

Bewässerung in Sachsen

Schriftenreihe, Heft 17/2014



Untersuchungen zu pflanzenbaulichen
Anpassungsstrategien an den klima-
bedingten Trockenstress und deren
Wirtschaftlichkeit unter Nutzung wasser-
sparender Verfahren der
Bewässerung und Beregnung

Marina Gramm

1	Gegenstand und Ziel des Projekts	7
2	Bewässerung und Klimawandel	7
3	Stand der Bewässerung in Sachsen	10
3.1	Statistische Erhebungen zur Bewässerung in Sachsen	10
3.2	Betriebsbefragung zur Situation der Bewässerung in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben 2010	20
3.2.1	Zielstellung	20
3.2.2	Methodik.....	20
3.2.3	Natürliche Standortbedingungen	21
3.2.4	Umfang der Bewässerung	23
3.2.5	Herkunft des Beregnungswassers und Wasseraufkommen	24
3.2.6	Kulturartenspektrum und Erträge	24
3.2.7	Beregnungssteuerung	26
3.2.8	Wasserförderung.....	27
3.2.9	Verfahren und Technik	27
3.2.10	Geplante Vorhaben bis zum Jahr 2020	28
4	Bewässerungsverfahren und Bewässerungstechnik	28
4.1	Tropfbewässerung.....	29
4.2	Mobile und teilmobile Bewässerungstechnik	30
4.3	Rohrberegnung	34
4.4	Vergleich und Bewertung der Verfahren.....	35
5	Bewässerungssteuerung	37
5.1	Anforderungen, Ziele und Methoden der Steuerung	37
5.2	Geisenheimer Steuerung.....	39
5.3	agrowetter Beregnung	40
5.4	Steuerungsprogramm Zephyr.....	42
5.5	Steuerungsprogramm Berest 90/Irrigama	46
5.6	Bewertung der Modelle.....	49
6	Ökonomie der Bewässerung	51
6.1	Kosten	51
6.2	Wirtschaftlichkeit der Bewässerung von Fruchtarten.....	57
6.3	Beispielbetriebe.....	64
7	Zusammenfassung	66
	Literatur	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Höhe der Klimatischen Wasserbilanz 1981–2000 im Vergleich zu 2050 (SCHLUMPRECHT et al. 2005)	8
Abbildung 2:	Abschätzung der Änderung der klimatischen Wasserbilanz in Sachsen bis zum Jahr 2050 (Referenzzeitraum 1981–2050), (SCHLUMPRECHT et al. 2005)	9
Abbildung 3:	Entwicklung der erschlossenen Beregnungsfläche in Sachsen (SIMON 2009; Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	10
Abbildung 4:	Wasserentnahmen [in Tm ³] von Landwirtschaftsbetrieben zum Zwecke der Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen auf Grundlage der Wasserabgabe im Zeitraum 2007 bis 2010	11
Abbildung 5:	Anteil der landwirtschaftlichen Betriebe mit Bewässerung 2009 in den kreisfreien Städten und Gemeinden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)	13
Abbildung 6:	Bewässerte Kulturen in Deutschland auf Freilandflächen 2009 – ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Bundesamt 2011)	14
Abbildung 7:	Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerung auf Freilandflächen in Deutschland 2009 nach der Wasserherkunft – ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Bundesamt 2011)	14
Abbildung 8:	Bewässerbare landwirtschaftliche Fläche in Sachsen, insgesamt 11.800 ha (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	16
Abbildung 9:	Landwirtschaftliche Betriebe in Sachsen mit Bewässerungsmöglichkeit (339 Betriebe)* (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	16
Abbildung 10:	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ha) im Freiland mit Bewässerungsmöglichkeit und bewässerte Fläche 2009 in Sachsen nach Landkreisen und Direktionsbezirken (= DB) (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	17
Abbildung 11:	Potenziell bewässerbare landwirtschaftliche Fläche und Betriebe 2009 in Sachsen nach betrieblichen Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche 2010 – auf Freilandflächen, ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	18
Abbildung 12:	Bewässerte landwirtschaftliche Fläche und Betriebe 2009 in Sachsen nach bewässerten Kulturen – auf Freilandflächen, ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	18
Abbildung 13:	Herkunft des Wassers für die Bewässerung auf landwirtschaftlichen Flächen in Sachsen 2009 (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	19
Abbildung 14:	Bewässerung in der Landwirtschaft in Sachsen 2009 nach Verwendungszweck [in ha] (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	19
Abbildung 15:	Wasseraufkommen* nach Landesdirektionen in Sachsen 2009 [in %] (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)	20
Abbildung 16:	Verteilung der Bewässerungsbetriebe in Sachsen nach Agrarstrukturgebieten	22
Abbildung 17:	Art der Beregnungssteuerung in den untersuchten Betrieben (Anzahl der Betriebe)	26
Abbildung 18:	Bewässerungsverfahren im Freiland (nach DIN 19655, 1996)	29
Abbildung 19:	Tropfbewässerung Mais	29
Abbildung 20:	Tropfbewässerung Kartoffeln	30
Abbildung 21:	Schema eines Tropfbewässerungssystems	30
Abbildung 22:	Schlauchtrommel	31
Abbildung 23:	Schema Beregnung mit Schlauchtrommel	32
Abbildung 24:	Düsenwagen (zusammengeklappt für Transport)	32
Abbildung 25:	Linearberegnungsanlage (Verziehen für Standortwechsel)	33
Abbildung 26:	Kreisberegnungsmaschine	33
Abbildung 27:	Schema Kreisberegnung	34
Abbildung 28:	Rollbare Regnerflügel im Einsatz	34
Abbildung 29:	Geisenheimer Steuerung	40
Abbildung 30:	Beispiel agrowetter Beregnung; Ausgabe der Beregnungsrechnung mit der empfohlenen Wassergabe (DWD 1996–2012)	41
Abbildung 31:	Darstellung einer täglichen Beregnungsempfehlung mit Prognose	43
Abbildung 32:	Darstellung Enderbericht Bewässerungsempfehlung – Jahresberegnungsmenge	44

Abbildung 33:	Darstellung Endbericht Berechnungsempfehlung – Klimatische Wasserbilanz, Bodenfeuchteverlauf, Verdunstungsentwicklung, Sickerrate	45
Abbildung 34:	Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodell in BEREST-90	47
Abbildung 35:	Steuergrundlage für BEREST-90; (Quotient AET/PET)	47
Abbildung 36:	Fruchtspezifische dynamische Steuerkurven in BEREST-90 (Beispiel: Frühkartoffeln)	48
Abbildung 37:	Beispiel für den Abschlussbericht zur operativen Bewässerungssteuerung; Programm IRRIGAMA	48
Abbildung 38:	Kapitalbedarf für Bewässerung eines 50 ha-Schlages (JÄKEL [LfULG])	54
Abbildung 39:	Kostenanteile für ein Betriebsbeispiel 50 ha Linearberechnung (JÄKEL [LfULG])	55
Abbildung 40:	Auswirkung der Berechnung auf die Erträge im Mittel der Jahre 1995–2004 (LWK Niedersachsen)	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wasserentnahmen [m ³] von Landwirtschaftsbetrieben zur Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen auf Grundlage der Wasserabgabe im Zeitraum 2007 bis 2010 für die einzelnen Landkreise	11
Tabelle 2:	Kennzahlen zur Bewässerung im Freiland 2009 nach Bundesländern (Statistisches Bundesamt 2011)	15
Tabelle 3:	Auswertung der Befragungsbögen	21
Tabelle 4:	Natürliche Standortvoraussetzungen nach Agrarstrukturgebieten	23
Tabelle 5:	Natürliche Standortbedingungen der untersuchte Betriebe – Ackerzahlen und Niederschlagshöhen	23
Tabelle 6:	Größe der erschlossenen und tatsächlich berechneten Flächen (2010)	24
Tabelle 7:	Anbauspektrum, Anzahl der Betriebe und Bewässerungsumfang (2010)	25
Tabelle 8:	Umfang der Kartoffelberechnung, Erträge und Mehrerträge (2010)	25
Tabelle 9:	Umfang der Bewässerung und Erträge bei Bohnen (2010)	26
Tabelle 10:	Genutzte Bewässerungstechnik in den Betrieben (Stand 2010)	27
Tabelle 11:	Derzeitige und geplante Bewässerungsfläche bis 2020	28
Tabelle 12:	Beurteilung von Bewässerungsverfahren	35
Tabelle 13:	Bewässerungstechnik im Vergleich	37
Tabelle 14:	Vergleich der Bewässerungssteuerung auf der Basis von Bodenfeuchtesensoren und nach klimatischer Wasserbilanz	38
Tabelle 15:	Vergleich verschiedener Berechnungssteuerungsmodelle	49
Tabelle 16:	Kosten zur Erschließung von 100 ha Bewässerungsfläche (FRICKE 2011)	51
Tabelle 17:	Vergleich der variablen Kosten bei Diesel- und bei Stromantrieb	52
Tabelle 18:	Kapitalbedarf und Investitionskosten verschiedener Bewässerungsverfahren	53
Tabelle 19:	Beispiel Investitionskosten der Technikausstattung zur Bewässerung eines 50 ha-Schlages (JÄKEL)	54
Tabelle 20:	Beispiel Kostenübersicht bei 100 mm Berechnungsmenge (JÄKEL)	55
Tabelle 21:	Variable Kosten der Feldbewässerung in Praxisbetrieben (Datenerhebung 2011)	56
Tabelle 22:	Gesamtkosten der Bewässerung (Datenerhebung in sächsischen Betrieben 2011)	56
Tabelle 23:	Bewässerungskosten verschiedener Verfahren im Kartoffelanbau (Landwirtschaftsbetrieb 2011)	57
Tabelle 24:	Mehrerträge durch Bewässerung verschiedener Kulturarten (verschiedene Standorte in Deutschland)	57
Tabelle 25:	Ertragszuwachs durch Zusatzbewässerung (verschiedene Versuchsstandorte)	58
Tabelle 26:	Erzeugerdurchschnittspreise in €/dt für Sachsen (Quelle: LfULG)	59
Tabelle 27:	Auswirkungen der Bewässerung auf das Betriebsergebnis (SCHAERFF et al.)	60
Tabelle 28:	Auswirkung der Bewässerung von Kartoffeln auf das finanzielle Ergebnis	61
Tabelle 29:	Auswirkung der Bewässerung von Winterweizen auf das finanzielle Ergebnis	62
Tabelle 30:	Auswirkung der Bewässerung von Zuckerrüben auf das finanzielle Ergebnis	62
Tabelle 31:	Auswirkung der Bewässerung von Silomais auf das finanzielle Ergebnis	63
Tabelle 32:	Finanzielles Ergebnis bei Tropfbewässerung und bei Schlauchtrommelberechnung (<i>Praxisversuch Lausitz, Speisekartoffelanbau</i>)	63
Tabelle 33:	Kostenstruktur von drei Beispielbetrieben	65

1 Gegenstand und Ziel des Projekts

Die Wasserverfügbarkeit sichert die Entwicklung der Pflanzenbestände, Erträge und Erntegutqualitäten. Mit Hilfe von modernen Beregnungsverfahren soll sichergestellt werden, dass Pflanzenbestände unter den sich vollziehenden Klimaänderungen (niederschlagsarme Witterungsperioden in entscheidenden Pflanzenentwicklungsabschnitten) sicher zur Ernte geführt werden können. Dabei steht auch die Wirtschaftlichkeit der Beregnungsverfahren im Vordergrund. Zielstellungen des Vorhabens sind:

- Prüfung des Verhältnisses von Wasserdargebot und -bedarf
- Aussagen zur bewässerten landwirtschaftlichen Fläche und zu bewässerten Kulturen
- Bewertung der technischen und technologischen Möglichkeiten wassersparender Bewässerungsverfahren
- Erprobung und Bewertung von Modellen der Bewässerungssteuerung hinsichtlich Anwendbarkeit und Ressourcenschonung
- Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der Beregnung (Kosten-Nutzen-Betrachtung)

Zur Erreichung der Zielstellung wurden bundesweite Erhebungen und statistische Daten aus Sachsen ausgewertet. Weiterhin wurde eine Betriebsbefragung in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben durchgeführt. Derzeit zur Verfügung stehende Verfahren der Bewässerung und der Bewässerungssteuerung wurden verglichen und analysiert. Es erfolgten ökonomische Betrachtungen auf der Basis von Literaturauswertungen und eigenen Berechnungen.

Vor dem Hintergrund, dass einerseits ein erhöhter Bewässerungsbedarf in einigen Regionen Sachsens bereits besteht und dieser voraussichtlich künftig noch zunehmen wird, andererseits das nutzbare Wasserangebot begrenzt ist und Ressourcen schonend und effizient genutzt werden müssen, besteht ein erheblicher Nachholbedarf an einer verlässlichen Datengrundlage auch zur Erarbeitung und Ausgestaltung zukünftiger Fördermaßnahmen.

2 Bewässerung und Klimawandel

Regionalen Klimaprojektionen zufolge werden in Sachsen die für den Pflanzenbau wichtigen Sommerniederschläge abnehmen.

Infolge des signifikanten Temperaturanstiegs wird die klimatische Wasserbilanz als Maß für das potenzielle Wasserdargebot von Westsachsen nach Ost- und Nordsachsen zunehmend negative Werte annehmen (Abbildung 1). Schon heute weist die klimatische Wasserbilanz in diesen Gebieten ein beträchtliches Defizit auf. Aus Sicht der natürlichen Wasserversorgung während der Vegetationsperiode sind besonders Landwirtschaftsbetriebe auf grundwasserfernen Standorten mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen unter 600 bis 650 mm benachteiligt. Hier kann die negative klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit für die meisten Fruchtarten, selbst auf gut wasserspeicherfähigen Böden, nicht mehr aus dem Winterfeuchtevorrat ausgeglichen werden.

Infolge des häufigeren Auftretens längerer Trocken- und Hitzephasen im Frühjahr bzw. Frühsommer verringert sich die Ertrags- bzw. Qualitätsstabilität vor allem auf den leichten, diluvialen Standorten mit geringer Wasserspeicherkapazität in den Trockengebieten Nord- und Ostsachsens, der Elbtalwanne sowie der Oberlausitz (Abbildung 2).

Die Jahresniederschlagssumme beträgt in diesen Gebieten weniger als 600 mm im Vergleich zum Gesamtniederschlagsmittel von etwa 790 mm pro Jahr. Schon jetzt kann festgestellt werden, dass Sachsen im Vergleich zum deutschen Durchschnitt zu wenig Niederschlag erhält.

Aufgrund dieser zu erwartenden Klimaänderungen gewinnt die Bewässerung in Sachsen zur Deckung des Wasserdefizits der Pflanzen zunehmend an Bedeutung. Vor allem bei ausbleibenden oder zu geringen monatlichen Niederschlagsmengen dient die Bewässerung der Gewährleistung des Saataufgangs und der Absicherung der Pflanzenentwicklung. Sie ist eine geeignete Maßnahme, Erträge zu stabilisieren und die Qualität der Ernteprodukte zu sichern oder zu verbessern.

Die Beregnung hat auch Einfluss auf das Nährstoffverhalten im Boden. Besonders bei Böden mit hohem Sandanteil und Standorten mit geringem Niederschlag ist die Nährstoffaufnahme der Kulturpflanzen auf Grund des Wassermangels eingeschränkt oder behindert. Wasser erweist sich als minimierender Faktor. Insofern verbessert eine Bodenwasserhaushaltregulierung durch gezielte Beregnung wesentlich die Nährstoffausnutzung.

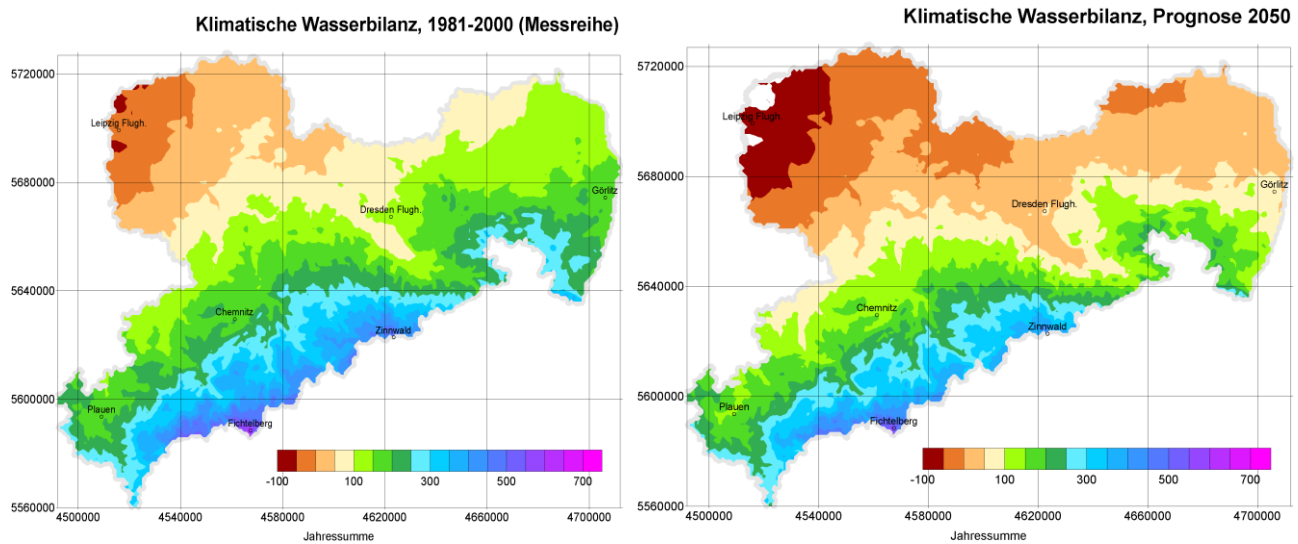
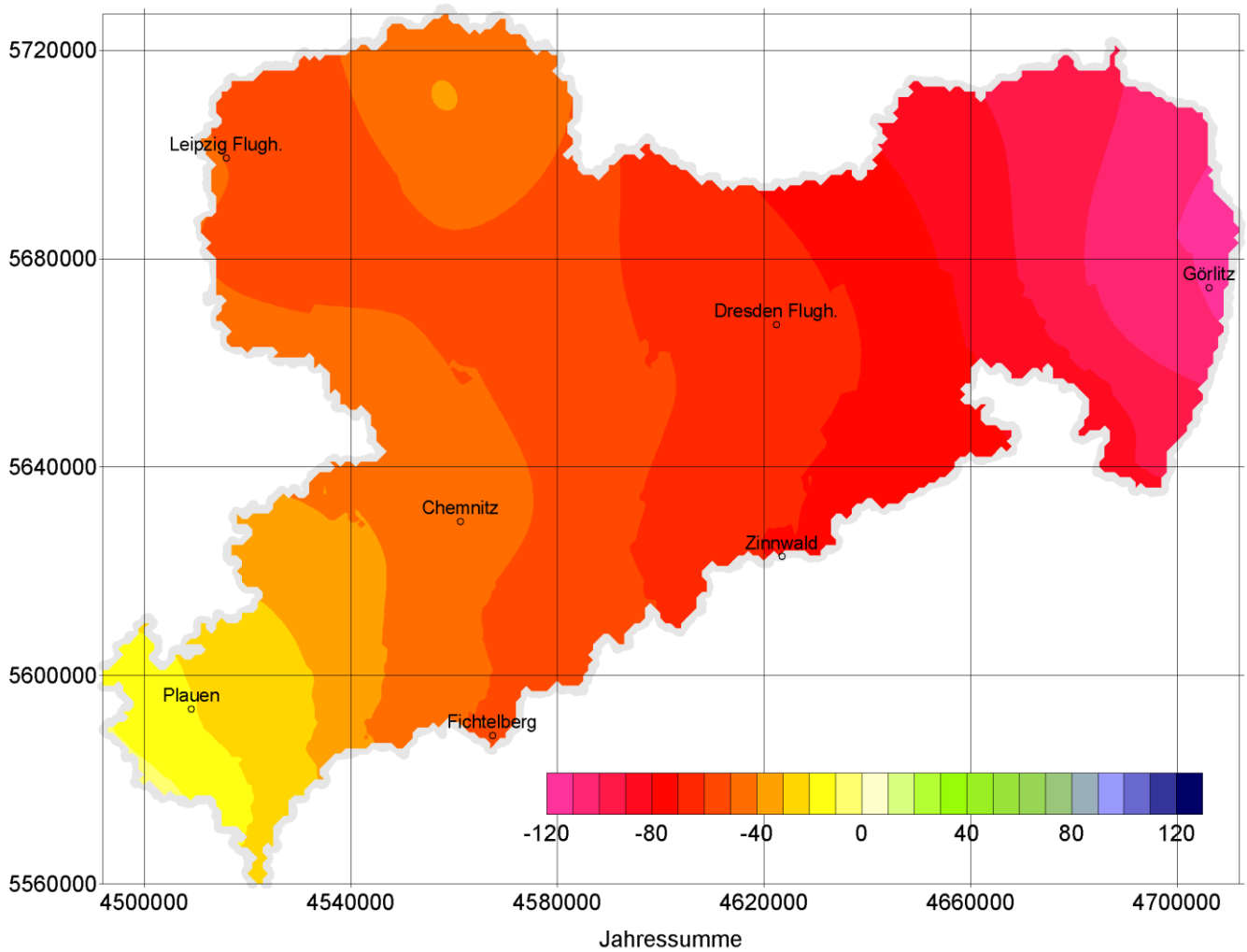


Abbildung 1: Höhe der Klimatischen Wasserbilanz 1981–2000 im Vergleich zu 2050 (SCHLUMPRECHT et al. 2005)

Klimatische Wasserbilanz, Veränderung



Veränderung [mm]:	Min.	Mittel	Max.
Jahr	-113	-61	-3
Frühjahr	-55	-30	-24
Sommer	-118	-64	+2

Abbildung 2: Abschätzung der Änderung der klimatischen Wasserbilanz in Sachsen bis zum Jahr 2050 (Referenzzeitraum 1981–2050), (SCHLUMPRECHT et al. 2005)

3 Stand der Bewässerung in Sachsen

3.1 Statistische Erhebungen zur Bewässerung in Sachsen

In Abbildung 3 ist die Entwicklung der erschlossenen Beregnungsfläche für Sachsen seit dem Jahr 1960 dargestellt. Durch mehrere staatliche Bewässerungsprogramme wurde ab 1965 die Beregnungsfläche auf dem Gebiet der DDR stark erweitert. Damit sollten Standortnachteile (ungünstige Niederschlagsverhältnisse und großer Anteil leichter Böden) ausgeglichen werden. Noch wichtiger war aber, vor allem eine absolute Ertragssteigerung zu garantieren, um das damalige agrarpolitische Ziel einer weitgehenden Eigenversorgung und damit einer Unabhängigkeit von Lebensmittelimporten zu erreichen (SIMON 2009). Das führte dazu, dass in Sachsen 1989 über 100.000 ha Landwirtschaftsfläche beregnungstechnisch erschlossen war. Nach 1990 reduzierten sich die Beregnungsflächen deutlich auf bis zu 11.000 ha im Jahr 2009.

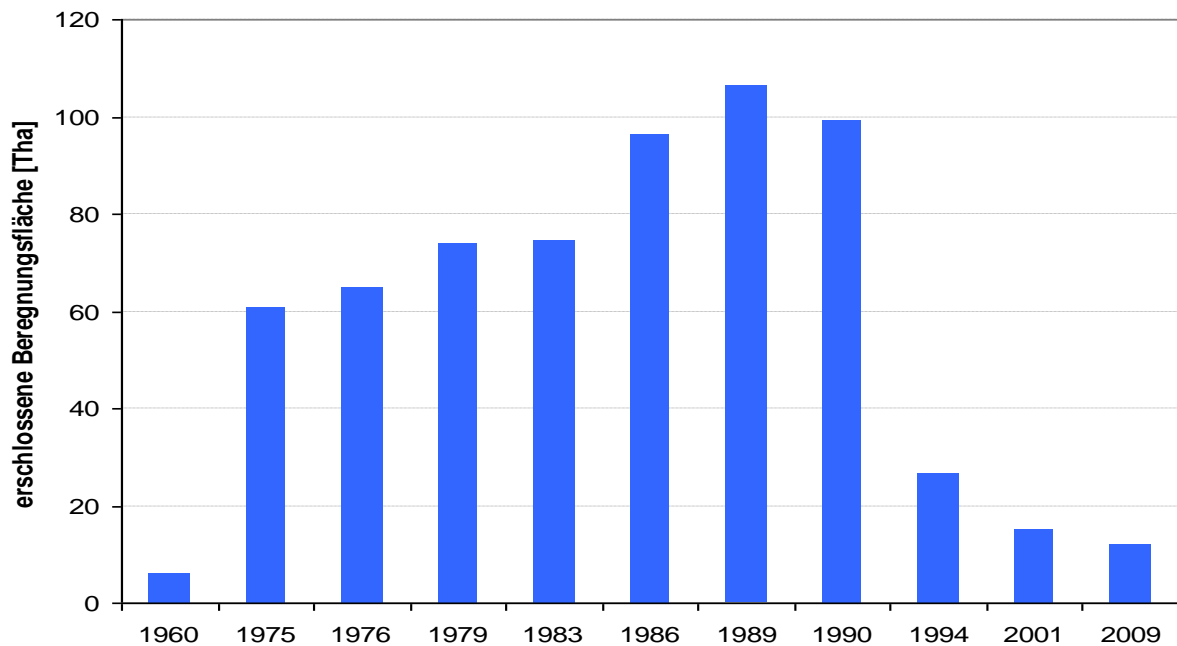


Abbildung 3: Entwicklung der erschlossenen Beregnungsfläche in Sachsen (SIMON 2009; Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

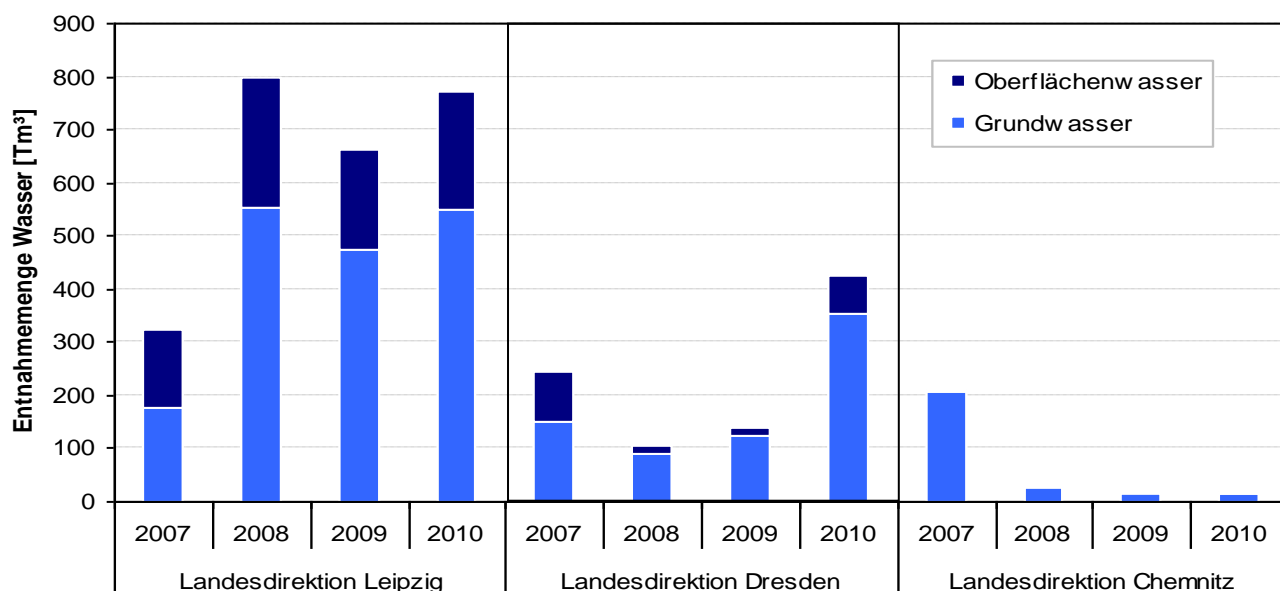


Abbildung 4: Wasserentnahmen [in Tm³] von Landwirtschaftsbetrieben zum Zwecke der Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen auf Grundlage der Wasserabgabe im Zeitraum 2007 bis 2010

Tabelle 1: Wasserentnahmen [m³] von Landwirtschaftsbetrieben zur Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen auf Grundlage der Wasserabgabe im Zeitraum 2007 bis 2010 für die einzelnen Landkreise

Landkreis	Grundwasser [m³]				Oberflächenwasser [m³]			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
Stadt Leipzig	2.660	2.690	1.990	3.300	-	-	-	-
Landkreis Leipzig	95.530	193.840	146.280	102.320	80.590	170.130	131.180	106.920
Nordsachsen	77.680	355.270	326.630	445.070	67.040	78.260	57.140	114.480
Landesdirektion Leipzig	175.870	551.800	474.910	550.690	147.630	248.400	188.320	221.400
Bautzen	1.290	-	-	-	80.540	5.760	10	54.700
Görlitz	97.240	44.310	41.790	96.510	10.860	6.680	14.360	16.710
Meißen	53.000	47.910	83.540	255.850	-	-	-	-
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	-	-	-	-	-	50	-	-
Landesdirektion Dresden	151.520	92.220	125.330	352.360	91.400	12.490	14.370	71.410
Mittelsachsen	206.700	26.280	16.220	14.230	6.000	-	-	-
Zwickau	-	-	-	-	-	-	-	4.830
Landesdirektion Chemnitz	206.700	26.280	16.220	14.230	6.000	-	-	4.830

Die größten Wasserentnahmen erfolgten im Bereich der Landesdirektion Leipzig mit ca. 800.000 m³ im Jahr 2010. Der Hauptanteil der Entnahme war im Landkreis Nordsachsen mit ca. 560.000 m³ zu verzeichnen. Im Bereich der Landesdirektion Dresden wurden im Landkreis Meißen 256.000 m³ und im Landkreis Görlitz 113.000 m³ entnommen. Die geringsten Entnahmen wurden erwartungsgemäß im Einzugsbereich Chemnitz getätigt (Abbildung 4 und Tabelle 1).

