwässerung, Deponietechnik. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), Berlin, 1999

o.V.: KTBL-Datensammlung: Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09 – Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 2008

o.V.: ZMP – Marktbilanz: Getreide – Ölsaaten – Futtermittel 2008: Deutschland – EU – Weltmarkt. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (Hrsg.), Bonn, 2008

o.V.: ZMP – Marktbilanz: Kartoffeln 2008: Deutschland – EU – Welt. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (Hrsg.), Bonn, 2008

Ripke, H.: Nutzung alternativer Wasserressourcen für die Zusatzbewässerung zur Entlastung des Grundwasserkörpers. Abwasserverband Braunschweig (Hrsg.), Braunschweig, 2006

Segebarth, B.: Mengenmäßiger Zustand des Grund- und Oberflächenwassers nach EU-WRRL – Grundlage der wasserrechtlichen Verfahren für Beregnungsvorhaben. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Gülzow 2009

Seggewiß, B.: Grundlagen der Pflanzenernährung. Vorlesungsskript, Hochschule Neubrandenburg, 2006

Sourell, H./Thörmann, H.-H.: Kostenvergleich verschiedener Beregnungsverfahren. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Braunschweig, 2007

Thome, U.: Die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Vorlesungsskript, Hochschule Neubrandenburg, 2005

Wenkel, K.-O./ Mirschel, W.: Rechnergestützte Bewässerungssteuerung – wissenschaftliche Grundlagen sowie Leistungs- und Nutzungsmöglichkeiten für einen effektiven und umweltschonenden Zusatzwassereinsatz in der Landwirtschaft und im Gartenbau. ZALF Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (Hrsg.), Müncheberg, 2008

Wohlrab, B.: Landschaftswasserhaushalt. Hamburg: Parey-Verlag, 1992

### Zeitschriften

o.V.: Zinsspiegel. In: DLG-Mitteilungen, Oktober 2009

o.V.: Marktnotizen. In: LAND&Forst 40, Oktober 2009

## Richtlinien

Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) – Richtlinie vom 10. April 2007 über die Gewährung von Zuwendungen für investive Maßnahmen landwirtschaftlicher Unternehmen in Niedersachsen und Bremen, Landesministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.)

Berechnungsrichtlinie vom 2. Februar 2009 – Merkblatt, Landesministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.)

Einzelbetriebliche Investitionen in landwirtschaftlichen Unternehmen - Richtlinie vom 29. Oktober 2007 und Erlass zur Änderung der Richtlinie vom 6. Juni 2008, Landesministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg (Hrsg.)

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002, das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. Dezember 2008 geändert worden ist

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie)

## Internet:

<http://www.hpj.com/wsdocs/premiere/images/PR4A%20T-L%20IrrigationUltra.jpg> (Stand: 10. Oktober 2009)

[http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249\\_„Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten Grassilage“](http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249_„Deckungsbeiträge_und_Kalkulationsdaten_Grassilage“) (Stand: 30. September 2009)

<http://www.liz-online.de/gi/regen/beregnung.htm> (Stand: 02. August 2009)

[http://www.rentenbank.de/cms/dokumente/10011486\\_263219/100266d9/KonditionenEKN%202009-12.pdf](http://www.rentenbank.de/cms/dokumente/10011486_263219/100266d9/KonditionenEKN%202009-12.pdf) (Stand: 20.09.2009)

<http://www.valley-de.com/userfiles/image/Center%20Pivots/crop%20circles %20in%20Alamosa.jpg> (Stand: 02. August 2009)

<http://www.wasser-uelzen.de/wbv/index.php> (Stand: 29. Juli 2009)

## Sonstiges

Persönliches Gespräch: Weihe, S., Landberatung Uelzen e.V., 30. September 2009

**Anhang**

zu Kapitel 6.4: Gesamtkostenvergleich

Variante Diesel

Erschließungskosten	€/ha	€/mm
	18,27	0,23

Pumpkosten			
Dieselmotor	1	2	3
m <sup>3</sup> /h	30	70	100
€/mm	1,70	1,59	1,53

## Kreisberegnung

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	187	2,34
300 m	132	1,65
400 m	104	1,30
500 m	91	1,14

