Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

# *Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung in Thüringen*

Schriftenreihe Heft 6 / 2010

Schriftenreihe

**Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen**

Besuchen Sie uns auch im Internet:
**www.tll.de/ainfo**

Erschienen als Heft 6/2010 der Schriftenreihe
„Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen."

Herausgegeben als Tagungsband anlässlich der
„Bewässerungstagung 2010 Thüringen-Sachsen"
am 4. November 2010 in Jena.

## Impressum

1. Auflage 2010

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Tel.: (03641) 683-0, Fax: (03641) 683 390
e-Mail: pressestelle@tll.thueringen.de

Autoren: Dr. Ingrid Pfleger, TLL
Dr. Uwe Rößler, Landwirtschaftsamt Bad Frankenhausen
Herbert Michel, TLL
Dr. Steffi Knoblauch, TLL
Günter Nußbaum, TLL
Angela Werner, TLL
Martin Krumbein, Lehr- u. Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt
Ralf Penzler, Landwirtschaftsamt Bad Frankenhausen

November 2010

ISSN 0944 - 0348

- Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe gestattet. -

## Inhaltsverzeichnis


1 Einleitung und Zielstellung ..... 5

2 Standort- und Witterungsbedingungen ..... 6
2.1 Standort- und Witterungscharakteristik ..... 6
2.2 Wetterrückblick auf die Jahre 2004 bis 2009 ..... 8
2.3 Klimatrend im Zeitraum 1983 bis 2009 am Standort Buttelstedt ..... 11

3 Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen in Thüringen ..... 21

3.1 Feldgemüse ..... 21
3.1.1 Blumenkohl ..... 21
3.1.2 Kopfkohl ..... 32
3.1.3 Rosenkohl ..... 42
3.1.4 Zwiebeln ..... 50
3.1.5 Buschbohnen ..... 59
3.1.6 Spinat ..... 64

3.2 Landwirtschaftliche Fruchtarten ..... 69
3.2.1 Kartoffeln ..... 69
3.2.2 Zuckerrüben ..... 82
3.2.3 Körnermais ..... 85
3.2.4 Biomassemais ..... 89

3.3 Arznei- und Gewürzpflanzen ..... 93
3.3.1 Schnittlauch ..... 94
3.3.2 Petersilie ..... 96
3.3.3 Dill ..... 98
3.3.4 Pfefferminze ..... 101

3.4 Sonderkulturen ..... 102
3.4.1 Hopfen ..... 102

4 Untersuchungsergebnisse zur Keimbelastung von Ernteprodukten ..... 110
4.1 Keimbelastung von beregneten Kulturen ..... 111
4.2 Modellexperimente zum Einsatz von Keimbrühen mit Escherichia coli ..... 112
4.3 Chemische Untersuchungsergebnisse ..... 113

5 Zusammenfassung und Ausblick ..... 117

6 Literatur ..... 120

7 Fachwissen für Praktiker – Buchtipps zur Bewässerung ..... 122

Fachverband „Beregnungsring Thüringen“ e. V. ..... 123

# 1 Einleitung und Zielstellung

Wasser als begrenzt zur Verfügung stehende Naturressource ist Nahrungsmittel, Wirtschaftsgut und ein für den Gartenbau und die Landwirtschaft essenzieller Produktionsfaktor. Zur Sicherung und Stabilisierung der Erträge auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau bei gleichzeitiger Ausrichtung auf die Qualität der Erzeugnisse stellt die Bewässerung eine Maßnahme zur Risikominderung dar. So erlangt das Wasser als Wachstumsfaktor bereits heute und noch stärker in Zukunft unter Berücksichtigung der klimatischen Veränderungen eine immer größere Bedeutung. Die Notwendigkeit der Zusatzbewässerung in Thüringen ergibt sich in erster Linie aus den konkreten klimatischen Bedingungen. In den Anbaugebieten des zentralen Thüringer Beckens und seinen Randgebieten sind langjährige Jahresniederschlagssummen von 500 bis 550 mm typisch. Am Versuchsstandort Straußfurt kommen sogar nur 473 mm zustande. Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) als Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung weist in der Vegetationsperiode (April bis September) verbreitet negative Werte auf. Sie liegen in den Niederungen Ostdeutschlands bei 120 mm. In Trockenjahren kann dieser Fehlbetrag im Erfurter Becken auf über 350 mm ansteigen. Im extrem trockenen Jahr 2003 betrug dieser am Standort Buttelstedt, der Zentrale des agrarmeteorologischen Messnetzes der TLL, sogar 392 mm.

Unter den derzeitigen Markt- und Preisbedingungen ist die Bewässerung in Thüringen auf das Feldgemüse, den Obstbau, Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen, Sonderkulturen (Hopfen) sowie auf einen kleinen Teil der Kartoffelanbaufläche begrenzt. Gegenwärtig gibt es in Thüringen nach Erhebungen der TLL seit 2004 (PFLEGER und NUßBAUM, 2009) etwa 6 700 ha ($F_B$) durch funktionsfähige Beregnungstechnik erschlossene Bewässerungsfläche in rund 40 Betrieben. Davon werden jährlich ca. 2 100 ha bewässert (etwa ein Drittel von $F_B$ im Normaljahr). Im Hinblick auf die sich abzeichnenden klimatischen Veränderungen wird in den niederschlagsarmen Regionen Thüringens ein größerer Zusatzwasserbedarf notwendig. Dieser resultiert aus den abnehmenden Sommerniederschlägen, längeren Vegetationsperioden, Zunahmen der Globalstrahlung und wärmeren Sommern. Eine abnehmende Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen in der Vegetationsperiode würde die Ausschöpfung ihres natürlichen Ertragspotenzials begrenzen. In dieser Hinsicht steigt die Bedeutung wassersparender Anbauverfahren, wassereffizienter Fruchtarten und Sorten sowie die Bewässerung beregnungswürdiger Kulturen als Intensivierungsfaktor. Wichtig sind, die notwendige Vorsorge zu treffen für die Möglichkeiten der Wasserbereitstellung und -nutzung (Entnahmerechte langfristig sichern) sowie das fachliche Wissen um Ertragswirkungen und technologische sowie betriebswirtschaftliche Bewertung.

Genaue Kenntnisse über den Wasserbedarf für die Beregnung sind sowohl für die Investvorbereitung und Projektierung als auch die Nutzung von Bewässerungsanlagen von entscheidender Bedeutung. In dem Programm BERWA (Berechnung des Zusatzwasserbedarfs für Beregnungsanlagen) liegen für 120 Fruchtarten spezifische Grundlagen in einer Parameterdatei vor (ROTH, 1993). Um den heutigen Anforderungen gerecht zu werden, ist das Programm unter Excel neu gestaltet worden (MICHEL, GULLICH und MARRE, 2010).

Mit den Beregnungsempfehlungen der TLL wird den Thüringer Beregnungsbetrieben in Gartenbau, Landwirtschaft und Obstbau auf wissenschaftlicher Grundlage ein Beratungsinstrument für eine sachgemäß pflanzenbedarfsgerechte Bewässerung zur Verfü-

gung gestellt, um stabile Erträge mit marktgerechter Produktqualität bei hoher Effektivität des Zusatzwassereinsatzes zu realisieren. Die schlag- und fruchtartenbezogenen Beregnungsempfehlungen im Vegetationszeitraum von April bis September basieren auf dem Model BEREST und werden den zurückliegenden und derzeitigen Anforderungen der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Praxis gerecht.
Für die Bereitstellung von Beratungswissen zur Bewässerung sind aktuelles und fundiertes Datenmaterial und Kenntnisse Voraussetzung. Dafür kann auf langjährige Bewässerungsversuche, Berichte, Studien, Veröffentlichungen und Erfahrungen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) und der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau (LVG) Erfurt sowie Ergebnisse aus anderen Bundesländern Bezug genommen werden. Andererseits sind spezielle und aktuelle standortspezifische Untersuchungen nach wie vor notwendig und zu erarbeiten. Aufgrund von bundesweit begrenzten Kapazitäten werden die fachlichen Ebenen der Länderkooperation forcieren.
Die vorliegende Fassung enthält in Fortsetzung der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung“ (PFLEGER et al., 2006) aktuelle Versuchsergebnisse zur Bewässerung in zusammengefasster Form aus Thüringen. Die Untersuchungen wurden auf folgenden Standorten im Zeitraum von 2004 bis 2009 durchgeführt:

- Kastenanlage der TLL in Jena-Zwätzen,
- Versuchsfeld Straußfurt der Versuchsstation Kirchengel des Landwirtschaftsamtes Bad Frankenhausen,
- Lysimeterstation der TLL in Buttelstedt,
- Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt
- Praxisbetriebe (Golmsdorf, Herbsleben, Altenburg, Großenehrich und Kutzleben).

# 2 Standort- und Witterungsbedingungen

## 2.1 Standort- und Witterungscharakteristik

In den niederschlagsarmen Regionen Thüringens wird das Wasser zum limitierenden Produktionsfaktor für den Garten- und Obstbau sowie die Landwirtschaft. Auf die Boden-Klima-Räume bezogen sind das die Lössböden der Ackerebene (Ost) und Lössböden der Übergangslagen (Ost). Klimatisch gehört das Thüringer Becken mit < 500 bis etwa 550 mm Niederschlag zum mitteldeutschen Trockengebiet. Am Standort Buttelstedt beträgt das vieljährige Mittel (1961 bis 1990) der Niederschlagssumme 544 mm und der Temperatur 8,3 °C, in Straußfurt 468 mm und 8,6 °C und an der Fachhochschule Erfurt 510 mm und 8,8 °C. Selbst im Übergangsbereich zu den Randlagen des Thüringer Beckens steigen die Niederschläge kaum über 600 mm an. Von der jährlichen Niederschlagssumme stehen etwa zwei Drittel in der Vegetationszeit (April bis September) und ein Drittel im Winterhalbjahr (Oktober bis März) zur Verfügung.
Die Klimatische Wasserbilanz (KWB = Niederschlag minus potenzielle Verdunstung) weist im Mittel der Jahre 1961 bis 1990 im Zeitraum von April bis September für das Zentrale Thüringer Becken ein Defizit von > 150 mm auf und für dessen Randgebiete von 100 bis 150 mm (MÜLLER-WESTERMEIER, WALTE und DITTMANN; 2005). Im Trockenjahr 2003 stieg das Defizit in diesem Zeitraum am Standort Erfurt/FH bis auf 445 mm an.
Bezogen auf die Untersuchungsstandorte der in dieser Broschüre vorgestellten Ergebnisse sind die KWB-Werte der Jahre 2004 bis 2009 in Tabelle 1 enthalten.

**Tabelle 1:** Klimatische Wasserbilanz im Zeitraum vom 01.04. bis 30.09. der Jahre 2004 bis 2009 der Standorte Buttelstedt, Straußfurt und Erfurt/FH

| Klimatische Wasserbilanz (mm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Standort | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Buttelstedt | -164 | -219 | -292 | -17 | -245 | -249 |
| Straußfurt | -275 | -277 | -317 | -105 | -359 | -190 |
| Erfurt/FH | -181 | -300 | -320 | -145 | -288 | -294 |

Die langjährigen Defizite der Klimatischen Wasserbilanz, gemittelt über die seit 1993 verfügbaren Wettermessstationen des agrarmeteorologischen Messnetzes der TLL, sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Tabelle 2:** Klimatische Wasserbilanz im Zeitraum vom 01.04. bis 30.09. der Jahre 1993 bis 2009 (ausgewählte Stationen des agrarmeteorologischen Messnetzes der TLL)

| Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| -130 | -142 | -100 | -104 | -264 | -126 | -215 | -264 | -187 | -190 | -391 | -143 | -232 | -258 | -24 | -263 | -181 |

Langjährige Untersuchungen zur Bewässerung wurden auf der Kastenanlage Jena, dem Versuchsfeld Straußfurt, der Lysimeterstation Buttelstedt und in der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau (LVG) Erfurt durchgeführt. Charakteristisch für den Standort Straußfurt ist seine flachgründige Ton-Schwarzerde über klüftigem Keuper-Tonmergel im Thüringer Becken. Der hohe Tongehalt führt zu schneller und starker Schrumpfrissbildung und neigt zur Austrocknung. Aufgrund seiner niedrigen nutzbaren Feldkapazität als auch seines stark begrenzten Wurzelraumes hat er ein nur geringes Bodenwasserbereitstellungsvermögen. Ferner zählt Straußfurt zu den trockensten Standorten der Stationen des agrarmeteorologischen Messnetzes der TLL.
Der Standort Großobringen ist durch ein tiefgründiges Braunerde-Tschernosem mit hoher Wasserspeicherfähigkeit gekennzeichnet. Mit diesem Boden wurde auch die Kastenanlage in Jena befüllt. Wegen der variierenden und nicht besonders ergiebigen Niederschläge im Winterhalbjahr ist es auf dem tiefgründigen Lössböden in Großobringen nicht garantiert, dass in jedem Jahr der Wurzelraum bis zum Frühjahr auf Feldkapazität aufgefüllt wird. Trotz des hohen Bodenwasserspeichervermögens kann es deshalb selbst für tiefwurzelnde Ackerkulturen zu einer unzureichenden Wasserversorgung kommen.
Auf dem Versuchsfeld der LVG Erfurt steht für die umfangreichen Freilandversuche in allen Fachsparten eine Fläche von insgesamt 12 ha zur Verfügung. Die Gemüsebauversuche befinden sich auf einem Schlag von 5,50 ha, auf dem aus Fruchtfolgegründen im jährlichen Wechsel eine Hälfte den Versuchen vorbehalten ist, während die Andere mit einer landwirtschaftlichen Kultur bestellt wird. Der Boden, ein weitgehend tiefgründiger Lösslehm verfügt über Bodenwertzahlen zwischen 65 und 72 und einen pH-Wert um 7,2. Alle Flächen der LVG Erfurt sind bewässerungsfähig. Das aus dem eigenen Brunnen genutzte Wasser ist aufgrund seiner chemischen Qualität (95 °dH und Leitfähigkeit etwa 3 000 FS/cm) nicht für alle Kulturen geeignet. Für ausgewählte Flächen und Fruchtarten können die Bewässerungsmaßnahmen auch mit Regenwasser erfolgen.
Ausgewählte Merkmale der Untersuchungsstandorte sind der Tabelle 3 zu entnehmen.
In den Bewässerungsversuchen an den Standorten Jena, Straußfurt und Erfurt beruhte

die Berechnung des Zusatzwasserbedarfes bei allen Kulturen auf der Basis der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) unter Berücksichtigung pflanzenspezifischer Korrekturfaktoren (kc-Werte) nach der Geisenheimer Methode(PASCHOLD, 2008). Wenn ein Verdunstungsüberschuss bei der Überkopfberegnung die Größenordnung von -20 bis -25 mm bzw. beim Tropfbewässerungsverfahren -5 bis -10 mm überschritten hatte, erfolgte bei 100 %igen KWB-Ausgleich eine Zusatzwassergabe von 20 bzw. 25 mm durch Beregnung. Getropft wurden jeweils 5 mm und dabei wassersparend auf 80 % der KWB orientiert.
Am Standort Großobringen wurde das Zusatzwasser nach der lysimetrischen Wasserbilanz bei Einhaltung eines Bodenfeuchteniveaus bemessen, das stets eine uneingeschränkte Biomasseproduktion zuließ.