Landwirtschaftszählung 2010

Im Jahr 2010 wurde in Deutschland eine Landwirtschaftszählung durchgeführt. In der Hauptehebung wurden Merkmale zur Bodennutzung, zu Viehbeständen, zu Arbeitskräften und zu weiteren Strukturmerkmalen von allen Betrieben mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von mindestens 5 Hektar¹ erhoben. Erstmals wurden die landwirtschaftlichen Betriebe auch befragt, ob im Kalenderjahr 2009 die Möglichkeit bestand, Flächen im Freiland zu bewässern und wie groß die LF ist, die tatsächlich bewässert wurde. Alle Betriebe, welche Angaben zur Bewässerung machten, wurden in einer Nacherhebung darüber befragt, welche Kulturen bewässert wurden, welches Bewässerungsverfahren angewandt wurde, woher das Wasser bezogen wurde und wie groß die verbrauchte Wassermenge war. Die Bewässerungsverfahren wurden unterschieden in Beregnungsanlagen (Sprinklerbewässerung) oder Tropfbewässerung (Wasser wird tropfenweise an die Pflanzen weitergegeben).

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beruhen auf Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes und des Statistischen Landesamtes Sachsen.

Ergebnisse Deutschland

Insgesamt verfügen etwa 6 % der landwirtschaftlichen Betriebe Deutschlands über die Möglichkeit, Flächen zu bewässern. Besonders häufig bewässert wird im trockenen und intensiv bewirtschafteten Osten Niedersachsens, im Regierungsbezirk Düsseldorf, in den Obst- und Gemüseanbaugebieten entlang des Rheins und in denen Brandenburgs sowie Bayerns (Abbildung 5).

¹ Betriebe mit weniger als 5 Hektar wurden nur dann erfasst, wenn sie bestimmte Tierbestände haben oder Sonderkulturen anbauen.

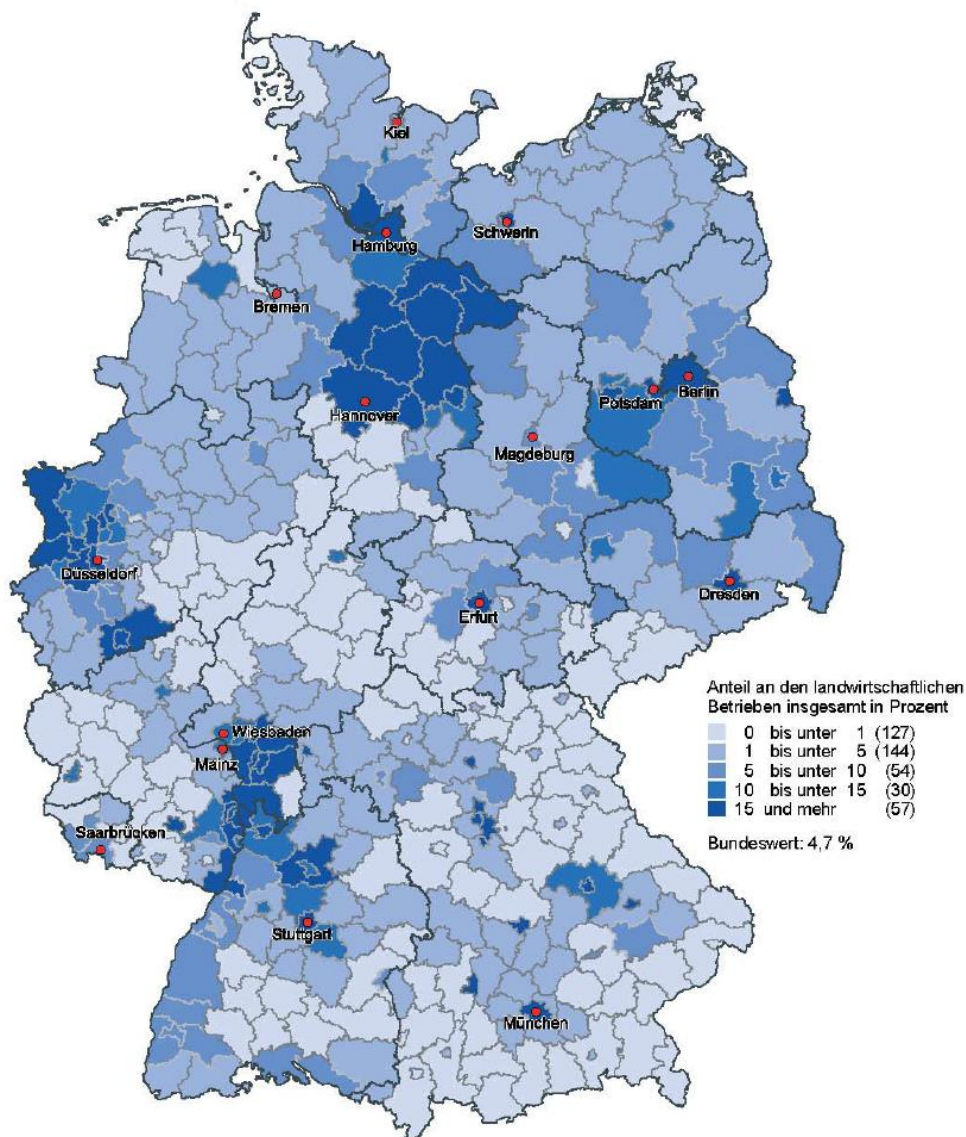


Abbildung 5: Anteil der landwirtschaftlichen Betriebe mit Bewässerung 2009 in den kreisfreien Städten und Gemeinden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)

Im Jahr 2009 führten 83 % von den 17.100 Betrieben mit Bewässerungsanlagen Bewässerungsmaßnahmen durch (Tabelle 2). Insgesamt wurde dabei eine Fläche von 372.000 ha bewässert, was durchschnittlich 22 ha pro Betrieb entspricht (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011).

Mit 32 % (ca. 110.000 ha) kamen 2009 deutschlandweit Bewässerungsmaßnahmen hauptsächlich beim Getreideanbau zur Körnergewinnung² und mit 23 % (ca. 80.000 ha) beim Kartoffelanbau zur Anwendung. Mit einem Anteil von 17 % folgt die Bewässerung von Gemüse und Erdbeeren (Abbildung 6). Getreide wird vor allem in Niedersachsen stark bewässert, weil dort das Bewässerungssystem am besten ausgebaut ist und mit Getreide die höchsten Gewinne erzielt werden. Dagegen erfolgt in Sachsen kaum Getreidebewässerung. Hier dominiert die Kartoffel als berechnungswürdigste Fruchtart. Der überwiegende Anteil der Betriebe (63 %) nutzt zur Bewässerung Grundwasser. Zu 18 % stammt das Wasser aus öffentlichen oder privaten Versorgungsnetzen und nur zu weiteren 18 % aus Oberflächengewässern (Abbildung 7).

² einschließlich Saatguterzeugung sowie Körnermais und Corn-Cob-Mix

Tabelle 2 zeigt, dass die Bewässerungsfläche in Sachsen im bundesdeutschen Vergleich mit 11.794 ha (0,4 % der LF) sehr gering ist.

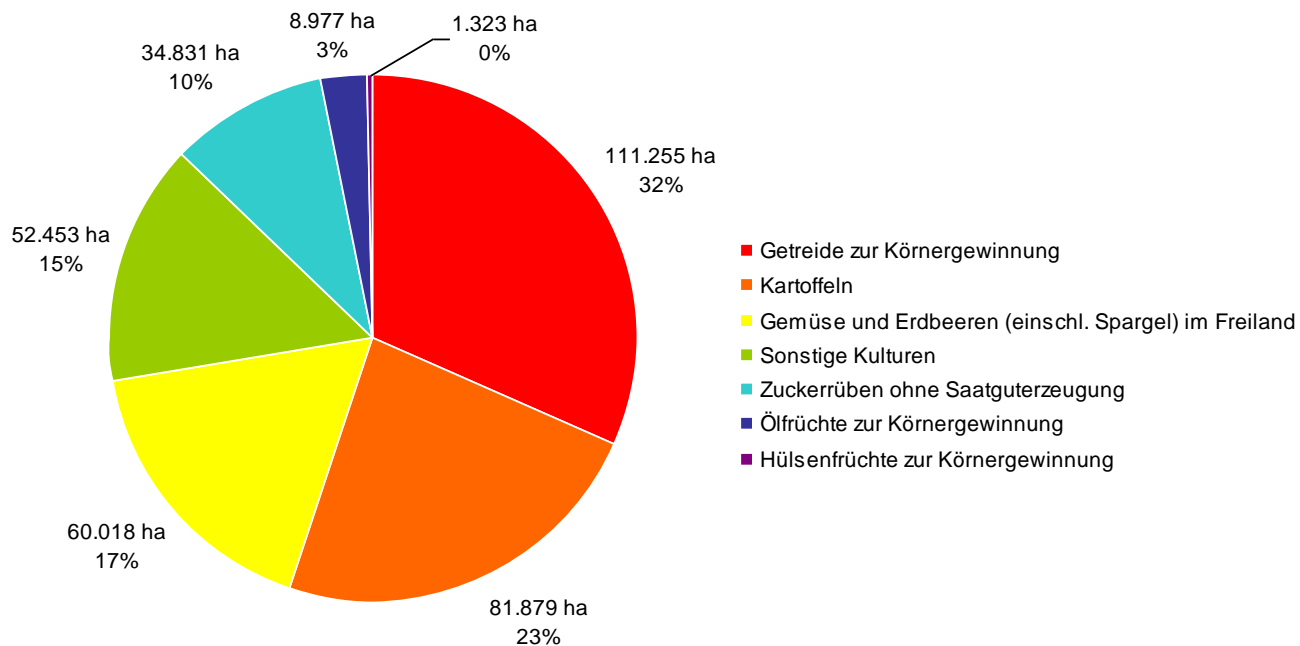


Abbildung 6: Bewässerte Kulturen in Deutschland auf Freilandflächen 2009 – ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Bundesamt 2011)

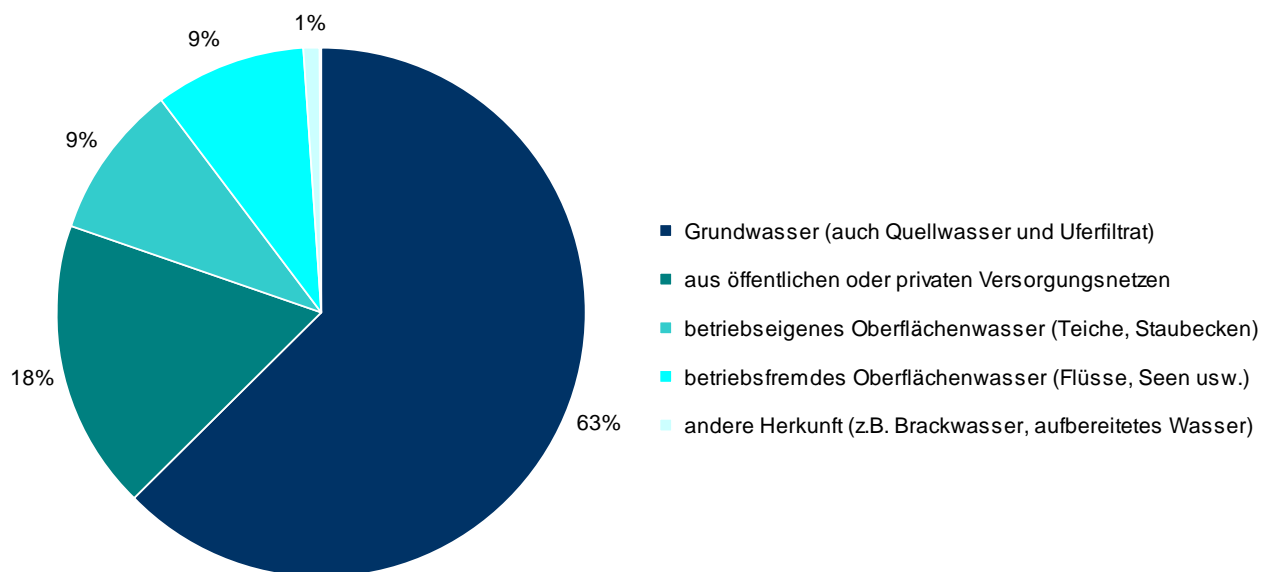


Abbildung 7: Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerung auf Freilandflächen in Deutschland 2009 nach der Wasserherkunft – ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Bundesamt 2011)

Tabelle 2: Kennzahlen zur Bewässerung im Freiland 2009 nach Bundesländern (Statistisches Bundesamt 2011)

	Möglichkeit zur Bewässerung		Bewässerung 2009					
	Betriebe	Fläche	Betriebe	Betriebe mit Bewässerungsverfahren [Anzahl]		Fläche	Anteil bewässerte Fläche an LF insgesamt	verbrauchte Wassermenge
	[Anzahl]	[ha]	[Anzahl]	Beregnungsanlagen	Tropfbewässerung	[ha]	[%]	[1.000 m³]
Baden-Württemberg	2.598	26.668	2.220	1.560	1.014	14.169	1,0	10.445
Bayern	2.216	38.204	1.830	1.397	601	14.378	0,5	8.792
Berlin	.	.	.	.	.	.	.	.
Brandenburg	461	38.960	383	329	103	21.082	1,6	15214
Bremen	.	.	.	.	.	.	.	.
Hamburg	395	1.508	354	331	38	805	5,6	677
Hessen	952	32.244	735	657	171	15.598	2,0	14.118
Mecklenburg-Vorpommern	181	30.408	140	113	41	14.599	1,1	14.142
Niedersachsen	4.727	313.693	3.926	3.833	174	219.070	8,5	167.900
Nordrhein-Westfalen	2.801	61.384	2.401	2.081	518	28.252	1,9	18.748
Rheinland-Pfalz	1.079	32.032	877	728	229	19.867	2,8	21.613
Saarland	38	179	38	33	9	136	0,2	143
Sachsen	339	11.794	243	184	89	3.258	0,4	2.027
Sachsen-Anhalt	265	24.447	214	174	47	12.423	1,1	14.345
Schleswig-Holstein	888	21.904	663	626	102	6.955	0,7	3.745
Thüringen	105	5.502	93	61	39	2.116	0,3	1.423
Deutschland	17.067	639.030	14.136	12.126	3.178	372.749	2,2	293.374

. Zahlenwert unbekannt oder geheim zuhalten

– nichts vorhanden (genau null)

Ergebnisse Sachsen

In Sachsen verfügen 5 % der Landwirtschaftsbetriebe (= 339 Betriebe) über die technischen Möglichkeiten, landwirtschaftliche Nutzflächen im Freiland zu bewässern. Insgesamt könnten ca. 12.000 ha bewässert werden, was etwa einem Prozent der Landwirtschaftlichen Nutzfläche Sachsens entspricht (Abbildung 8 und Abbildung 9). Die Flächen liegen im Wesentlichen in den Direktionsbezirken Dresden (6.100 ha) sowie Leipzig (5.500 ha) und konzentrieren sich auf die Landkreise Meißen (ca. 4.300 ha) bzw. Nordsachsen (ca. 3.800 ha). Im Direktionsbezirk Chemnitz spielt die Bewässerung mit ca. 150 ha eine eher untergeordnete Rolle und umfasst hauptsächlich die Bewässerung von Gemüse und Erdbeerflächen bzw. Grünland (Abbildung 10)

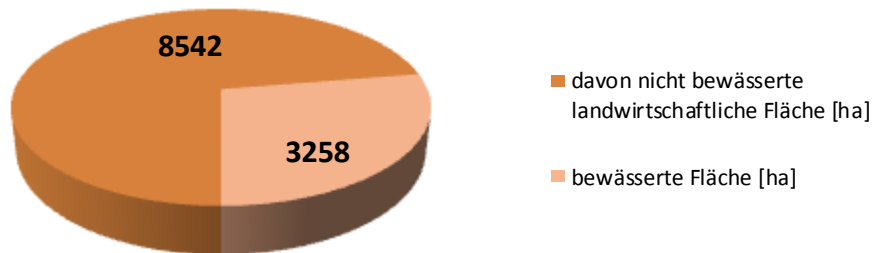


Abbildung 8: Bewässerbare landwirtschaftliche Fläche in Sachsen, insgesamt 11.800 ha (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

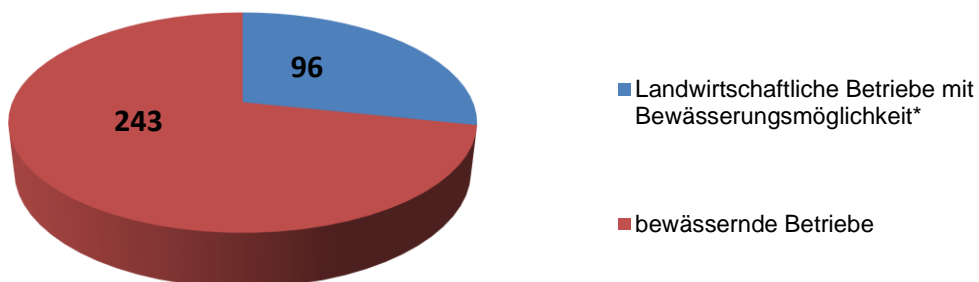


Abbildung 9: Landwirtschaftliche Betriebe in Sachsen mit Bewässerungsmöglichkeit (339 Betriebe)* (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

* Hinsichtlich technischer Anlagen und der Verfügbarkeit von Wasser bestand 2009 die Möglichkeit zur Bewässerung.

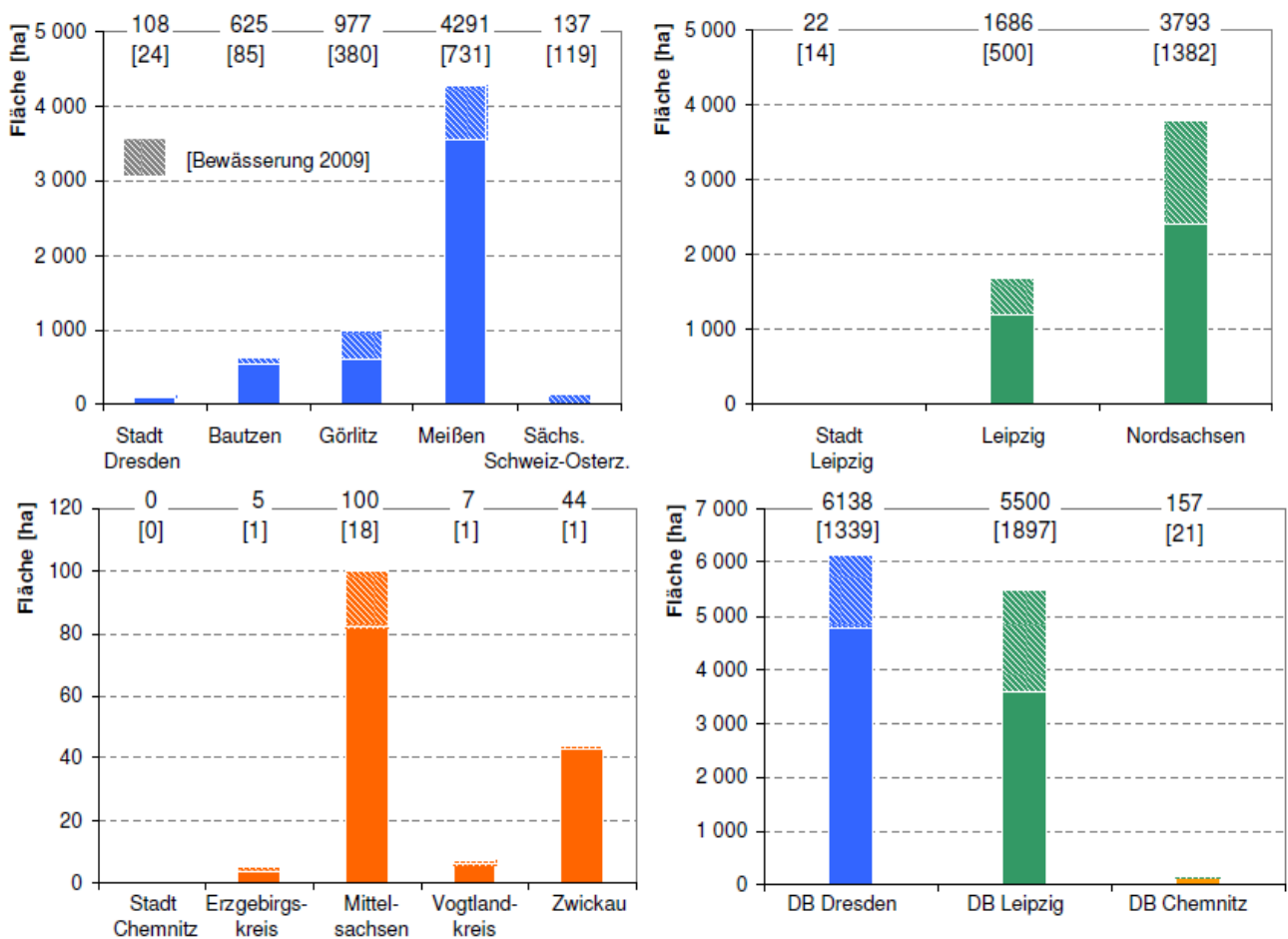


Abbildung 10: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ha) im Freiland mit Bewässerungsmöglichkeit und bewässerte Fläche 2009 in Sachsen nach Landkreisen und Direktionsbezirken (= DB) (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

Ein Großteil der potenziell bewässerbaren landwirtschaftlichen Freilandfläche wird in Sachsen von einer relativ kleinen Anzahl von Betrieben (n = 23) bewirtschaftet, die jeweils über mehr als 1.000 ha LF verfügen (Abbildung 11).

7 % der Betriebe, welche Bewässerungsmöglichkeiten besitzen, bewirtschaften somit 44 % der potenziell bewässerbaren Fläche. Dagegen bewirtschaftet die Hälfte der insgesamt 339 Betriebe zusammen nur 1 % (104 ha) der erschlossenen Gesamtfläche.

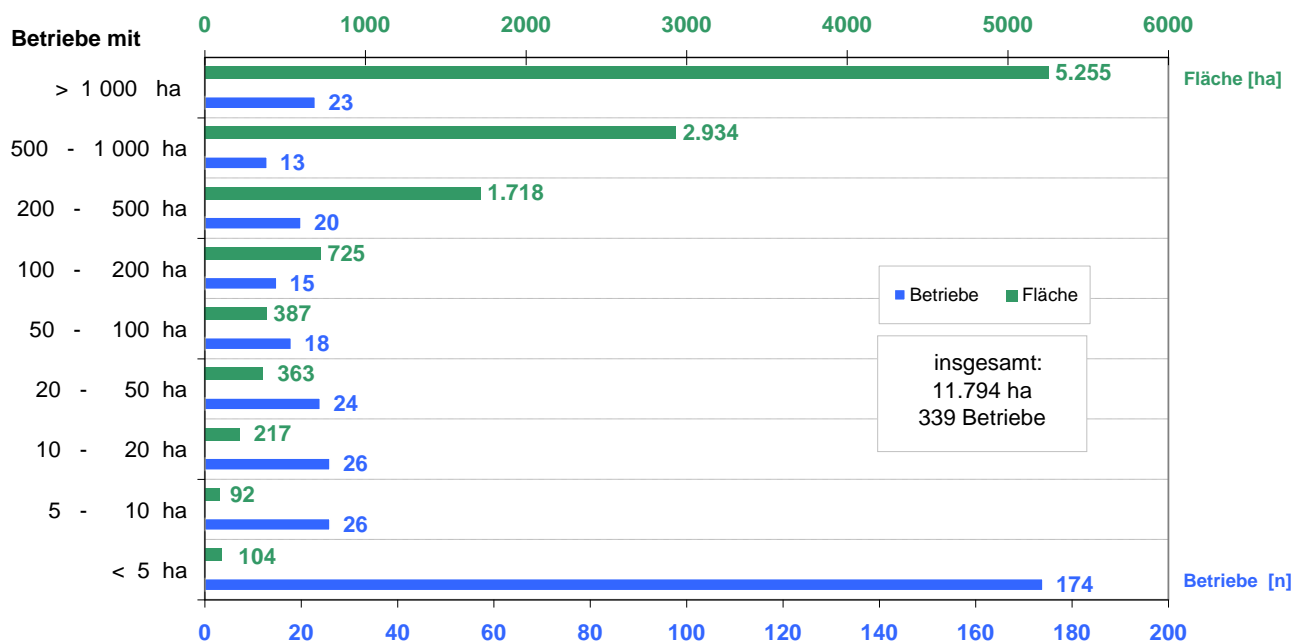


Abbildung 11: Potenziell bewässerbare landwirtschaftliche Fläche und Betriebe 2009 in Sachsen nach betrieblichen Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche 2010 – auf Freilandflächen, ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

Das Referenzjahr 2009 wies überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen auf, sodass nur 72 % der Betriebe auf ca. 3.300 ha Bewässerungsmaßnahmen durchführten. Im Gegensatz zum Bundesdurchschnitt erfolgte die Bewässerung überwiegend auf Gemüse- und Erdbeerflächen (1.400 ha), gefolgt von Kartoffeln (900 ha) (Abbildung 12).

Von den 243 bewässernden Betrieben 2009 verwendeten 184 Betriebe Beregnungsanlagen und 84 Betriebe führten eine Tropfbewässerung durch.