Gesamtkosten in €/mm

<b>4,27</b>	4,16	4,10
3,58	3,47	3,41
3,23	3,12	3,06
3,06	2,96	<b>2,89</b>

## Linearberegnung 1100 m

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	203	2,54
300 m	173	2,16
400 m	159	1,99
500 m	151	1,89

Gesamtkosten in €/mm

<b>4,47</b>	4,36	4,30
4,09	3,98	3,92
3,92	3,81	3,75
3,82	3,71	<b>3,65</b>

## Linearberegnung 2200 m

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	118	1,47
300 m	98	1,23
400 m	88	1,10
500 m	84	1,05

Gesamtkosten in €/mm

<b>3,40</b>	3,29	3,23
3,16	3,05	2,99
3,02	2,92	2,85
2,97	2,87	<b>2,80</b>

## mobile Beregnung mit Regnerwagen 3 mm

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350 m	98	1,22
400 m	84	1,05
500 m	92	1,15
500 m	89	1,11
600 m	82	1,02

Gesamtkosten in €/mm

<b>3,15</b>	3,04	2,98
2,98	2,87	2,81
3,08	2,97	2,91
3,04	2,93	2,87
2,95	2,84	<b>2,78</b>

mobile Beregnung mit Regnerwagen 4,3 mm

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350m	124	1,55
400m	106	1,32
500m	120	1,50
500m	116	1,44
600m	107	1,34

Gesamtkosten in €/mm

<b>3,48</b>	3,37	3,31
3,25	3,14	3,08
3,43	3,32	3,26
3,37	3,26	3,20
3,27	3,16	<b>3,10</b>

Variante Strom I

Erschließungskosten	€/ha	€/mm
	76,87	0,96

Pumpkosten				
Elektromotor	1	2	3	4
m³/h	30	60	90	150
€/mm	0,54	0,53	0,47	0,42

Kreisberegnung

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200m	187	2,34
300m	132	1,65
400m	104	1,30
500m	91	1,14

Gesamtkosten in €/mm

<b>3,84</b>	3,83	3,77	3,72
3,15	3,14	3,08	3,03
2,80	2,79	2,73	2,68
2,64	2,62	2,56	2,51

Linearberegnung 1100 m

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	203	2,54
300 m	173	2,16
400 m	159	1,99
500 m	151	1,89

Gesamtkosten in €/mm

<b>4,05</b>	4,03	3,97	3,92
3,66	3,65	3,59	3,54
3,49	3,48	3,42	3,37
3,40	3,38	3,32	3,27

Linearberegnung 2200 m

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200m	118	1,47
300m	98	1,23
400m	88	1,10
500m	84	1,05

Gesamtkosten in €/mm

<b>2,98</b>	2,96	2,90	2,85
2,73	2,72	2,66	2,61
2,60	2,58	2,52	2,47
2,55	2,53	2,47	2,42

mBR 3 mm

Berechnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350 m	98	1,22
400 m	84	1,05
500 m	92	1,15
500 m	89	1,11
600 m	82	1,02

Gesamtkosten in €/mm

<b>2,72</b>	2,71	2,65	2,60
2,55	2,54	2,48	2,43
2,65	2,64	2,58	2,53
2,62	2,60	2,54	2,49
2,53	2,51	2,45	2,40

mBR 4,3 mm

Berechnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350 m	124	1,55
400 m	106	1,32
500 m	120	1,50
500 m	116	1,44
600 m	107	1,34

Gesamtkosten in €/mm

<b>3,05</b>	3,04	2,98	2,93
2,83	2,81	2,75	2,70
3,01	2,99	2,93	2,88
2,95	2,93	2,87	2,82
2,84	2,83	2,77	2,72