**Tabelle 3:** Charakteristik der Untersuchungsstandorte

| Merkmale | Lysimeteranlage Buttelstedt | Versuchsfeld Straußfurt | Versuchsfeld LVG Erfurt |
|---|---|---|---|
| Räumliche Zuordnung | Südöstliches Randgebiet des Thüringer Beckens | Zentrales Thüringer Becken | Südliches Thüringer Becken |
| Höhe über NN | 230 m | 185 m | 220 m |
| Niederschlag / vieljähriges Mittel - Jahr<br>- April bis September | 544 mm<br>350 mm | 468 mm<br>297 mm | 510 mm<br>316 mm |
| Jahresdurchschnittstemperatur | 8,3 °C | 8,6 °C | 8,8 °C |
| Bodentyp | Braunerde-Tschernosem (Löss) | Schwarzerde auf Keuperton | Braunerde (Löss) |
| Bodenart | schluffiger Lehm | schluffiger Ton | schluffiger Lehm |
| nutzbare Feldkapazität in 0 bis 60 cm Tiefe | 14 Vol. % | 12 Vol. % | 12 Vol. % |
| effektive Durchwurzelungstiefe | 100 cm | 40 cm | 80 cm |

## 2.2 Wetterrückblick auf die Jahre 2004 bis 2009

Die Einzeljahre stellten sich wie folgt dar:
Das **Jahr 2004** setzte die seit 1997 andauernde Periode aufeinander folgender zu warmer Jahre fort. Die Jahresdurchschnittstemperaturen der Luft (Klammerwerte = Abweichungen von den vieljährigen Mittelwerten) an den Untersuchungsstandorten waren: Straußfurt 9,1 °C (+0,5 °C), Buttelstedt 9,4 °C (+1,1 °C) und Erfurt/FH 10,0 °C (+1,2 °C). Die Jahresniederschlagsdargebote lagen bei 426 mm (84 %) in Straußfurt, 504 mm (93 %) in Buttelstedt und 515 mm (101 %) in Erfurt/FH. Im Messnetzdurchschnitt fielen 98 % der vieljährigen Jahresniederschlagsmenge. Von Oktober 2003 bis April 2004 traten deutliche Niederschlagsdefizite auf. Diese führten Ende April 2004 zu außerordentlich kritischen Bodenfeuchtegehalten (70 % Auffüllung), womit keine guten Ausgangsbedingungen für die kommende Vegetationsperiode herrschten. Die auf allen Standorten z. T. stark überdurchschnittlichen Niederschläge im Mai beeinflussten die bis dahin angespannte Bodenfeuchtesituation positiv. Der Juni brachte im Mittel unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Die gute Niederschlagsversorgung führte danach zu einer merklichen Erhöhung der Bodenfeuchtegehalte, welche im August

wieder rückläufig waren. Insgesamt ist das Jahr 2004 etwa als normal einzustufen.
Auch das **Jahr 2005** wartete mit übernormalen Jahresdurchschnittstemperaturen auf. Diese lagen an den Versuchsstandorten bei 9,3 °C (+0,7 °C) in Straußfurt, 9,7 °C (+1,4 °C) in Buttelstedt und 10,2 °C (+1,4 °C) in Erfurt/FH. An Jahresniederschlagsaufkommen kamen 465 mm (99 %) in Straußfurt, 480 mm (88 %) in Buttelstedt und 407 mm (80 %) in Erfurt/FH zusammen. Im Messnetzdurchschnitt fielen 91 % der vieljährigen Jahresniederschlagsmenge. Da die zurückliegenden Winterniederschläge unter den Erwartungswerten ausfielen, wurden die Böden zu Vegetationsbeginn nur zu etwa 80 % nFK aufgefüllt. In den Monaten Mai, Juni und August war die Niederschlagsversorgung unterdurchschnittlich. Nur im August lagen die Niederschläge über den Erwartungswerten. Von April bis September traten negative KWB auf. Ab Mitte Mai musste bei den früh entwickelten Kulturen (z. B. früher Blumenkohl, Pfefferminze) mit der Zusatzbewässerung begonnen werden und Anfang Juni dann auch bei Kartoffeln, Erdbeeren und Zwiebeln. Insgesamt ist 2005 als ein etwas zu trockenes Jahr einzuschätzen, in welchem die Zusatzbewässerung Wirksamkeit bewies.
Das **Jahr 2006** war wiederum zu warm. An den Versuchsstandorten ergaben sich folgende Jahresdurchschnittstemperaturen der Luft: Straußfurt 9,6°C (+1,0 °C), Buttelstedt 9,4 °C (+1,1 °C) und Erfurt/FH 10,6 °C (+1,8 °C). Die Jahresniederschlagsdargebote lagen bei 464 mm (99 %) in Straußfurt, 448 mm (82 %) in Buttelstedt und 427 mm (84 %) in Erfurt/FH. Im Messnetzdurchschnitt fielen 91 % der vieljährigen Jahresniederschlagsmenge. Wie in den letzten Jahren fand auch zum 01.04.2006 keine Auffüllung der Bodenfeuchte statt, da die Winterniederschläge nur 77 % der vieljährigen Vergleichswerte erreichten. Die nutzbare Feldkapazität lag bei etwa 80 %. Im April und Mai war die Niederschlagsversorgung meist auf normalem Niveau, so dass bis Ende Mai nur bei Fruchtarten mit einer sehr frühen Beregnungszeitspanne Zusatzwassergaben erforderlich waren (z. B. Erdbeere). Ab Juni erhöhten sich die negativen KWB-Werte. Diese Situation wurde dann im Juli extrem verschärft, in dem im Mittel nur 69 % des Niederschlages aber 120 % der Verdunstung registriert wurden. Hohe Zusatzwassergaben waren die Folge. Völlig gegensätzlich stellte sich der August dar. Hohe Niederschläge auf allen Standorten bis über 200 % der vieljährigen Monatssummen führten zu einem deutlichen Anstieg der Bodenfeuchte. Die Salden der KWB verbesserten sich von im Mittel -248 mm Ende Juli auf -223 mm Ende August, d. h. im August fielen im Mittel 25 mm mehr Niederschlag als verdunstet wurden. Insgesamt zählt 2006 zu den eher trockenen Jahren.
Das **Jahr 2007** war das wärmste Jahr des Berichtszeitraumes 2004 bis 2009 und darüber hinaus auch das wärmste Jahr seit Beginn der Messungen in Buttelstedt von 1983. In Straußfurt betrug die Jahresdurchschnittstemperatur 10,1 °C (+1,5 °C), in Buttelstedt 10,4 °C (+2,1 °C) und in Erfurt/FH 10,9 °C (+2,1 °C). Die Jahresniederschlagsdargebote lagen bei 638 mm (136 %) in Straußfurt, 715 mm (131 %) in Buttelstedt und 640 mm (125 %) in Erfurt/FH. Im Messnetzdurchschnitt fielen 139 % der vieljährigen Jahresniederschlagsmenge. Wie bereits in den letzten drei Jahren fand auch zum 01.04.2007 keine Auffüllung der Bodenfeuchte statt. Die Winterniederschläge (30.10.06 bis 31.03.07) lagen zwar auf den meisten Standorten im Bereich der vieljährigen Normalwerte und auf einigen Standorten auch leicht darüber. Die Bodenfeuchtegehalte befanden sich nur im Bereich von 60 bis 80 % nFK. Die Gründe dafür waren die großen Entzüge im Vorjahr und die hohen Verdunstungswerte, verursacht durch außergewöhnliche Temperaturen im Winter, die weit über den durchschnittlichen Messgrößen lagen. Diese Ausgangssituation wurde durch die Witterung im April mit einer mittleren Nie-

derschlagsversorgung von nur 10 % im Vergleich zu den Normalwerten drastisch verschärft. Hinzu kamen noch Übertemperaturen zwischen 3 bis fast 5 °C, die zu hohen Verdunstungswerten führten. Dadurch gingen die Bodenwassergehalte in den oberen Bodenschichten weiter zurück. Die Notwendigkeit häufiger Anpflanzberegnung und frühe Zusatzwassergaben bei Erdbeeren waren die Folge. Nach sechs Wochen Trockenheit entspannte sich diese Situation im Mai durch eine reichliche Niederschlagsversorgung. In Verbindung mit hohen Temperaturen, die 2 bis 3,5 °C übernormal ausfielen, kam es zu einem deutlichen Wachstumsschub bei allen Kulturen. Zusatzwassergaben waren nur bei wenigen bereits sehr gut entwickelten Kulturen wie z. B. früh gepflanztem Blumenkohl und Rosenkohl, Pfefferminze und Erdbeeren notwendig. Die warme und feuchte Witterung setzte sich im Juni fort. Aufgrund der hohen Verdunstungswerte und der fortgeschrittenen Entwicklungszeit der Pflanzen reichten die Niederschläge aber trotzdem oft nicht aus, um den Wasserbedarf der Kulturen zu decken. Deshalb waren bei Pfefferminze, Erdbeeren und Rosenkohl weitere Zusatzwassergaben sowie bei Frühkartoffeln, Hopfen, Zwiebeln und Buschbohnen erste Beregnungsgaben erforderlich. Der Juli und August fielen dann weitgehend normaltemperiert aber wieder zu feucht aus. Hohe Verdunstungswerte machten weitere Zusatzwassergaben notwendig. Insgesamt gesehen war die Witterung während der Beregnungssaison 2007 zu warm und zu feucht und erforderte einen deutlich geringeren Zusatzwassereinsatz als in den letzten Jahren.

Auch das **Jahr 2008** zeigte sich zu warm. Die Jahresmitteltemperaturen beliefen sich in Straußfurt auf 9,7 °C (+1,1 °C), in Buttelstedt auf 9,0 °C (+0,7 °C) und in Erfurt/FH auf 10,5 °C (+1,7 °C). Die Jahresniederschlagsaufkommen erreichten 373 mm in Straußfurt (80 %), 484 mm in Buttelstedt (89 %) und 460 mm in Erfurt/FH (90 %). Im Messnetzmittel wurden 87 % registriert. Infolge der hohen Sommerniederschläge 2007 und der positiven KWB über den Winter hatten die Böden zu Beginn der Vegetationsperiode 2008 erstmals seit einigen Jahren wieder Sättigung aufzuweisen. Die Niederschläge im April erhöhten die Bodenfeuchte weiter. Daraus resultierte eine Übersättigung vieler Standorte, was mit anschließenden Abflussverlusten und erschwerter Frühjahrsbestellung verbunden war. Durch die Trockenheit und Wärme des Mai gingen die Bodenfeuchtegehalte stark zurück. Bei weit entwickelten Gemüse- und Sonderkulturen waren ab Mitte Mai Zusatzwassergaben erforderlich. Die am 31.05.2008 in Folge von Gewitter, oft verbunden mit Hagel, auf einigen Standorten gefallenen größeren Niederschlagsmengen konnten diese Situation nur kurzfristig verbessern. Die warme und meist zu trockene Witterung setzte sich von Juni bis August fort. Die Bodenfeuchtegehalte gingen immer weiter zurück, wodurch häufige Zusatzwassergaben erforderlich wurden. Erst im zu kalten September gab es an vielen Standorten wieder Niederschlagsmengen über den Erwartungswerten. In der Erfurt/FH wurden allerdings nur 79 % gemessen. Diese Niederschläge reichten aber oft nicht aus, um die stark zurück gegangenen Bodenfeuchtewerte in einen für das Pflanzenwachstum optimalen Bereich zu bringen. Somit mussten bei späten Kulturen (Rosenkohl, Weißkohl und späte Sätze Blumenkohl) nochmals Zusatzwassergaben erfolgen. Insgesamt gesehen fiel die Witterung während der Hauptberegnungssaison 2008 zu warm und deutlich zu trocken aus. Folglich war 2008 ein Jahr mit relativ hohen negativen Klimatischen Wasserbilanzen während der Hauptvegetationszeit. Dies spiegelte sich in den recht hohen notwendigen Zusatzwassergaben wider.

Das letzte Jahr des Berichtszeitraumes **2009** fiel wieder zu warm aus. Die Jahresmitteltemperaturen lagen in Straußfurt bei 9,3 °C (+0,7 °C), in Buttelstedt bei 8,6 °C (+0,3 °C) und in Erfurt/FH bei 10,1 °C (+1,3 °C). Bei den Niederschlägen wurden Jahressummen von 616 mm (132 %) in Straußfurt, 573 mm (105 %) in Buttelstedt und 551 mm (108 %) in Erfurt/FH vereinnahmt. Zu Vegetationsbeginn betrugen die Bodenfeuchtegehalte etwa 90 % nFK, weil die Winterniederschläge unter den Erwartungswerten ausfielen und die Verdunstungswerte aufgrund des kalten Winters gering waren. Der April zeigte sich dann mit Rekordtemperaturen bis 6 °C über den Normalwerten. Trotz einer normalen Niederschlagsversorgung gingen die Bodenfeuchtegehalte in Folge der hohen Verdunstung zurück, ohne dass es zu Wassermangel kam. Auch der Mai zeigte sich warm und etwas zu feucht. Trotzdem reichten die Niederschläge nicht aus, um die Verdunstung auszugleichen. Bei weiter entwickelten Gemüse- und Sonderkulturen (z. B. Erdbeeren, Blumenkohl, Pfefferminze) wurden ab Ende Mai Zusatzwassergaben empfohlen. Der Juni war zu kalt und die Monate Juli bis September zu warm. Der August zeigte sich dann deutlich zu trocken und der September wieder zu feucht. Insgesamt gesehen fiel die Witterung während der Hauptberegnungssaison 2009 zu warm und auf den meisten Standorten zu feucht aus. Folglich stellte sich 2009 als ein Jahr mit nur mäßig hohen negativen Klimatischen Wasserbilanzen während der Hauptvegetationszeit mit einem insgesamt geringeren Zusatzwassereinsatz heraus. Sehr differenziert war in diesem Wachstumszeitraum die Niederschlagsverteilung. So gestaltete sich diese auf manchen Standorten als sehr gut (z. B. Herbsleben), was zu hohen Erträgen mit guten Qualitäten führte. Auf anderen Standorten (z. B. Erfurt/FH und Ludwigshof) mussten jedoch höhere Zusatzwassermengen verabreicht werden.

## 2.3 Klimatrend im Zeitraum 1983 bis 2009 am Standort Buttelstedt

Den nachfolgenden Ergebnissen liegen Trendberechnungen (lineare Regressionen) für ausgewählte meteorologische Größen der Station Buttelstedt (27-jährige Reihe der Jahre 1983 bis 2009) zu Grunde (MICHEL und PRÜFER, 2009. Diese Ergebnisse werden auch weitgehend durch die Trends gestützt, die sich aus der Analyse der Daten langjährig verfügbarer Stationen des agrarmeteorologischen Messnetzes der TLL ergeben.

**Lufttemperatur**

Bei der Lufttemperatur ist an allen Standorten ein massiv ansteigender Trend zu erkennen. Konkret für Buttelstedt ergibt sich aus der 27-jährigen Reihe (1983 bis 2009) ein Temperaturanstieg von 8,25 °C im Jahr 1983 auf 9,76 °C im Jahr 2009 (Abb. 1).
Statistisch ist somit die Temperatur im Verlauf dieser 27 Jahre um 1,51 °C, d. h. 0,056 °C pro Jahr angestiegen. Legt man das 30-jährige Mittel der Lufttemperatur als Ausgangswert zu Grunde (8,3 °C), verbleibt immer noch ein Anstieg um 1,46 °C. Betrachtet man das Winter- und Sommerhalbjahr für den Zeitraum 1983 bis 2009 getrennt, so ergeben sich für die beiden Halbjahre Anstiege um 1,58 °C bzw. 1,44 °C (Tab. 4).