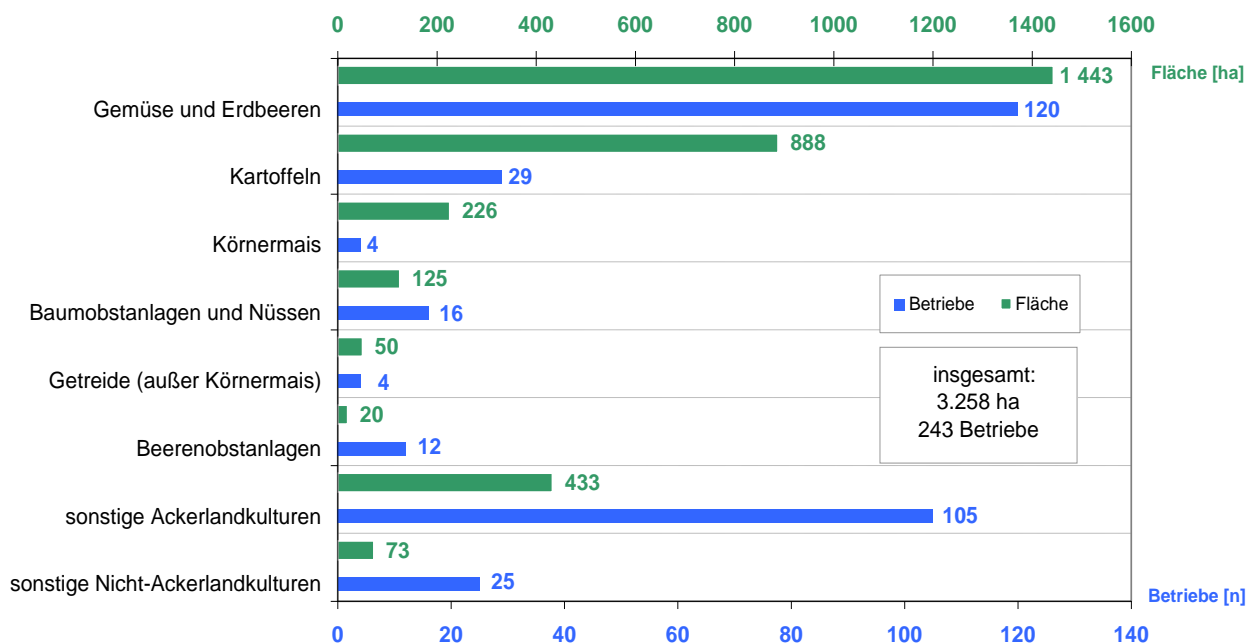


Abbildung 12: Bewässerte landwirtschaftliche Fläche und Betriebe 2009 in Sachsen nach bewässerten Kulturen – auf Freilandflächen, ohne Frostschutzberegnung (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

Die verbrauchte Wassermenge betrug 2009 mehr als zwei Millionen Kubikmeter. Im Durchschnitt wurden somit 620 m³ Wasser pro ha ausgebracht. Dies entspricht 62 l/m².

Verwendet wurde dazu meist Grundwasser (einschl. Quellwasser und Uferfiltrat), gefolgt von Oberflächenwasser aus Teichen und Staubecken (Abbildung 13). Die Anteile der bewässerten Fläche nach Verwendungszweck sowie die prozentualen Anteile des Wasseraufkommens nach Landesdirektion zeigen Abbildung 14 und Abbildung 15.

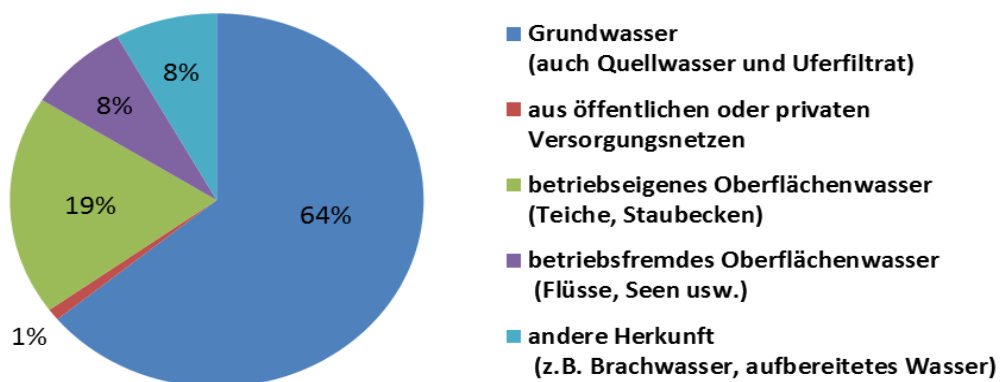


Abbildung 13: Herkunft des Wassers für die Bewässerung auf landwirtschaftlichen Flächen in Sachsen 2009 (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

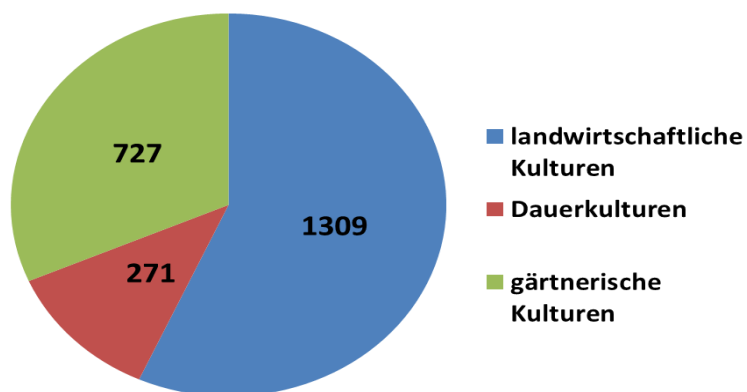


Abbildung 14: Bewässerung in der Landwirtschaft in Sachsen 2009 nach Verwendungszweck [in ha] (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

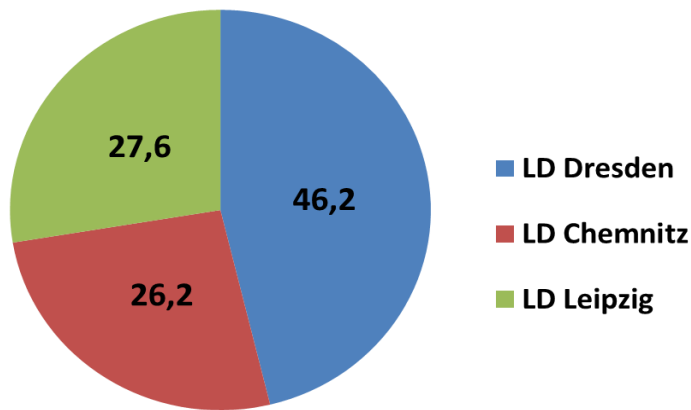


Abbildung 15: Wasseraufkommen* nach Landesdirektionen in Sachsen 2009 [in %] (Statistisches Landesamt Sachsen 2011)

* Wassergewinnung aus Oberflächenwasser, Quellwasser und andere Herkünfte sowie Wasserbezug aus dem öffentlichen Netz

3.2 Betriebsbefragung zur Situation der Bewässerung in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben 2010

3.2.1 Zielstellung

Im Rahmen des Projekts wurde als ein wesentlicher Bestandteil der Untersuchungen im Jahr 2010 eine Betriebsbefragung zur Bewässerung von Landwirtschaftsbetrieben durchgeführt. Ziel war es, einen umfassenden Überblick über den Umfang der erschlossenen und tatsächlich bewässerten landwirtschaftlich genutzten Fläche und der bewässerten Kulturen in Sachsen zu erhalten sowie Angaben zur Herkunft des Beregnungswassers, zu vorhandenen Wasserrechten und zur Art der Bewässerungsverfahren zu ermitteln. Gartenbaubetriebe wurden nicht in die Untersuchung einbezogen.

Bisher lagen nur Schätzungen des Fachverbandes Feldberegnung Sachsen aus dem Jahr 1994 vor.

Vor dem Hintergrund, dass einerseits ein erhöhter Bewässerungsbedarf in einigen Regionen Sachsens bereits besteht und dieser voraussichtlich künftig noch zunehmen wird, andererseits das nutzbare Wasserangebot begrenzt ist und Ressourcen schonend und effizient genutzt werden müssen, besteht ein erheblicher Nachholbedarf an einer verlässlichen Datenerfassung auch zur Erarbeitung und Ausgestaltung zukünftiger Fördermaßnahmen.

3.2.2 Methodik

Zur Durchführung der Befragung war es zunächst notwendig, eine Übersicht über die Betriebe zu erlangen, welche in Sachsen Beregnungsmaßnahmen durchführen. Ein flächendeckender und vollständiger Überblick liegt dazu in Sachsen derzeit nicht vor, allerdings wird seit 2010 im Antrag auf Agrarförderung abgefragt, ob eine Beregnung von landwirtschaftlich genutzten Flächen erfolgt. So wurden für das Jahr 2009 insgesamt 283 bewässernde Betriebe auf der Grundlage der Angaben im Antrag auf Agrarförderung ermittelt. Darunter befanden sich 75 Landwirtschaftsbetriebe mit Beregnung.

Angeschrieben wurden in der zweiten Hälfte des Jahres 2010 alle 75 ermittelten Landwirtschaftsbetriebe, welche im Antrag auf Agrarförderung Bewässerung angegeben hatten. Weiterhin wurden 5 Betriebe persönlich angefragt, welche schon seit längerer Zeit mit dem LfULG zusammenarbeiten und von denen bekannt war, dass eine Bewässerung vorhanden ist (siehe Tabelle 3).

Die Befragung hatte verschiedene Schwerpunkte. Unter der Maßgabe, den Aufwand für die Betriebe so gering wie möglich zu halten, wurden folgende Komplexe abgefragt:

- Natürliche Standortbedingungen
- Wasserherkunft und -aufkommen
- Beregnungssteuerung
- Bewässerte Kulturen, Anbaufläche und Beregnungsmengen
- Erträge und Mehrerträge durch Bewässerung
- Wasserförderung
- Beregnungstechnik
- Geplante Investitionen

Die vorbereiteten Fragebögen wurden den Landwirten per Post zugestellt und von ihnen selbstständig ausgefüllt. Einige Betriebe wurden vor Ort persönlich befragt.

Die Rücklaufquote der Bögen war in Anbetracht der Verfahrensweise zufriedenstellend. Über 50 % der Betriebe sandten die Bögen zurück. Entgegen der Angaben im InVeKoS befanden sich darunter auch Betriebe, die gar keine Bewässerungsflächen haben, im betroffenen Jahr nicht bewässert hatten und Betriebe, welche die Bewässerung ganz eingestellt haben. Betriebe mit Kleinstflächenbewässerung oder manueller Bewässerung wurden bei der Auswertung vernachlässigt.

Die Qualität und Quantität der Angaben war sehr unterschiedlich. Durch telefonische Rückfragen und persönliche Betriebsbesuche konnte die Datenbasis wesentlich qualifiziert werden. Nach Sichtung der Daten, Plausibilitätsprüfung und wiederholter persönlicher Rücksprache durch die Projektbearbeiter kamen 31 Betriebe für eine Auswertung in Betracht (Tabelle 3).

Tabelle 3: Auswertung der Befragungsbögen

	Anzahl der Betriebe
Betriebe angefragt	80
Rücklauf der Fragebögen	40
Ausgewertete Betriebe	31

Es handelt sich sowohl um Einzelunternehmen als auch um juristische Personen mit einem entsprechenden Spektrum an bewässerungswürdigen Fruchtarten und Betriebsgrößen zwischen 10 ha und über 2.000 ha, sodass ein repräsentativer Querschnitt sächsischer Betriebe ausgewertet werden konnte. Es kann eingeschätzt werden, dass die bedeutendsten Bewässerungsbetriebe Sachsens hinsichtlich ihres Umfangs und relevanter Bewässerungskulturen in der Erhebung erfasst wurden.

3.2.3 Natürliche Standortbedingungen

Einen Überblick über die Verteilung der ausgewerteten Betriebe in Sachsen zeigt Abbildung 16.

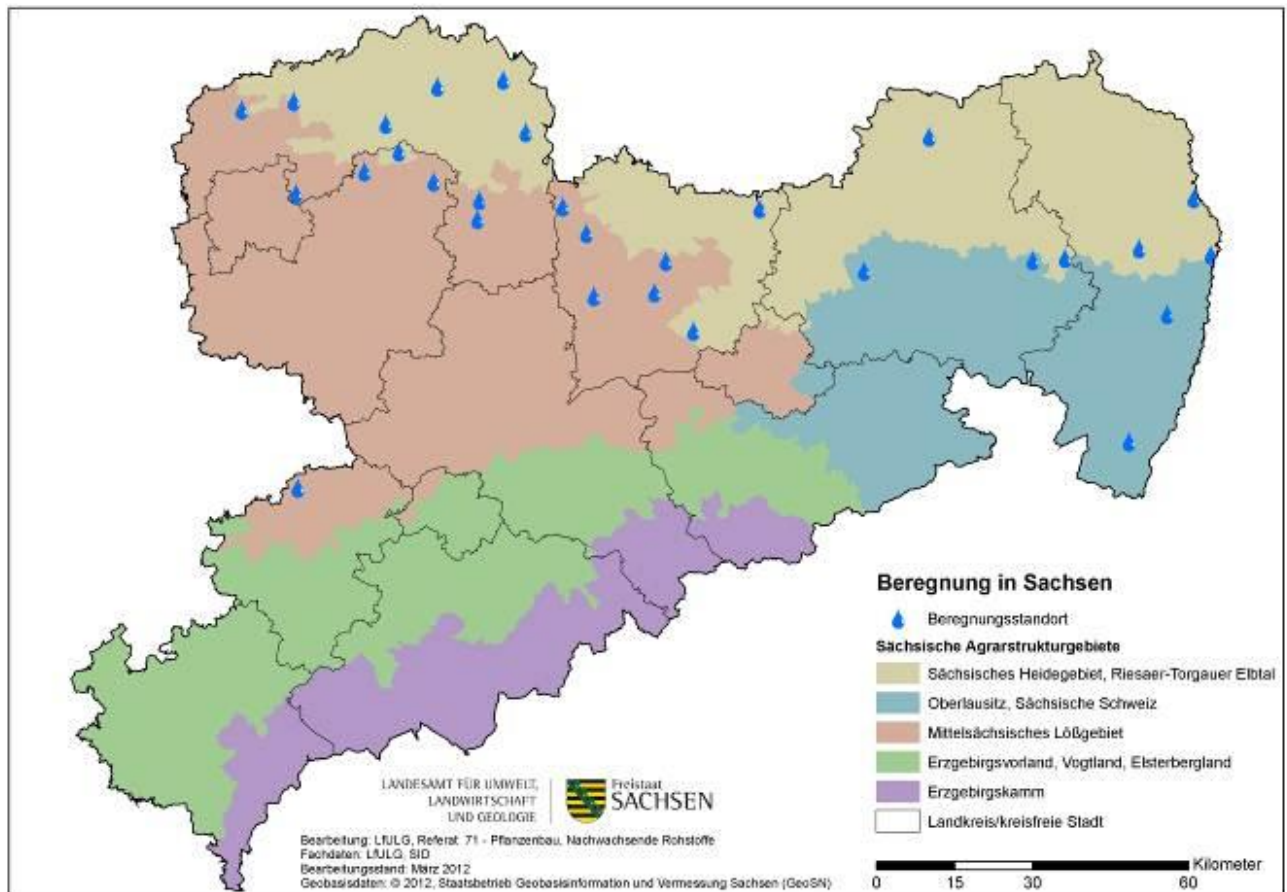


Abbildung 16: Verteilung der Bewässerungsbetriebe in Sachsen nach Agrarstrukturgebieten

Die Darstellung basiert auf der Gliederung Sachsens in Agrarstrukturgebiete (nach WINKLER et al. 1999), womit die Einflüsse von Boden, Klima und Höhenlage auf Regionen in Sachsen bezogen dargestellt werden können.

Innerhalb der Strukturgebiete erfolgte eine Einteilung in Gebiete mit vergleichbaren Standortvoraussetzungen für die landwirtschaftliche Erzeugung in Anlehnung an die naturräumliche Gliederung Deutschlands (Vergleichsgebiete). Es wurden dabei auch meteorologische Daten auf der Basis langjähriger Mittel, Untersuchungen zur verfügbaren Feldkapazität und phänologische Daten bei der Einteilung berücksichtigt.

Erwartungsgemäß befinden sich die meisten Betriebe in der von zunehmender Trockenheit am meisten betroffenen Regionen in Nord- und Ostsachsen, im Agrarstrukturgebiet 1 – Sächsisches Heideland, Rieser-Torgauer Elbtal. Das Gebiet ist gekennzeichnet durch Trockengebiete mit geringen Niederschlägen (Tabelle 4) und Vorsommertrockenheit (deutliches Niederschlagsdefizit in der Periode Mai–Juli). Es überwiegen leichte Böden diluvialer Herkunft.

Vor allem im Vergleichsgebiet Dübener-Dahlener Heide dominieren leichte, trockene, von häufigem Wassermangel geprägte Standorte, deren Jahresniederschlag kleiner 550 mm liegt. Hier ist ohne eine zusätzliche Bewässerung mit deutlichen Ertrags- und Qualitätsschwankungen zu rechnen.

Im Lausitzer Heide- und Teichgebiet dominieren ebenfalls leichte Böden diluvialer Herkunft mit aus landwirtschaftlicher Sicht überwiegend schlechten Bodenqualitäten und geringem Niederschlag.

Einige Betriebe befinden sich im mittelsächsischen Lössgebiet (Agrarstrukturgebiet 3), grenznah der Dübener-Dahlener Heide, zwei Betriebe liegen in der Oberlausitz (Agrarstrukturgebiet 2), ein Betrieb im mittelsächsischen Hügelland.

Tabelle 4: Natürliche Standortvoraussetzungen nach Agrarstrukturgebieten

Agrarstrukturgebiet	Durchschn. Höhe m über NN	Durchschnittlich verfügbare Feldarbeitstage	Jahres-Niederschlag in mm	Niederschläge Mai-Juli in mm	Jahresdurchschnittstemp. °C
1	134	209	628	202	8,3
2	264	161	763	237	7,4
3	199	176	668	209	8,0
4	418	147	798	265	6,4
5	621	131	942	300	5,5

Quelle: LfL; FB LB;GEMDAT 1995

Landwirtschaftsbetriebe mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen unter 600 mm sind als besonders benachteiligt einzustufen und zur Erzeugung von speziellen Kulturen oftmals auf eine Zusatzbewässerung angewiesen. Die Tabelle 5 zeigt, dass alle untersuchten Betriebe mit natürlichen Niederschlagsmengen in diesem Mengenbereich produzieren müssen. Zwei Drittel der Betriebe haben Niederschlagsmengen von weniger als 600 mm zur Verfügung.

Tabelle 5: Natürliche Standortbedingungen der untersuchte Betriebe – Ackerzahlen und Niederschlagshöhen

Ackerzahl	Anzahl Betriebe	Niederschlag in mm	Anzahl Betriebe
18-35	8	450-480	4
40-58	20	520-600	18
60-71	3	640-660	9

Die ungünstigen natürlichen Standortvoraussetzungen spiegeln sich auch in der klimatischen Wasserbilanz wider. Aus der Differenz zwischen der gefallenen Regenmenge und der Evapotranspiration (Verdunstung des Pflanzenbestandes) lässt sich der Verlauf der Bodenfeuchte von Tag zu Tag über die klimatische Wasserbilanz berechnen. Es zeigt sich, dass der Großteil der untersuchten Betriebe in Regionen mit einer negativen bzw. kritischen Wasserbilanz liegt, sodass auf Bewässerung nicht verzichtet werden kann.

3.2.4 Umfang der Bewässerung

Die Betriebe sind hinsichtlich ihrer Flächenausstattung sehr unterschiedlich. Die Ackerfläche je Betrieb schwankt zwischen 4,5 ha und über 2.000 ha. Nur sieben Betriebe bewirtschaften weniger als 500 ha. Dagegen verfügen zehn Betriebe über 1.000 ha, vier Betriebe sogar über 2.000 ha Ackerfläche (Tabelle 6).

Die Größe der erschlossenen Beregnungsfläche liegt je nach Betrieb zwischen 1,5 ha und 2.600 ha, wobei sich die meisten Betriebe in der Gruppe 100–400 ha befinden. Rund ein Viertel der genutzten Ackerfläche der untersuchten Betriebe ist für die Beregnung erschlossen, bei vier Betrieben sind es ca. 50 %. Die tatsächlich bewässerte Fläche war im Erhebungsjahr 2010 deutlich kleiner und lag zwischen 0 ha bis 350 ha. Insgesamt wurden nur ca. 22 % der erschlossenen Beregnungsfläche 2010 tatsächlich bewässert (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Größe der erschlossenen und tatsächlich berechneten Flächen (2010)

Ackerfläche gesamt [ha]	Anzahl Betriebe	erschlossene Beregnungsfläche [ha]	Anzahl Betriebe	tatsächlich berechnete Fläche [ha]	Anzahl Betriebe
4,5-500	7	2-5	3	0-5	9
500-1.000	11	30-100	5	30-100	16
1.000-2.500	13	100-400	11	150-350	6
		über 400	2		

In der Summe aller untersuchten Betriebe beträgt die tatsächliche Beregnungsfläche 2.414 ha. Das entspricht ca. 75 % der Beregnungsfläche Sachsens (3.258 ha). Die erschlossene Beregnungsfläche der ausgewerteten Betriebe beträgt 11.100 ha. Für den gesamten Freistaat Sachsen wurden vom Statistischen Landesamt 11.800 ha ermittelt.

3.2.5 Herkunft des Beregnungswassers und Wasseraufkommen

Ist ein Grundwasserspeicher mit ausreichender Ergiebigkeit vorhanden, ist eine sichere Wasserentnahme gewährleistet. Das Grundwasser muss an die Oberfläche gepumpt werden, welches mit einem höheren Aufwand verbunden ist. Dafür kann das Grundwasser als natürliches Speicherbecken genutzt werden.

Ist eine Verregnung von Oberflächenwasser möglich, ist das durchaus als vorteilhaft zu bewerten. Durch die im Vergleich zum Grundwasser höhere Temperatur des Oberflächenwassers wird ein positiver Effekt auf das Pflanzenwachstum erzielt. Es entfallen die Kosten für den Brunnenbau und niedrigere Pumpkosten.

Laut Statistischem Landesamt Sachsen (2011) werden ca. zwei Drittel des Wasseraufkommens dem Grund und Quellwasserreservoir entnommen, ein Drittel dem Oberflächenwasser (Abbildung 13). In der vorliegenden Untersuchung entnehmen 15 Betriebe das benötigte Wasser dem Grundwasserreservoir, 15 Betriebe nutzen Oberflächenwasser. Es werden ebenso geklärtes Abwasser und Regenwassersammelbecken genutzt. Teilweise wird Wasser von Dritten bereitgestellt (Wasserwerk, Lohnunternehmen, Nachbar).

Über den Umfang der Wassergewinnung wurden nur von wenigen Betrieben Angaben gemacht. Ersichtlich wurde aber, dass der Anteil der vorhandenen Wasserrechte wesentlich größer als der tatsächlich genutzte Anteil ist. Bei der Entnahme handelt es sich je nach Betrieb um Größenordnungen zwischen 3.500 m³ und 60.000 m³ aus Grundwasser und zwischen 2.000 m³ und 50.000 m³ aus Oberflächenwasser. Dabei wird sowohl aus Fließgewässern (9 Betriebe) als auch aus stehenden Gewässern (6 Betriebe) entnommen. Leider wurde von den Betrieben in den meisten Fällen keine Auskunft über die tatsächlichen Entnahmemengen erteilt.

Zwei Drittel der Betriebe führen eine Nachtberegnung durch. Frostschutzberegnung wird nicht angewandt.

3.2.6 Kulturartenspektrum und Erträge

Die Betriebsbefragung zielte auch auf die Ermittlung der Anbauflächen von bewässerten Kulturen im Jahr 2010.

Je nach Betrieb variiert das Kulturartenspektrum, wobei die dominierenden Fruchtarten für die Bewässerung Kartoffel, Feldgemüse und Zuckerrüben sind. **Fast zwei Drittel der Betriebe bewässern Kartoffeln** (Tabelle 7).

Tabelle 7: Anbauspektrum, Anzahl der Betriebe und Bewässerungsumfang (2010)

Fruchtart	Anzahl Betriebe	Berechnungsfläche	Anbauumfang Sachsen	Anteil Berechnungsfläche an der Ackerfläche
	Betriebe	ha	ha	%
Kartoffel	18	1026	6.982	15
Zuckerrübe	8	215	12.531	1,7
Bohne	7	265	377	70
Erbse	4	125	2.192	5,7
Spinat	3	215	207	100
Zwiebel	2	24	418	5,7

Den flächenmäßig bedeutendsten Anteil an der Beregnung von Feldfrüchten nimmt die Kartoffel ein. 15 der ausgewerteten Betriebe bewässern Kartoffeln mit einem Gesamtumfang von 1.026 ha. Das entspricht 15 % der Gesamtanbaufläche in Sachsen. Es wurden Mehrerträge durch Zusatzwasser zwischen 50 dt/ha und 250 dt/ha von den Betrieben angegeben (Tabelle 8).

Tabelle 8: Umfang der Kartoffelberegnung, Erträge und Mehrerträge (2010)

Betrieb	Fläche [ha]		Zusatzwasser	Ertrag	Mehrertrag
	gesamt	berechnet	[mm/a]	[dt/ha]	[dt/ha]
1	13,5	13,5	60	487	k. A.
2	90	35	25	400	k. A.
3	42	31	70	515	100
4	12	12	20	450	100
5	220	190	40	k. A.	k. A.
6	130	80	80	500	200
7	2	2	50	k. A.	k. A.
8	52	30	40	350	50
9	40	40	40	400	k. A.
10	9,5	2,5	80	k. A.	60
11	120	100	80	450	100
12	50	50	80	580	120
13	220	220	80	600	250
14	100	100	115	493	k. A.
15	120	120	75	500	150

k. A. = keine Angaben

Bei einem Gesamtanbauumfang von 377 ha Bohnen in Sachsen im Jahr 2010 wurden im Untersuchungsjahr 70 % der Anbaufläche bewässert (Tabelle 9).

Tabelle 9: Umfang der Bewässerung und Erträge bei Bohnen (2010)

Betrieb	Fläche [ha]		Zusatzwasser	Ertrag	Mehrertrag
	gesamt	berechnet	[mm/a]	[dt/ha]	[dt/ha]
1	10	10	20	80	k. A.
2	200	140	60	k. A.	k. A.
3	12	12	80	95	k. A.
4	25	25	100	120	20
5	10	10	75	90	k. A.
6	8	8	90	80	60
7	60	60	50	150	50

k. A. = keine Angaben

Spinat bauten 3 Betriebe an. Die gesamte sächsische Spinatanbaufläche von 215 ha wurde bewässert. Zuckerrüben bewässerten 8 Betriebe auf insgesamt 215 ha. Durchschnittlich wurden 55 mm pro ha verregnet. Es wurden keine Angaben zu Mehrerträgen gemacht. Erbsen wurden auf 125 ha bewässert, was 5,7 % der Anbaufläche entspricht. Vereinzelt wurden Sonderkulturen wie Spargel, Hopfenvermehrung und Beerenobst berechnet. In nicht nennenswertem Umfang wurden Getreide (1 Betrieb) und Feldfutter/Feldgras (3 Betriebe) zusätzlich bewässert.

3.2.7 Beregnungssteuerung

Die automatische Beregnungssteuerung wird in den sächsischen Landwirtschaftsbetrieben nur vereinzelt genutzt.

Es wurde von fast allen Betrieben angegeben, die Beregnung manuell zu steuern. In den meisten Fällen geben Erfahrungswerte und die Zuhilfenahme von Wettervorhersagen den Ausschlag für die Zusatzbewässerung. Zusätzlich wird von einigen Betrieben die Beregnungsempfehlung des Deutschen Wetterdienstes genutzt. 3 Betriebe steuern ihre Beregnung unter Verwendung des Beregnungssteuerungsmodells Berest. Zwei Betriebe richten sich nach Vorgaben der Verarbeitungsindustrie und ein Betrieb nutzt die Geisenheimer Steuerung. Zwei Betriebe richten sich nach Vorgaben der Verarbeitungsindustrie und ein Betrieb nutzt die Geisenheimer Steuerung (Abbildung 17).