Variante Strom II

Erschließungskosten	€/ha	€/mm
	68,00	0,85

Pumpkosten				
Elektromotor	1	2	3	4
m <sup>3</sup> /h	30	60	90	150
€/mm	0,54	0,53	0,47	0,42

Kreisberechnung

Berechnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	187	2,34
300 m	132	1,65
400 m	104	1,30
500 m	91	1,14

Gesamtkosten in €/mm

3,73	3,71	3,65	3,60
3,04	3,03	2,97	2,92
2,69	2,68	2,62	2,57
2,53	2,51	2,45	<b>2,40</b>

Linearberechnung 1100 m

Berechnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	203	2,54
300 m	173	2,16
400 m	159	1,99
500 m	151	1,89

Gesamtkosten in €/mm

3,94	3,92	3,86	3,81
3,55	3,54	3,48	3,43
3,38	3,37	3,31	3,26
3,28	3,27	3,21	<b>3,16</b>

Linearberegnung 2200 m

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
200 m	118	1,47
300 m	98	1,23
400 m	88	1,10
500 m	84	1,05

Gesamtkosten in €/mm

2,86	2,85	2,79	2,74
2,62	2,61	2,55	2,50
2,49	2,47	2,41	2,36
2,44	2,42	2,36	<b>2,31</b>

mBR 3 mm

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350 m	98	1,22
400 m	84	1,05
500 m	92	1,15
500 m	89	1,11
600 m	82	1,02

Gesamtkosten in €/mm

2,61	2,60	2,54	2,49
2,44	2,42	2,36	2,31
2,54	2,53	2,47	2,42
2,50	2,49	2,43	2,38
2,42	2,40	2,34	<b>2,29</b>

mBR 4,3 mm

Beregnung	Maschinenkosten	
	€/ha	€/mm
350m	124	1,55
400m	106	1,32
500m	120	1,50
500m	116	1,44
600m	107	1,34

Gesamtkosten in €/mm

2,94	2,93	2,87	2,82
2,72	2,70	2,64	<b>2,59</b>
2,89	2,88	2,82	2,77
2,84	2,82	2,76	2,71
2,73	2,71	2,65	2,60

zu Kapitel 6.4: Mittelwerte der Varianten

Kreisberegnungsanlagen

Mittelwerte variable Kosten:

Mittelwerte:		Mittelwerte ohne Erschließung:		Pumpe	Strom	Diesel
Strom €/mm	Diesel €/mm	Strom €/mm	Diesel €/mm		0,49	1,61
				Maschine	0,28	0,28
				Wasserentnahmeentgelt	0,0511	0,0511
	3,05	3,49	2,15	€/mm	0,81	1,93
			3,26			

Linearberegnungsanlagen

Mittelwerte:		Mittelwerte ohne Erschließung:		Mittelwerte variable Kosten:			
Strom €/mm	Diesel €/mm	Strom €/mm	Diesel €/mm		Strom	Diesel	
1100m	3,59	4,03	2,69	3,80	0,81	1,93	
2200m	2,66	3,10	1,75	2,87	€/mm	0,81	1,93

mBR

Mittelwerte:					Mittelwerte variable Kosten:		
					Mittelwerte ohne Erschließung:		Pumpe
	Strom	Diesel	Strom	Diesel			
3mm	2,55	3,00	1,65	2,77		0,49	1,61
4,3mm	2,88	3,32	2,41	3,09		0,37	0,37
					Wasserentnahmeentgelt	0,0511	0,0511
						0,91	2,03
						0,91	2,03

## zu Kapitel 7.4: Ergebnisse der Fruchtfolgen

### Stromvariante

#### Kreisberechnung

Beregnung	Erschließung	Gesamt
€/ha	€/ha	€/ha
106	72	179

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächenanteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116		33 %	299,90	121,02
WW	1,47	62		33 %	91,04	-87,84
WG	1,62	35		33 %	56,71	-122,17
Durchschnitt/Jahr		71	80		149	-30