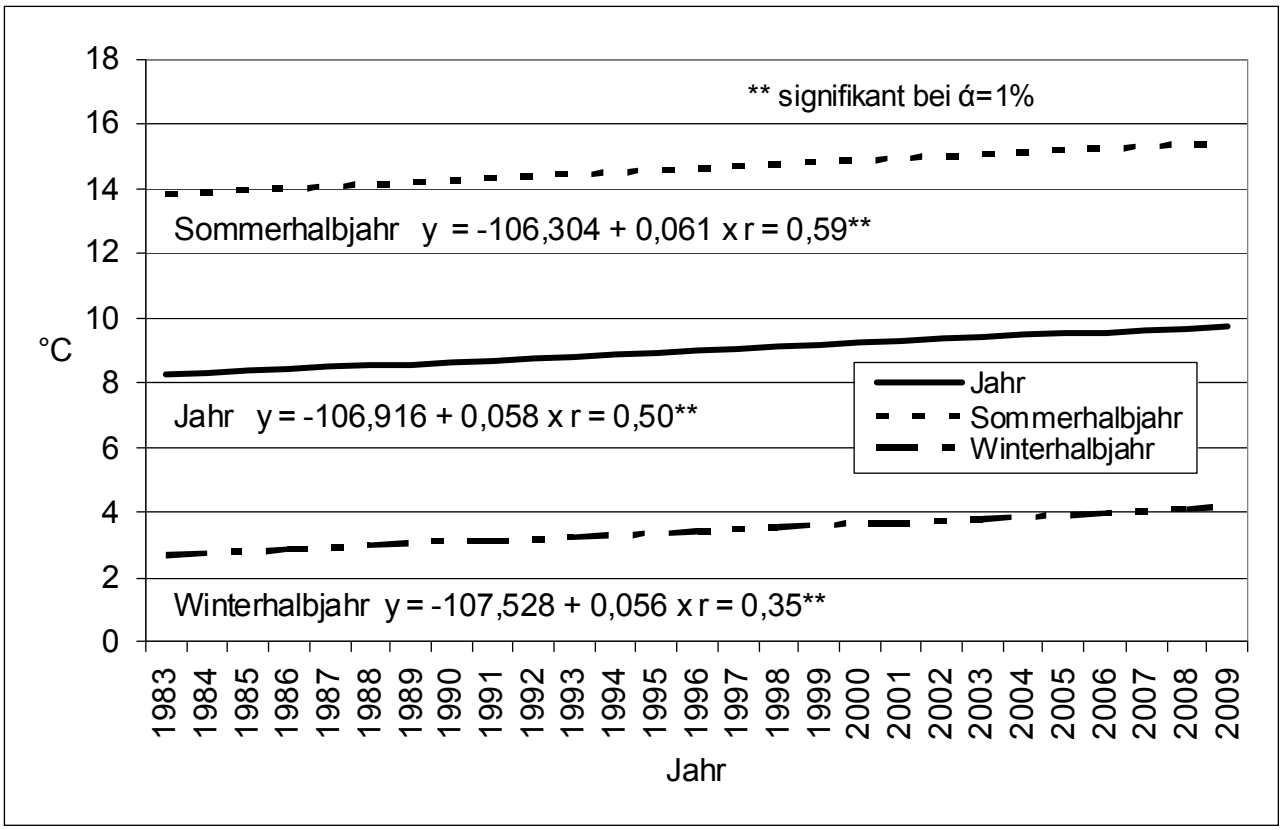



**Abbildung 1:** Trend der Lufttemperaturmittel bezüglich Jahr, Winter- und Sommerhalbjahr (Analyse der Datenreihen 1983 bis 2009 der Station Buttelstedt)

**Tabelle 4:** Temperaturanstiege in unterschiedlichen Abschnitten des Jahres am Standort Buttelstedt abgeleitet aus dem Trend 1983 bis 2009 sowie aus den vieljährigen Mittelwerten 1961 bis 1990 bzw. 1983 bis 2009

| | Temperaturanstieg aus der Trendanalyse ΔT (°C) | Temperaturanstieg aus den vieljährigen Mittelwerten | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1961 bis 1990 | 1983 bis 2009 | ΔT (°C) |
| Gesamtjahr | 1,51 | 8,3 | 9,0 | 0,7 |
| Winterhalbjahr (Oktober bis März) | 1,44 | 2,7 | 3,4 | 0,7 |
| Sommerhalbjahr (April bis Sept.) | 1,58 | 13,9 | 14,6 | 0,7 |

## Niederschlag

Im Gegensatz zu den Temperaturverläufen sind die Trends beim Niederschlag nicht statistisch gesichert. Dies liegt an den großen Streuungen zwischen den Einzeljahren. Somit können diese Trendanalysen nicht mit der gleichen Sicherheit wie bei der Temperatur betrachtet werden. Aus diesem Grunde kann man auch nicht unbedingt von Trends sprechen. Hier und auch bei Strahlung und Klimatischer Wasserbilanz zeigen sich nur Entwicklungstendenzen.

Das extrem niederschlagsreiche Jahr 2007 wirkte sich noch auf die Niederschlagstendenzen aus. Besonders durch die regenreichen Sommermonate hat sich die bis dahin gezeigte negative Tendenz (-45 mm von 1983 bis 2006) in eine positive von +10 mm

umgekehrt. Im Winterhalbjahr wirkte sich die negative Tendenz (-6 mm von 1983 bis 2006) auf -8 mm noch etwas aus. Dadurch ergibt sich für das Gesamtjahr eine Zunahme von +2 mm.
Durch das zu trockene Jahr 2008 sind die aus der Trendanalyse abgeleiteten Niederschlagsänderungen im Winterhalbjahr und im Gesamtjahr wieder in den negativen Bereich gelangt, während im Sommerhalbjahr immer noch eine leichte Zunahme zu verzeichnen war (Abb. 2 und Tab. 5).

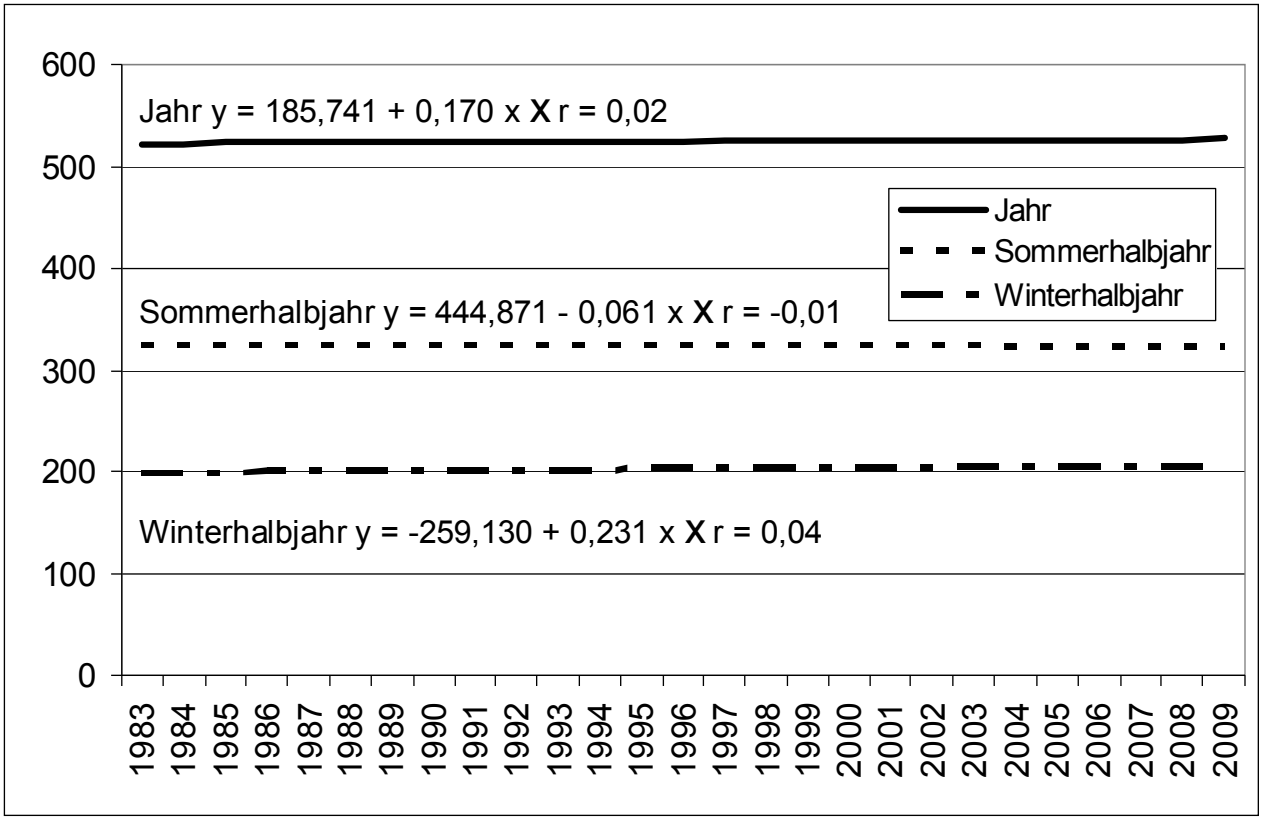



**Abbildung 2:** Trend der Niederschlagsaufkommen pro Jahr, Winter- und Sommerhalbjahr (Analyse der Datenreihen 1983 bis 2009 der Station Buttelstedt)

Im Berechnungszeitraum 1983 bis 2009 ergab sich für das Winterhalbjahr eine Zunahme von 6 mm und für das Sommerhalbjahr eine Abnahme von 2 mm, woraus für das Gesamtjahr eine Zunahme von 4 mm folgt.

**Tabelle 5:** Niederschlagsänderungen in unterschiedlichen Abschnitten des Jahres am Standort Buttelstedt, abgeleitet aus dem Trend 1983 bis 2009 sowie aus den vieljährigen Mittelwerten 1961 bis 1990 bzw. 1983 bis 2009

| | Niederschlagsänderung abgeleitet aus der Trendanalyse N mm | Niederschlagsänderung abgeleitet aus den vieljährigen Mittelwerten | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1961 bis 1990 | 1983 bis 2009 | ΔN |
| Gesamtjahr | +4 | 544 | 524 | -20 |
| Winterhalbjahr (Oktober bis März) | +6 | 208 | 201 | -7 |
| Sommerhalbjahr (April bis September) | -2 | 336 | 323 | -13 |

## Globalstrahlung

Am Beispiel der Berechnung des Trends der Globalstrahlung für den Standort Buttelstedt ist erkennbar, dass die im Jahresverlauf eingestrahlte Energie um 178 MJ/m² zugenommen hat. Im Sommerhalbjahr nahm der Strahlungseintrag um 183 MJ/m² zu, im Winterhalbjahr dagegen um 5 MJ/m² ab (Abb. 3).

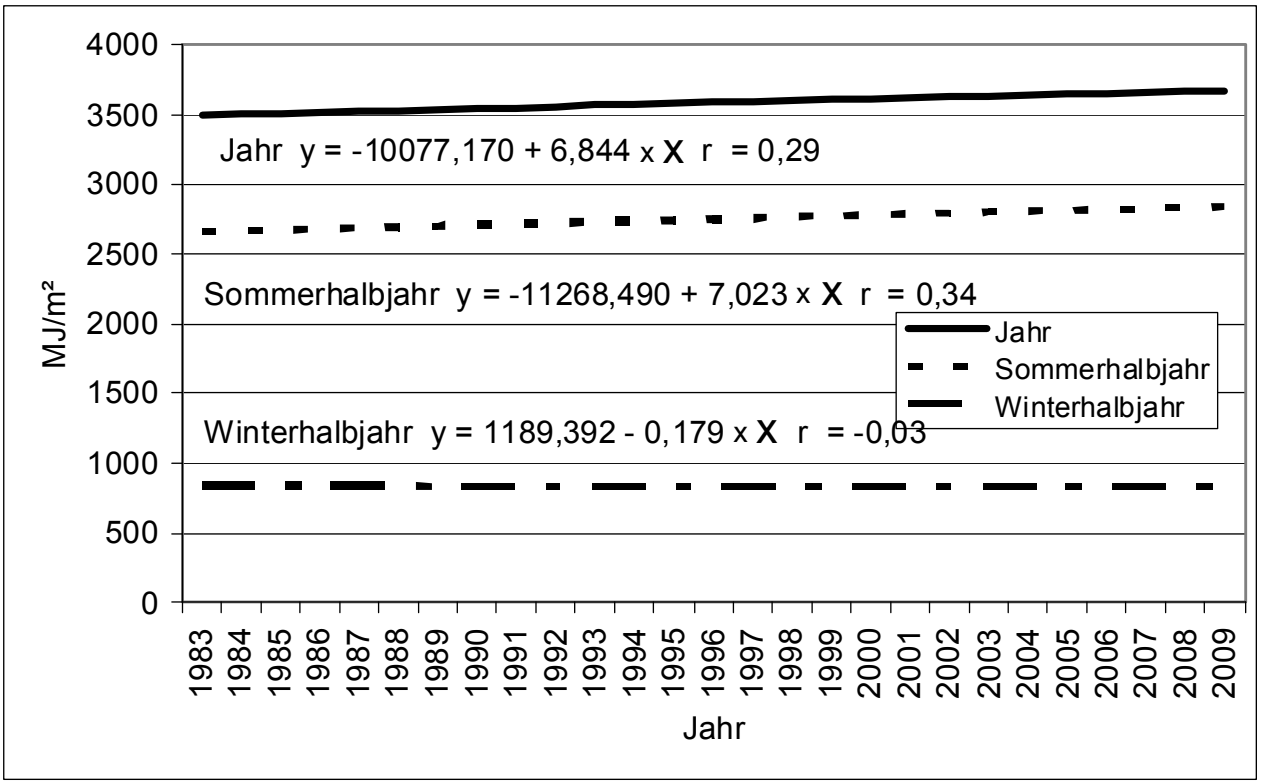



**Abbildung 3:** Trend der Globalstrahlung pro Jahr, Winter- und Sommerhalbjahr (Analyse der Datenreihen 1983 bis 2009 der Station Buttelstedt)

Dies bedeutet, dass der Temperaturanstieg vor allem im Winterhalbjahr weniger strahlungsbedingt zu sehen ist, sondern eher auf eine Verlagerung wärmerer Luftmassen in den mitteleuropäischen Raum zurückzuführen sein könnte. Eine mögliche Erklärung ist, dass sich vor allem im Winterhalbjahr der maritime Einfluss verstärkt und der kontinentale Einfluss vermindert hat.

## Potenzielle Verdunstung

Für die Berechnung der hier verwendeten Verdunstung liegt die Formel von TURC, modifiziert nach WENDLING (1986) zu Grunde, die als Eingangsparameter die Strahlung und die Lufttemperatur benötigt.
Aus der regressionsanalytischen Berechnung der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur der Station Buttelstedt resultiert für den Zeitraum von 1983 bis 2009 ein Temperaturanstieg von 1,51 °C. Allein ein solcher Temperaturanstieg führt zu einer Mehrverdunstung von ca. 22 mm im Jahr. Bezieht man die Strahlungserhöhung (ca. 178 MJ/m²) mit ein, dann nahm die potenzielle Verdunstung sogar um 56 mm zu (Tab. 6).

**Tabelle 6:** Auswirkungen des Temperatur- und Strahlungstrends auf die potenzielle Verdunstung

| | Vieljähriger Durchschnitt | | | Abgeleitet aus der Trendanalyse 1983 bis 2009 | | | ΔPET mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T (°C) | GS (MJ/m²) | PET (mm) | T (°C) | GS (MJ/m²) | PET (mm) | |
| April bis Sept. | 13,9 | 14,39 | 490,1 | 15,4 | 15,52 | 542,6 | 52,5 |
| Gesamtjahr | 8,3 | 9,37 | 583,6 | 9,8 | 10,06 | 639,8 | 56,2 |

Stellt man diese Betrachtung für das Sommerhalbjahr ebenfalls unter Berücksichtigung des Strahlungsanstiegs an, dann ergibt sich durch die um 1,58 °C erhöhte Temperatur und eine zusätzliche Einstrahlung von 182 MJ/m² eine Verdunstungserhöhung um ca. 53 mm (von 490 auf 543 mm). Unter Einbeziehung der Niederschlagstendenz von -2 mm für diesen Zeitraum erhöht sich das Defizit der Klimatischen Wasserbilanz auf -55 mm.