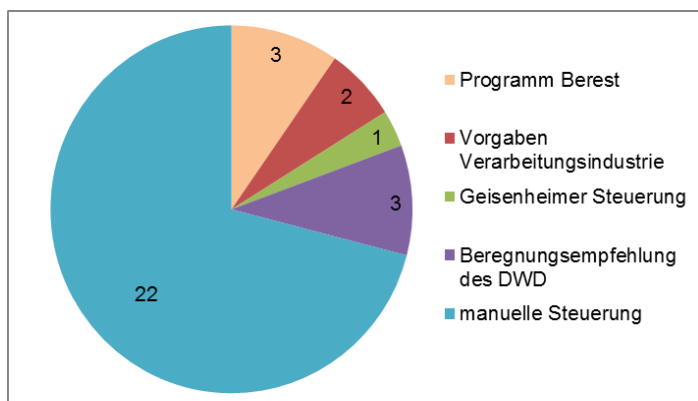


Abbildung 17: Art der Beregnungssteuerung in den untersuchten Betrieben (Anzahl der Betriebe)

3.2.8 Wasserförderung

Neun Betriebe nutzen Speicher, wobei es sich vielfach um modernisierungsbedürftige Speicherbecken älteren Baujahres handelt. Es werden vielfach Brunnen benutzt, welche schon vorhanden waren, aber sich in einem guten Zustand befinden. Teilweise wurden Brunnen neu gebohrt. Vielfach wurde in diesem Zusammenhang von den Landwirten darauf hingewiesen, dass das Genehmigungsverfahren in Sachsen für einen Brunnenneubau extrem aufwändig ist und mit hohen Auflagen und Kosten verbunden ist. Die in den Betrieben eingesetzten Pumpen zur Wasserförderung sind meist neueren Datums, es wird aber auch noch verbreitet Alttechnik eingesetzt. Es kommen Pumpen sehr unterschiedlicher Leistung zum Einsatz. Die Rohrnetze sind ober- als auch unterirdisch verlegt. Die Rohrnetze sind zwischen 100 m und 4.000 m lang. Größtenteils werden vorhandene alte Rohrnetze weitergenutzt, welche sukzessive erneuert oder erweitert werden.

3.2.9 Verfahren und Technik

Bei den Bewässerungsverfahren wird zwischen Beregnung und Mikrobewässerung unterschieden. Die Mikrobewässerung kann oberirdisch als Tropf- oder Sprühbewässerung erfolgen oder unterirdisch sowohl tief verlegt für Dauerkulturen als auch flach verlegt bei 1-jährigen Kulturen. Bei der Beregnung wird zwischen Reihenregnern, teilmobilen und mobilen Beregnungsmaschinen unterschieden. Teilmobile Beregnungsmaschinen können Kreisregner, Rollregner oder lineare Beregnungsmaschinen sein. Bei der mobilen Technik wird zwischen Schlauchtrommel mit Großregner und Düsenwagen unterschieden. Von den aktuellen Bewässerungsverfahren kommen in den Betrieben teilmobile und mobile Beregnungsmaschinen sowie die Tropfbewässerung zum Einsatz.

Tabelle 10: Genutzte Bewässerungstechnik in den Betrieben (Stand 2010)

Beregnung			Tropfbewässerung			
teilmobile Beregnungsmaschine			mobile Beregnungsmaschine		oberirdisch	unterirdisch
Kreisberegnungsmaschine	lineare Beregnungsmaschine	Rollregner	Düsenwagen	Großregner		
5 Betriebe	1 Betrieb	4 Betriebe	7 Betriebe	18 Betriebe	5 Betriebe	2 Betriebe
					49,5 ha	5,5 ha

Am verbreitetsten ist der Einsatz mobiler Schlauchtrommelberegnungsmaschinen mit Regnereinzug in Verbindung mit Großregnern. In ca. 60 % der Betriebe wird dieses Verfahren angewendet (Tabelle 10). Die Vorteile sind geringe Erschließungs- und günstige Anschaffungskosten bei geringem Arbeitsaufwand. Der Einsatz kann auch auf Flächen mit Hindernissen und nicht rechtwinkligen Flächen problemlos erfolgen. Nachteile sind hoher Energiebedarf, schlechte Wasserverteilgenauigkeit, Windempfindlichkeit und Verschlämmungsrisiko.

Bei Schlauchtrommelmaschinen mit Düsenwagen wird das Wasser mit Hilfe feiner Sprinklerdüsen an einem Gestänge verteilt. Der Vorteil dieser Verregnungsart ist eine niedrige Verdunstungsrate, eine gute Wasserverteilgenauigkeit und eine geringe Windabdrift. In den untersuchten Betrieben wurden Düsenwagen vielfach in Hanglagen eingesetzt und zur Beregnung von Sonderkulturen und Gemüse genutzt.

In 5 Betrieben wurden Kreisberegnungsmaschinen eingesetzt (Tabelle 10). Diese Technik zeichnet sich durch gute Wasserverteilgenauigkeit sowie durch niedrige Verdunstungsraten und Windabdrift aus. Der große Vorteil dieser Maschinen ist, dass sie mit geringstem Arbeitsaufwand zu betreiben sind. Allerdings sind die Anschaffungskosten hoch, ebenso ist ein hoher Arbeitsaufwand beim Auf- und Abbau sowie beim Transport zu kalkulieren. Nachteilig ist auch die geringe Flexibilität hinsichtlich der Flächenform. Durch die kreisförmige Wasserverteilung der Anlage verbleiben unberegnete Ecken und Restflächen.

Die Tropfbewässerung ist mit sehr hohen Anschaffungskosten und hohem Arbeitsaufwand zum Auf- und Abbau verbunden. Außerdem ist Spezialtechnik zum Auf- und Abbau erforderlich. Von großem Vorteil sind die hohe Verteilgenauigkeit, geringe Ausbringverluste und niedriger Energiebedarf. Automatische Steuerung und Fertigation sind möglich.

Sieben der untersuchten Betriebe verfügen über eine Tropfbewässerung. Es wurden Flächen zwischen 0,3 ha und 20 ha bewässert. Der Einsatz erfolgte in den meisten Betrieben hauptsächlich in Intensivkulturen wie Gemüse und Dauerkulturen (Spargel). Den flächenmäßig größten Anteil nimmt in der vorliegenden Untersuchung allerdings die Tropfbewässerung bei Kartoffeln ein, weil sich die Untersuchungen nur auf Landwirtschaftsbetriebe beschränkt.

Ein Drittel der Betriebe kombiniert verschiedene Bewässerungsverfahren. Alle Betriebe, die Tropfbewässerung nutzen, haben auch mobile bzw. teilmobile Beregnungsmaschinen im Einsatz. Vier Betriebe kombinieren mobile und teilmobile Technik, wobei meist vorhandene Rollregner (Altbestand) mit neueren Rohrtrommelberegnungsmaschinen im Einsatz sind.

3.2.10 Geplante Vorhaben bis zum Jahr 2020

Ca. 70 % der Betriebe (n = 22) planen nach eigenen Angaben, ihre Beregnungsfläche in den kommenden Jahren zum Teil erheblich zu erweitern. Der Erweiterungsumfang schwankt je nach Betrieb zwischen 2 ha und 1.000 ha. Ausgehend von den betrieblichen Angaben wäre damit in den nächsten Jahren eine Ausweitung der Beregnungsfläche um 6.915 ha zu erwarten (Tabelle 11). Weil die derzeit erschlossene Beregnungsfläche der untersuchten Betriebe bei 11.100 ha liegt, ist davon auszugehen, dass die meisten Betriebe ihre bereits vorhandene Infrastruktur zur Bewässerung aktivieren und modernisieren werden. Eine Neuerschließung von Bewässerungsflächen planen ca. 20 % der Betriebe.

Tabelle 11: Derzeitige und geplante Bewässerungsfläche bis 2020

im Jahr 2010 bewässerte Fläche	2.414 ha
geplante Erweiterung um	6.915 ha

Eine beachtliche Ausdehnung ihrer Beregnungsflächen beabsichtigen vor allem Betriebe, die sich im Vergleichsgebiet Dübener-Dahlener Heide befinden und hinsichtlich Boden und Klimabedingungen besonders benachteiligt sind.

4 Bewässerungsverfahren und Bewässerungstechnik

Die Beregnung ist ein teures und arbeits- sowie energieintensives Verfahren. Ein optimaler Einsatz der Bewässerungstechnik und der Einsatz der Beregnungssteuerung sind aus ökonomischer Sicht unbedingt erforderlich. Unterschieden wird zwischen Rohrberegnung, teilmobilen Beregnungsmaschinen (Kreis- und Linearberegnung), mobilen Beregnungsmaschinen (Rohrtrommelschlauchberegnung mit Großregner oder Düsenwagen) sowie der Mikrobewässerung (Tropfbewässerung) (Abbildung 18). Die Oberflächenbewässerung (Furchen- und Beckenbewässerung) spielt im Prinzip keine Rolle mehr.

Für die Beregnung stehen verschiedene Arten von Beregnungsmaschinen von verschiedenen Anbietern zur Verfügung. Die Auswahl der Beregnungstechnik richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten, nach der Größe und Form der Schläge; nach Feldhindernissen, Hangneigung und der Infiltrationsgeschwindigkeit des Bodens. Ebenso spielt die Art der Entnahmemöglichkeit des Wassers eine Rolle (Grund- oder Oberflächenwassernutzung).

Ziel ist in jedem Fall, eine möglichst gleichmäßige und flächendeckende wasser- und energiesparende Wasserverteilung auf der Fläche sicherzustellen. In Sachsen kommen alle Verfahren zum Einsatz. Am verbreitetsten ist die Verwendung mobiler Schlauchtrommelberegnungsmaschinen in Verbindung mit Großregnern.

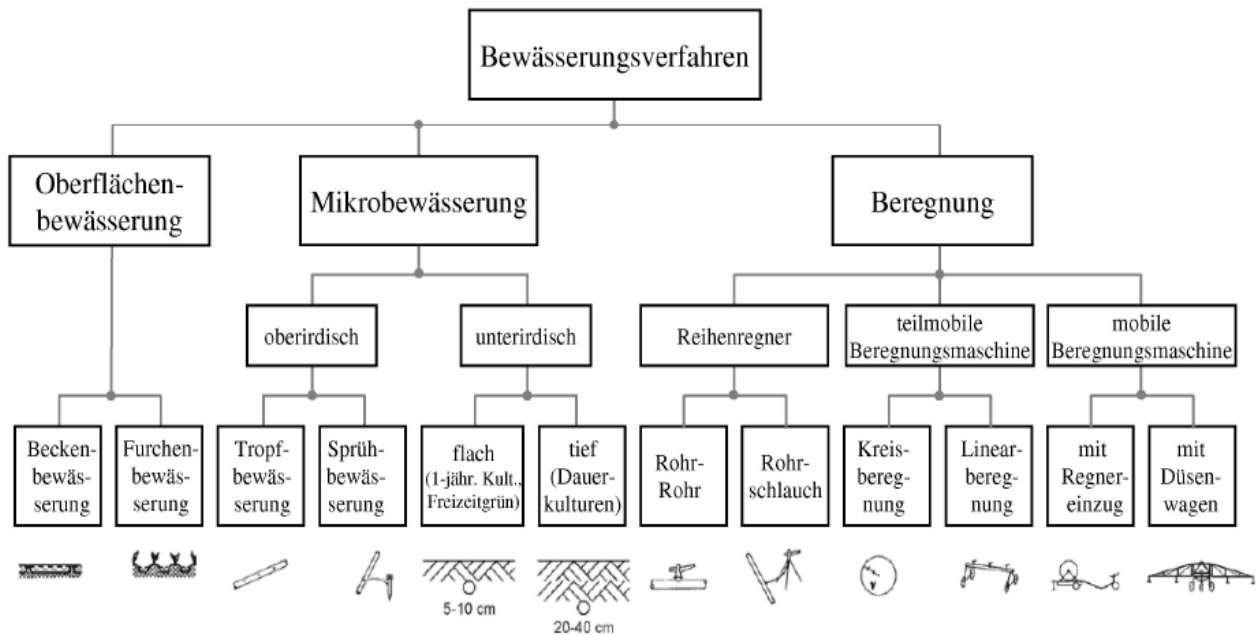


Abbildung 18: Bewässerungsverfahren im Freiland (nach DIN 19655, 1996)

4.1 Tropfbewässerung

Hauptbestandteile einer Tropfbewässerungsanlage (Abbildung 21) sind die Steuer- und Regeleinheit, die Hydrant- und Verteilerleitung sowie die Tropfleitungen und Tropfelemente. Die Steuer- und Regeleinheit reduziert den eventuell zu hohen Druck in der Zuleitung, regelt den Volumendurchfluss, dosiert die notwendige Düngergabe und filtert das Wasser, um Verstopfungen der Tropfelemente vorzubeugen. Tropfbewässerung benötigt einen geringen Wasserdruck (< 2 bar) und eine niedrige Beregnungsintensität (1–4 mm/h) und teilt das Wasser direkt der Pflanze zu. Dadurch werden Wasserverluste weitestgehend vermieden und es sind erhebliche Energieeinsparungen möglich (Beispiele siehe Abbildung 19 und Abbildung 20).

Die exakte Zuteilung auch geringer Beregnungsmengen mit hoher Verteilgenauigkeit, geringe Ausbringverluste und niedriger Energiebedarf stehen hohen Investitionskosten und einem hohen Arbeitszeitbedarf gegenüber.



Abbildung 19: Tropfbewässerung Mais



Abbildung 20: Tropfbewässerung Kartoffeln



Abbildung 21: Schema eines Tropfbewässerungssystems

(Quelle: Wasser- und Bodenverband Torgau)

4.2 Mobile und teilmobile Bewässerungstechnik

Bei mobilen Beregnungsmaschinen wird zwischen **mobilen Großflächenregnern** und **Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen** unterschieden.

Bei den Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug steht der Trommelwagen am Feldrand. Die Rohrtrommel wird hydraulisch angetrieben und zieht die Regnerleitung mit dem Regnerwagen ein (Abbildung 22 und Abbildung 23). Das PE-Rohr ist in der Transportstellung auf einer Rohrtrommel aufgespult. Die Mehrzahl der Beregnungsmaschinen ist mit **Großflächenregnern** bei einer Beregnungsintensität von 15–30 mm/h ausgerüstet. Zur vollen Nutzung der möglichen Wurfweite,

vor allem aber für eine gute Strahlaulösung ist ein Wasserdruck am Hydranten ab etwa 7 bis 8 bar (Regner 4–5 bar) erforderlich.

Neben Maschinen mittlerer Bauart (Rohrlängen bis 300 m, Rohraußendurchmesser 75–90 mm) für Einsatzflächen von 15–30 ha werden auch Beregnungsmaschinen bis 600 m Rohrlänge für Beregnungsflächen von 40–60 ha und spezielle kleine Beregnungsmaschinen von 50 mm Rohraußendurchmesser für Einsatzbereiche von 5–10 ha angeboten.

Die Beregnungsmaschinen sind stark verbreitet, weil sie bei unterschiedlichsten Betriebsbedingungen einsetzbar und der Kapital- und Arbeitszeitbedarf vertretbar sind. Es ist bei diesem Beregnungsverfahren allerdings auf eine optimale Zuordnung von Beregnungsintensität und Infiltrationsgeschwindigkeit des Bodens zu achten. Zu hohe Beregnungsintensitäten führen zu Oberflächenabfluss und Verschlammung. Ein weiteres Problem stellt die Verschlechterung der Wasserverteilung durch Wind dar.

Eine entscheidende Verbesserung bringen Regnerwagen, die nicht mit einem Großregner, sondern mit einem düsenbestückten Ausleger ausgestattet sind. Diese **Düsenwagen** (Abbildung 24) arbeiten in der Regel mit Drehstrahldüsen. Sie zeichnen sich durch gleichmäßige Wasserverteilung, geringe Windempfindlichkeit und durch eine Verringerung der erforderlichen Wassergabe (geringe Ausbringverluste) aus. Das geringe Wasservolumen bei vermindertem Betriebsdruck (ca. 1,5 bar an der Düse) reduziert den Energiebedarf um ca. 50 %. Der Arbeitszeit- und Kapitalbedarf sowie die Beregnungsintensität sind jedoch höher als beim Großregner.



Abbildung 22: Schlauchtrommel

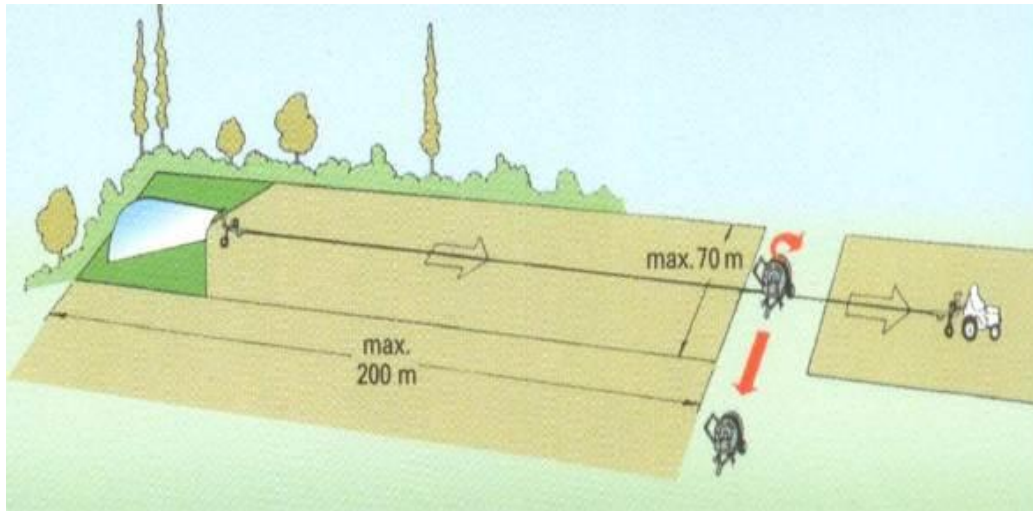


Abbildung 23: Schema Beregnung mit Schlauchtrommel

(Quelle: Wasser- und Bodenverband Torgau)



Abbildung 24: Düsenwagen (zusammengeklappt für Transport)

Zu den **Halbstationären Beregnungsmaschinen** zählen **Linear-** (Abbildung 25) und **Kreisberegnungsmaschinen** (Abbildung 26 und Abbildung 27). Der Einsatz dieser Verfahren setzt Schlaggrößen von mindestens 40 ha und möglichst eine Kulturart mit häufigem Beregnungseinsatz voraus.



Abbildung 25: Linearberegnungsanlage (Verziehen für Standortwechsel)

Bei der Kreisberegnung ist der Einsatz der Beregnungsmaschine an feste Verbindungen zum Hydranten gebunden. Es müssen Flächen ohne Hindernisse zur Verfügung stehen. Kreisberegnungsmaschinen kommen bei Schlaggrößen von über 50 ha in Betracht. Es ist eine gleichmäßige Wasserverteilung erreichbar, allerdings werden hohe Anforderungen an die Wasserqualität gestellt, weil die Maschine über einen Hydromotor angetrieben wird. Es ist mit hohen Anschaffungskosten und hohem Arbeitsaufwand zu rechnen.



Abbildung 26: Kreisberegnungsmaschine

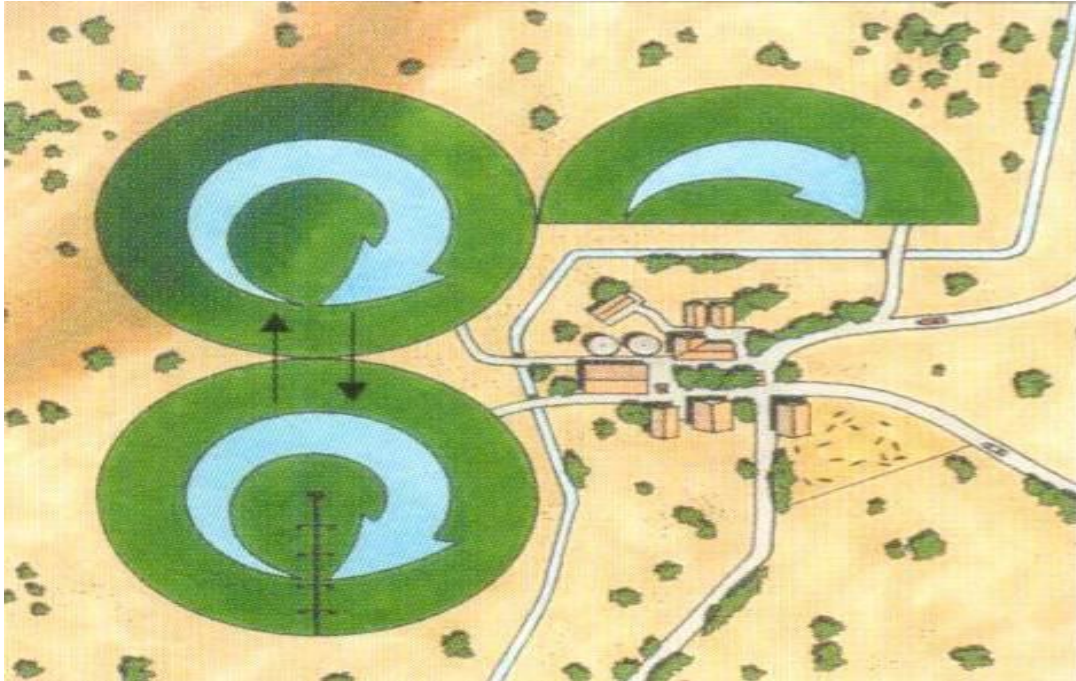


Abbildung 27: Schema Kreisberegnung
 (Quelle: Wasser- und Bodenverband Torgau)

4.3 Rohrberegnung

Bei der Rohrberegnung (Abbildung 28) werden in der Regel an eine Hauptleitung ein oder mehrere Regnerleitungen angeschlossen. Je nach Verfahren werden entweder mehrere Regner direkt auf der Regnerleitung angekoppelt oder mit Seitenschläuchen mit der Regnerleitung verbunden. Es werden Schwach- oder Mittelstarkregner mit einer Beregnungsintensität von 1–7 mm/h und einem Wasserdruck von etwa 5 bar am Hydranten verwendet. Durch Überlappung der Wasserstrahlen der Regner lässt die Wasserverteilgenauigkeit der Rohrberegnung im Vergleich zu anderen Verfahren zu wünschen übrig. Der Auf- und Abbau bzw. das Umsetzen erfordern einen außerordentlich hohen Arbeitsaufwand. Hauptsächlich wird dieses Verfahren in Gärtnereien und Kleinbetrieben genutzt.



Abbildung 28: Rollbare Regnerflügel im Einsatz
 (Quelle: K. Wecke)

4.4 Vergleich und Bewertung der Verfahren

Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Beregnungsverfahren werden in Tabelle 12 gegenübergestellt. Daraus lässt sich die Eignung des jeweiligen Verfahrens für die Landwirtschaftsbetriebe ableiten. Die Verfahren können sich in ihrer Eignung für den jeweiligen Betrieb ergänzen oder ausschließen. In großen Betrieben können Verfahren kombiniert werden.

Tabelle 12: Beurteilung von Bewässerungsverfahren

	Vorteile	Nachteile
Rohrberegnung	Einsatz auf nicht rechteckigen Flächen	hoher Arbeitskräftebedarf in der Beregnungssaison
	Einsatz auf Flächen mit Hindernissen	hoher Energiebedarf
	geringe Erschließungskosten der Flächen	schlechte Wasserverteilungsgenauigkeit
	geringer Anspruch an Wasserqualität	windempfindlich
	schneller mobiler Einsatz	großes Verschlammungsrisiko
	hohe Regengabe möglich	vollautomatischer Einsatz nicht möglich
		störanfällig
Kreis- beregnungsmaschine	wenig störanfällig	Flächen müssen hindernisfrei sein
	geringer Energiebedarf	hohe Anschaffungskosten
	gute gleichmäßige Wasserverteilungsgenauigkeit	hoher Arbeitsaufwand beim Auf- u. Abbau
	geringster Arbeitsaufwand in der Beregnungssaison	
	hohe Schlagkraft	Fläche wird nicht vollständig beregnet-Restfläche
	geringe Verschlammung	hohe Anforderungen an die Wasserqualität
	variabel bei Gabenhöhe u. Gabenanzahl	
	vollautomatischer Einsatz	
Linear- Beregnungsmaschine	wenig störanfällig	benötigt rechteckige und hindernisfreie Flächen
	geringer Energieaufwand	hohe Anschaffungskosten
	gute und gleichmäßige Wasserverteilungs-genauigkeit	erhöhter Arbeitsaufwand beim Auf- u. Abbau
	gute Einstellung der Wassergabenhöhe	bei Aufstellung auf andere Flächen ist eine entsprechende leistungsstarke Zugmaschine notwendig
	geringe Verschlammung	hohe Anforderungen an die Wasserqualität
	hohe Schlagkraft	
	geringer Arbeitskräftebedarf in der Beregnungssaison	
	halbautomatischer Einsatz	

	Vorteile	Nachteile
Rohrtrommel Schlauchberegnung mit Großregner	geringe Erschließungskosten der Fläche	hoher Energiebedarf
	mittlere Anschaffungskosten	schlechte Wasserverteilungsgenauigkeit
	Einsatz auf Flächen mit Hindernissen	windempfindlich
	Flächen müssen nicht rechtwinklig sein	Verschlämmungsrisiko
	mobiler Einsatz	
	geringer Arbeitsaufwand bei Aufstellung der Maschine	bei jeder Beregnungsaufstellung wird eine Zugmaschine benötigt
	automatische Abschaltung	

Rohrtrommel Schlauchberegnung mit Düsenwagen	gute Wasserverteilungsgenauigkeit	Fläche muss rechtwinklig und hindernisfrei sein
	geringe Windempfindlichkeit	ist an Rohrtrommel gebunden
	geringer Energieverbrauch	bei jeder Beregnungsaufstellung wird eine Zugmaschine benötigt
	mobiler Einsatz	kein Einsatz in hohen Kulturen
	geringer Arbeitsaufwand bei der Aufstellung	hohe Anforderungen an Wasserqualität
	geringer Arbeitsaufwand in der Beregnungssaison	Fahrgenauigkeit muss öfter kontrolliert werden
	automatische Abschaltung	
	geringe Verschlämmung	

Tropfbewässerung	Einsatz auf Flächen mit Hindernissen	hohe Anschaffungskosten
	geringer Wasseraufwand	sehr hoher Arbeitsstundenaufwand beim Auf- und Abbau
	Pflanzen bleiben trocken, dadurch reduzierter Pilzbefall	Tropfbewässerungsanlage ist in einer Saison an eine Fläche gebunden
	geringer Energiebedarf	hohe Anforderungen an Wasserqualität
	Fläche bleibt befahrbar	
	geringer Arbeitskräfteaufwand in der Beregnungssaison	beim Auf- und Abbau wird Spezialgerät mit Zugmaschine benötigt
	Flüssigdünger kann eingespeist werden	
	keine Verschlämmung	
	vollautomatischer Einsatz	

Zusammenfassend werden die verschiedenen Berechnungstechniken in Bezug auf die wichtigsten Entscheidungskriterien in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Bewässerungstechnik im Vergleich

	Tropf- bewässerung	Berechnungsmaschine mit Großregner	Berechnungsmaschine mit Düsenwagen	Rohrberegnung	Kreis- und Linear- beregnung
Beregnungs- intensität	sehr niedrig	sehr hoch	hoch	mittel	mittel
Mobilität	sehr niedrig	sehr hoch	hoch	niedrig	mittel
Kapitalbedarf	sehr hoch	niedrig	hoch	mittel	hoch
Arbeitszeitbedarf	sehr hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig
Energiebedarf	sehr niedrig	sehr hoch	niedrig	hoch	mittel
Qualitätsanfor- derungen an Bereg- nungswasser	sehr hoch	sehr niedrig	hoch	sehr niedrig	hoch
Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung	sehr hoch	niedrig	hoch	sehr niedrig	hoch
Windanfälligkeit	sehr niedrig	hoch	niedrig	sehr niedrig	niedrig
geringe Beregnungs- höhen möglich	ja	nein	nein	nein	nein
Feldrand- überschreitung	nein	ja	ja	ja	ja
geeignet für	Intensivkulturen mit häufigem Beregnungseinsatz, Dauerkulturen	Kulturen auf wechselnden oder nicht zusammenhängenden Flächen, Flächen mit Hindernissen	Intensivkulturen auf wechselnden Flächen, rechteckige und hindernisfreie Flächen	Kulturen auf nicht wechselnden Flächen, häufigem Beregnungseinsatz	Kulturen auf wechselnden Flächen; hindernisfreie und große Flächen

5 Bewässerungssteuerung

5.1 Anforderungen, Ziele und Methoden der Steuerung

Nach eigenen Erhebungen bewässern Landwirte in Sachsen häufig dann, wenn es ihren Erfahrungen entspricht und so, wie es betrieblich am besten einzuordnen ist. Die sachgerechte und optimale Zusatzwasserversorgung erfordert jedoch die Berücksichtigung einer Vielzahl von Faktoren, welche in ihrer Komplexität kaum ohne weiteres zu erfassen sind. Fehler in der Bewässerung werden nur bei extremen Fehlentscheidungen sichtbar. Was an Ertragszuwachs verlorengelassen wird und welche Wasserressourcen zu viel oder zu wenig eingesetzt werden, ist meist nicht erkennbar. Zudem wird im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie die Forderung nach einem sparsamen und objektiv begründeten Wassereinsatz zum Schutz der Umwelt erhoben.