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächenanteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	75	20 %	193,90	15,02
SM	2,79	80	80	20 %	223,15	44,27
WR	3,04	65	65	20 %	197,65	18,77
Kart. (St.)	7,11	130	130	20 %	924,36	745,48
BG I	2,99	50	50	20 %	149,29	-29,59
Durchschnitt/Jahr		88,2	80		338	159



	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR II	4,03	108		20 %	435,54	256,66
SM	2,79	80		20 %	223,15	44,27
WR	3,04	65		20 %	197,65	18,77
Kart (Sp.)	18,10	100		20 %	1809,55	1630,67
BG III	6,13	50		20 %	306,71	127,83
Durchschnitt/Jahr		75,75	80		595	416

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
SM	2,79	80	80	20 %	223,15	44,27
WG	1,62	35	35	20 %	56,71	-122,17
Gras	1,06	159	140	20 %	148,62	-30,26
KM	2,96	80	80	20 %	236,73	57,85
WR	2,96	65	65	20 %	192,35	13,47
Durchschnitt/Jahr		83,8	80		172	-7

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	110	25 %	284,38	105,51
Kart. (St.)	7,11	130	130	25 %	924,36	745,48
WW	1,47	62	0	25 %	0,00	-178,88
KM	2,96	80	80	25 %	236,73	57,85
Durchschnitt/Jahr		97	80		361	182

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	30	25 %	77,56	-101,32
Kart. (St.)	7,11	130	130	25 %	924,36	745,48
WW	1,47	62	0	25 %	0,00	-178,88
KM	2,96	80	80	25 %	236,73	57,85
Durchschnitt/Jahr		97	60		310	131

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	116	10 %	299,90	121,02
Kart. (St.)	7,11	130	130	10 %	924,36	745,48
WW	1,47	62	62	20 %	91,04	-87,84
WG	1,62	35	35	10 %	56,71	-122,17
BG II	3,14	80	80	15 %	251,53	72,65
WR	3,04	65	65	10 %	197,65	18,77
SM	2,79	80	80	15 %	223,15	44,27
KM	2,96	80	80	5 %	236,73	57,85
Gras	1,06	159	100	5 %	106,16	-72,72
Durchschnitt/Jahr		82,95	80		254	76

## Linearberegnungen

Beregnung	Erschließung	Gesamt
€/ha	€/ha	€/ha
112	72	185

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116		33 %	299,90	115,20
WW	1,47	62		33 %	91,04	-93,65
WG	1,62	35		33 %	56,71	-127,98
Durchschnitt/Jahr		71	80		149	-35

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	75	20 %	193,90	9,21
SM	2,79	80	80	20 %	223,15	38,45
WR	3,04	65	65	20 %	197,65	12,96
Kart. (St.)	7,11	130	130	20 %	924,36	739,67
BG I	2,99	50	50	20 %	149,29	-35,40
Durchschnitt/Jahr		88,2	80		338	153

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR II	4,03	108		20 %	435,54	250,85
SM	2,79	80		20 %	223,15	38,45
WR	3,04	65		20 %	197,65	12,96
Kart.(Sp.)	18,10	100		20 %	1809,55	1624,86
BG III	6,13	50		20 %	306,71	122,02
Durchschnitt/Jahr		75,75	80		595	410

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
SM	2,79	80	80	20 %	223,15	38,45
WG	1,62	35	35	20 %	56,71	-127,98
Gras	1,06	159	140	20 %	148,62	-36,07
KM	2,96	80	80	20 %	236,73	52,04
WR	2,96	65	65	20 %	192,35	7,65
Durchschnitt/Jahr		83,8	80		172	-13

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	110	25 %	284,38	99,69
Kart. (St.)	7,11	130	130	25 %	924,36	739,67
WW	1,47	62	0	25 %	0,00	-184,69
KM	2,96	80	80	25 %	236,73	52,04
Durchschnitt/Jahr		97	80		361	177