## Klimatische Wasserbilanz

Unter mitteldeutschen Klimaverhältnissen weist die Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (April bis September) meist ein Defizit auf, da die Verdunstung (genauer der Verdunstungsanspruch) in der Mehrzahl der Jahre deutlich über dem Niederschlag liegt. Aus der 27-jährigen Reihe der Station Buttelstedt ergibt sich eine durchschnittliche Verdunstung von 527,4 mm, der ein Niederschlag von 323,2 mm gegenübersteht (Tab. 7). Die Bilanz weist damit ein Defizit von -204,2 mm aus.
Auch die Salden für das Gesamtjahr sind im Mittel defizitär (Tab. 8), weil die Verdunstung von 663,2 mm nicht durch den verfügbaren Niederschlag (522,4 mm) ausgeglichen werden kann, womit ein Defizit von 92,0 mm entsteht. Dies bedeutet, dass vielfach Standorte mit einem jährlichen Niederschlagsdargebot < 650 mm zu den KWB-Defizit-Standorten zu rechnen sind. Reale Wasserbilanzen fallen in der Regel etwas anders aus, da die potenzielle Verdunstung von der tatsächlichen abweicht. Letztere ist über die meteorologischen Größen hinaus von der Bodenfeuchte, dem Bedeckungsgrad und dem Blattflächenindex abhängig.
Die aus den Daten von 1983 bis 2009 berechneten Trends für die KWB-Zeiträume Januar bis Dezember bzw. April bis September zeigen, dass in beiden Zeiträumen eine Tendenz zu höheren Defiziten besteht. So weist der Trend für die Vegetationsperiode eine Defizitzunahme von 42 mm, im Gesamtjahr von 46 mm aus (Abb. 4). Hierauf hatte vor allem der Zeitraum von 1999 bis 2009 Einfluss, da dieser mit den wärmsten Jahren der Periode 1983 bis 2009 aufwartete. Das feuchte Jahr 2007 beeinflusste die Berechnung der Defizite der Klimatischen Wasserbilanz des gesamten Untersuchungszeitraums ganz wesentlich. Ohne dieses Jahr wurde für den Zeitraum 1983 bis 2006 eine Zunahme im Sommerhalbjahr von 75 mm und im Gesamtjahr von 96 mm ermittelt.

**Tabelle 7:** Differenz aus Niederschlag und Verdunstung im Zeitraum vom 01.04. bis 30.09. der Jahre 1983 bis 2009

| Jahr | Niederschlag* | Verdunstung** | KWB |
|---|---|---|---|
| 1983 | 401,8 | 571,6 | -169,8 |
| 1984 | 415,3 | 475,1 | -59,8 |
| 1985 | 282,1 | 524,0 | -241,9 |
| 1986 | 343,1 | 526,7 | -183,6 |
| 1987 | 411,7 | 454,6 | -42,9 |
| 1988 | 194,9 | 495,7 | -300,8 |
| 1989 | 216,5 | 501,5 | -285,0 |
| 1990 | 266,4 | 497,2 | -230,8 |
| 1991 | 193,4 | 498,6 | -305,2 |
| 1992 | 306,8 | 581,9 | -275,1 |
| 1993 | 361,3 | 527,8 | -166,5 |
| 1994 | 438,7 | 560,2 | -121,5 |
| 1995 | 421,3 | 518,9 | -97,6 |
| 1996 | 352,8 | 477,8 | -125,0 |
| 1997 | 307,9 | 544,5 | -236,6 |
| 1998 | 325,3 | 507,4 | -182,1 |
| 1999 | 317,7 | 548,5 | -230,8 |
| 2000 | 270,3 | 541,2 | -270,9 |
| 2001 | 300,7 | 519,2 | -218,5 |
| 2002 | 309,3 | 499,5 | -190,2 |
| 2003 | 209,8 | 603,4 | -393,6 |
| 2004 | 361,9 | 526,0 | -164,1 |
| 2005 | 315,2 | 534,2 | -219,0 |
| 2006 | 278,5 | 570,5 | -292,0 |
| 2007 | 528,1 | 544,6 | -16,5 |
| 2008 | 294,1 | 539,3 | -245,2 |
| 2009 | 301,9 | 551,0 | -249,1 |
| **Mittel** | ***323,2*** | ***527,4*** | ***-204,2*** |

* Hellmann in 1 m Aufstellungshöhe
** Verdunstung berechnet nach TURC (modifiziert nach WENDLING)

**Tabelle 8:** Differenz aus Niederschlag und Verdunstung im Zeitraum vom 01.01. bis 31.12. der Jahre 1983 bis 2009

| Jahr | Niederschlag* | Verdunstung** | KWB |
|---|---|---|---|
| 1983 | 553,8 | 718,3 | 164,5 |
| 1984 | 635,4 | 617,4 | 18,0 |
| 1985 | 458,1 | 650,8 | 192,7 |
| 1986 | 582,1 | 664,4 | 82,3 |
| 1987 | 627,1 | 565,1 | 62,0 |
| 1988 | 453,7 | 617,6 | 163,9 |
| 1989 | 419,1 | 644,4 | 225,3 |
| 1990 | 405,8 | 648,3 | 242,5 |
| 1991 | 332,3 | 634,6 | 302,3 |
| 1992 | 551,9 | 706,1 | 154,2 |
| 1993 | 574,1 | 656,8 | 82,7 |
| 1994 | 641,4 | 697,2 | 55,8 |
| 1995 | 576,3 | 657,3 | 81,0 |
| 1996 | 524,7 | 593,4 | 68,7 |
| 1997 | 491,6 | 680,6 | 189,0 |
| 1998 | 546,0 | 639,5 | 93,5 |
| 1999 | 503,5 | 687,8 | 184,3 |
| 2000 | 471,1 | 682,0 | 210,9 |
| 2001 | 536,4 | 655,0 | 118,6 |
| 2002 | 636,8 | 636,9 | 0,1 |
| 2003 | 381,8 | 748,0 | 366,2 |
| 2004 | 503,9 | 670,2 | 166,3 |
| 2005 | 479,6 | 685,3 | -205,7 |
| 2006 | 447,5 | 707,1 | -259,6 |
| 2007 | 715,2 | 684,4 | 30,8 |
| 2008 | 484,3 | 681,6 | -197,3 |
| 2009 | 572,5 | 676,7 | -104,2 |
| **Mittel** | ***522,4*** | ***663,2*** | ***-92,0*** |

* HELLMANN in 1 m Aufstellungshöhe

** Verdunstung berechnet nach TURC (modifiziert nach WENDLING)

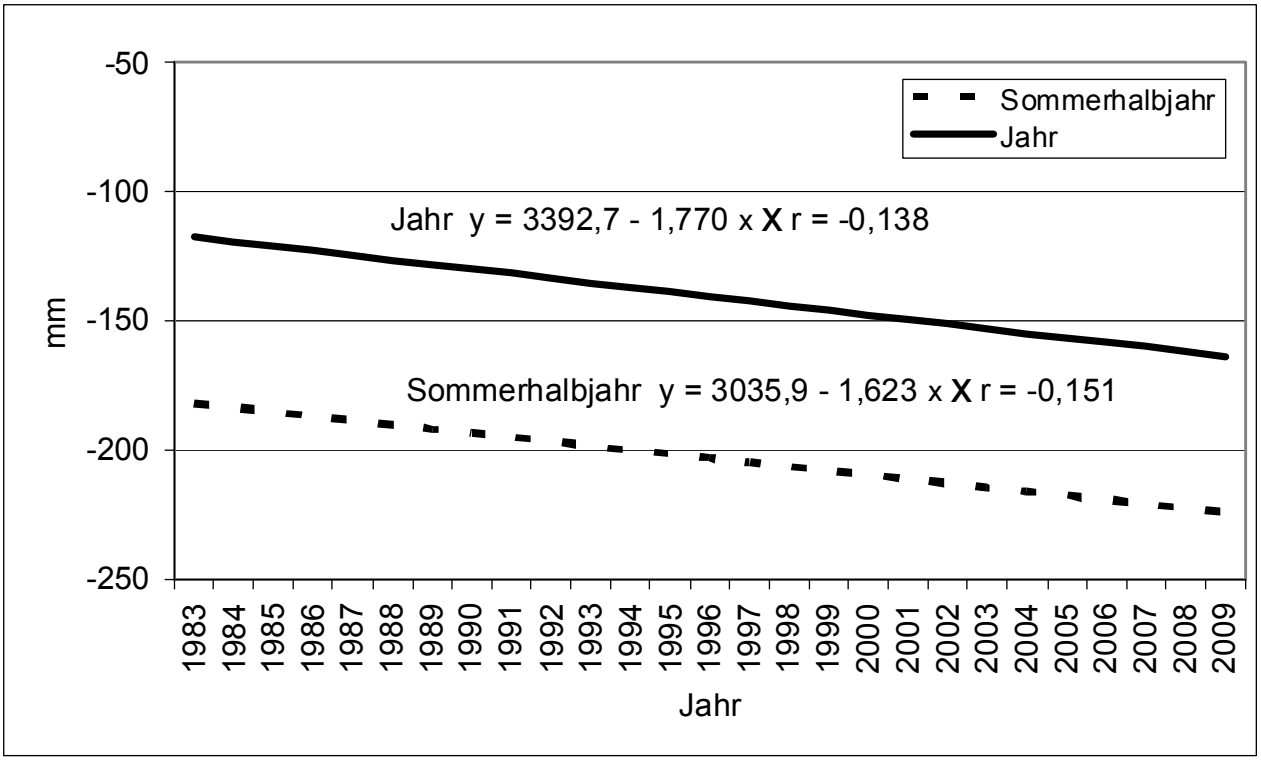



**Abbildung 4:** Trend der Klimatischen Wasserbilanz im Gesamtjahr und Sommerhalbjahr (Analyse der Datenreihen 1983 bis 2009 der Station Buttelstedt)

## Länge der Wachstumsperiode

Mit dem Temperaturverlauf geht auch ein gleichsinniger Trend der Länge der Wachstumsperiode einher. So haben sich dem Temperaturtrend entsprechend die Termine des Beginns und Endes als auch damit die Länge der Wachstumsperiode an den Berichtstandorten verändert. Für den Zeitraum von 1983 bis 2009 hat sich am Standort Buttelstedt, der hier als Repräsentant herangezogen wird, gegenüber dem vieljährigen Durchschnitt aus der Datenreihe von 1901 bis 1950 der Station Erfurt-Bindersleben eine Verfrühung des Eintritts in die Vegetationsperiode um acht Tage ergeben sowie eine Verlängerung dieser um fünf Tage (Tab. 9).

**Tabelle 9:** Beginn, Ende und mittlere Länge der Vegetationsperiode, ermittelt für unterschiedliche Zeitreihen

| Zeitraum | Vegetationsperiode (Tagesmittel > 5 °C) | | |
|---|---|---|---|
| | Beginn | Ende | Dauer |
| 1901 bis 1950[1)] | 24.03. | 07.11. | 229 |
| 1951 bis 1975[1)] | 31.03. | 07.11. | 222 |
| 1951 bis 1980[2)] | 29.03. | 11.11. | 228 |
| 1983 bis 2009[2)] | 16.03. | 12.11. | 243 |

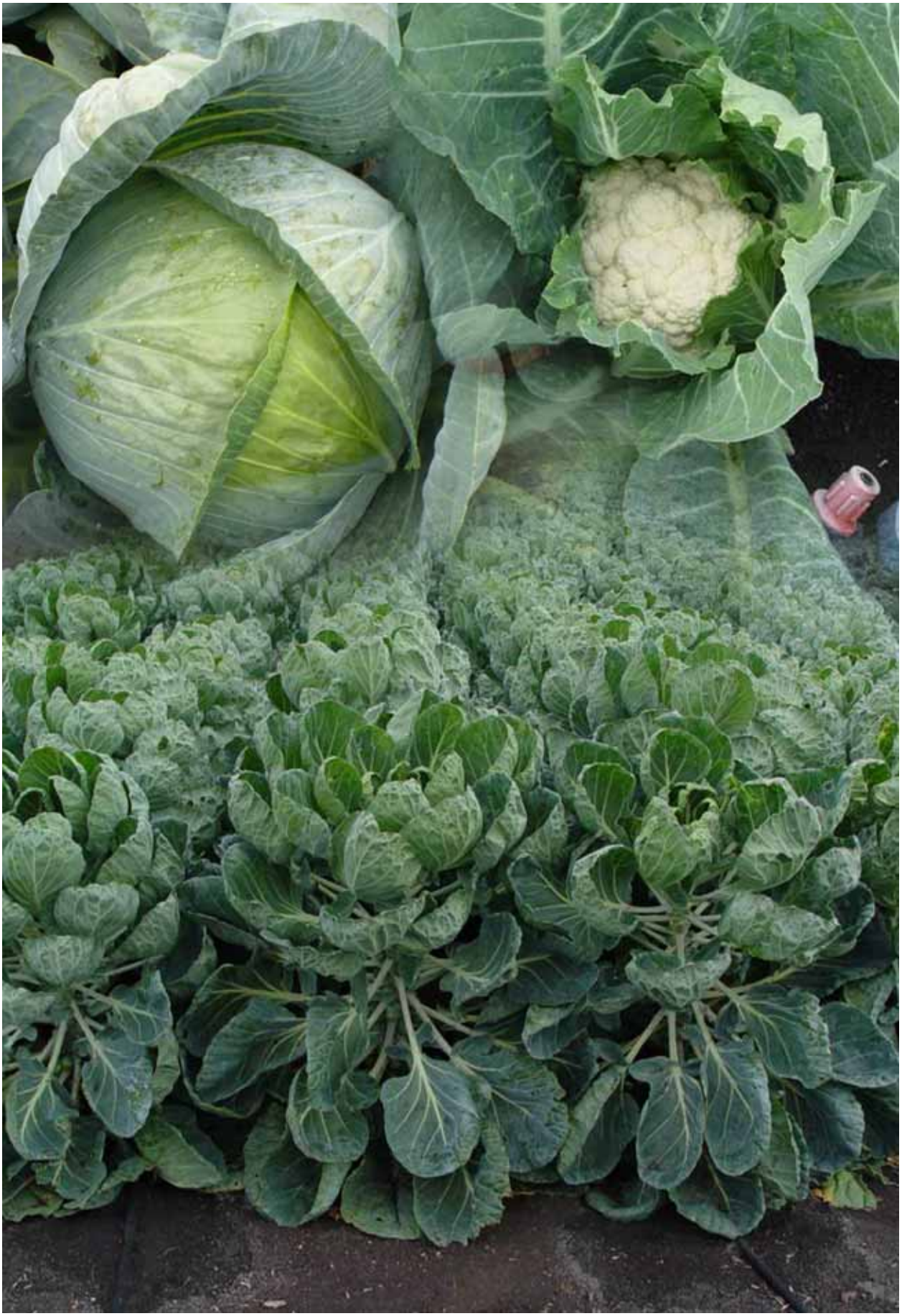
[1)] Station Erfurt-Bindersleben des DWD
[2)] Station Buttelstedt

Damit war die Wachstumsperiode des Zeitraumes 1983 bis 2009 um 14 Tage länger als die des Zeitraumes 1901 bis 1950. Der Vergleich mit der Periode 1951 bis 1980 weist

eine 14 Tage längere Wachstumsperiode aus, die aus einem um 13 Tage verfrühten Vegetationsbeginn und einen um einen Tag späteren Vegetationsende resultiert.
Da die Länge der Vegetationsperiode prinzipiell eine enge Beziehung zur Lufttemperatur aufweist, scheint es sinnvoll diesen Zusammenhang für Thüringer Verhältnisse zu quantifizieren. Ein Vergleich der Jahresmitteltemperaturen mit der zugehörigen Länge der Wachstumsperiode ergab, dass eine Temperaturabweichung von ±1 °C eine Verlängerung bzw. Verkürzung der Wachstumsperiode um ca. 8 Tage zur Folge hatte. So begann die Vegetationsperiode 1990 am 03.02. und endete am 16.11., womit sie sich über einen Zeitraum von 287 Tagen erstreckte. Damit war sie fast zwei Monate länger als „normal". Ein weiteres Beispiel lieferte das Jahr 2006, indem die Vegetationsruhe erst am 10. Dezember, vier Wochen später als üblich, eintrat (Tab. 10). Im Jahre 2009 endete die Vegetationsperiode am 30.11. und somit fast drei Wochen später als im Vergleichszeitraum 1951 bis 1980.