Die Möglichkeit, Ertrag und Qualität durch gezielt gesteuerte Bewässerung zu verbessern, ist vor allem in Betrieben mit größerem Umfang an Bewässerungskulturen sinnvoll. Der Aufwand für das Wassermanagement in großen Betrieben wird je Hektar immer geringer und die Einsparung an Energie, Wasser und Dünger sowie die Ertrags- und Qualitätseffekte verbessern sich wesentlich.

Mit der Bewässerungssteuerung wird die Entscheidung unterstützt, ab wann, mit welchen Einzelgaben und in welchen Intervallen zu bewässern ist. Dem Pflanzenbauer wird die Entscheidungsfindung zur Bewässerung letztlich nicht abge-

nommen, jedoch vermindern Steuerungsprogramme das Risiko von Fehlentscheidungen. Ziel ist ein hohes Ertragsniveau mit einem hohen Anteil marktfähiger Ware. Weiterhin soll die Nährstoffverlagerung minimiert und ein wirtschaftliches Kosten-Nutzen-Verhältnis erreicht werden.

Es wurden inzwischen verschiedene Modelle für die Beregnungssteuerung entwickelt. Für den Landwirt spielen bei der Entscheidung für ein System neben einer guten Anwendbarkeit vor allem ein geringer zusätzlicher Arbeitsaufwand und eine geringe zusätzliche Kostenbelastung eine Rolle. Es müssen Eingangsdaten für möglichst viele Pflanzenarten vorliegen und eine Anpassung für aktuelle Sorten und Ertragsniveaus sollte eingearbeitet sein. Berücksichtigung sollte auch die jeweilig genutzte Beregnungstechnik finden (Beregnung oder Mikrobewässerung). Das System muss ausreichend genau arbeiten, ohne ein zusätzliches Risiko von Ertrags- oder Qualitätsminderungen.

Derzeit wird die Beregnung entweder in Abhängigkeit von der **klimatischen Wasserbilanz** oder auf der Basis von **Bodenfeuchtemessungen** geregelt. Beide Verfahren unterscheiden sich durch erhebliche Vor- und Nachteile (Tabelle 14).

Tabelle 14: Vergleich der Bewässerungssteuerung auf der Basis von Bodenfeuchtesensoren und nach klimatischer Wasserbilanz

Methode	Vorteile	Nachteile
Bodenfeuchtemessung	<ul style="list-style-type: none"> ■ aktuelle Bodenfeuchte am Messpunkt direkt ablesbar ■ keine Niederschlagsmessung auf dem Schlag erforderlich ■ schnelle Kontrolle der erfolgten Bewässerung ■ Tropfbewässerung automatisierbar ■ bei Einsatz mehrerer Sensoren Störungen der Wasserverteilung erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ repräsentativer Standort auf dem Schlag wegen erheblicher Streuung schwer zu finden ■ für jeden Schlag gesonderte Messungen notwendig ■ keine Informationen über Bodenfeuchteentwicklung ■ Kosten der Sensoren, Ein- und Ausbau erforderlich ■ Aufwand für Erfassen der Messwerte ■ Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Sensoren ■ Störungen und Behinderungen bei Feldarbeiten möglich
Klimatische Wasserbilanz	<ul style="list-style-type: none"> ■ keine Sensoren auf dem Feld nötig, Material- und Wartungskosten entfallen ■ Basiswerte der Verdunstung gelten für alle Pflanzenarten ■ Wetterprognosen können bei der Entscheidung über die Bewässerung berücksichtigt werden ■ Bewässerungsbedarf gut dokumentierbar als Nachweis einer sachgerechten Bewässerung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Startwert der Bodenfeuchte muss vor Beginn der Beregnung bestimmt werden ■ Niederschlagsmessung in Schlagnähe erforderlich ■ Korrektur der kc-Werte für Tropfbewässerung erforderlich

Die **klimatische Wasserbilanz** ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration. Die Ermittlung der klimatischen Wasserbilanzen basiert auf Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) oder einer eigenen Wetterstation. Referenz sind die Verdunstungswerte für eine kurzgeschnittene, optimal bewässerte Grasfläche. Diese Werte werden durch Koeffizienten (kc) entsprechend des Bedarfes der jeweiligen Kulturpflanzen korrigiert. In der Forschungsanstalt Geisenheim wurde diese Methode an die Witterungsverhältnisse in Deutschland angepasst und die kc experimentell für zahlreiche Pflanzenarten entwickelt. Es erfolgt immer wieder eine Anpassung für neue Sorten und das aktuelle Ertragsniveau.

Die Steuerung der Bewässerung nach klimatischer Wasserbilanz wird vor allem beim Einsatz aller Typen von Kreisregnern und Düsenwagen empfohlen. Bei der Tropfbewässerung sind die Steuerungskoeffizienten (kc) zu reduzieren, weil die Verdunstung an der Bodenoberfläche stark vermindert ist. Weil bei diesem Verfahren deutlich niedrigere Wassereinzeldosen verabreicht werden, ist die Steuerung über die klimatische Wasserbilanz momentan noch nicht so ausgereift wie bei flächigen Bewässerungsverfahren.

Das Hauptproblem der **Bodenfeuchtemessung** über Sensoren ergibt sich daraus, dass die Sensoren an bestimmten Punkten auf dem Schlag eingebracht werden und dort Punktmessungen durchführen. Dadurch kann die Heterogenität des

Schläges durch Bodenunterschiede oder durch ungleichmäßige Wasserverteilung der Regner nicht optimal wiedergespiegelt werden. Werden nur wenige Sensoren eingesetzt, was üblicherweise der Fall ist, so wird im Prinzip kein repräsentativer Wert ermittelt.

Gut erkennbar und praxisrelevant ist dagegen die Veränderung des Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser im Verlaufe des Anbaus. Dazu sind die Sensoren im Bereich der Hauptwurzelzone einzubringen. Tiefer eingesetzte Sensoren lassen außerdem erkennen, ob die Einzelgaben zu hoch oder zu niedrig sind.

Von der Vielzahl existierender Sensortypen haben sich in der Praxis Tensiometer gut bewährt. Sie messen die Saugspannung im Boden. Tensiometer reagieren schnell auf Bodenfeuchteänderungen, sind leicht zu interpretieren und vergleichsweise preiswert (HIRTHE 2009).

Bodenfeuchtesensoren können empfohlen werden, um den Startwert der klimatischen Wasserbilanz zu bestimmen und zu kontrollieren, ob das gewünschte Niveau der Bodenfeuchte erreicht wird. Sie sind gut geeignet zur direkten Steuerung von Tropfbewässerungsanlagen und können bei Flächenberegung zur Kontrolle der Bodenfeuchte dienen.

Zurzeit gibt es verschiedene Modelle zur Beregnungssteuerung. Das einfachste Modell ist die Geisenheimer Methode. Der Deutsche Wetterdienst bietet ein eigenes kostengünstiges Modell (Agrowetter) an. Alternativ zu diesen preiswerten und einfachen Modellen existieren dynamische Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evatranspirationsmodelle. Diese berechnen auf der Grundlage von Bodeneigenschaften, Niederschlägen und Verdunstungswerten die Bodenfeuchte in mehreren Schichten und ermitteln für die unterschiedlichen Kulturen den Beregnungsbedarf. Sie verfügen über kulturspezifische Steuerungskurven für den gesamten Kulturverlauf, in denen Durchwurzelung, Bodendeckung und Wasserbedarf enthalten sind. Momentan sind die Programme Zephyr und Berest 90/Irrigama verfügbar.

5.2 Geisenheimer Steuerung

Das derzeit einfachste Modell für die Beregnungssteuerung ist die Geisenheimer Methode (Abbildung 29), welche auf der Berechnung einer einfachen klimatischen Wasserbilanz basiert. Sie bietet eine kostengünstige Möglichkeit, parallel für verschiedene Kulturen die Wasserbedürftigkeit zu ermitteln.

Zwingend notwendig für richtige Ergebnisse ist eine möglichst genaue Bestimmung der Ausgangsbodenfeuchte. Zunächst werden die Bodenwasservorräte durch Vorwegberegung aufgefüllt. Ziel ist, einen wassergesättigten Boden als definierten Startwert für die Berechnung zu erhalten (100 % nFK). Danach wird die Beregnungsmenge je Gabe festgelegt. Als wesentliches Element dieser Methode wurde die Höhe der Wassereinzeldose an die Entwicklung der Wurzeltiefe der verschiedenen Pflanzenarten angepasst und die Entwicklungsstadien der Pflanzen morphologisch definiert. Die Wasserdose muss so hoch sein, dass in jedem Stadium die durchwurzelte Bodentiefe durchfeuchtet wird. Anschließend erfolgt die Berechnung der Tagesbilanz. Durch langjährige Versuche wurden für über 30 Kulturen Korrekturwerte ermittelt, durch welche sich kulturspezifische Verdunstungswerte errechnen lassen. Die Verdunstung (nach PENMANN) wird mit dem entsprechenden Korrekturfaktor multipliziert. Von der tatsächlichen Verdunstung werden Niederschläge und Beregnungsmengen abgezogen. Die Tagesbilanzen werden so lange aufsummiert, bis die vorgegebenen Beregnungsmengen erreicht sind. Die jeweilige Beregnungsmenge wird von der Bilanzsumme abgezogen und die Bilanzierung fortgesetzt.

Bei der Geisenheimer Methode erfolgt keine Berücksichtigung der differenzierten Standortgegebenheiten und der technologischen Besonderheiten wie zum Beispiel die Tropf- oder Überkopfbewässerung.

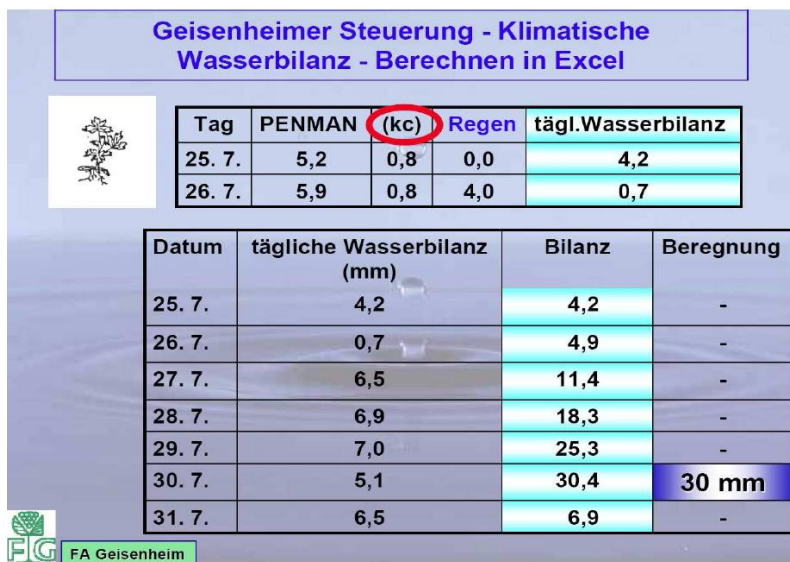


Abbildung 29: Geisenheimer Steuerung

1. Vorgabe der Bewässerungsmenge je Termin = 30 mm
2. Errechnen der Wasserbilanz
 tägliche Bilanz = (Verdunstung nach PENMANN* kc – Niederschlag)
3. Errechnen des Bewässerungszeitpunktes (bewässern, wenn die täglichen Defizite die vorgegebene Bewässerungsmenge erreicht haben)

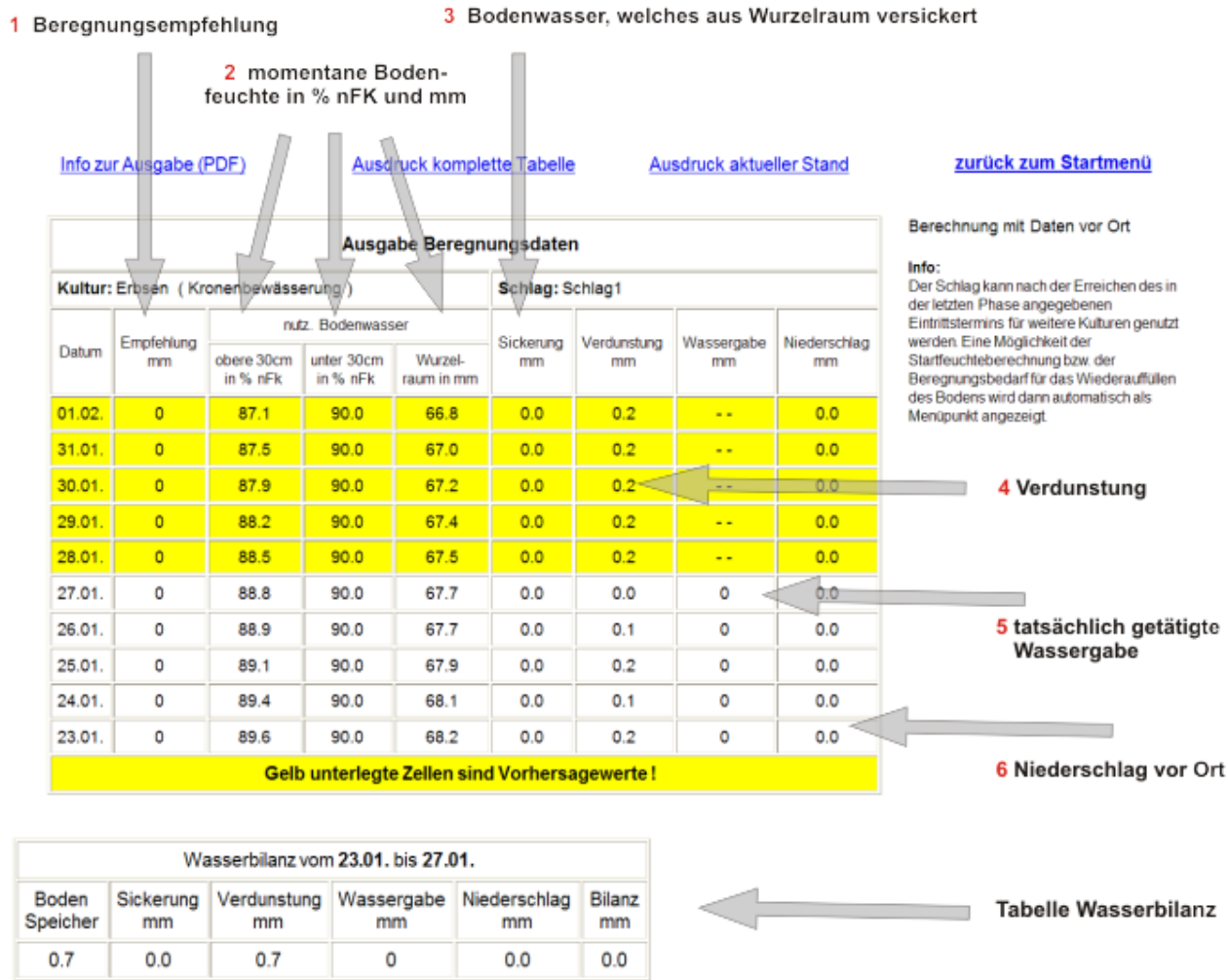
5.3 agrowetter Beregnung

Das System berechnet auf der Basis meteorologischer Informationen von über 500 Wetterstationen für derzeit 34 Kulturen die momentane und für die nächsten fünf Tage zu erwartende Bodenfeuchte und gibt gezielte Beregnungsempfehlungen für den jeweiligen Standort.

Das Programm (Abbildung 30) kann zu einem geringen Preis von jedem Interessenten für die Dauer einer Saison (01.03. bis 31.10.) genutzt werden.

Das in agrowetter Beregnung benutzte Modell beruht auf einem Wasserbilanzierungsmodell. Als Wasserquellen dienen der Niederschlag und die Beregnungsmengen, als Wassersenken die Verdunstung und das in den Boden versickerte Wasser (Geisenheimer Steuerung).

Für eine exakte Wasserbilanzierung muss der Nutzer seinen vor Ort gemessenen Niederschlag und die verabreichten Wassergaben eingeben. Für die Verdunstungsberechnung müssen lediglich die Eintrittstermine charakteristischer Pflanzenentwicklungsphasen (BBC-Codes) eingetragen werden. Als Referenzverdunstung dient die potenzielle Grasverdunstung, die mit Hilfe einer Basisstation berechnet wird. Diese sollte möglichst dicht am Standort und im gleichen Höhenniveau liegen (es wird die vom Nutzer nächstgelegene Wetterstation in Deutschland genutzt).



- 1 empfohlene Berechnungsmengen (Millimeter)
- 2 momentane Bodenfeuchte (% nutzbare Feldkapazität)
- 3 Sickerung (Millimeter)
- 4 Verdunstung (Millimeter)
- 5 getätigte Wassergaben - vom Nutzer eingegeben (Millimeter)
- 6 vor Ort gefallener Niederschlag - vom Nutzer eingegeben (Millimeter)

Abbildung 30: Beispiel agrowetter Berechnung; Ausgabe der Berechnungsrechnung mit der empfohlenen Wassergabe (DWD 1996–2012)

Die Berechnungswürdigkeit einer Kultur muss vom Nutzer über die Grenzbodenfeuchte, ab der eine Beregnung erfolgen soll, festgelegt werden. Die voreingestellten Grenzbodenfeuchten sind für eine optimale Wasserversorgung der Pflanzen ausgelegt und können frei konfiguriert werden. Notwendig sind außerdem Angaben zu den Bodeneigenschaften.

Abweichend von der Geisenheimer Methode wird eine Versickerungsmenge berechnet, die dann auftritt, wenn der Bodenwurzelraum kein Wasser mehr halten kann (oberhalb von 100 % nFK). Die Versickerungsraten werden im Modell empirisch durch die einmalig anzugebende Bodenart berechnet.

Die Empfehlungen der Wassergaben sind so ausgelegt, dass der Boden nicht vollkommen mit Wasser aufgefüllt wird, damit Sickerungen in tiefere Bodenschichten vermieden werden. Ist der Boden unterhalb von 30 cm Tiefe sehr trocken, so werden die oberen 30 cm komplett und die darunterliegende Schicht zu 80 % nFK aufgefüllt. Wird eine Tropfbewässerung verwendet, so wird die Beregnungsgabe auf maximal 8 mm begrenzt.

Zurzeit werden für die Berechnungsberatung mehr als 30 verschiedene Kulturen angeboten. Der wöchentliche Pflegeaufwand ist gering. Neben dem vor Ort gefallenen Niederschlag müssen lediglich noch Eintrittstermine von Pflanzenphasen, Bodeneigenschaften und getätigte Berechnungsmengen eingegeben werden. Hieraus wird sofort eine Berechnungsempfehlung berechnet. Bis zu 16 Schläge bzw. Vorgänge können gleichzeitig berechnet werden.

5.4 Steuerungsprogramm Zephyr

Das Programm Zephyr (Abbildung 31, Abbildung 32 und Abbildung 33) berechnet den Verlauf der Bodenfeuchtedynamik auf der Grundlage von Wetter-, Pflanzen- und Bodendaten unter Einbeziehung verabreichter Berechnungsgaben und des Grundwasserstandes.

Wissenschaftliche Grundlagen sind die Berechnung der Bodenfeuchtebewegung und -speicherung sowie die Berechnung des Wasserentzugs durch die Pflanzen.

Die Berücksichtigung der Bodeneigenschaften erfolgt in Zephyr auf der Basis schichtbezogener Bodenkennwerte und -funktionen, welche die Eigenschaften des Bodens hinsichtlich Wasserspeicherung und Wasserbewegung beschreiben. Besonderheiten in den Standortbedingungen, wie dem Auftreten von Stauschichten, zeitlich wechselndem Grundwassereinfluss oder zeitlichen Änderungen der Bodeneigenschaften durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen, kann sich das Modell anpassen.

Die Wirkung der Pflanzen auf die Bodenfeuchtedynamik wird über kulturartenbezogene typische Kennwerte von Bodenbedeckung, Pflanzenhöhe, Durchwurzelungsverlauf, Wasseranspruch und Trockenheitsempfindlichkeit in verschiedenen Pflanzen-Entwicklungsstadien berücksichtigt. Der Anwender des Programms kann diese Pflanzencharakteristika an seine Erfahrungen und an jahresspezifische Situationen stetig anpassen.


Witterungsdaten aus unterschiedlichen Quellen (eigene Wetterstation des Anwenders, Daten des DWD) können vom Programm importiert bzw. können eingegeben werden, um auf dieser Basis den Wasserhaushalt des Standorts berechnen zu können.


Das Programm berücksichtigt die Berechnung als Tageswerte. In einer erweiterten Programmvariante können jedoch auch wesentlich kürzere Zeitintervalle betrachtet werden.


Ergebnisse der Modellrechnungen sind Wassergehalt der einzelnen Bodenschichten, Wassergehalt zum Betrachtungszeitpunkt im durchwurzelten Bodenraum und die Beurteilung des Wertes in Bezug zum augenblicklichen Wasseranspruch der Pflanze. Ausgegeben werden Kennwerte zum momentanen Verdunstungsstress der Pflanzen und notwendige Wassermengen (empfohlene Berechnungsgabe), um die Pflanze ausreichend zu versorgen bzw. um den Wasservorrat des Bodens auf gewünschte Zielwerte anzuheben.

Pflanzenentwicklung, Wettersituation, Beregnung

Datum	Pflanzen- entwicklung	Durchwurzelungstiefe Pflanzenhöhe			Nieder- schlag	potentielle Verdunstung		KWB ***	Bere- gnung
		Bedeckungsgrad				Referenz*	Standort**		
		[%]	[cm]	[cm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
28.05.11		23	10	18	0,0	3,8	3,8	-3,8	3,6
29.05.11					0,0	4,8	4,8	-4,8	
30.05.11					0,0	5,7	5,7	-5,7	
31.05.11					0,0	6,0	6,0	-6,0	
01.06.11					1,3	1,1	1,1	0,2	3,8
02.06.11					0,0	3,6	3,6	-3,6	
03.06.11	Knollenansatz	40	18	22	0,0	5,4	5,4	-5,4	3,6
04.06.11					0,0	5,5	5,5	-5,5	3,0
05.06.11	Bedeckung 50%	50	20	26	0,0	4,6	4,6	-4,6	3,0
06.06.11	Bestandesschluss	90	30	30	0,7	5,0	5,1	-4,3	3,6
07.06.11	Blühbeginn	95	32	32	0,2	5,3	5,8	-5,0	4,5
08.06.11					8,6	3,6	4,3	5,0	4,5
09.06.11					0,2	4,1	5,1	-3,8	
10.06.11					0,0	3,9	5,2	-3,9	
11.06.11					0,0	4,3	5,8	-4,3	4,4
12.06.11					1,6	2,7	4,0	-1,1	
13.06.11					0,0	4,8	7,0	-4,8	4,3
14.06.11					0,0	4,1	6,1	-4,1	
15.06.11		99	39	41	0,0	3,5	5,3	-3,5	3,2

 heutiger Tag

 Zeitraum Meßwerte

 Zeitraum Wetterprognosen, Schätzungen


* Referenzverdunstung Gras

** potentielle Verdunstung Standort

*** Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus Referenzverdunstung Gras)

Ergebnisse und Bewertung

Datum	Bodenfeuchte berechnet / Optimierungsgrenze	reale Verdunstung am Standort*	Versickerung**	erforderliches Zusatzwasser zum Erreichen einer Bodenfeuchte von ...***	
				...80% nFK	...100% nFK
	[% nFK im Wurzelraum]	[AET/PET in %]	[mm]	[mm]	[mm]
09.06.11	72 / 60	85	0,0	4	12
10.06.11	63 / 60	84	0,0	8	17
11.06.11	61 / 60	80	0,0	9	18
12.06.11	59 / 60	85	0,0	10	20
13.06.11	56 / 60	75	0,0	12	22
14.06.11	50 / 60	70	0,0	15	26
15.06.11	48 / 60	68	0,0	16	27

 heutiger Tag

 Zeitraum Meßwerte

 Zeitraum Wetterprognosen, Schätzungen

* reale Verdunstung in Bezug zur potentiellen Verdunstung am Standort

** positiv: Sickerung vs. negativ: Kapillaraufstieg

*** bei Beregnung evtl. 2 - 3mm erhöhen (Verdunstungsverluste)
(negative Zahlen bedeuten einen Wasserüberschuß)

Abbildung 31: Darstellung einer täglichen Beregnungsempfehlung mit Prognose

tägliche und Jahresberechnungsmengen in mm

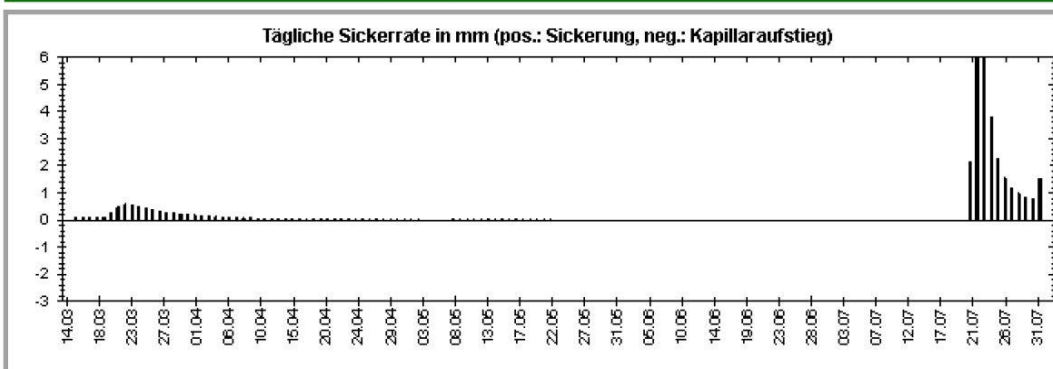
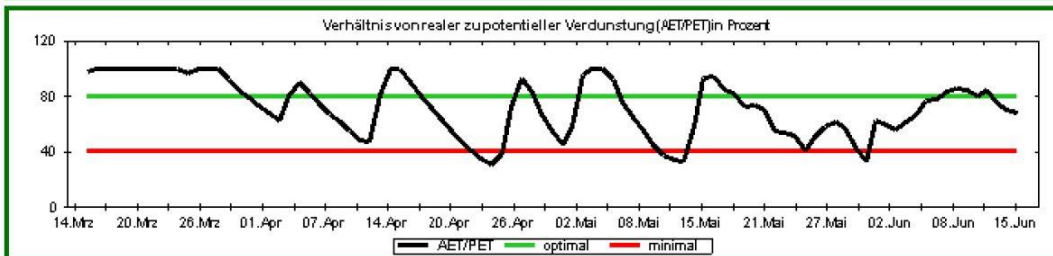
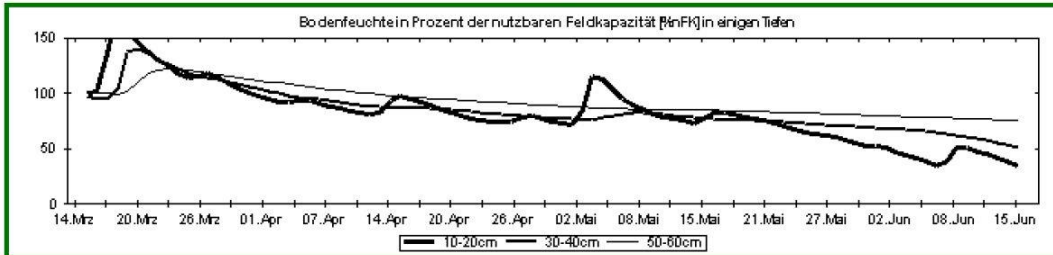
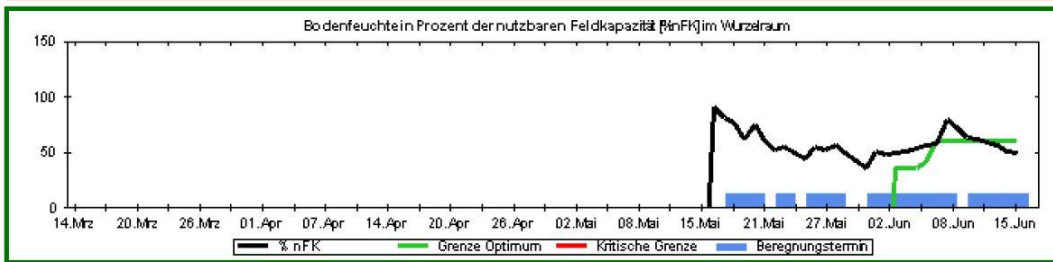
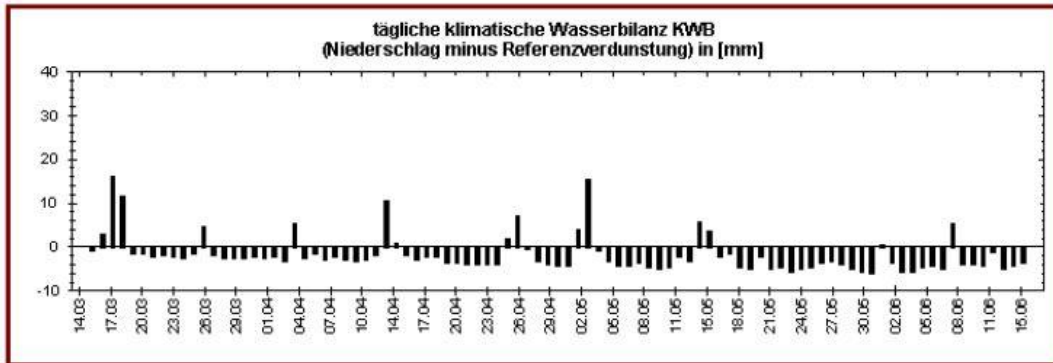
Tag	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
1				3,79999995...	3,70000004...			
2					3,70000004...			
3				3,59999990...				
4				3				
5				3	1,79999995...			
6				3,59999990...				
7				4,5	3,70000004...			
8				4,5	2,70000004...			
9					3			
10					1,70000004...			
11				4,40000009...				
12					1,29999995...			
13				4,30000019...				
14					2,79999995...			
15				3,20000004...	3,20000004...			
16				3,59999990...	2,90000009...			
17				3,59999990...	3,70000004...			
18			3,40000009...	3,59999990...	2,79999995...			
19				3,59999990...	2,79999995...			
20			3,29999995...	3,59999990...				
21								
22				2,70000004...				
23			3,79999995...					
24					2,70000004...			
25				2,59999990...	2,79999995...			
26			3,79999995...		2,79999995...			
27					2,79999995...			
28			3,59999990...	2,70000004...	2,70000004...			
29				3,59999990...	3,20000004...			
30				3,5				
31								

Berechnungsmengen im Jahr insgesamt: 145,6 mm

bzw.: 24506,7394 m³

(Schlaggröße: 6,8199 ha)

Abbildung 32: Darstellung Endbericht Bewässerungsempfehlung – Jahresberechnungsmenge



Beregnungsempfehlung erstellt am 10.08.2011
Seite 2
ZEPHYR-Software: Ingenieurbüro BODEN u. BODENWASSER, Bad Freienwalde

Abbildung 33: Darstellung Endbericht Beregnungsempfehlung – Klimatische Wasserbilanz, Bodenfeuchteverlauf, Verdunstungsentwicklung, Sickerrate

5.5 Steuerungsprogramm Berest 90/Irrigama

In IRRIGAMA (Abbildungen 34 bis 37) sind die wissenschaftlich belastbaren Ergebnisse und der dazugehörige Erfahrungsschatz aus dem BEREST-Programm 1989 auf 346.000 ha Beregnungsfläche der DDR integriert.