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	30	25 %	77,56	-107,13
Kart. (St.)	7,11	130	130	25 %	924,36	739,67
WW	1,47	62	0	25 %	0,00	-184,69
KM	2,96	80	80	25 %	236,73	52,04
Durchschnitt/Jahr		97	60		310	125

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	2,59	116	116	10 %	299,90	115,20
Kart. (St.)	7,11	130	130	10 %	924,36	739,67
WW	1,47	62	62	20 %	91,04	-93,65
WG	1,62	35	35	10 %	56,71	-127,98
BG II	3,14	80	80	15 %	251,53	66,84
WR	3,04	65	65	10 %	197,65	12,96
SM	2,79	80	80	15 %	223,15	38,45
KM	2,96	80	80	5 %	236,73	52,04
Gras	1,06	159	100	5 %	106,16	-78,53
Durchschnitt/Jahr		82,95	80		254	70

Dieselvariante

## Kreisberegnung

Beregnung	Erschließung	Gesamt
€/ha	€/ha	€/ha
106	18	125

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	1,47	116		33 %	170,11	39,59
WW	0,35	62		33 %	21,67	-108,85
WG	0,50	35		33 %	17,55	-112,98
Durchschnitt/Jahr		71	80		70	-61

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	1,47	116	75	20 %	109,99	-20,54
SM	1,67	80	80	20 %	133,64	3,12
WR	1,92	65	65	20 %	124,93	-5,60
Kart. (St.)	5,99	130	130	20 %	778,92	648,39
BG I	1,87	50	50	20 %	93,35	-37,18
Durchschnitt/Jahr		88,2	80		248	118

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR II	2,91	108		20 %	314,71	184,19
SM	1,67	80		20 %	133,64	3,12
WR	1,92	65		20 %	124,93	-5,60
Kart.(Sp.)	16,98	100		20 %	1697,67	1567,14
BG III	5,02	50		20 %	250,77	120,25
Durchschnitt/Jahr		75,75	80		504	374

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
SM	1,67	80	80	20 %	133,64	3,12
WG	0,50	35	35	20 %	17,55	-112,98
Gras	-0,06	159	0	20 %	0,00	-130,52
KM	1,84	80	80	20 %	147,23	16,70
WR	1,92	65	65	20 %	124,93	-5,60
Durchschnitt/Jahr		83,8	52		85	-46

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	1,47	116	110	25 %	161,31	30,79
Kart. (St.)	5,99	130	130	25 %	778,92	648,39
WW	0,35	62	0	25 %	0,00	-130,52
KM	1,84	80	80	25 %	147,23	16,70
Durchschnitt/Jahr		97	80		272	141

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	1,47	116	30	25 %	43,99	-86,53
Kart. (St.)	5,99	130	130	25 %	778,92	648,39
WW	0,35	62	0	25 %	0,00	-130,52
KM	1,84	80	80	25 %	147,23	16,70
Durchschnitt/Jahr		97	60		243	112

	Effektivität	Maximale Regenmenge/ Jahr		Flächen- anteil	Effektivität	inkl. Festkosten
	€/mm	mm/Jahr	ØWasserrecht		€/ha	€/ha
ZR I	1,47	116	116	10%	170,11	39,59
Kart. (St.)	5,99	130	130	10%	778,92	648,39
WW	0,35	62	62	20%	21,67	-108,85
WG	0,50	35	35	10%	17,55	-112,98
BG II	2,03	80	80	15%	162,02	31,50
WR	1,92	65	65	10%	124,93	-5,60
SM	1,67	80	80	15%	133,64	3,12
KM	1,84	80	80	5%	147,23	16,70
Gras	-0,06	159	0	5%	0,00	-130,52
Durchschnitt/Jahr		82,95	75		165	35

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbst angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bisher wurde die Arbeit keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Neubrandenburg, 15. Oktober 2009

---