**Tabelle 10:** Beginn, Ende und Dauer der Vegetationszeit im Berichtszeitraum am Standort Buttelstedt

| Jahr | Beginn | Ende | Dauer (Tage) |
|---|---|---|---|
| 2004 | 16.03. | 07.11. | 237 |
| 2005 | 16.03. | 15.11. | 245 |
| 2006 | 16.03. | 10.12. | 270 |
| 2007 | 24.03. | 10.11. | 232 |
| 2008 | 28.03. | 12.11. | 230 |
| 2009 | 27.03. | 30.11. | 249 |



# 3 Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen in Thüringen

## 3.1 Feldgemüse

### 3.1.1 Blumenkohl

*Versuchsfrage*

Der Blumenkohlanbau hat in Thüringen besonders im Raum Erfurt eine lange Tradition. Er stellt von den Kohlarten eine anspruchsvolle Kultur hinsichtlich Klima, Boden und Bestandesführung dar. Der Anbau von Blumenkohl in den Trockengebieten Thüringens mit jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 450 und 500 mm ist nur mit Bewässerung erfolgreich. Dabei spielt neben der Ertragsstabilisierung der qualitätssichernde Aspekt eine entscheidende Rolle. Allerdings wird die Bewässerung in den Betrieben teilweise nicht dem Bedarf der Bestände angepasst, sondern sie wird in Termin und Gabenhöhe anderen Pflegemaßnahmen untergeordnet. Anteilig wird auch ein überhöhtes Zusatzwasserangebot betrieben. Daraus ergibt sich, Möglichkeiten zu prüfen, die eine bessere Steuerung der Beregnung mit pflanzenspezifischen Beregnungszeiten und Gabenhöhen gewährleisten, dabei auch Wasser einsparen und gleichzeitig zur Ertragssicherung und qualitätsgerechter Produktion führen. Den Schwerpunkt der Untersuchungen mit Blumenkohl stellen somit Ermittlungen des optimalen Zusatzwassereinsatzes dar. Den Versuchen in Straußfurt und Erfurt lag u. a. auch die These zugrunde, dass auf flachgründigen Standorten wie Alperstedt mit seinen Schwarzerdeböden und mittlerem Bodenwasserspeichervermögen mehrere Beregnungsgaben mit kleineren Einzelgabenmengen eine bessere Vermarktungsfähigkeit ermöglichen.
Nachfolgend werden Untersuchungsergebnisse von unterschiedlichen Versuchen mit Blumenkohl vorgestellt, die im Jahr 2000 in der Kastenanlage Jena, von 2004 bis 2006 auf dem Versuchsfeld Straußfurt, 2000 und 2004 in der Lysimeterstation Buttelstedt und von 2004 bis 2006 in der LVG Erfurt durchgeführt wurden.

#### Kastenanlage Jena

*Untersuchungsbedingungen*

Der Einfluss unterschiedlicher Bewässerungsverfahren auf Ertragsparameter von Blumenkohl wurde im Jahr 2000 in der Kastenanlage Jena untersucht und mit der Fragestellung der Keimbelastung von Ernteprodukten beim Einsatz von bakteriologisch belastetem Beregnungswasser kombiniert (s. Punkt 4).
Der Blumenkohlanbau in der Kastenanlage Jena erfolgte in zwei Ansätzen, im ersten Satz mit der Sorte „*Aviso*“ vom 14.04. bis 30.06.2000 und im Nachbau mit der Sorte „*Fremont*“ vom 22.09. bis 12.10.2000. Unter Bezugnahme auf die praxisübliche Bestandesdichte wurden je Modellkasten im Freiland drei Blumenkohlpflanzen gesetzt und diese in Abhängigkeit von den natürlichen Niederschlägen beim ersten Ansatz mit zweimal 10 mm und beim zweiten mit einmal 10 mm als Anpflanzberegnung gegossen. Es handelt sich um zwei Sorten mit aufrechtstehendem Blattapparat und relativ kurzen Erntezeiten. Die Prüfvarianten waren:

- unberegnete Kontrollvariante,
- Beregnung,
- Tropfbewässerung oberirdisch und
- Tropfbewässerung unterirdisch.

Die Beregnungssteuerung erfolgte auf der Basis der Berechnung nach der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) und pflanzenspezifischen kc-Werten nach der Geisenheimer Methode wie ab Pflanzung kc = 0,5; ab Pflanzendurchmesser von 30 cm kc = 0,8; ab Pflanzendurchmesser von 60 cm kc = 1,2 und ab Höhe von 60 cm kc = 1,4 (PASCHOLD, 2008). Die Gabenhöhe wurde auf 20 mm festgelegt. Die Berechnung der KWB erfolgte täglich. Bei Bedarf wurde aller zwei Tage getropft in der Größenordnung von 5 bis maximal 10 mm.
Der Erntebeginn wird durch die Kopfgröße bestimmt mit der Zielgröße bei der Verpackung von 6er Kisten. Die Erntemaßnahmen beschränkten sich beim ersten Ansatz auf drei Erntetermine und beim zweiten durch den Temperatureinfluss in der Sommerzeit auf vier Teilernten. Zu den Untersuchungsparametern gehörten die Bestimmung der Frischmassen von Kopf und Blattapparat und die Kopfgröße durch Messung der Wölbung. Da Blumenkohl nach Stück verkauft wird, hängt der Ertrag von der Zahl vermarktungsfähiger Köpfe ab.

*Untersuchungsergebnisse*
Die ermittelten Untersuchungsparameter sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

**Tabelle 11:** Ernteergebnisse von Blumenkohl in der Kastenanlage Jena 2000 (Mittelwerte)

| Prüfvariante | Einzelkopfgewicht | | Blattgewicht | Kopfwölbung | Zusatzwasser |
|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | cm | mm |
| 1. Ansatz „*Aviso*“ | | | | | 2 x 10 A*) |
| unberegnet | 712 | 100 | 867 | 25,9 | |
| beregnet | 1 024 | 144 | 1131 | 29,6 | 140 |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 1 005 | 141 | 1 284 | 28,3 | 134 |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 864 | 121 | 1 084 | 27,6 | 134 |
| 2. Ansatz „*Fremont*“ | | | | | 1 x 10 A*) |
| unberegnet | 844 | 100 | 611 | 28,8 | |
| beregnet | 1 098 | 130 | 877 | 31,3 | 100 |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 1 248 | 148 | 952 | 33,3 | 83 |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 1 087 | 129 | 1 024 | 30,4 | 126 |

A*) Anpflanzberegnung einheitlich in allen Modellkästen

Die Ergebnisse zeigen unabhängig von dem Bewässerungsverfahren eindeutig den Einfluss des Zusatzwassers sowohl auf das Gewicht und die Größe der Blumenkohlköpfe als auch den Blattapparat. Die regressionsanalytische Berechnung der Beziehungen zwischen dem Einzelkopfgewicht und der Kopfwölbung führte zu hoch gesicherten Ergebnissen mit Bestimmtheitsmaßen von $ 0,5 ohne Beregnung und > 0,7 in den bewässerten Varianten. Beim ersten Ansatz betrug der Anteil des Kopfgewichtes von der Gesamtpflanze durchschnittlich 45 %. Durch die wesentlich geringer ausgebildete Blattmasse im zweiten Ansatz erhöhte sich dieser Anteil zu Gunsten der Köpfe auf 56 %.
Die durch die Bewässerungsmaßnahmen erzielten Blumenkohlerträge in beiden Ansätzen im Durchschnitt von 316 dt/ha sind im Vergleich zu den Angaben für Freilandgemüse in Thüringen mit Werten < 250 dt/ha (Thüringer Landesamt für Statistik, 2009) als positiv zu werten (Tab. 12). Der im gesamten Untersuchungszeitraum durch das Zusatzwasser erzielte Mehrertrag gegenüber unberegnet von im Mittel 36 % bekräftigt die bisherige These, dass im Thüringer Becken der Blumenkohlanbau ohne den

Zusatzwassereinsatz nicht rentabel ist. Beim Vergleich der unterschiedlichen Bewässerungsverfahren ließen sich die Ertragsunterschiede statistisch nicht sichern. In der unterirdischen Tropfbewässerungsvariante wurde mit dem höchsten Zusatzwasserangebot das schlechteste Ertragsergebnis erzielt.
Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass 70 bis 80 % der Pflanzen von Blumenkohl marktfähige Köpfe bringen. In der Kastenanlage in Jena betrug ohne Beregnung der vermarktungsfähige Anteil nur etwa 60 %. Überraschend war, dass bei der oberirdischen Tropfbewässerung alle Blumenkohlköpfe vermarktungsfähig waren. Mit der unterirdischen Tropfbewässerung konnten 90 % der Erntemengen und durch die Beregnung 85 % vermarktet werden.
Die Zusatzwassermenge in den einzelnen Sätzen differierte aufgrund der verschiedenen Niederschlags- und Temperaturverhältnisse in den unterschiedlichen Monaten zwischen 83 und 140 mm ohne Anpflanzberegnung. Bei der oberirdischen Tropfbewässerung war der Wassereinsatz unwesentlich geringer als in der Beregnungsvariante. Die höchste Zusatzwassermenge mit dem schlechtesten Ertragsergebnis lässt auf eine schlechte Wasserverteilung im Boden schließen. Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung kann bei den beiden Verfahren mit oberirdischer Wasserzuführung über Tropfer oder Regner als gut eingeschätzt werden. Der geringere Ertrag in der unterirdischen Tropfbewässerungsvariante spiegelt sich in einer nicht effizienten Wasserausnutzungsrate wider. Ungeachtet der Ertragsunterschiede wird aus den Resultaten sichtbar, dass die Wasserzuführung auch über die Tropfbewässerung zu einer marktgerechten Produktion von Blumenkohl auf einem hohen Ertragsniveau führen kann. Die höheren Investitionskosten des Tropfbewässerungsverfahrens werden sich jedoch auf das Betriebsergebnis auswirken.

**Tabelle 12:** Ergebnisse von Blumenkohl (Frischmarkt) in der Kastenanlage Jena 2000

| Prüfvariante | Kopfertrag | | Marktwareertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | dt/ha | % | dt/ha | Mehrertrag dt/ha | mm | Ausnutzung[1] kg/mm x ha |
| 1. Ansatz „*Aviso*“ | | | | | | |
| unberegnet | 214 | 100 | 107 | | | |
| beregnet | 307[*] | 144 | 230 | 123 | 140 | 88 |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 302[*] | 141 | 302 | 195 | 134 | 145 |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 259[*] | 121 | 181 | 74 | 134 | 55 |
| 2. Ansatz „*Fremont*“ | | | | | | |
| unberegnet | 253 | 100 | 177 | | | |
| beregnet | 329[*] | 130 | 313 | 136 | 100 | 136 |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 374[*] | 148 | 374 | 197 | 83 | 237 |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 326[*] | 129 | 326 | 149 | 126 | 118 |
| Mittelwert aus 1. + 2. Ansatz | | | | | | |
| unberegnet | 233 | 100 | 142 | | | |
| beregnet | 318[*] | 137 | 272 | 130 | 120 | 108 |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 338[*] | 145 | 338 | 196 | 109 | 180 |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 293[*] | 126 | 254 | 112 | 130 | 86 |

*) statistisch gesichert bei $GD_{5\%}$ (t-Test)
[1] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

## Lysimeterstation Buttelstedt

*Untersuchungsbedingungen*
Blumenkohl der Sorte *Fremont* wurde im Jahr 2004 auf den Feldlysimetern Buttelstedt angebaut. Der Boden ist ein tiefgründiger Braunerde-Tschernosem aus Löss mit günstigen Bedingungen für die Durchwurzelung und Wasserbereitstellung.
Es wurden zwei Beregnungsvarianten mit unterschiedlicher Gabenhöhe geprüft. Die Verabreichung des Zusatzwassers erfolgte jeweils nach Erreichen eines Wasserdefizites von etwa -20 mm (Abb. 5) in der Beregnungsvariante I in Gaben von 30 mm und in der Beregnungsvariante II von 15 mm.
Die Wachstumszeit lag zwischen dem 17.05.04 (Pflanzung) und 09.08.2004 (Ernte). Während der Jungpflanzenentwicklung (Pflanzung bis 12-Blattstadium, Anfang Juli) war es im Mai niederschlagsreich und im Juni deutlich zu trocken und etwas zu kühl (62 % des langjährigen Niederschlages, -0,2 °K). Daran schloss sich während der Hauptwachstumsperiode im Monat Juli eine überdurchschnittlich feuchte und temperaturnormale Witterungsperiode.

*Untersuchungsergebnisse*
Die Ergebnisse im Jahr 2000 haben gezeigt, dass Blumenkohl Bodenwasser aus der Bodenschicht von 0 bis 100 cm bis auf 60 % nFK ausschöpfen kann ohne den Ertrag zu reduzieren (KNOBLAUCH, 2003). Gleichzeitig wurde vermutet, dass nach vollständiger Ausbildung des Blattapparates ein höherer Anteil des Zusatzwassers durch Interzeption für die Biomassebildung verloren geht. Beide Beobachtungen führten zu der Überlegung, durch frühzeitige Wiederauffüllung des Bodenwasserspeichers ab Beginn Hauptwachstumsperiode die Zusatzwasserversorgung früher zu beenden und unter Ausnutzung des Bodenwasseraneignungsvermögens unproduktive Verdunstung durch Interzeption zu verringern.
Um den Einfluss der Verdunstungsverlustes auf den Ertrag grob abschätzen zu können, wurde deshalb einer Beregnungsvariante mit Normal-Gaben-Höhe 30 mm eine zweite Beregnungsvariante mit doppelt hoher Gabenzahl, aber gleicher Gesamt-Zusatzwassermenge (Gabenhöhe 15 mm) gegenübergestellt.
Die Verabreichung von Zusatzwasser setzte Ende Juni/Anfang Juli während des 10- bis 12-Blattstadiums nach Erreichen eines Wasserdefizites von ca. -15 mm ein mit einer Beregnungsgabe von 30 mm in der Variante I (29.06.04) und zweimal 15 mm (29.06. und 06.07.04) in der Variante II (Abb. 5).