Kern von IRRIGAMA ist ein dynamisches Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodell sowohl für aktuelle als auch für prognostische Berechnungen. Darauf aufbauend erfolgt die schlagspezifische Berechnung des Wassereinsatzes auf der Grundlage des wissenschaftlich fundierten Quotienten aus aktueller und potenzieller Evapotranspiration (AET/PET) als Maßstab der Wassermangelstressbelastung der Bestände bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Bodenfeuchtezustandes. Essenzieller Bestandteil des Modells sind neben der dynamischen Berechnung von Bodenfeuchte und Evapotranspiration fruchtartsspezifische, fachlich fundierte Steuerkurven für die Ontogenese, den Bedeckungsgrad, die Wasserentnahme- bzw. Durchwurzelungstiefe, den Korrekturfaktor zur Berechnung der potenziellen Evapotranspiration (entspricht dem k_c -Faktor der Geisenheimer Methode) und den Grenzwert des AET/PET-Quotienten. Insgesamt liegen für 186 Fruchtarten und Anbauformen Steuerkurven-Sätze vor.

Das System ist gut überschaubar hinsichtlich der einzugebenden Daten. Die Empfehlungen sind eindeutig und die mit ausgegebenen kurzfristigen und zeitlichen Prognosen sind überzeugend. Es können jederzeit Daten eingegeben und korrigiert werden. Empfehlungen zum aktuellen Stand sind immer abrufbar.

Das Programm erlaubt es, für 186 Fruchtarten (gesamte Anbaupalette) und Anbauformen, auch nur für Teilschläge, den Bewässerungsbedarf zu berechnen. Zusätzlich sind 54 Standardsteuerkurven für Gemüse, 13 für Obst und 8 für Sonderkulturen hinterlegt.

Aussagen zu einer Prognose zum Zusatzwasserbedarf nachfolgender Jahre sind softwaremäßig im Teilprogramm IRRIWA (Planungsprogramm, Wasserverbrauch, Wasserprognose) umgesetzt. Dieser, mit Hilfe von IRRIWA ermittelte Zusatzwasserbedarf bildet die Grundlage für die Beantragung von Wasserrechten bei den Unteren Wasserbehörden der einzelnen Bundesländer.

Über das Teilprogramm IRRISIM wird ein aktuelles Auswertungsprogramm, verbunden mit dem Szenario einer Simulationsrechnung geliefert. Das Bewässerungssteuerungssystem IRRIGAMA wenden zurzeit über 50 Betriebe hauptsächlich in Brandenburg und Sachsen-Anhalt an.

IRRIGAMA stellt ein wissenschaftlich begründetes Bewässerungssteuerungssystem dar, welches alle Faktoren berücksichtigt, die den Pflanzenwasserverbrauch bestimmen.

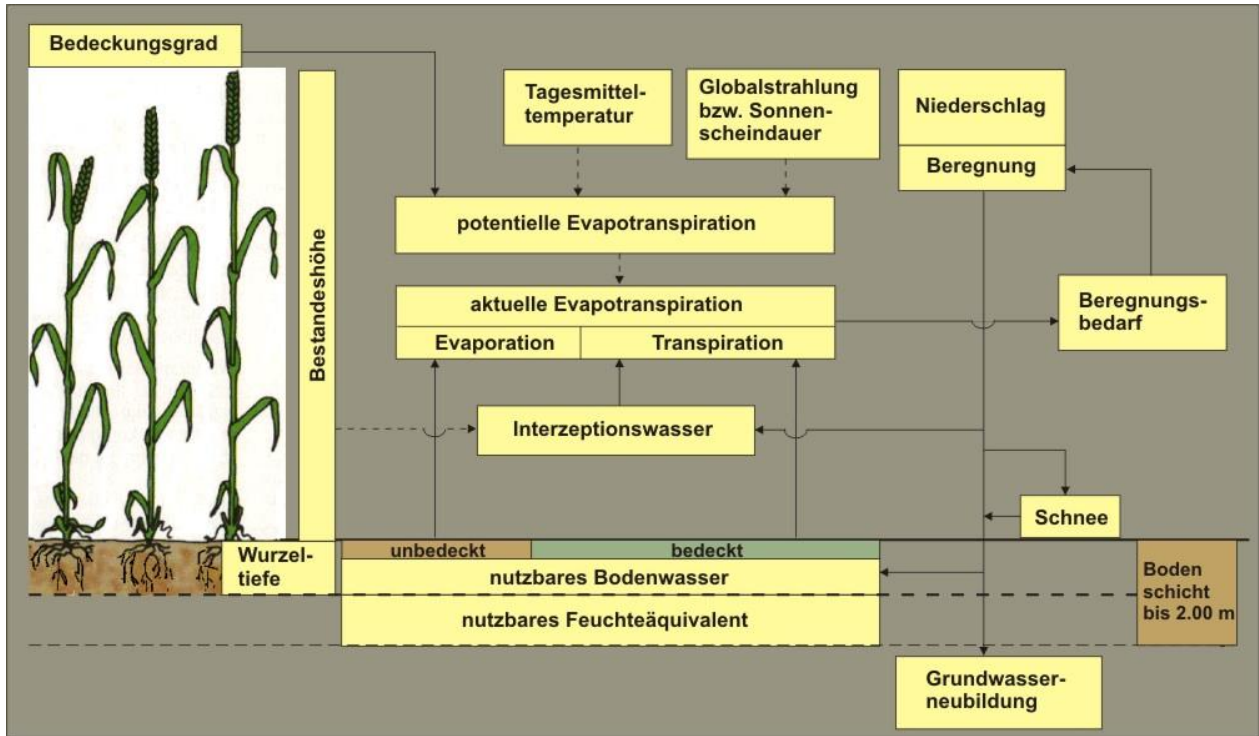


Abbildung 34: Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodell in BEREST-90
 (Quelle: ZALF, Institut für Landschaftssystemanalyse)

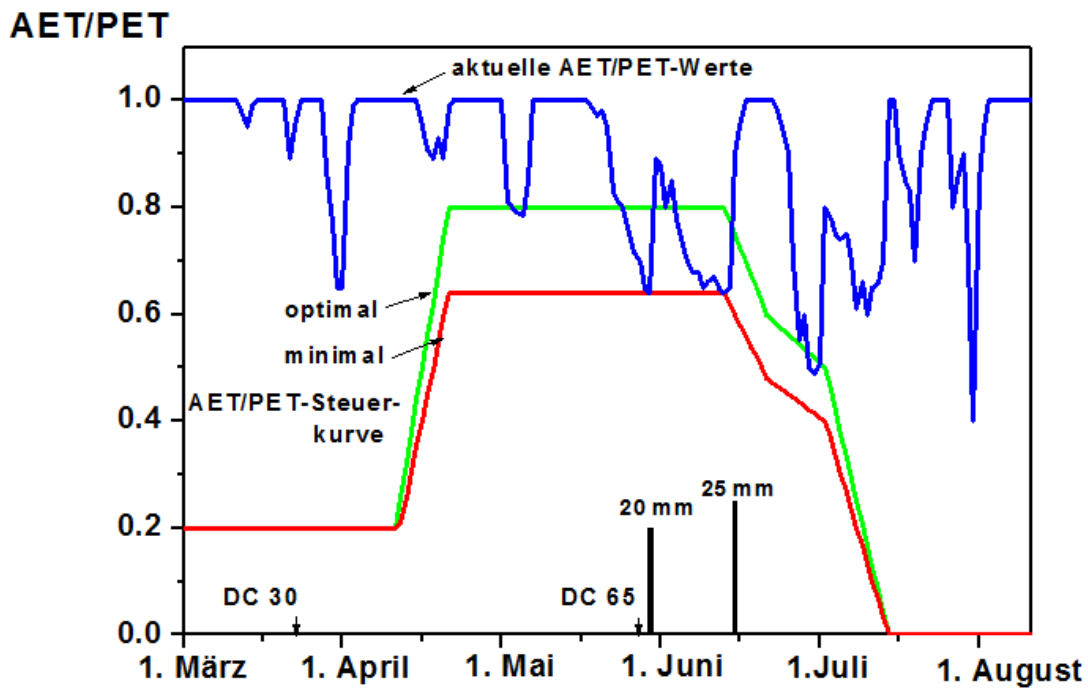


Abbildung 35: Steuergrundlage für BEREST-90; (Quotient AET/PET)
 (Quelle: ZALF, Institut für Landschaftssystemanalyse)

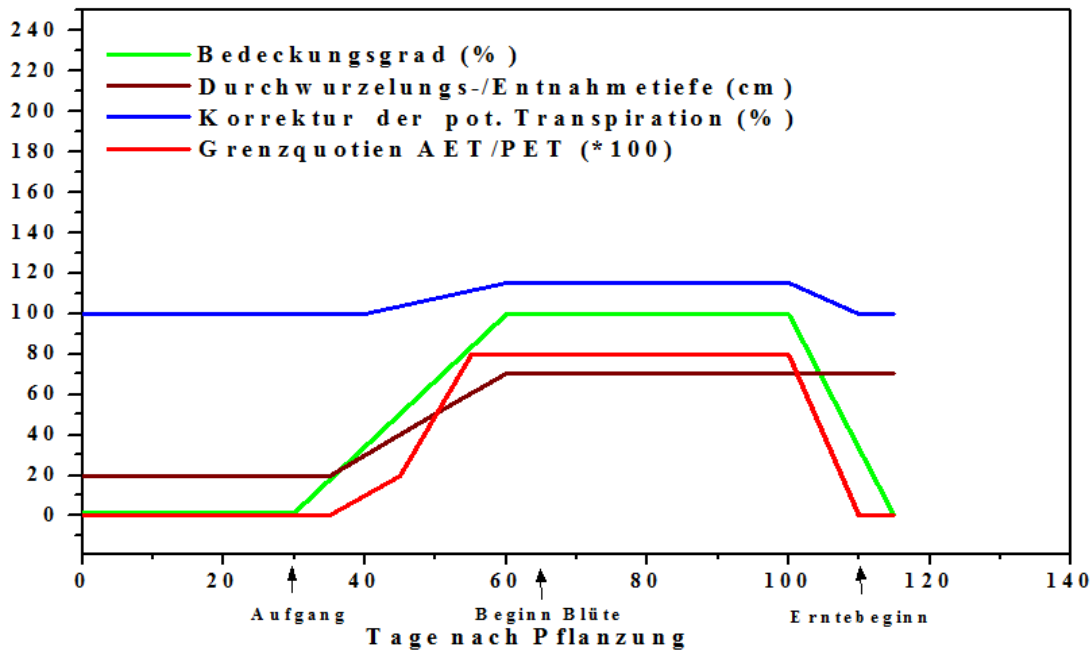
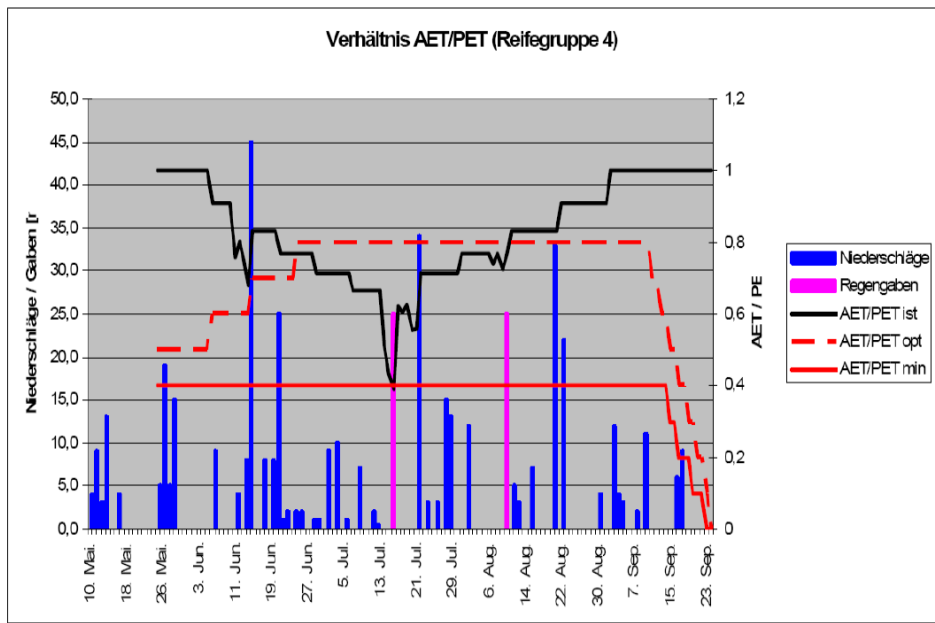


Abbildung 36: Fruchtartsspezifische dynamische Steuerkurven in BEREST-90 (Beispiel: Frühkartoffeln)
 (Quelle: ZALF, Institut für Landschaftssystemanalyse)



1. Textliche Beschreibung des Verlaufs des Bewässerungsjahres
2. Ausführungen zum Rechenmodell und der Datenbasis sowie der Bewässerungsschlagkartei
3. Textliche und grafische Auswertung der Bewässerungssaison

	Schlag 7/1	Schlag 7/2	Schlag 7/3
Anbau	Speisekartoffeln RG2	Verwertungskartoffeln RG3	Verwertungskartoffeln RG4
Bewässerungsfläche	8 ha	8 ha	35 ha
Zusatzwassergaben	1 x 25 mm	1 x 25 mm	2 x 25 mm
Zusatzwassermenge	2000 m ³	2000 m ³	17500 m ³

Abbildung 37: Beispiel für den Abschlussbericht zur operativen Bewässerungssteuerung; Programm IRRIGAMA

5.6 Bewertung der Modelle

Das derzeit einfachste Modell ist die „Geisenheimer Steuerung“ zur Berechnung der klimatischen Wasserbilanz (Tabelle 15). Das Modell ermittelt kostengünstig und einfach parallel für verschiedenen Kulturen und Anbausätze die Wasserbedürftigkeit. Sie ermöglicht den Nachweis für eine bedarfsgerechte Beregnung und eine gute Vorausplanung der Bewässerung in anhaltenden Trockenperioden. Zwingend notwendig für richtige Ergebnisse bei dieser Methode ist eine möglichst genaue Bestimmung der Ausgangsbodenfeuchte. Das Modell ist nicht für alle besonderen Standortgegebenheiten geeignet.

Komfortabel lässt sich mit der agrowetter Beregnungsberatung des DWD arbeiten (Tabelle 15). Es können hier verschiedene Kulturen gleichzeitig berechnet werden. Die Verdunstungswerte werden von der nächstgelegenen Wetterstation übertragen und eigene Niederschlagsmessungen und Kulturstadien können ergänzt werden. Gegebenenfalls muss der voreingestellte Wert des Beregnungsstarts korrigiert werden. Bei beiden Modellen ist der zeitliche Aufwand für den Anwender gering. Als nachteilig erweist sich, dass keine differenzierte Beachtung der Standortgegebenheiten und der damit verbundenen unterschiedlichen Bodenwasserverfügbarkeit für die Pflanzenbestände erfolgt. Auch Kenntnisse über den pflanzen- und entwicklungsabhängigen differenzierten Zusatzwasserbedarf innerhalb der Vegetationsperiode finden in der Regel keine Berücksichtigung.

Alternativ zu diesen einfachen Systemen existieren dynamische Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodelle. Die beiden zurzeit zur Verfügung stehenden Programme Berest 90 und Zephyr (Tabelle 15) basieren auf den gleichen Berechnungsgrundlagen. Sie sind komplexer und umfassender und berücksichtigen wesentlich mehr Einflüsse hinsichtlich Boden, Klima und Pflanze. Es erfolgt eine ständige Anpassung der Daten während der Bewässerungssaison. Diese Modelle eignen sich auch für Betriebe mit Beregnungsflächen über 50 ha und einer großen Anzahl an Bewässerungsschlägen und Bewässerungskulturen. Das System Berest besitzt einen Steueralgorithmus zum sparsamen Wassereinsatz sowie zur Minimierung von Versickerungen und damit der N-Auswaschung. Die Parameter zur Errechnung der Zusatzwassergaben werden ständig aktualisiert und nach den Praxisanforderungen erweitert. Vorteil gegenüber Zephyr ist die große Anzahl von integrierten Steuerkurven. Das Modell findet momentan überwiegend in der Beratung Anwendung. Zephyr besitzt eine anwenderfreundlichere Benutzeroberfläche. Das Modell ist aber noch auf eine begrenzte Anzahl von Kulturen beschränkt. Mit beiden Modellen ist eine wesentlich bessere Optimierung des Wassereinsatzes gewährleistet, sie erfordern allerdings auch etwas mehr Aufmerksamkeit des Anwenders, um die Vorteile ausschöpfen zu können. Von beiden Anbietern wird daher eine komplette Beratung über die Saison angeboten.

Mit allen untersuchten Modellen ist der Effekt eines ressourcen- und umweltschonenden Wassereinsatzes und einer optimaleren Bestandsführung der Beregnungskultur erzielbar, wenn der Landwirt die Einpflege der notwendigen Daten zeitnah und konsequent vornimmt und sich an die empfohlenen Beregnungsmengen hält. Gute pflanzenbauliche und technische Fachkenntnisse und spezifische Erfahrungen mit dem eigenen Betrieb hinsichtlich Boden- und Klimaverhältnissen sind dabei unerlässlich. Die Benutzung der Beregnungssteuerungsprogramme entbindet den Anwender nicht von einer sachgerechten Einschätzung der aktuellen Situation und den einzuleitenden Maßnahmen. Eine kritische Prüfung und Einordnung der Ausgabewerte der Steuerungsprogramme sollte daher selbstverständlich sein.

Tabelle 15: Vergleich verschiedener Beregnungssteuerungsmodelle

	agrowetter Beregnung DWD	Geisenheimer Steuerung	Berest 90/IRRIGAMA	ZEPHYR
Beschaffungskosten bei Kauf des Programms	Kauf nicht möglich	Kauf nicht möglich		ca. 2.000 €
Jahreskosten für die Beregnungsberatung ohne Kauf des Programms	68,00 €	68,00 €	1.000–1.500 €	ca. 1.000 €
Eingabe von Stammdaten für einen Schlag	ca. 20 Minuten	ca. 20 Minuten	ca. 20 Minuten	ca. 20 Minuten

	agrowetter Berechnung DWD	Geisenheimer Steuerung	Berest 90/IRRIGAMA	ZEPHYR
Saison	ab 01.03.	ab 31.03.	01.01.–31.12.	01.01.–31.12.
Mögliche Anzahl der einzugebenden Schläge	16	34	keine Begrenzung Steuerkurve für gesamte Anbaupalette	keine Begrenzung
Eingaben in der Vegetationsperiode	geringer Aufwand	geringer Aufwand	höherer Aufwand	höherer Aufwand
Abfrage der Berechnungsempfehlung für den einzelnen Schlag	wird mit Nutzer abgesprochen, täglich möglich	wird mit Nutzer abgesprochen, täglich möglich	täglich, 2 x wöchentlich normal, wird mit Nutzer abgesprochen	täglich
Aussage der Berechnungsempfehlung für den einzelnen Schlag	Empfehlung über die Höhe einer Berechnungsgabe	Empfehlung über die Höhe einer Berechnungsgabe	Empfehlung über die Höhe einer Berechnungsgabe mit Prognose für eine Woche Aussage zu Bodenfeuchte, Verdunstung, Sickerung	Empfehlung über die Höhe einer Berechnungsgabe mit Prognose für eine Woche Aussage zu Bodenfeuchte, Verdunstung, Sickerung
Einschätzung der Berechnungsempfehlung	übersichtlich	einfach, übersichtlich	übersichtliche textliche und grafische Darstellung; leicht interpretierbar	übersichtliche textliche und grafische Darstellung; leicht interpretierbar
Abschlussbericht für jeden Schlag	möglich, nach Vereinbarung	ja	ja	ja
Jahresbericht für den Berechnungsbetrieb	nein	nach Vereinbarung	textliche und grafische Auswertung der Saison	textliche und grafische Auswertung der Saison
allgemeine Einschätzung der Systeme	einfache Berechnungssteuerung; wenig Bearbeitungsaufwand	einfache Berechnungssteuerung	auch für große Berechnungsflächen über 50 ha; Ansprechpartner über Saison; sehr komplexes rechnergestütztes System	gute anwenderfreundliche Bedienung, auch für Betriebe mit einer Berechnungsfläche über 50 ha, Ansprechpartner über die Saison sehr komplexes rechnergestütztes System
Sonstiges			Ermittlung einer Prognose zum Zusatzwasserbedarf der folgenden Jahre möglich	Aussagen zum Jahresbedarf an Zusatzwasser für Folgejahre möglich

Um herauszufinden, nach welcher Methode der höchste Effekt hinsichtlich eines hohen Ertrags bei Einsatz einer umwelt- und ressourcenschonenden optimalen Wassermenge realisierbar ist, sollte eine Untersuchung auf Versuchsbasis erfolgen, bei welcher alle Modelle unter gleichen Bedingungen zum Einsatz kommen (derzeit Versuche am Kompetenzzentrum für Freilandgemüsebau in Gülzow und Versuche von FRICKE et al.).

6 Ökonomie der Bewässerung

6.1 Kosten

Im Kapitel 4 wurden die verschiedenen Arbeits- und Bauweisen unterschiedlicher Bewässerungsverfahren dargestellt und erläutert. Im folgenden Kapitel werden die Kosten der einzelnen Varianten betrachtet. Weil die Bewässerung eines der teuersten Produktionsmittel in der Landwirtschaft ist, erfordert die Neuanschaffung einer kompletten Bewässerungsanlage eine gründliche Planung. Neben dem **Kapitalbedarf** für die anzuschaffende Technik und den **Verfahrenskosten** spielt auch der **Arbeitszeitbedarf** eine entscheidende Rolle bei der Auswahl der Bewässerungstechnik. Dabei sind die Kosten für die einzelnen Bewässerungsverfahren sehr unterschiedlich, was vor einer Investition berücksichtigt werden muss. Grundsätzlich muss zwischen fixen und variablen Kosten unterschieden werden, welche unterschiedlichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Bewässerung haben.

Maschinen und Anlagen der Bewässerung werden meist langfristig über mehrere Produktionsperioden eingesetzt. Der anteilige Wertverlust verteilt sich über die Abschreibung auf einzelne Nutzungsjahre und Nutzungseinheiten. Maschinen und Anlagen der Bewässerung verursachen daher unabhängig vom Einsatzumfang **fixe Kosten**. Diese berechnen sich aus der zeitabhängigen Abschreibung und dem Zinsansatz für das gebundene Kapital der Beregnungsmaschine bzw. Beregnungsanlage sowie der dazugehörigen Anlagen wie Brunnen, Pumpen, Leitungen, Hydranten, Schaltschrank. Zu beachten ist dabei die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten. Eine Steigerung des Nutzungsumfanges führt zu einer Kostendegression, weil sich die Fixkosten auf eine größere Menge erbrachter Leistungen verteilen.

In Tabelle 166 wird beispielhaft dargestellt, welche Kosten für die Erschließung einer Beregnungsfläche von 100 ha anfallen.

Tabelle 16: Kosten zur Erschließung von 100 ha Bewässerungsfläche (FRICKE 2011)

	Investitionen (€)		Kapitaldienst (€/Jahr)
Brunnen 60 m tief	20.000	25 Jahre 7 % Zins + Tilgung	1.400
Pumpe 120 m ³ , Elektroanschluss, Frequenzreglung	30.000	15 Jahre 10 % Zins + Tilgung	3.000
Erdleitung, 6.000 m	60.000	25 Jahre 7 % Zins + Tilgung	4.200
Hydranten, Abgänge, Bögen	14.000	25 Jahre 7 % Zins + Tilgung	980
	124.000		9.580
2 Beregnungsmaschinen (Schlauchtrommel)	50.000	15 Jahre 10 % Zins + Tilgung	5.000
Summe	174.000		14.580

= 146 €/ha

Bei der Erschließung der Beregnungsfläche von 100 ha unter Nutzung der in der Praxis weit verbreiteten Schlauchtrommelberegnungsmaschinen fallen in etwa 146 €/ha Festkosten an. Ist die Beregnungsfläche kleiner, erhöhen sich die Festkosten. So liegen die Festkosten bei Erschließung von 30 ha nach Literaturangaben bei ca. 166 €/ha. Die Festkosten der Anlagen sind investitionsabhängig und fallen immer an. Dabei spielt es keine Rolle, ob im Jahr bewässert wurde oder nicht.