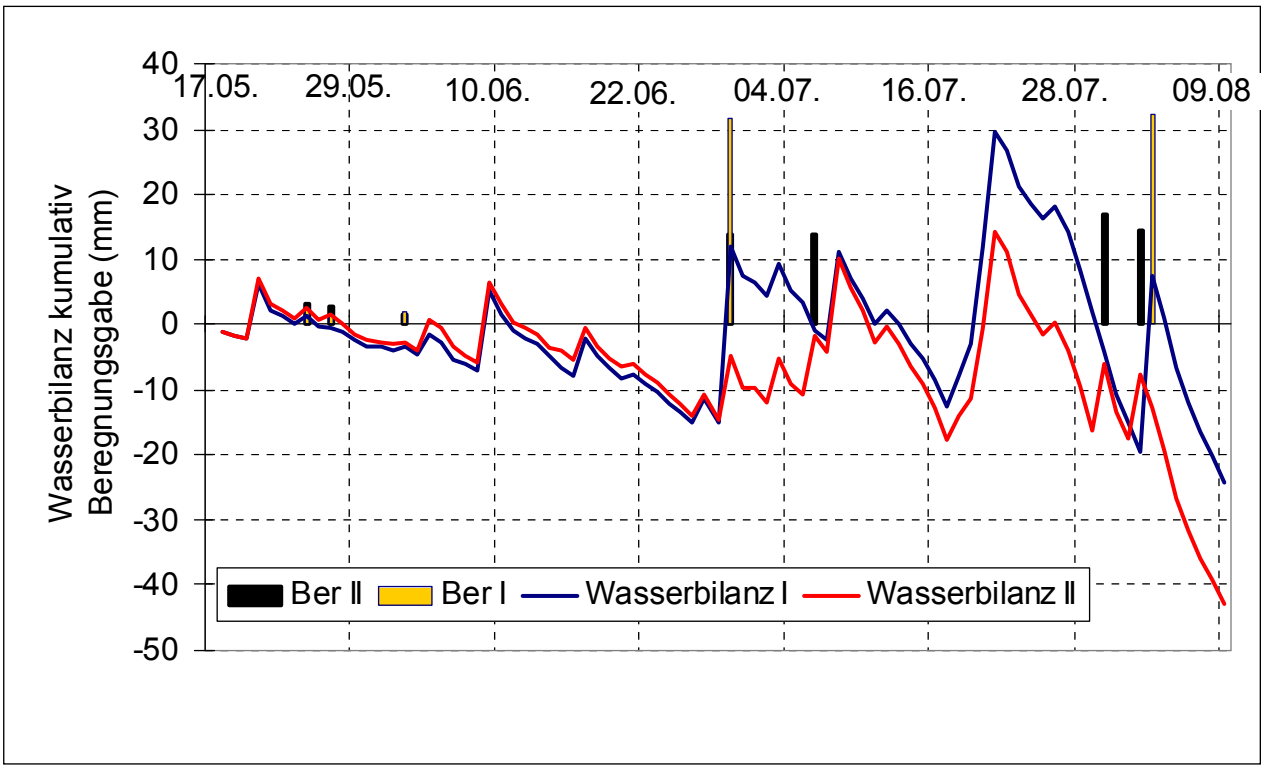



**Abbildung 5:** Wasserbilanz von Blumenkohl, Lysimeteranlage Buttelstedt 2004

Ein erneutes Wasserdefizit von -16 mm stellte sich in der Variante II am 29.07. ein, woraufhin eine Wassergabe von 15 mm am 30.07.04 und nach einem Wasserdefizit von -18 mm am 01.08. wiederum 15 mm folgten. In der Variante I entwickelte sich ein Wasserdefizit von -20 mm erst Anfang August, woraufhin 30 mm am 02.08.04 bewässert wurden. Die Ergebnisse deuten auf eine höhere Evapotranspiration mit der Folge rascheren Erreichens eines Wasserdefizites in der Beregnungsvariante II. Während der Hauptwachstumszeit sinkt das Wasserdefizit in beiden Varianten nicht wesentlich unter -20 mm. Das ist im Zusammenhang mit den ergiebigen Niederschlägen in diesem Zeitraum zu sehen. Eine stärkere Differenzierung der beiden Beregnungsvarianten durch Verabreichung höherer Zusatzwassermengen mit unterschiedlicher Gabenanzahl kann kaum möglich sein. Erst Anfang August mit Einsetzen überdurchschnittlich warmer und trockener Witterung sinkt das Wasserdefizit auf -24 mm in der Beregnungsvariante I und -43 mm in der Beregnungsvariante II. Zu diesem Zeitpunkt hat Blumenkohl bereits die Erntereife erreicht. Das größere Wasserdefizit in der Beregnungsvariante II könnte ein Hinweis für eine höhere Verdunstung aufgrund eines größeren Interzeptionsanteils sein. Tatsächlich liegt die Verdunstung in der Beregnungsvariante II etwas höher (Abb. 6).
Eine nachteilige Auswirkung auf den Ertrag ist allerdings nicht zu erkennen. Das war auch nicht zu erwarten, weil noch genug Bodenwasser zum Ausgleich des Wasserdefizites zur Verfügung stand. Zwischen den beiden Varianten gibt es keine signifikanten Unterschiede im Ertrag an Blumenkohlkopf und -blatt (Tab. 13). In der Tendenz liegt der Ertrag der Beregnungsvariante II mit häufigerer Beregnung sogar höher. Möglicherweise hat die größere Gabenmenge in der Beregnungsvariante I im Zusammenhang mit den reichlichen Niederschlägen über zeitweilige Staunässebildung zu leichten Ertragsdepressionen geführt. Ob sich höhere Beregnungsgaben durch Verringerung

von Verdunstungsverlusten über Interzeption positiv auf den Ertrag auswirken, kann aufgrund der niederschlagsreichen Verhältnisse während der Hauptwachstumsperiode im Anbaujahr 2004 nicht beantwortet werden.

**Tabelle 13:** Ertrag und Transpirationskoeffizient von Blumenkohl der Sorte „*Fremont*", Lysimeteranlage Buttelstedt 2004 im Vergleich zum Anbaujahr 2000

| | 2004 | | 2000 | |
|---|---|---|---|---|
| | Lysimeter beregnet I | Lysimeter beregnet II | Lysimeter beregnet PET[1)] | Lysimeter reduziert beregnet |
| Frischmasse Kopf (dt/ha) | 331 | 376 | 372 | 336 |
| Trockenmasse Kopf (dt/ha) | 23,7 | 27,5 | 28,0 | 25,7 |
| Trockenmasse Blatt (dt/ha) | 41,6 | 52,0 | 61,2 | 53,0 |
| Trockenmasse gesamt (dt/ha) | 65,3 | 79,5 | 89,2 | 78,7*[)] |
| Wachstumstage Pflanzung bis Ernte (d) | 85 | 85 | 76 | 76 |
| Evapotranspiration Pflanzung bis Ernte (mm) | 250 | 261 | 266 | 241 |
| Transpirationskoeffizient (kg $H_2O$/kg TM) | 383 | 328 | 298 | 306 |

[1)] PET - Potenzielle Evapotranspiration

[*)] statistisch gesichert bei $\alpha = 5$ %

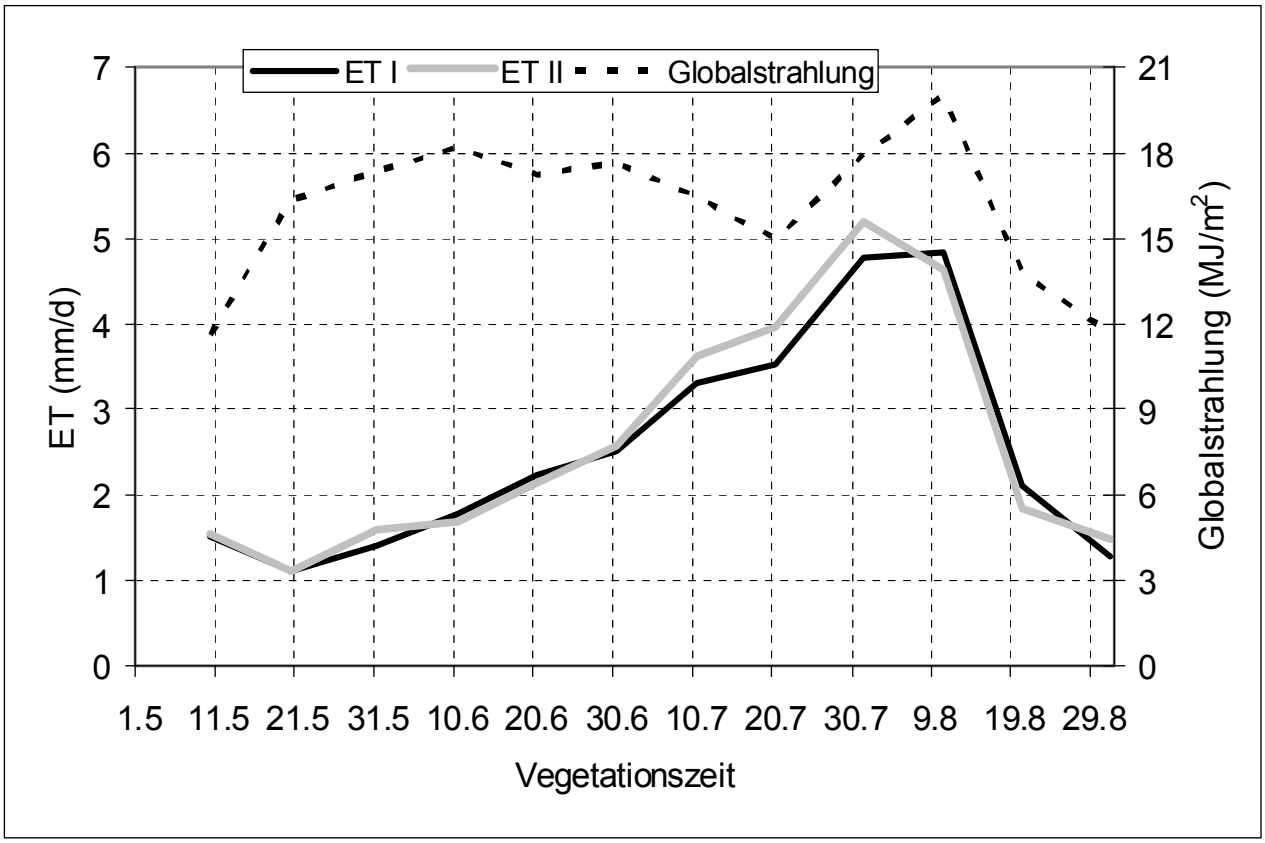



**Abbildung 6:** Verlauf der Evapotranspiration (ET) von Blumenkohl, Lysimeteranlage Buttelstedt 2004

In beiden Beregnungsvarianten haben mit der Einstellung von Wasserdefiziten von maximal -25 bzw. -43 mm durchgehend potenzielle Verdunstungsbedingungen für das pflanzliche Wachstum bestanden. Der Schwellenwert der Bodenfeuchte, der im Jahr 2000 für Blumenkohl unter überdurchschnittlich warmen und trockenen Witterungs-

verhältnissen auf einem tiefgründigen Braunerde-Tschernosem aus Löss ermittelt worden ist beträgt 50 mm (KNOBLAUCH, 2009).
Unter günstigen Bedingungen der Wasserversorgung werden in den beiden Versuchsjahren 2000 und 2004 etwa gleich hohe Erträge erzielt. Das zeigt insbesondere der Vergleich der Beregnungsvariante II im Jahr 2004 mit der Beregnungsvariante PET im Jahr 2000 (Tab. 13). Dafür werden etwa gleich große Wassermengen benötigt. Der Transpirationskoeffizient, insbesondere der beiden Gunstvarianten II und PET, liegt auch in der gleichen Größenordnung. Die Ergebnisse des Wasserverbrauchs und des Transpirationskoeffizienten unter potenziellen Verdunstungsbedingungen im überdurchschnittlich warmen Jahr 2000 werden im temperaturnormalen Jahr 2004 bestätigt.
Im Verlauf des Wachstums beginnt Blumenkohl den 3mm-Tages-Wasserverbrauch ab 10- bis 12-Blattstadium, im Anbaujahr 2004 ab 1. Julidekade, deutlich zu überschreiten (Abb. 6). Damit bestätigt sich auch der im Jahr 2000 abgeleitete Beginn der Beregnungszeitspanne, 12-Blattstadium (ROTH et al., 2005). Der Zeitraum mit hohem Wasserbedarf setzt sich bis zur Ernte fort. Die Beregnungszeitspanne liegt somit zwischen 10- bis 12-Blattstadium und Ernte.
Die unter nahezu potenziellen Verdunstungsbedingungen ermittelte Evapotranspiration gibt den Wasserbedarf der angebauten Kulturart unter den klimatischen Verhältnissen des Standortes wider. Im Zeitraum der Hauptwachstumsperiode während der vollständigen Ausbildung des Blattapparates vom 12-Blattstadium bis zur Kopfbildung ergeben die Verdunstungsmessungen unter temperaturnormalen Verhältnissen einen Wasserbedarf von etwa 70 mm, resp. 4,2 mm/d (Tab. 14). Im darauffolgenden gleich langen Zeitraum der Ausbildung des Blumenkohlkopfes sind es unter dem Einfluss warmer und strahlungsreicher Witterung etwa 85 mm, resp. 5,0 mm/d. In beiden Abschnitten, während der vollständigen Ausbildung des Blattapparates und der Kopfbildung besteht ein hoher Wasserbedarf, der bei nicht ausreichender Deckung durch Niederschläge durch Zusatzwasser gedeckt werden muss. Das trifft sowohl für die Ausbildung des Blattapparates als auch für die des Blumenkohlkopfes zu, weil zur Vermeidung der Gelbverfärbung genug Blattwerk zur Abdeckung des Blumenkohlkopfes vorhanden sein muss.

**Tabelle 14:** Wasserverbrauch von Blumenkohl, Sorte „*Fremont*“ in den einzelnen Ontogenese-Abschnitten, Lysimeteranlage Buttelstedt 2004

| | Zeitraum/Tage | Evapotranspiration | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Lysimeter beregnet I | Lysimeter beregnet II | Lysimeter beregnet II |
| | | mm | mm | mm/d |
| Pflanzung bis 12-Blatt-Stadium | 17.05. - 05.07 / 50 d | 99 | 100 | 2,0 |
| 12-Blatt-Stadium bis Beginn Kopfbildung | 06.07. - 23.07 / 18 d | 67 | 76 | 4,2 |
| Beginn Kopfbildung bis Ernte | 24.07. - 09.08. / 17 d | 84 | 85 | 5,0 |

## Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*
Die Durchführung von Bewässerungsuntersuchungen mit Blumenkohl erfolgte von 2004 bis 2006 innerhalb einer Langparzellenanlage auf dem Versuchsfeld Straußfurt. Geprüft wurden in den drei Jahren zwei Beregnungs- und eine Tropfbewässerungsvariante, die sich in Gabenanzahl und -menge unterschieden.
Die Prüfvarianten waren:

- Beregnung nach KWB mit 25 mm Gaben,
- Beregnung nach KWB mit 15 mm Gaben und
- Tropfbewässerung oberirdisch, 1 Tropfschlauch zwischen zwei Reihen.

Zur Bewertung wurden jeweils vier Wiederholungen, eine fortlaufende Reihe mit je 20 Pflanzen herangezogen. Die Prüfmerkmale waren Qualität (Vermarktungsfähigkeit) und Größe (Sechserpack mit Kopfdurchmesser 22 cm). Die Zusatzwassermengen enthält Tabelle 15.

**Tabelle 15:** Zusatzwassereinsatz bei Blumenkohl, Straußfurt 2004 bis 2006

| Prüfvariante | 2004 | | 2005 | | 2006 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gabenzahl | Menge mm | Gabenzahl | Menge mm | Gabenzahl | Menge mm |
| Beregnung je 25 mm | 5 | 125 | 4 | 100 | 5 | 125 |
| Beregnung je 15 mm | 8 | 120 | 6 | 90 | 7 | 105 |
| Tropfbewässerung je 5 mm | 8 | 40 | 17 | 85 | 19 | 95 |

*Untersuchungsergebnisse*
In Tabelle 16 sind die Ernteergebnisse der drei Versuchsjahre zusammengestellt. Im Jahr 2004 spiegelte sich die geringe Zusatzwassermenge beim Tropfbewässerungsverfahren in dem kleinen Anteil an vermarktungsfähiger Ware wider. Die Qualität der Blumenkohlköpfe war in den Folgejahren zwischen den Prüfvarianten wesentlich ausgeglichener. Es zeichnet sich ab, dass die Beregnungssteuerung mit zahlreichen kleineren Einzelgaben in der Höhe von 15 mm (im Mittel sieben Gaben pro Jahr) zur höchsten Vermarktungsrate von 79 % führte. Diese relativ gute Ausbeute wurde im Vergleich zur 25 mm Gabenhöhe bei einer Wassereinsparung von etwa 10 % erreicht. Demgegenüber konnte mit der Tropfbewässerung bei einem durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassereinsatz von ca. 70 mm mit 67 % der geringste vermarktungsfähige Anteil erzielt werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die Unterschiede zwischen den drei Prüfvarianten jedoch nicht sichern lassen.

**Tabelle 16:** Ernteergebnisse von Blumenkohl, Straußfurt von 2004 bis 2006

| Prüfvariante | vermarktungsfähige Ware ( %) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2004 bis 2006 |
| Beregnung mit 25 mm Gaben | 77 | 73 | 66 | 72,0 |
| Beregnung mit 15 mm Gaben | 84 | 84 | 68 | 78,7 |
| Tropfbewässerung / 5 mm Gaben | 62 | 76 | 63 | 67,0 |
| $GD_{5\ \%}$ | 17,7 | 17,0 | 19,0 | 12,8 |

Die These, die dem Versuch zugrunde lag, dass auf flachgründigen Standorten mit kleineren Einzelgabemenge und einer höheren Gabenanzahl eine bessere Vermarktungsfähigkeit möglich ist, konnte nur in Ansätzen bestätigt werden. Aus praktischen sowie arbeits- und betriebswirtschaftlichen Aspekten sind weniger Zusatzwassergaben mit höheren Wassermengen für den Anbaubetrieb relevant.
Das Tropfbewässerungsverfahren führte zu keinem günstigeren Versuchsergebnis. Möglicherweise ist ein Tropfschlauch für zwei Reihen nicht ausreichend. Andererseits wäre eine Verdopplung des Schlauchmaterials aus ökonomischen Gründen neu zu bewerten.
Nach wie vor ist ein Anbau von Blumenkohl in den Trockengebieten Thüringens für die Qualitätssicherung und Ertragsstabilisierung nur mit Bewässerung erfolgreich. Die unterschiedlichen Bewässerungstechnologien und Steuerungsverfahren spiegelten sich weder in der Ertragsgröße noch in der Produktqualität der dreijährigen Untersuchungsreihe wider.

## Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau (LVG) Erfurt

*Untersuchungsbedingungen*
In den Jahren von 2004 bis 2006 wurden an der LVG Erfurt in Absprache mit der TLL Versuche zur Steuerung der Zusatzwasserversorgung beim Anbau von Blumenkohl angelegt. In den Prüfungen aller drei Versuchsjahre stand die Sorte „*Fremont*“ als Standardsorte mit der größten Anbauverbreitung von Blumenkohl in Deutschland. Die Pflanzung erfolgte 2004 und 2006 in der 22. und 2005 in der 21. Kalenderwoche, so dass die Entwicklung des Blumenkohles im Hochsommer stattfand, in den Wochen mit zumeist sehr hohen Verdunstungswerten.
Die Beregnungssteuerung basierte in allen vier durchgeführten Varianten auf Berechnungen nach der Klimatischen Wasserbilanz (KWB). Die Bilanzierung der Wasserversorgung der Bestände erfolgte dabei unter Einbeziehung der Wetterdaten der benachbarten Erfurter FH, welche mit ihrer Station in das agrarmeteorologische Messnetz der TLL eingebunden ist. Auf eine unberegnete Kontrolle wurde bei dieser Versuchsreihe aus praktikablen Gründen verzichtet. In Thüringen erfolgt der Anbau von Blumenkohl generell mit Zusatzwasser, da ohne Beregnung das Risiko des Totalausfalles eines Bestandes zu groß ist.

Die Prüfvarianten zur Bewässerungssteuerung im Blumenkohl 2004 bis 2006 waren:
- V1 - Beregnung nach KWB, Beregnungsempfehlung der TLL von 100 %;
- V2 - Beregnung nach KWB, Beregnungsempfehlung der TLL von 130 %;
- V3 - Beregnung nach KWB, Geisenheimer Methode mit kc-Wert zu 100 %;
- V4 - Beregnung nach KWB, Geisenheimer Methode mit kc-Wert - 0,2.

Die dreijährige Versuchsreihe diente damit auch dem Vergleich der beiden Beregnungsempfehlungen mit einem empfehlungskonformen und erhöhten Zusatzwassereinsatz und der Prüfung der Geisenheimer Korrekturfaktoren unter den Klima- und Bodenbedingungen Thüringens (pflanzenspezifische kc-Werte analog Kastenanlage Jena).
Die Ernte des Blumenkohles erfolgte in den ersten Septemberwochen. Der Ernteverlauf des Blumenkohles wird entscheidend geprägt von den Bedingungen zur Kopfbildung und der Witterung im Erntezeitraum. Außerdem kann die um eine Woche spätere Pflanzung die Ernte im Durchschnitt um 10 bis 14 Tage verzögern. Im Jahr 2004 erfolgte die Ernte mit drei Durchgängen (Woche 31 bis 32), im Jahr 2005 an vier Erntetagen

(Woche 30 bis 32) während sich die Ernte 2006 nach verzögerter Vernalisation in den heißen Juliwochen dann bei kühlen Temperaturen von Ende August bis weit in den September hinein zog (sechs Teilernten in Woche 33 bis 38).

*Untersuchungsergebnisse*
Entsprechend der Witterungsverläufe in den drei Versuchsjahren ergaben sich nach den Beregnungsempfehlungen der TLL unterschiedliche Wasserdefizite von ca. 75 mm (2004), 130 mm (2005) sowie 205 mm (2006) für den Zeitraum der Versuche zwischen Pflanzung und Ernte. Diese Defizite wurden dann je nach der Prüfvariante mit verschiedenen Zusatzwassermengen ausgeglichen (2004: 50 bis 75 mm, 2005: 125 bis 180 mm, 2006: 200 bis 260 mm).
In Tabelle 17 sind die Ernteergebnisse der dreijährigen Versuche dargestellt. In jeder der vier Prüfvarianten standen in allen drei Jahren 180 Pflanzen (6 x 30 Pflanzen). Dargestellt sind die geernteten Stückzahlen an marktfähiger und an nicht marktfähiger Ware. Die Differenz zwischen Erntehöhe und der Gesamtzahl von 180 Pflanzen bilden die Fehlstellen und die vereinzelt im Hochsommer auftretenden nicht kopfbildenden Pflanzen (sogenannte Trotzer). Vorblüher traten in diesen Versuchen nicht auf.

**Tabelle 17:** Ernteergebnisse von Blumenkohl in der LVG Erfurt 2004 bis 2006

| Jahr | 2004 | | | 2005 | | | 2006 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prüf-variante | markt-fähig Stück | nicht marktf. Stück | Ausbeute % | markt-fähig Stück | nicht marktf. Stück | Ausbeute % | markt-fähig Stück | nicht marktf. Stück | Ausbeute % |
| V1 KWB | 157 | 1 | 87,5 | 161 | 11 | 89,4 | 168 | 9 | 93,3 |
| V2 KWB + 30 % | 158 | 2 | 87,8 | 159 | 17 | 88,3 | 165 | 12 | 91,7 |
| V3 KWB kc-Wert | 152 | 6 | 84,4 | 166 | 7 | 92,2 | 167 | 10 | 92,8 |
| V4 KWB kc-0,2 | 153 | 11 | 85,0 | 155 | 16 | 86,1 | 165 | 7 | 91,7 |

Die Ausbeute an marktfähigen 6er-Köpfen lag in allen drei Versuchsjahren mit 84 bis 88 % (2004), 86 bis 92 % (2005) und 91 bis 93 % (2006) in einem hohen bis sehr hohen Bereich. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren dabei nur gering. Daraus lässt sich ableiten, dass sowohl die in den Beregnungsempfehlungen der TLL angegebenen Zusatzwassergaben als auch die Steuerung nach der Geisenheimer Methode unter den Thüringer Anbaubedingungen gut geeignet sind. Die „Luxusvariante" V2 mit erhöhten Zusatzwassermengen brachte kein besseres Ertragsergebnis als die empfehlungskonforme Variante V1.
Die nicht marktfähigen Köpfe beim Blumenkohl sind nicht nur der unterschiedlichen Beregnungsgaben wie bei zu kleinen, lockeren, haarigen oder verfärbten Köpfen, sondern auch auftretendem Schaderregerbefall von Mehlige Kohlblattlaus, Kohlmottenschildlaus (Weiße Fliege) oder Rapsglanzkäfer zu zurechnen.

In den Versuchsjahren 2004 und 2005 wurde zusätzlich zur marktüblichen Ertragserfassung in Stück die Wägung des Erntegutes durchgeführt. 2005 gab es in allen Prüfvarianten mittlere Kopfgewichte von 1,2 kg. Im ersten Versuchsjahr 2004 lagen die Werte bei einem geringeren Wasserdefizit mit 1,44 kg (V1), 1,50 kg (V2), 1,63 kg (V3) und 1,61 kg (V4) noch deutlich darüber. Dabei wurden die größeren Kopfgewichte bei den Varianten mit höheren Gaben erreicht. In den Varianten V3 und V4 kommt in den ersten Kulturwochen weniger Wasser zum Einsatz (kc < 1), während die Gaben zurzeit der Kopfbildung erhöht werden (kc > 1). Das scheint sich ebenso auf die erreichten Kopfgrößen auszuwirken, wie die hohen Wassergaben bei Variante V2.
Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Ernteverläufe der Marktware von 2005 und 2006 in den vier Beregnungsvarianten.
Aus dieser Versuchsreihe mit Blumenkohl lässt sich schlussfolgern, dass die Klimatische Wasserbilanz in Verbindung mit den Korrekturfaktoren zur Steuerung der Bewässerung nach der Geisenheimer Methode auch unter den Klima- und Bodenbedingungen in Thüringen gut geeignet ist. Eine wesentliche Rolle spielt dabei jedoch die Einbindung der Bewässerung in die anderen Kulturmaßnahmen, neben Düngung und Bodenlockerung gilt das vor allem für die Abstimmung mit dem Pflanzenschutz.

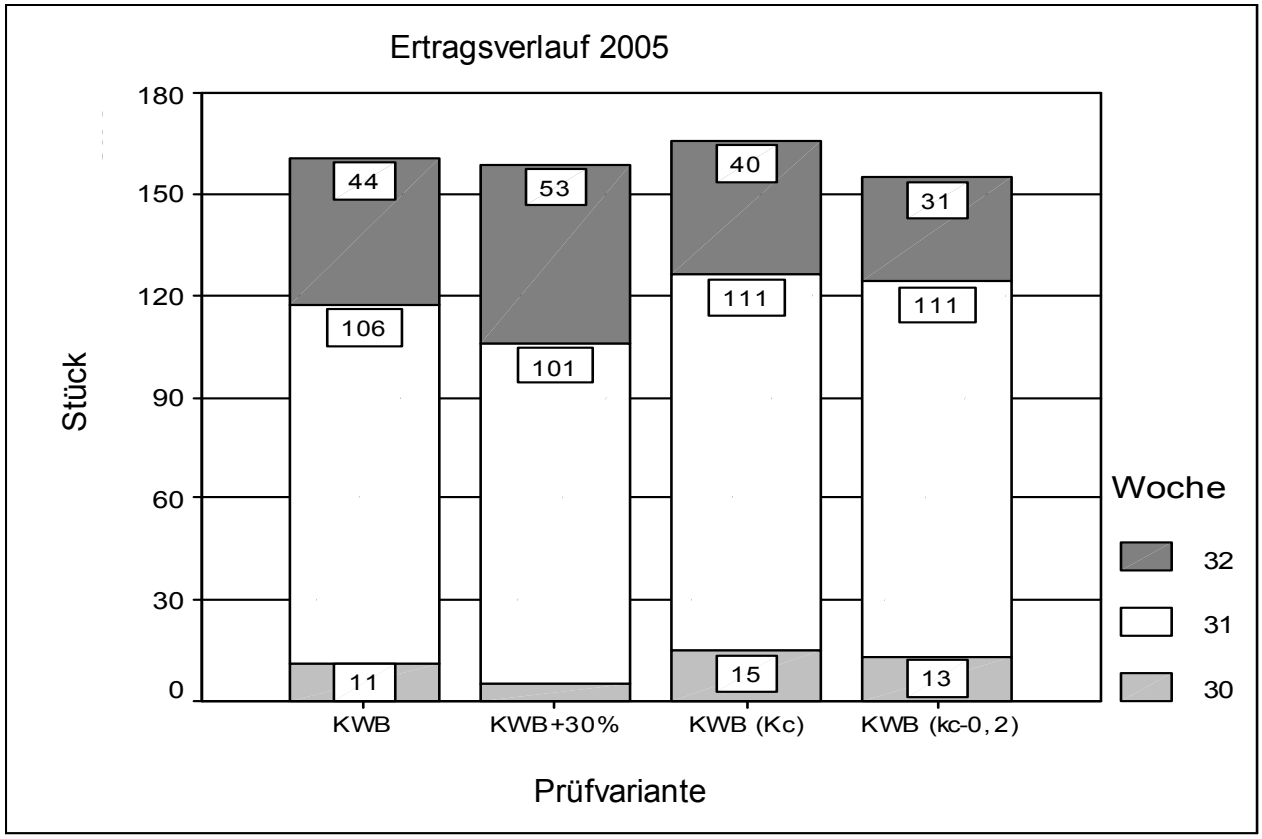



**Abbildung 7:** Ernteverlauf von Blumenkohlbewässerung, LVG Erfurt 2005

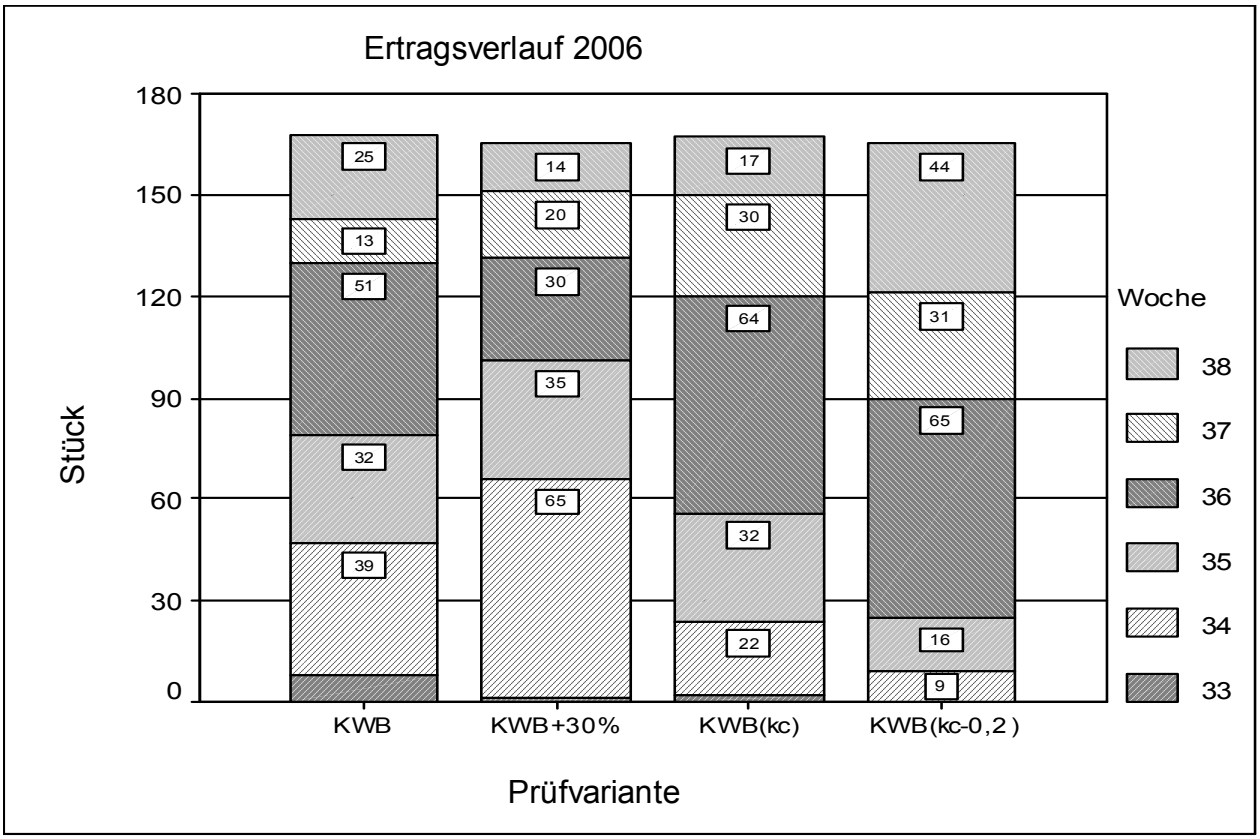



**Abbildung 8:** Ernteverlauf von Blumenkohlbewässerung, LVG Erfurt, 2006

### 3.1.2 Kopfkohl

*Versuchsfrage*

Der Anbau von Kopfkohl hat im Freistaat Thüringen traditionell eine große Bedeutung. In den Regionen um Mühlhausen und Altenburg erfolgt der Anbau sowohl für den Frischmarkt als auch zur Verarbeitung.. Nach dem starken Rückgang der Anbauflächen in den 90er Jahren, wird jetzt auf etwas mehr als 200 ha Kopfkohl in Thüringen produziert (14 % vom Feldgemüseanbau 2009). Bundesweit liegt die Anbaufläche durchschnittlich bei nur 6 % von der gesamten Gemüseanbaufläche. Der in Thüringen angebaute Kopfkohl wird zum großen Teil gepflanzt. Es gibt aber auch Betriebe, die für die Verarbeitungsindustrie die Direktsaat praktizieren.