Eigene Erhebungen in Bewässerungsbetrieben im Jahr 2011 ergaben Festkosten zwischen 80 €/ha und 135 €/ha.

Die **variablen Kosten** sind verbrauchsabhängig und setzen sich aus den Energie-, Reparatur-, Wasser- und Arbeiterleistungskosten zusammen. Sie steigen proportional zum Einsatzumfang. Die Energiekosten machen in den meisten Fällen den größten Anteil aus. Hierbei ist zu unterscheiden, ob die zur Bewässerung erforderlichen Pumpen mit Diesel oder elektrischem Strom angetrieben werden, weil sich die variablen Kosten beider Antriebsarten erheblich unterscheiden.

In Tabelle 17 wird dies an einer Rechnung mit Durchschnittswerten dargestellt (Quelle: SOURELL [VTI]).

Tabelle 17: Vergleich der variablen Kosten bei Diesel- und bei Stromantrieb

Diesel	Energie: 7 l/h x 1,50 €/l = 10,5 €/h bei 50 m³/h = 0,21 €/m³	= 2,10 €/(mm x ha)
	Reparatur: pauschal	= 0,15 €/(mm x ha)
	Arbeit: 0,6 h/ha x 15 €/h pro 25 mm/Gabe	= 0,36 €/(mm x ha)
	gesamt	= 2,61 €/(mm x ha)
Strom	Energie: 0,60 kWh/m³ x 0,15 €/kWh = 0,09 €/m³	= 0,90 €/(mm x ha)
	Reparatur: pauschal	= 0,15 €/(mm x ha)
	Arbeit: 0,3 h/ha x 15 €/h pro 25 mm/Gabe	= 0,18 €/(mm x ha)
	gesamt	= 1,23 €/(mm x ha)

Die Tabelle 17 macht deutlich, dass die variablen Kosten bei elektrischem Antrieb deutlich günstiger sind. Bei 100 mm eingesetzter Wassermenge ist im Beispiel die Berechnung unter Nutzung eines Dieselantriebes um 138 €/ha teurer. Wann immer möglich sollte dem Strom der Vorrang gegeben werden, weil hinsichtlich der Energiekosten, der Arbeitswirtschaft, der Wartung, der Steuerung und der Umweltbelastung der Elektroantrieb vorteilhafter ist. Allerdings besteht bei Stromantrieb ein höherer Investitionsbedarf (Leitungen).

Die Kosten für die einzelnen Bewässerungsverfahren sind sehr unterschiedlich (siehe Tabelle 18). Vor einer Investition sind deshalb genaue Überlegungen zu Einsatzumfang, standörtlichen und betrieblichen Bedingungen und Wasserrechten anzustellen.

Die mobilen Beregnungsmaschinen zeichnen sich durch geringen Kapital- und Arbeitszeitbedarf aus. Sie ermöglichen eine arbeitssparende Bewässerung und sind durch ihre Mobilität auf verschiedenen Flächen einsetzbar. Die Verfahrenskosten für Maschinen mit 400 m bzw. 500 m Rohrlänge liegen bei etwa 220 bzw. 250 Euro/ha und Jahr. Zu beachten ist der hohe Energiebedarf des Verfahrens durch den hohen Betriebsdruck. Moderne mobile Beregnungsmaschinen mit Großflächenregnern arbeiten mit reduziertem Betriebsdruck. Das Wasser wird über mehrere Düsen an einem Düsenwagen verteilt. Das bringt eine bessere Wasserverteilung und Energienutzung mit sich.

Kreis- und Linearberegnungsmaschinen sind für große, rechteckige Schläge von über 20 ha interessant. Auf großen arrondierten Flächen sind diese Maschinen eine wirtschaftlich günstige Variante. Bei Kreisberegnung fallen Verfahrenskosten zwischen 170 und 290 Euro/ha und Jahr an, abhängig von der gewählten Rohrlänge. Je größer die stationären Kreisregner sind, desto geringer sind die spezifischen Investitionskosten pro ha.

Die Linearberegnungsmaschinen sind im technischen Aufbau mit den Elementen einer Kreisberegnungsmaschine vergleichbar. Unterschiede bestehen im Verfahrensablauf sowie bei der Energie- und Wasserversorgung.

Die **Rohrberegnung** gehört in die Gruppe der Reihenregnerverfahren. Ein oder mehrere Regnerleitungen werden an eine Hauptleitung angeschlossen. Dazu werden Bandstahlrohre mit Schnellkupplungen verbunden (Rohrdurchmesser 70 bzw. 89 mm). Die Rohrberegnung wird vielfach im Gemüse- und Obstbau eingesetzt. Sie ist zudem die einzige Technik, mit der sich eine Frostschutzberegnung durchführen lässt. Bei einmaligem Aufbau im Jahr ist sie eine arbeitszeitsparende Bewässerungstechnik. Allerdings ist der Kapitalbedarf sehr hoch.

Die **Tropfbewässerung** ist wegen des sehr hohen Kapital- und Arbeitszeitbedarfs ein teures Verfahren. Der Hauptarbeitszeitbedarf entsteht vor und nach der Bewässerungsperiode. Verlegen und Aufnahme der Spezialschläuche ist sehr arbeitsintensiv und erfordert spezielle Technik. Einzelne Betriebe haben innovative Eigenentwicklungen und Techniken ausgearbeitet, um Zeit und Kosten zu sparen. Während der Bewässerungssaison fällt kaum Arbeit an, weil kein Umstellen der Geräte notwendig ist und sich der Bewässerungsvorgang weitestgehend automatisieren lässt. Die Tropfbewässerung ermöglicht außerdem die gezielte Ausbringung von Flüssigdüngern. Für kleinere Flächen und bei geringen Förderleistungen (m^3/h) ist diese Technik gut geeignet. Sie ist ebenfalls für Gemüsebau, Obstbau und Dauerkulturen zu empfehlen. Auch bei der Bewässerung von Kartoffeln kann der Einsatz der Tropfbewässerung sinnvoll und wirtschaftlich sein. Systeme mit Druckkompensation sind wesentlich teurer in der Anschaffung und im Betrieb als Systeme, welche nicht druckkompensiert sind. Diese eignen sich allerdings nur für ebene Flächen.

In Tabelle 18 sind Kapitalbedarf und Investitionskosten der verschiedenen Bewässerungsverfahren dargestellt (SOURELL et al. 2011).

Tabelle 18: Kapitalbedarf und Investitionskosten verschiedener Bewässerungsverfahren

System	Kapitalbedarf		Verfahrenskosten (fixe + variable Kosten)	
	Rohrlänge 400 m	Rohrlänge 500 m	Rohrlänge 400 m	Rohrlänge 500 m
Mobile Beregnungsmaschine	610 €/ha	720 €/ha	220 €/ha	250 €/ha
Beregnungsmaschine mit Düsenwagen	760 €/ha	1.400 €/ha	240 €/ha	310 €/ha
Kreisregner	880 €/ha	1.940 €/ha	170 €/ha	290 €/ha
Linearberegnungsmaschine	2.040 €/ha	1.590 €/ha	330 €/ha	270 €/ha
Rohrberegnung	70 mm Durchmesser 4.850 €/ha	89 mm Durchmesser 7.290 €/ha	70 mm Durchmesser 750 €/ha	89 mm Durchmesser 1.020 €/ha
Tropfbewässerung	200 m Rohrlänge druckkompensiert 4.979 €/ha	200 m Rohrlänge nicht druckkompensiert 1.600 €/ha	200 m Rohrlänge druckkompensiert 1.360 €/ha	200 m Rohrlänge nicht druckkompensiert 630 €/ha

Eine Kostenübersicht zur Planung einer Beregnung für einen 50 ha-Schlag unter Nutzung einer Schlauchtrommelberegnungsanlage mit Düsenwagen im Vergleich zu einer Linearberegnungsmaschine zeigen Abbildung 38, Tabelle 19 und Tabelle 20 sowie Abbildung 39 (reales Beispiel).

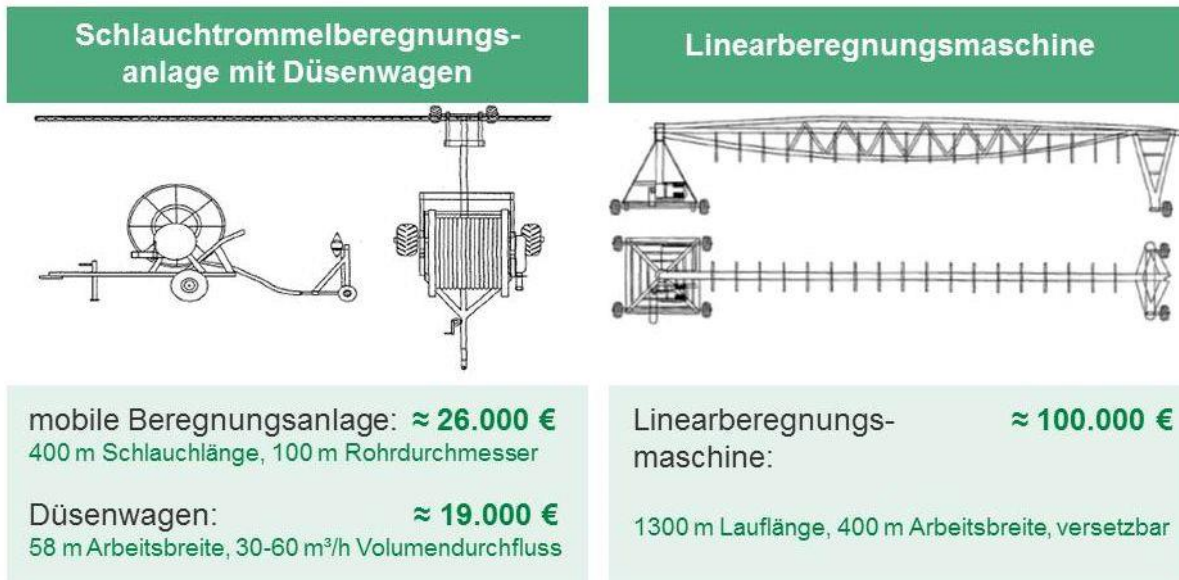


Abbildung 38: Kapitalbedarf für Bewässerung eines 50 ha-Schlages (JÄKEL)

Tabelle 19: Beispiel Investitionskosten der Technikausstattung zur Bewässerung eines 50 ha-Schlages (JÄKEL)

	Investitionen [€]	Nutzungsdauer	Abschreibung [€/a]
Brunnenbau	11.600	25 Jahre	464
Pumpe/Schaltschrank	9.200	15 Jahre	613
Stromleitung	9.000	30 Jahre	300
Rohrleitung/Hydranten Variante A	35.500	25 Jahre	1.420
Rohrleitung/Hydranten Variante B	29.500	25 Jahre	1.180
A mobile Beregnungsanlage mit Düsenwagen	45.000	15 Jahre	3.000
B Linearberegnungsanlage	100.000	15 Jahre	6.667
Summe Variante A	110.300		5.797 = 116 €/ha und Jahr
Summe Variante B	159.300		9.224 = 185 €/ha und Jahr

Tabelle 20: Beispiel Kostenübersicht bei 100 mm Beregnungsmenge (JÄKEL)

		Feste Kosten		Variable Kosten		Gesamtkosten	
		A	B	A	B	A	B
Brunnen	[€/ha]	56	51		6	62	57
Pumpe							
Leitung	[€/m³]	0,056	0,050		0,006	0,062	0,056
Beregnungs- maschine	[€/ha]	60	133	91	118	151	251
	[€/m³]	0,06	0,13	0,09	0,11	0,15	0,24
Transport/ Versetzen (AK)	[€/ha]	9	5	36	21	45	26
	[€/m³]	0,010	0,005	0,036	0,020	0,046	0,025
Summe	[€/ha]					258	334
	[€/m³]					0,26	0,32

- A mobile Beregnungsmaschine mit Düsenwagen
- B Linearberegnungsanlage

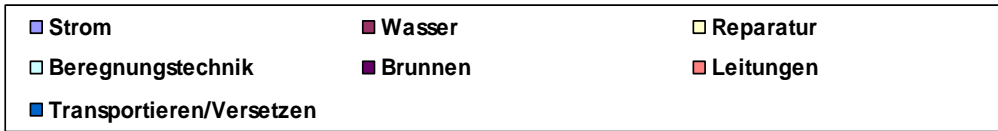
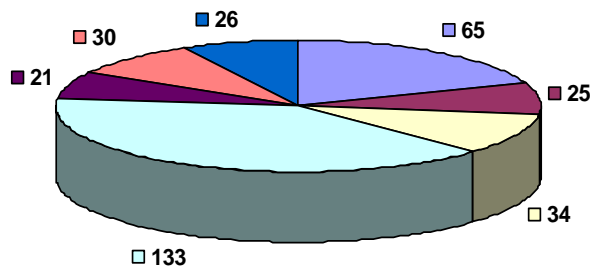


Abbildung 39: Kostenanteile für ein Betriebsbeispiel 50 ha Linearberegnung (JÄKEL)

Die im Rahmen von Betriebserhebungen ermittelten variablen Kosten in sächsischen Bewässerungsbetrieben zeigt die Tabelle 21. Die Kosten unterscheiden sich von Betrieb zu Betrieb teilweise erheblich, was den großen Einfluss unterschiedlichster betrieblicher und standörtlicher Bedingungen verdeutlicht. Die oben aufgeführten Beispielrechnungen können für Betriebe also immer nur eine Orientierung darstellen. Die eigenen spezifischen Bedingungen und Voraussetzungen müssen vor Investitionsbeginn vom einzelnen Betrieb außerordentlich gründlich analysiert und bewertet werden.

Tabelle 21: Variable Kosten der Feldbewässerung in Praxisbetrieben (Datenerhebung 2011)

Betrieb	Berechnungs- menge	Wasser- kosten	Diesel/ Strom	Diesel/ Strom	Wartung/ Reparatur	Wartung/ Reparatur	Arbeit	Arbeit	Variable Kosten	variable Kosten
	mm/ha	€/ha	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm	€/ha	€/mm
1	75	18,75	32,5	0,43	10	0,13	34,3	0,5	95,55	1,31
2	80	20,0	75	0,9	125	1,5			220,0	2,65
3	70	17,5	57	0,8	54	0,35	24	0,8	152,0	2,20
4	80	20,0	48	0,6	160	1,9			228,0	2,75
5	40	10,0	32	0,8	11,25	0,3	22	0,5	75,0	2,85
6	80	20,0	74,6	0,9	33,3	0,4	74	0,9	202,0	2,45
7	80	20,0	45	0,56	23	0,3	37	0,5	156,8	1,60
Ø	72	18,0	52,0	0,71	59,5	0,7	38,26	0,64	156,8	2,25

Wasserkosten 0,25 €/mm

Die Gesamtkosten der Bewässerung werden üblicherweise in €/mm ausgewiesen und basieren auf einer jährlichen durchschnittlichen Berechnungsfläche und -menge. In den einzelnen Jahren können diese Werte stark schwanken. Eine genaue Kostenermittlung im Voraus ist auf Grund verschiedener nicht kalkulierbarer Einflüsse schwierig. In Tabelle 22 sind Gesamtkosten für die Berechnung nach Ermittlung in sächsischen Betrieben ausgewiesen. Alle Betriebe setzten Schlauch-trommelmaschinen ein.

Tabelle 22: Gesamtkosten der Bewässerung (Datenerhebung in sächsischen Betrieben 2011)

Betrieb	variable Kosten €/mm	Festkosten €/mm	Gesamtkosten €/mm
1	1,31	1,00	2,31
2	2,65	k. A.	k. A.
3	2,20	k. A.	k. A.
4	2,75	k. A.	k. A.
5	2,85	3,00	5,85
6	2,45	k. A.	k. A.
7	1,60	2,00	3,60
Mittelwert	2,25	2,00	3,92

k. A. = keine Angaben

Quelle: LfULG 2011

Am Beispiel eines Praxisbetriebes in der Lausitz wurden außerdem die Berechnungskosten bei Tropfbewässerung und Trommelberechnung verglichen (Tabelle 23).

Tabelle 23: Bewässerungskosten verschiedener Verfahren im Kartoffelanbau (Landwirtschaftsbetrieb 2011)

System	Antrieb	Bewässerungs-	Bewässerungs-	davon	davon Einsatz der	Arbeits-
		menge	kosten	Wasserbereit-	Bewässerungs-	
		mm	€/mm	€/ha	€/ha	Akh/ha
Tropfbewässerung mit Fertigation	Diesel	139	12,20	258	1.438	48
Trommelberegnung (Einzelregner)	Diesel	102	3,97	280	125	1,5

*beinhaltet Kosten für Brunnen, Pumpen, Rohrleitung, Wasser

6.2 Wirtschaftlichkeit der Bewässerung von Fruchtarten

Die Entscheidung darüber, wie viel und ob überhaupt eine Kultur beregnet werden sollte, muss vorrangig nach den natürlichen Gegebenheiten von Standort und Niederschlagsverteilung getroffen werden, aber auch Kosten und mögliche Erzeugerpreise müssen Beachtung finden. Vor der Neuanschaffung einer Beregnungsanlage und ebenso bei vorhandener Beregnungstechnik ist deshalb die Beregnungswürdigkeit der einzelnen Kulturen im Betrieb zu prüfen.

Die Beregnung ist langfristig nur wirtschaftlich, wenn der Mehrerlös durch Beregnung (Mehrertrag mal Erlös) höher ist als die Kosten der Beregnung (feste + variable Kosten).

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einzelner Kulturen sind die zu erzielenden Mehrerträge und Erzeugerpreise. Bei ansteigenden Erzeugerpreisen kann sich die Beregnungswürdigkeit der Kulturen verschieben und es können Kulturen in ihrer Beregnungswürdigkeit steigen. Veränderte Rahmenbedingungen, wie steigende oder sinkende Erzeugerpreise, sollten Landwirte veranlassen, immer wieder erneut über die Beregnungswürdigkeit unterschiedlicher Kulturen nachzudenken.

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der Beregnungsmaßnahmen beziehen sich auf in Sachsen übliche Feldfrüchte. Hierzu werden zunächst die durchschnittlichen Erzeugerpreise und der durchschnittliche Ertragszuwachs durch die Feldberegnung herangezogen. Die Ermittlung des Ertragszuwachses durch Beregnung ist nicht unproblematisch. Weil unter anderem die natürliche Niederschlagsverteilung von Jahr zu Jahr und an verschiedenen Standorten extrem schwankt, können nur langjährige Erhebungen oder Versuchsanstellungen signifikante Ergebnisse liefern. In Tabelle 24 sind die Ergebnisse einer Literaturlauswertung für verschiedene Standorte und Kulturen in Deutschland dargestellt.

Tabelle 24: Mehrerträge durch Bewässerung verschiedener Kulturarten (verschiedene Standorte in Deutschland)

	Zusatzwassermenge [mm/ha]				Mehrertrag [dt/ha]				Zusatzwasserausnutzung [kg/mm]			
	n	Ø	min	max	n	Ø	min	max	n	Ø	min	max
Bioenergiemais	9	114	50	215	9	27	4	78	9	23	5	50
Futtergras	12	122	122	122	12	143	37	228	12	117	31	187
Knautgras	20	162	65	312	20	17	-3	67	20	11	-5	31
Körnermais	34	79	30	155	34	17	2	41	34	23	5	56
Öllein	20	62	21	112	20	2	-5	10	20	4	-11	15
Silomais	14	89	20	140	14	34	1	66	14	37	7	55
Sojabohne	18	93	71	118	18	11	4	19	18	12	4	22

	Zusatzwassermenge [mm/ha]				Mehrertrag [dt/ha]				Zusatzwasserausnutzung [kg/mm]			
Sommergerste	13	116	47	122	13	5	0	10	13	5	0	19
Wintergerste	24	42	21	109	24	6	-8	24	24	15	-21	51
Winterroggen	22	41	20	98	22	3		20	22	5	-40	42
Winterweizen	15	115	62	136	15	12	2	25	15	11	1	28
Zuckerrübe	30	110	55	225	30	106	9	299	30	96	9	233

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse eigener Versuche in Ostsachsen sowie von Versuchen verschiedener Versuchsstandorte in Brandenburg und Niedersachsen. Ertragszuwächse sind bei allen Kulturen zwischen beregneter und unberegneter Variante gegeben. Sie werden jedoch mit unterschiedlich hohen Zusatzwassergaben erreicht, sodass es Unterschiede in der Effizienz der Wasserausnutzung gibt. Bei begrenzt zur Verfügung stehendem Beregnungswasser sollten nur die Kulturen beregnet werden, die dies ökonomisch am meisten rechtfertigen.

Tabelle 25: Ertragszuwachs durch Zusatzbewässerung (verschiedene Versuchsstandorte)

Fruchtart	Ertrag unberegnert (dt/ha)	Ertrag beregnet (dt/ha)	Mehrertrag (%)	Beregnungsmehrertrag (dt/ha)	Zusatzwasser (mm/ha)	Effektivität (dt/mm)
Kartoffeln (Speise) ⁵⁾	455	746	6,4	291	141	2,05
Kartoffeln (Speise) ¹⁾	408	545	33,5	137	130	1,05
Kartoffeln (Stärke) ²⁾	380	526	38,4	146	100	1,46
Silomais ⁴⁾	146	179	21,0	31	80	0,39
Silomais ⁶⁾	139	149	7,0	10	66	0,2
Körnermais ³⁾	61	82	34,4	21	80	0,26
Zuckerrüben ⁴⁾	517	630	22,0	113	116	0,97
Welsches Weidelgras ⁴⁾	151	180	19,0	29	159	0,18
Winterweizen ⁴⁾	58	68	17,0	10	62	0,16

Fruchtart	Ertrag unberechnet (dt/ha)	Ertrag beregnet (dt/ha)	Mehrertrag (%)	Berechnungsmehrertrag (dt/ha)	Zusatzwasser (mm/ha)	Effektivität (dt/mm)
Winterroggen ¹⁾	52	72	38,5	20	65	0,31
Braugerste ²⁾	43	55	28,0	12	50	0,24
Wintergerste ⁴⁾	54	61	13,0	7	35	0,20
Wintergerste ⁶⁾	87	101	16,1	14	109	0,1

¹⁾ Versuchsstandort Nienwolde, LK Uelzen, BP 26-28, 10 Versuchsjahre

²⁾ Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg, BP 25, 5 Versuchsjahre 1999-2004

³⁾ Versuchsergebnisse Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg, BP 55, 5 Versuchsjahre 1999-2004

⁴⁾ Versuchsergebnisse Humboldt-Universität zu Berlin, Versuchsstandort Berge, BP40, Versuchsdauer 1952-2004

⁵⁾ Versuchsergebnisse Lausitz LfULG 2010-2011

⁶⁾ Versuchsergebnisse Ostsachsen LfULG 2011

Mit dem erzielten Ertragszuwachs durch die Beregnung, dem dafür eingesetzten Zusatzwasser und den aktuellen Erzeugerpreisen errechnet sich der Beregnungsmehrerlös in €/mm oder €/ha. Zu beachten ist, dass die Mehrertragskosten gegenzurechnen sind. Der Beregnungsmehrerlös in €/mm sagt aus, wie teuer 1 mm Zusatzwasser sein darf, damit sich die Beregnungsmaßnahme lohnt. Gleichzeitig ist zu erkennen, bei welchen Feldfrüchten das eingesetzte Wasser den höchsten monetären Zuwachs erbringt. Die Erzeugerpreise schwanken von Jahr zu Jahr erheblich, sodass immer wieder Nachkalkulationen auf der Basis aktueller Preise vorzunehmen sind. In Tabelle 26 werden diese Schwankungen deutlich.

Tabelle 26: Erzeugerdurchschnittspreise in €/dt für Sachsen (Quelle: LfULG)

Kultur	2010/11	2011/12	2012/13
Speisekartoffeln	23,90	9,76	14,25
Brotweizen	21,45	18,53	22,86
Brotroggen	18,60	21,22	19,77
Futtergerste	17,07	18,08	20,64

Weil sich neben den Erträgen (siehe Abbildung 40) häufig auch die Qualität der Produkte bei Zusatzbewässerung verbessert, ist auch dieses Kriterium in die Kalkulationen einzurechnen. Die Qualität des Ernteproduktes kann vor allem bei Braugerste, Zuckerrüben und Kartoffeln erhöht werden und führt zu höheren Erlösen.

Bei Braugerste, die in den meisten Fällen einen deutlich höheren Erlös als Futtergerste erbringt, kann durch Wassergaben der gewünschte niedrigere Proteingehalt günstig beeinflusst werden. Außerdem lassen sich mit einer ausreichenden Wasserversorgung ein höherer Vollgerstenanteil und höhere Malzextraktionsgehalte erzielen. Bei Kartoffeln lassen sich mit optimaler Wasserversorgung der Knollenansatz, die Knollengröße und die Stärkeeinlagerung beeinflussen. Ebenso können Schorfbefall und Schädigungen durch Schädlinge wie den Drahtwurm verhindert werden. Eine gute Wasserversorgung begünstigt die Stärkeeinlagerung und damit den Erlös bei Stärkekartoffeln. Bei Zuckerrüben kann der Zuckerertrag positiv beeinflusst werden. Bei den Futterpflanzen wird eine positive Wirkung auf die Energiedichte erzielt.

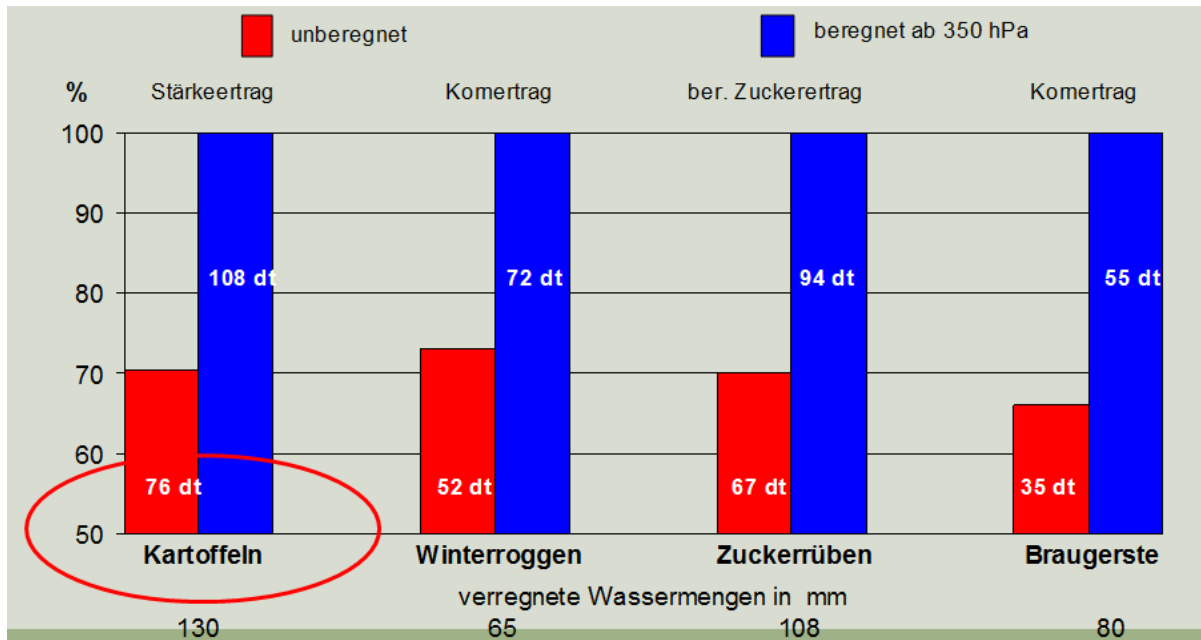


Abbildung 40: Auswirkung der Beregnung auf die Erträge im Mittel der Jahre 1995–2004 (LWK Niedersachsen)

Änderungen der Erzeugerpreise haben einen sehr großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Beregnung. Bei entsprechend hohen Erzeugerpreisen können gegebenenfalls mehr Feldfrüchte kostendeckend beregnet werden, bei entsprechend niedrigen Preisen trifft das unter Umständen nur noch für Kartoffeln zu. Jedoch sind die Erzeugerpreise wenig beeinflussbar, die Gesamtkosten dagegen schon. Bei niedrigen Gesamtkosten und hohen Erzeugerpreisen können auch andere Kulturarten kostendeckend bewässert werden.

Die Gesamtkosten pro ha sagen relativ wenig aus. Sie zeigen nur den jährlichen Aufwand der Beregnungsmaßnahme. Die beregnungskostenfreie Leistung (siehe Tabelle 27) sagt aus, wie viel Gewinn oder Verlust durch den Einsatz der Beregnung (bei gegebenem Ertragszuwachs abzüglich der Gesamtkosten der Beregnungsmaßnahme) entstanden ist. Die Auswirkungen der Bewässerung auf das Betriebsergebnis zeigt Tabelle 27.

Tabelle 27: Auswirkungen der Bewässerung auf das Betriebsergebnis (SCHAERFF et al.)

	Kartoffeln	Zuckerrüben	Winterroggen	Braugerste	Winterweizen	Zuckerrüben aktuelles Ertragsniveau Sachsen (2012)
Ertrag [dt/ha]						
berechnet ab 350 hPa (50 % nFk)	545	576	72	55	80	880
unberechnet	406	426	52	35	60	650
Ertragsdifferenz [dt/ha]	139	150	20	20	20	230
aktuelle Erzeugerpreise [€/ha]	13,50	3,50	16,00	18,50	18,00	3,50
Erlöse¹⁾ [€/ha]						
berechnet ab 350 hPa (50 % nFk)	7.358	2.016	1152	1018	1440	3.080
unberechnet	5.481	1.491	832	648	1080	2.275
<u>Zusatzkosten</u> (Quote, Transport, Düngung)	142	108	66	63	74	166

	Kartoffeln	Zuckerrüben	Winterroggen	Braugerste	Winterweizen	Zuckerrüben aktuelles Ertragsniveau Sachsen (2012)
Differenz [€/ha]	1.735	417	254	307	286	639
Zusatzwassermenge [mm/ha]	130	108	65	80	80	108
2,70 €/mm Gesamtkosten (Strom)	351	292	176	216	216	292
berechnungsfreie Leistung [€/ha]	1.384	125	79	91	70	348
3,50 €/mm Gesamtkosten (Diesel)	455	378	228	280	280	378
berechnungsfreie Leistung [€/ha]	1.280	39	27	27	6	261

Für die kurzfristige Betrachtung ist entscheidend, dass eine positive berechnungskostenfreie Leistung unter Berücksichtigung der variablen Kosten erreicht wird. Dafür muss der zusätzliche Erlös größer sein als die variablen Aufwendungen für die Beregnung. Langfristig müssen dadurch aber auch alle festen Kosten gedeckt werden, weil sich sonst die Anschaffung der Beregnungstechnik und die Wasserbereitstellungsaufwendungen nicht lohnen würden. Die festen Kosten entstehen immer, egal ob die Beregnung eingesetzt wird oder nicht.

Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung bei verschiedenen Kulturen, wie in Tabelle 28 bis 30 dargestellt, wurde ein fester Gesamtkostenbetrag (feste und variable Kosten) von 3 €/mm Beregnungswasser angesetzt. Dieser Wert ist ein Durchschnittswert, wie er sich unter gegenwärtigen Bedingungen ergibt und liegt im Bereich eigener Erhebungen und Veröffentlichungen in der Fachliteratur. Es sei darauf hingewiesen, dass dieser Wert unter konkreten einzelbetrieblichen Bedingungen und je nach der konkreten Situation in den Einzeljahren nach oben und unten stark schwanken kann.

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurden den erzielten Mehrerlösen (Mehrertrag durch Beregnung und unterstellte Marktpreise) die Kosten der Beregnung bei verschiedener Beregnungsintensität gegenübergestellt. Zu den Gesamtkosten der Beregnung fallen außerdem die ertragsbedingten Mehrkosten für Düngung, Ernte und Transport und gegebenenfalls Trocknung bzw. Lager- und Aufbereitungskosten (Kosten Mehrertrag) an. Die Mehrkosten sind entsprechend den Kulturen unterschiedlich und müssen gegengerechnet werden.

Tabelle 28: Auswirkung der Bewässerung von Kartoffeln auf das finanzielle Ergebnis

Kosten Beregnung

3,00 EUR/mm

Ertragsbedingte Mehrkosten Kartoffeln

1,02 EUR/dt

		unberechnet	berechnet	unberechnet	berechnet
Ertrag	dt/ha	350	425	350	425
Preis	EUR/dt	13,50	13,50	14,09	14,09
Erlös	EUR/ha	4.725	5.738	4.932	5.988
Erlösdifferenz	EUR/ha		1.013		1.057
Kosten Beregnung 50 mm	EUR/ha		150		150
Kosten Beregnung 100 mm	EUR/ha		300		300
Kosten Mehrertrag	EUR/ha		77		77
Ergebnis 50 mm	EUR/ha		786		830
Ergebnis 100 mm	EUR/ha		636		680

Tabelle 29: Auswirkung der Bewässerung von Winterweizen auf das finanzielle Ergebnis

Kosten Berechnung **3,00 EUR/mm**
Ertragsbedingte Mehrkosten Winterweizen **3,71 EUR/dt**

		unberechnet	berechnet	unberechnet	berechnet
Ertrag	dt/ha	65	80	65	80
Preis	EUR/dt	18,00	18,00	23,30	23,30
Erlös	EUR/ha	1.170	1.440	1.515	1.864
Erlösdifferenz	EUR/ha		270		350
Kosten Berechnung 50 mm	EUR/ha		150		150
Kosten Berechnung 100 mm	EUR/ha		300		300
Kosten Mehrertrag	EUR/ha		56		56
Ergebnis 50 mm	EUR/ha		64		144
Ergebnis 100 mm	EUR/ha		-86		-6

Tabelle 30: Auswirkung der Bewässerung von Zuckerrüben auf das finanzielle Ergebnis

Kosten Berechnung **3,00 EUR/mm**
Ertragsbedingte Mehrkosten Zuckerrüben **0,72 EUR/dt**

		unberechnet	berechnet	unberechnet	berechnet
Ertrag	dt/ha	520	625	520	625
Preis	EUR/dt	3,50	3,50	4,80	4,80
Erlös	EUR/ha	1.820	2.188	2.496	3.000
Erlösdifferenz	EUR/ha		368		504
Kosten Berechnung 50 mm	EUR/ha		150		150
Kosten Berechnung 100 mm	EUR/ha		300		300
Kosten Mehrertrag	EUR/ha		76		76
Ergebnis 50 mm	EUR/ha		142		278
Ergebnis 100 mm	EUR/ha		-8		128

Tabelle 31: Auswirkung der Bewässerung von Silomais auf das finanzielle Ergebnis

Kosten Berechnung

3,00 EUR/mm

Ertragsbedingte Mehrkosten Silomais

1,75 EUR/dt

		unberechnet	berechnet	unberechnet	berechnet
Ertrag	dt/ha	380	460	380	460
Preis	EUR/dt	3,20	3,20	3,50	3,50
Erlös	EUR/ha	1.216	1.472	1.330	1.610
Erlösdifferenz	EUR/ha		256		280
Kosten Berechnung 50 mm	EUR/ha		150		150
Kosten Berechnung 100 mm	EUR/ha		300		300
Kosten Mehrertrag	EUR/ha		140		140
Ergebnis 50 mm	EUR/ha		-34		-10
Ergebnis 100 mm	EUR/ha		-184		-160

Die Tabelle 28 zeigt die Vorzüglichkeit der Kartoffel als Berechnungsfruchtart. Die Berechnung von Kartoffeln lohnt sich auch bei niedrigeren Marktpreisen. Nicht zutreffend ist dies aber beim Einsatz von Tropfbewässerung. Trotz vieler Vorzüge dieses Verfahrens sind hohe Erlöse eine Voraussetzung für dessen Wirtschaftlichkeit (siehe Tabelle 32).

Unter bestimmten Voraussetzungen können auch Zuckerrüben und Getreide wirtschaftlich berechnet werden (Tabelle 29 und Tabelle 30). Dies ist z. B. der Fall, wenn die gesamte Fruchtfolge beziehungsweise Berechnungsfläche in die Berechnungen einbezogen wird und für Zuckerrüben und Getreide (als zusätzliche Berechnungskulturen) nur die variablen Kosten anfallen, die festen Kosten aber komplett auf eine berechnungswürdigere Fruchtart wie die Kartoffel umgelegt werden. Ob diese Herangehensweise in der Praxis wirklich praktikabel ist, muss von Fall zu Fall entschieden werden. Silomais ist bei den gegenwärtig erzielbaren Erzeugerpreisen nicht berechnungswürdig.

Auch die Höhe der Berechnungsgabe spielt keine unbedeutende Rolle. Zu hohe, aber auch zu niedrige Wassergaben schmälern den Gewinnzuwachs. Hier sei nochmals auf die Bedeutung der Bewässerungssteuerung hingewiesen.

Tabelle 32: Finanzielles Ergebnis bei Tropfbewässerung und bei Schlauchtrommelberechnung

(Praxisversuch Lausitz, Speisekartoffelanbau)

Speisekartoffelanbau 2010		Tropfbewässerung mit Fertigation (Lausitz)	Trommelberechnung (Lausitz)
Mehrertrag (Annahme)	dt/ha	175	75
Wassergabe	mm	139	102
Kosten Bewässerung	€/mm	12,20	3,97
Ertragsbedingte Mehrkosten	€/dt	0,91	0,96
Kosten Berechnung	€/ha	1.696,11	404,26
Kosten Mehrertrag	€/ha	158,42	71,94
Ergebnis bei 7,30 €/dt	€/ha	- 577,04	71,30
Ergebnis bei 13,60 €/dt	€/ha	525,46	543,80

6.3 Beispielbetriebe

Die Kosten der Beregnung wurden in drei weiteren Betrieben intensiver untersucht (Tabelle 33). Die Betriebe unterscheiden sich in ihrer technischen Ausstattung und im Bewässerungsumfang enorm voneinander. Alle Betriebe bewässern Gemüse, zwei Betriebe auch Kartoffeln.

Bei Betrieb 1 handelt es sich um eine Beregnungsgesellschaft, die über zwei Speicherbecken verfügt und deshalb auch keine Wasserkosten bezahlen muss. Ein großer Betrieb und mehrere kleine Betriebe sind an eine Ringleitung angeschlossen. Die Gesellschaft verfügt nur über einfache Einzelregner. Bis auf eine neue Pumpe ist die gesamte Technik abgeschrieben, sodass sehr niedrige Festkosten vorhanden sind. Auffällig sind die sehr hohen Reparatur- und Energiekosten. Die hohen Reparaturkosten werden sicher durch das Alter der Technik verursacht. Eine Ringleitung scheint jedoch deutlich mehr Energie für das Pumpen des Wassers zu benötigen als kurze Wege von der Wasserquelle zum Verbraucher wie z. B. bei Kreisberegnungsanlagen.

Betrieb 2 liegt in Sachsen-Anhalt. In Sachsen-Anhalt musste bis 2012 kein Wassergeld gezahlt werden, sodass auch dieser Betrieb keine Wasserkosten hat. Der Betrieb ist mit zwei Beregnungsanlagen und zwei Düsenwagen technisch gut ausgestattet. Auch in diesem Betrieb sind die hohen variablen Kosten auffällig. Diese wurden vom Betrieb pauschal mit 250 €/ha, unabhängig von der Bewässerungsmenge, angegeben.

In Betrieb 3 wurden die schlechtesten D-Standorte komplett mit moderner Technik ausgerüstet. Die Festkosten, die Wassermenge und die Größe der bewässerten Fläche wurden sehr gut dokumentiert. In der Dokumentation fehlen vor allem die weiteren variablen Kosten, wie Arbeitskraftstunden, Reparaturen und Energiekosten.

Vergleicht man die technische Ausstattung von Betrieb 2 und 3 und die dazugehörige Wassermenge sowie die bewässerte Fläche, muss man davon ausgehen, dass in Betrieb 3 die Technik ab und zu stillsteht und die beiden Beregnungsanlagen des Betriebes 2 ständig versetzt werden müssen. Hier ist davon auszugehen, dass eher im Betrieb 2 die angegebene Fläche oder die Bewässerungsmenge nicht richtig sind.

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass kein Betrieb alle wichtigen Daten zur Bewässerung dokumentiert. Relativ sicher können die festen Kosten berechnet werden. Die genauen Beregnungsflächen und -mengen sowie die Erträge der einzelnen Fruchtarten werden meist nicht korrekt erfasst. Für die Betriebe 1 und 3 konnten die Wasserverbräuche von fünf Jahren erfasst werden. In allen drei Betrieben fehlten Angaben zur verwendeten Arbeitszeit. Auch Reparatur- und Energiekosten werden nur unzureichend dokumentiert. Für eine exakte Berechnung der Wirtschaftlichkeit müssen neben den Erträgen auch die Preise für die entsprechenden Kulturen in den jeweiligen Jahren erfasst werden.

Tabelle 33: Kostenstruktur von drei Beispielbetrieben

	Einheit	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3		Durchschnitt Betriebe 1–3	
Berechnungstechnik		7 Einzelregner (5 davon vermutlich abgeschrieben)		- Kreisberechnung - 2 Schlauchtrommeln mit Düsenwagen - Kreis-Linearberechnung		5 x Kreisberechnung 6 x Schlauchtrommeln			
Wasserbereitstellung		2 Speicherbecken		Vorrangig Talsperre + 4 Brunnen		4 Brunnen			
Bewässerungssteuerung		-		Irrigama (700 EUR/a)		DWD			
Kulturen		Gemüse (Bohne, Spinat, Weißkohl)		Gemüse und Frühkartoffeln		Gemüse, Kartoffeln, Körnermais			
berechnungsfähige Fläche	ha	3.000		800				1.900	
Berechnungsfläche	ha	160		300		352		271	
Wasserverbrauch	m³	88.089		180.000		222.561		163.550	
Wassermenge	m³/ha	600		600		632		611	
Akh/a	Akh/a	500		672		400			
Akh/ha	Akh/ha	3,13		2,2		1,1			
Entlohnung	EUR/h	12,5		12,5		12,5			
Variable Kosten		je m³	je ha	je m³	je ha	je m³	je ha	je m³	je ha
Wasser	EUR		0,000		0	0,025	15,81	0,03	5
Reparatur	EUR	0,12	74			0,05	33	0,09	54
Energie	EUR	0,20	119			0,16	102	0,18	110
Direktkosten	EUR	0,32	193	0,37	222	0,24	151	0,31	188
Arbeits erledigungskosten	EUR	0,07	43	0,05	28	0,02	14	0,05	28
var. Kosten	EUR	0,39	235	0,42	250	0,26	165	0,36	217
Fixkosten			je ha		je ha		je ha		je ha
Investitionskosten	EUR/Betrieb			243.932	813	755.315	2.146	499.623	1.479
Fixkosten Rohre/Brunnen/sonstiges	EUR/a			6.771	23	26.255	75	16.513	
Fixkosten Berechnungsanlage	EUR/a			15.151	51	45.354	129	30.253	
Bewässerungssteuerung	EUR/a			700	2,3				
Fixkosten	EUR	3.996	25	22.622	75	71.609	203	32.742	101
		je mm		je mm		je mm		je mm	
Wassermenge	mm	60		60		63		61	
var. Kosten	EUR/mm	3,92		4,17		2,61		3,57	
Fixkosten	EUR/mm	0,45		1,26		3,22		1,64	
Summe		4,37	260	5,42	325	5,83	368	5,21	318

Angabe Betrieb; KTBL/Berechnung; Schätzung

Betrachtet man die Gesamtkosten der Beregnung pro ha, so stimmen diese mit den bisherigen Kalkulationen in den vorherigen Kapiteln und mit Literaturwerten gut überein. Ebenso verhält es sich mit dem Durchschnitt der festen Kosten, die aus den genannten Gründen jedoch sehr unterschiedlich sind. Die variablen Kosten und damit auch die Gesamtkosten pro mm sind jedoch deutlich höher als in bisherigen Kalkulationen und in der Literatur. In Betrieb 3 wurden die variablen Kosten nach KTBL (außer Wasserkosten) kalkuliert, sie liegen deshalb nur leicht über üblichen Werten.

Betrieb 3 hat auf Grund seiner hohen technischen Ausstattung die höchsten Gesamtkosten von 5,83 €/mm. Es besteht nun die Frage, ob auch bei diesen hohen Kosten eine Bewässerung in der Kartoffel tragbar wäre. Dazu wird die Berechnung, wie in Tabelle 28 dargestellt, erneut bei Beregnungskosten von 5,83 €/dt, bei einem Mehrertrag von 75 dt/ha und bei einem moderaten Preis für die Kartoffeln von 13,50 €/dt durchgeführt. Auch hier ergibt sich ein deutlich positives finanzielles Ergebnis von 586,00 €/ha bei einem Anbau mit Bewässerung.

7 Zusammenfassung

Nach allen Prognosen der gängigen Klimamodelle werden Wetterextreme auch in Sachsen zunehmen, die Temperaturen und damit die Verdunstung ansteigen. Damit nimmt auch der Wasserbedarf der Pflanzen zu. Es besteht ein zunehmendes Ertrags- und Qualitätsrisiko. Deshalb hat vor allem auf den leichten Böden in Nord- und Ostsachsen mit Jahresniederschlägen unter 600–650 mm die Sicherung einer bedarfsorientierten zusätzlichen Bewässerung eine immer größere Bedeutung. Ohne Zusatzbewässerung ist der Anbau von Feldgemüse und Kartoffeln in diesen Gebieten schon jetzt problematisch.

Klimaänderungen und steigende Preise für Nahrungs- und Futtermittel sowie für nachwachsende Rohstoffe führen in der Tendenz einerseits zu einer wachsenden Bedeutung der Zusatzbewässerung als ein mögliches Mittel zur Stabilisierung der Produktion und Sicherung hoher Produktqualitäten. Andererseits steigt bzw. verschiebt sich dadurch auch die Beregnungswürdigkeit verschiedener Kulturen.

Momentan ist die tatsächliche Bewässerungsfläche in der sächsischen Landwirtschaft mit ca. 3.300 ha (das entspricht ca. 0,4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche) noch sehr gering, zeigt aber eine deutlich steigende Tendenz. Vorwiegend erfolgt die Bewässerung auf Gemüse- und Erdbeerflächen mit insgesamt 1.400 ha und in Kartoffeln auf einer Fläche von ca. 1.000 ha im Referenzjahr 2009.

Auf ca. 11.800 ha besteht in Sachsen die Möglichkeit zur Bewässerung. Tatsächlich bewässert wurde im Jahr 2010 aber nur auf ca. 28 % der erschlossenen Fläche. Zwei Drittel des Bewässerungswassers Sachsens werden dem Grundwasser entnommen, ein Drittel stammt aus Oberflächenwasser.

Die dominierenden Bewässerungstechniken in Sachsen sind mobile Beregnungsmaschinen, vorzugsweise mit Großregnern, aber auch solche mit Düsenwagen. Vereinzelt kommen Tropfbewässerung, Kreisberegnungsmaschinen und Rollregner zum Einsatz. Auch wenn grundsätzlich einer umwelt- und ressourcenschonenden Technik der Vorrang gegeben werden sollte, so ergeben sich jedoch von Betrieb zu Betrieb ganz individuelle Anforderungen und Bedürfnisse in Abhängigkeit von den betrieblichen und standörtlichen Gegebenheiten. Daher kann kein Verfahren pauschal empfohlen werden.

Im Ackerbau sind die mobilen Beregnungsmaschinen mit ihrem vertretbaren Arbeitszeitaufwand beim einzelnen Beregnungsgang eine gute Wahl. Die Technik ist ausgereift, neue Entwicklungen bei den Düsenwagen sind energiesparend und reduzieren phythosanitäre Probleme.

Auf großen arrondierten Flächen sind Kreis- und Linearberegnungsmaschinen eine wirtschaftlich günstige Bewässerungstechnik.

Die Tropfbewässerung ist wegen ihrem hohen Arbeitsaufwand bei der Einrichtung und beim Ausbau das teuerste Bewässerungsverfahren und sollte vorrangig im Gemüseanbau und bei Spezialkulturen Anwendung finden. Nach dem Auf-

bau/Einbau der Schläuche bzw. Rohre ist sie eine arbeitszeitsparende Technik. Außerdem ermöglicht die Tropfbewässerung eine gezielte Ausbringung von Flüssigdüngern. Eigene Erhebungen und Angaben in der Literatur zeigen unter bestimmten Voraussetzungen auch positive Effekte bei Anwendung im Kartoffelanbau.

Die Wassergaben sollten durch eine gezielte Beregnungssteuerung, die an den Wasserbedarf der Pflanzen und an die Bodenverhältnisse angepasst ist, optimiert werden. Dazu eignen sich vor allem dynamische Mehrschichtenbodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodelle, wie sie mit den Programmen Berest und Zephyr zur Verfügung stehen. Aber auch einfache und preiswerte Alternativen wie die Geisenheimer Steuerung und das Programm agrowetter vom Deutschen Wetterdienst liefern gute Ergebnisse. In sächsischen Betrieben spielt die Beregnungssteuerung momentan keine große Rolle. Hier besteht erheblicher Informations- und Aufklärungsbedarf, vor allem auch im Hinblick auf die Erzielung optimaler Ertrags- und Qualitätseffekte durch gezielte Wasserzufuhr.

Langfristig ist eine Beregnung nur wirtschaftlich, wenn der Mehrerlös höher ist als die Gesamtkosten der Beregnung (feste und variable Kosten).

Entscheidend für eine Beregnungswürdigkeit einzelner Kulturen sind die zu erzielenden Erzeugerpreise und Mehrerträge. Der Schwerpunkt der Bewässerung sollte immer bei Kulturen liegen, welche die höchste Wirtschaftlichkeit der Beregnung bieten oder deren Anbau bzw. Vermarktung ohne Beregnung kaum möglich ist.

Neben Gemüse profitieren die Speisekartoffeln am meisten von der Beregnung. Die Kartoffel ist somit die beregnungswürdigste Frucht in der Landwirtschaft. Bei Winterweizen und Zuckerrüben wird die Wirtschaftlichkeit wesentlich von den Erzeugerpreisen bestimmt. Gegenwärtig lassen sich Getreide und Zuckerrüben nur gewinnbringend beregnen, wenn eine andere Fruchtart (z. B. Kartoffeln) die festen Kosten trägt.

Die Beregnung von Silomais gewinnt durch die starke Ausdehnung des Anbaus für Biogasanlagen zunehmend an Bedeutung und kann unter diesem Gesichtspunkt wirtschaftlich sein. Ansonsten ist eine Wirtschaftlichkeit jedoch nur gegeben, wenn ausschließlich die variablen Kosten Berücksichtigung finden.

Die Bewässerung ist eines der teuersten Produktionsmittel in der Landwirtschaft. Die Neuanschaffung einer kompletten Beregnungsanlage kostet viel Geld und erfordert deshalb eine gründliche Planung und Installation. Daher müssen alle Beregnungsmaßnahmen für den jeweiligen Standort auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden. Der wirtschaftliche Erfolg darf aber nicht nur an einem Trockenjahr gemessen werden. Um die Wirtschaftlichkeit von Beregnungsmaßnahmen langfristig beurteilen zu können, müssen mehr- bis langjährige Daten ausgewertet werden. Es wird daher empfohlen, eine fachliche Beratung in Anspruch zu nehmen.

Perspektivisch ist in den nächsten Jahren mit einer Ausweitung der Beregnungsfläche zu rechnen. Bis zum Jahr 2020 planen 70 % der befragten Betriebe eine Erweiterung ihrer Beregnungsfläche um insgesamt etwa 7.000 ha. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Klimaprognose ist davon auszugehen, dass auch Betriebe, die derzeit noch nicht beregnen, zur Ertragssicherung neu in die Feldberegnung einsteigen werden.

Literatur

- BELAU, T. & FRÖBA, N. (2009): Investitionen und Verfahrenskosten für die Feldbewässerung – Ergebnisse der KTBL-ARBEITSGRUPPE „FELDBEWÄSSERUNG“. LANDBAUFORSCHUNG – SONDERHEFT 328 (2009)
- EHRlich, V. (2009): Zuarbeit Projektvorbereitung. Wasser- und Bodenverband Torgau
- FRICKE, E. (2006): Energiekosten der Feldberegnung – was kostet Beregnung zurzeit? Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mitgliederversammlung FVF 07.02.2006
- FRICKE, E. (2006): Zusatzwasser für mehr Qualität. Landwirtschaftskammer Niedersachsen
- FRICKE, E. & RIEDEL, A. (2009): Beregnung scharf durchkalkulieren. Landwirtschaftskammer Niedersachsen Hannover
- FRICKE, E. & RIEDEL, A. (2010): Feldberegnung optimieren: Wassergebrauch reduzieren. Landwirtschaftskammer Niedersachsen
- FRICKE, E. & RIEDEL, A. (2011): Beregnung sichert Erträge und Qualitäten. Kartoffelbau 3/2011
- FRICKE, E. & RIEDEL, A. (2011): Lohnt der Regen aus der Düse? DLG-Mitteilungen 7/2011
- HÖLZMANN, H.-J. (2011): Rechnet sich eine Beregnung? Bauernblatt 21. Mai 2011
- JÄKEL, K. (2011): Ertrag sichern. Bauernzeitung 22. Woche 2011
- KLAUSS, H. (2011): Arbeitszeitaufwand und Kosten der Tropfbewässerung. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
- KÖNIG, ST. (2009): Wirtschaftlichkeit von Feldberegnungen. Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften, Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre
- KTBL-Datensammlung Feldbewässerung. 1. Auflage 2009
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2009): Klimawandel und Landwirtschaft
- MICHEL, R. (2009): Zephyr. Ein Simulationsmodell zur Bewässerungssteuerung
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2005): Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen
- MÜLLER, M. (2011): Tropfbewässerung zu Speisekartoffeln. Vortrag Sächsisch-Thüringischer Bewässerungstag Groitzsch
- PASCHOLD, P.-J. et al. (2009): Bewässerungssteuerung bei Gemüse im Freiland. Landbauforschung – Sonderheft 328 (2009)
- ROTH, D. (1993): Richtwerte für den Zusatzwasserbedarf in der Feldberegnung, Schriftenreihe LUFA Thüringen 6/1993
- SCHLUMPRECHT, H.; FLEMMING, D.; SCHNEIDER, P.; TUNGER, B. & LÖSER, R. (2005): Folgewirkungen der Klimaänderungen für den Naturschutz – ausgewählte Ökosysteme und Arten. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt im Auftrag des LfUG, 253 S. + Anhänge (unveröff.)
- SCHOELLKOPF-OCHS, B. (2011): Kartoffel-Bewässerung: Acht Verfahren im Vergleich. Top Agrar 5/2011
- SCHOELLKOPF-OCHS, B. (2012): Effiziente Bewässerungstechnik. Kartoffelbau 03/2012
- SIMON, M. (2009): Die Landwirtschaftliche Bewässerung in Ostdeutschland seit 1949. Eine historische Analyse vor dem Hintergrund des Klimawandels. PIK-Report Nr. 114, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 106. S., Potsdam.
- SOURELL, H.-H. et al. (2011): Teure Technik. Bauernzeitung 22. Woche
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Agrarstrukturen in Deutschland – Einheit in Vielfalt. Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010, 73 S.
http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/landwirtschaftszaehlung_2010.pdf
- Statistisches Bundesamt (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente; Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden (ELPM) 2010. Fachserie 3 Heft 5, 132 S, Wiesbaden
- Statistisches Landesamt Sachsen (2012): Statistischer Bericht – Landwirtschaftszählung 2010, landwirtschaftliche Produktionsmethoden im Freistaat Sachsen. C/LZ 2010-6, 82 S., Kamenz
- WENKEL, K.-O. (2011): Methoden zur operativen Steuerung des Zusatzwassereinsatzes in der Pflanzenproduktion. ZALF Müncheberg, Institut für Landschaftssystemanalyse
- WINKLER, B. et al. (1999): Die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete im Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Marina Gramm
LfULG, Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenbau
Waldheimer Straße 219, 01683 Nossen

Redaktion:

Dr. Kerstin Jäkel
LfULG, Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenbau
Waldheimer Straße 219, 01683 Nossen
Tel.: +49 35242 631-7204
Fax: +49 35242 631-7299
E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

31.12.2012

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter www.publikationen.sachsen.de heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.