Frischmarktkohl soll ein durchschnittliches Kopfgewicht von 1,7 kg aufweisen. Damit wird bei der Verpackung die Zielgröße von 6er Kisten angestrebt. Bei mittelfrühen Sorten ist dieses Gewicht ohne Zusatzwasser in kurzen Entwicklungsabschnitten nicht zu erreichen. Dagegen wird beim Industriekohl das Kopfgewicht nicht durch die Zeitspanne eingeschränkt.

Unter den klimatischen Bedingungen der Thüringer Anbaugebiete ist eine stabile Zusatzbewässerung für die Ertragsbildung unbedingt notwendig. In dieser Hinsicht hat sich die Situation in den letzten Jahren verschärft. Die Wasserdefizite fielen teilweise sehr hoch aus und es kam häufiger zu ausgesprochenen Trockenzeiten. Auch in einigen Betrieben, welche in der Vergangenheit aufgrund der zumeist günstigen Niederschlagsverteilung bei gesätem Kohl ohne Zusatzbewässerung ausgekommen sind, hat sich das Ausfallrisiko deutlich erhöht. Eine marktgerechte Produktion von Kopfkohl insbesondere für den Frischmarkt erfordert somit einen pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz. Die von der TLL wöchentlich herausgegebenen Hinweise zur Beregnung können oft aus arbeitstechnologischen und kapazitiven Gründen in den Betrieben nicht empfehlungskonform umgesetzt werden.

In Thüringen kommen im Freilandgemüsebau meist teilortsfeste und bewegliche Beregnungsverfahren zum Einsatz. Wesentliche Nachteile der Überkopfberegnung bestehen in der ungleichmäßigen Wasserverteilung, großen Windanfälligkeit und hohen Verdunstungsrate. Der Einsatz des Düsenwagens gegenüber einem Weitstrahlregner verbessert die Gleichmäßigkeit der Wasserausbringung mit wesentlich kleinerer Tropfengröße (Sprühwirkung) und sorgt für die Klimatisierung des Bestandes hinsichtlich Feuchtigkeit und Verdunstungskälte. Im Vergleich dazu zeichnet sich das Tropfbewässerungsverfahren durch eine verbesserte Wasser- und Nährstoffapplikation bei Düngeeinspeisung, einen geringeren Energieverbrauch, die Unabhängigkeit von den Windverhältnissen, geringere Interzeptionsverluste und verbesserte phytosanitäre Bedingungen durch die Nichtbenetzung von oberirdischen Pflanzenteilen aus. Das Ziel der Untersuchungen besteht in der Prüfung unterschiedlicher Bewässerungsverfahren zum Einsatz differenzierter Zusatzwassermengen für eine effektive Wasserausnutzung auf eine marktgerechte Produktqualität für den Frischmarkt von Kopfkohl als Parzellenfeldversuch in der LVG Erfurt und Demonstrationsversuch unter Praxisbedingungen.
Die zurückliegenden Untersuchungen zur Bewässerung von Kopfkohl in der Kastenanlage Jena von 1997 bis 1999, in der Lysimeterstation Buttelstedt von 1997 und 2001 und auf dem Versuchsfeld Straußfurt von 1999 bis 2001 sind in der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung“ (PFLEGER et al., 2006) enthalten. Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von Kopfkohl mit verschiedenen Bewässerungsverfahren nach unterschiedlichen Steuerungsmethoden in der LVG Erfurt und unter Praxisbedingungen beschrieben.

## Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt

*Untersuchungsbedingungen*
In Thüringen werden zur Bewässerung von Freilandgemüse vor allem mobile Rohrleitungen mit Kreisregnern in kleineren Gartenbaubetrieben oder Beregnungsmaschinen mit Schlauchtrommel in größeren Agrargenossenschaften eingesetzt. In einem auf vier Jahre angelegten kombinierten Bewässerungs- und Sortenversuch von 2008 bis 2011 soll beim Anbau von Kopfkohl untersucht werden, welchen Einfluss das Bewässerungsverfahren auf die anderen Kulturarbeiten und das Auftreten von Krankheiten und Schaderregern sowie auf den Ertrag und die Qualität der Ernteprodukte hat. Außerdem erfolgt ab 2010 durch die LVG Erfurt eine betriebswirtschaftliche Begleitung des Versuches hinsichtlich der unterschiedlichen arbeitswirtschaftlichen Aufwendungen der Varianten.
Folgende Prüfvarianten zur Bewässerung wurden in den Versuch einbezogen:
- V1 - unbewässerte Kontrollvariante (ab 2009),
- V2 - Beregnung mit Handregnerleitung (HRL) und Kreisregner,
- V3 - Beregnung mit Rohrtrommelberegnungsmaschine (RTBM) und Düsenwagen sowie
- V4 - Tropfbewässerung.

Im Jahr 2009 wurde die unbewässerte Kontrollvariante direkt neben den bewässerten Parzellen angelegt. Durch die räumliche Nähe konnte eine oberflächliche Beeinflussung mit Beregnungswasser (Ablaufen von Beregnungswasser in den Fahrspuren, Überlappung durch Windeinfluss) nicht ausgeschlossen werden. Schlussfolgernd daraus wurde 2010 eine völlig separat gelegene unberegnete Kontrollvariante mit den vier geprüften Sorten eingerichtet.

Variante 2 stellt den Standard der Bewässerung im Freilandgemüsebau auf dem Versuchsfeld der LVG Erfurt dar. Verwendung finden Kreisregner im 12 m Verband auf einer 70er-Rohrleitung.
In Variante 3 erfolgt die Bewässerung mit einer kleineren Rohrtrommelberegnungsmaschine (RTBM) in Kombination mit einem Düsenwagen (Arbeitsbreite 18 m) der Fa. Beinlich. 2008 wurde unter Bezug auf die Parzellengröße der Gießwagen nur einarmig eingesetzt. Die Steuerung der ausgebrachten Wassermenge war dadurch nicht exakt möglich. Ab 2009 wurde über das gesamte beidseitige Gestänge des Gießwagens die Ausbringung wesentlich verbessert.
In Variante 4 gewährleistet man die Zusatzwasserversorgung mit einem oberirdisch verlegten Tropfschlauch in jeder Kopfkohlreihe.
Die Steuerung der Bewässerung erfolgt über die Klimatische Wasserbilanz (KWB). Die Gabenhöhe beträgt bei den Prüfvarianten mit Überkopfberegnung jeweils 20 mm. Getropft werden nur 10 mm bei einer Gabe, um den durchwurzelbaren Bereich effektiv zu erreichen.
Messungen der Bodenfeuchte in den Tiefen von 25 und 50 cm mit Watermark- und Sentek-Feuchtefühlern in allen geprüften Varianten dienen der Kontrolle der Bewässerung und der Dokumentation des Feuchteverlaufes im Wurzelraum.
In den beiden hier ausgewerteten Versuchsjahren stehen in den drei Bewässerungsvarianten die vier Weißkohlsorten *Eton*, *Kalorama*, *Kolia* (3342) und *Unifor* in vierfacher Wiederholung (Tab. 18). Die Ernte der Versuche erfolgte sortenspezifisch zum Zeitpunkt der Erntereife in allen Prüfvarianten.
Erfasst wurde bei der Ernte des Weißkohls der Anteil der Marktware (Stück und Gewicht) und der Anteil an nicht marktfähiger Ware. Aus diesen Daten ließen sich die durchschnittlichen Kopfgewichte berechnen. Zur Beschreibung der Kopfqualität erfolgten neben den Erntedaten an Stichproben die Bestimmung der Kopfgrößen und des Innenstrunk-Anteils.

**Tabelle 18:** Sorten und Erntetermine im Bewässerungsversuch von Kopfkohl, LVG Erfurt 2008 bis 2010

| Jahr<br>Pflanzung | 2008<br>28.05. | 2009<br>26.05. | 2010<br>25.05. |
|---|---|---|---|
| Sorte | Erntetermine | Erntetermine | Sortiment |
| Eton | 15. bis 17.09. | 09.09. | |
| Kalorama | 22.09. | 30.09. | X |
| Kolia (RS 3342) | 01.10. | 21.10. | X |
| Unifor | 02. bis 06.10. | 20.10. | X |
| Expect | | | X |

X = geprüfte Sorten 2010

*Untersuchungsergebnisse*
Das aus den Berechnungen der Klimatischen Wasserbilanz resultierende Defizit von ca. 280 mm wurde 2008 in allen drei bewässerten Prüfvarianten zu 100 % durch Zusatzwassergaben ausgeglichen. Im Jahre 2009 erfolgte der vollständige KWB-Ausgleich der aufgelaufenen Differenz von ca. 220 mm nur in den beiden Varianten mit Überkopfberegnung (Kreisregner und Düsenwagen). Bei der Tropfbewässerung wurden dagegen nur 85 % der Wassermenge verabreicht. Die Prüfung beinhaltete, ob das Verfahren durch die bessere Wasserausnutzung eine deutliche Wassereinsparung möglich

macht und die Parameter Ertrag und Qualität dabei nicht negativ beeinflusst werden. Die ermittelten Untersuchungsparameter zur Bewässerung von Kopfkohl sind in der Tabelle 19 zusammengestellt.

**Tabelle 19:** Ernteergebnisse von Kopfkohl in der LVG Erfurt 2008 bis 2009

| Sorten | Eton | Unifor | Kalorama | Kolia (3342) |
|---|---|---|---|---|
| 2008 | Marktware (%) und Kopfgewicht (kg) | | | |
| V2 (%)<br>Kreisregner (kg) | 83<br>4,9 | 91<br>2,8 | 94<br>3,0 | 86<br>4,9 |
| V3 (%)<br>Düsenwagen (kg) | 88<br>4,3 | 97<br>2,6 | 95<br>2,9 | 87<br>4,4 |
| V4 (%)<br>Tropfer (kg) | 90<br>4,5 | 92<br>2,7 | 95<br>3,0 | 88<br>4,7 |
| 2009 | Marktware (%) und Kopfgewicht (kg) | | | |
| V1 (%)<br>Unberegnet (kg) | 90<br>3,0 | 95<br>2,8 | 95 %<br>2,3 kg | 78<br>4,4 |
| V2 (%)<br>Kreisregner (kg) | 93<br>3,4 | 95<br>3,2 | 98 %<br>3,0 kg | 94<br>4,7 |
| V3 (%)<br>Düsenwagen (kg) | 96<br>3,5 | 92<br>3,5 | 98<br>3,3 | 90<br>5,2 |
| V4 (%)<br>Tropfer (kg) | 97<br>3,7 | 95<br>3,3 | 96<br>3,1 | 87,5<br>5,2 |

In den beiden bisherigen Versuchsjahren 2008 und 2009 waren die Unterschiede bei der Abernterate und beim Kopfgewicht des Weißkohls im Wesentlichen durch die verschiedenen Sorten bestimmt. Unabhängig von dem Bewässerungsverfahren erzielten die Sorten *Kalorama* und *Unifor* in beiden Untersuchungsjahren die höchsten Marktwareanteile von > 91 % (Spanne von 91 bis 98 %). In allen drei Bewässerungsvarianten konnten nahezu gleich hohe Anteile an marktfähiger Ware erreicht werden, je nach Sorte lagen diese zwischen 83 und 98 %.

Im Jahr 2009 wurde in dem Versuch bei jeder Sorte und in jeder Prüfvariante eine zusätzliche unberegnete Kontrolle angefügt. Ohne Bewässerung gab es in diesen Einzelparzellen zum Teil deutlich geringere Ausbeuten an marktfähiger Ware bis nur 64 % in Einzelparzellen und bei der Sorte *Kolia* (3342) von nur 78 % im Mittel. Allerdings war dieser Effekt nicht durchgängig zu beobachten (durch Versuchanlage begründet).
Der Einfluss der Kopfkohlsorten spiegelt sich deutlich in den Kopfgewichten wider (Abb. 9 und 10). Die Sorte *Kolia* (3342) wies über alle Prüfvarianten in beiden Versuchsjahren die höchsten Werte mit > 4,4 kg auf. Ähnlich schwere Köpfe erreichte *Eton* aber nur im Jahr 2008. Die Köpfe von *Unifor* und *Kalorama* lagen nur in der Größenordnung von etwa 3 kg.

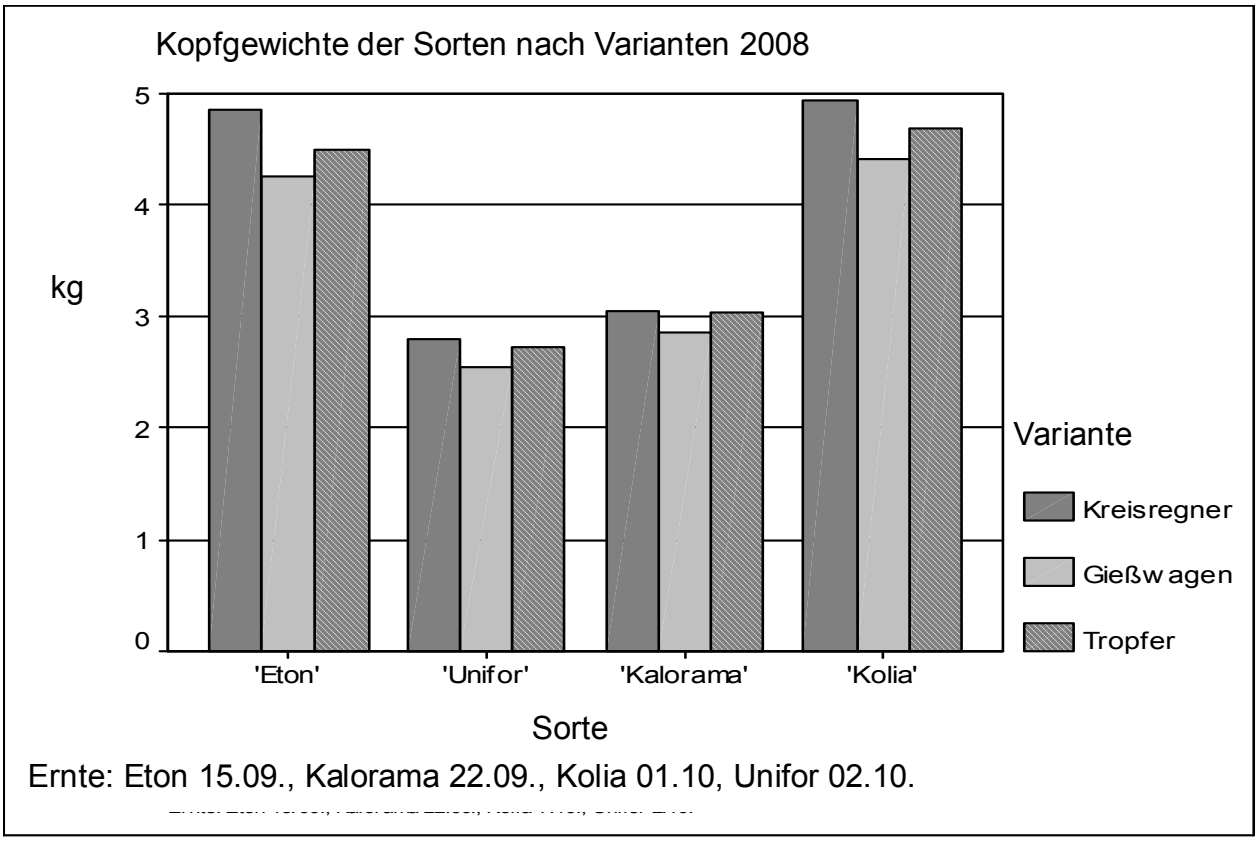



**Abbildung 9:** Kopfgewicht von Kopfkohlsorten, Bewässerungsversuch LVG Erfurt 2008

Die in Abhängigkeit vom Bewässerungsverfahren erzielten Kopfgewichte wiesen nur sehr geringe Unterschiede auf. 2008 lagen sie beim Einsatz des Düsenwagens am niedrigsten. Dies ist wahrscheinlich auf die Wasserausbringung mit dem nur einseitig genutzten Düsenwagen und der damit verbundenen schlechten Bemessung der Einzelgaben zurückzuführen. Im Jahr 2009 erfolgte die Nutzung des Düsenwagens beidseitig, was eine genauere Dosierung möglich machte.

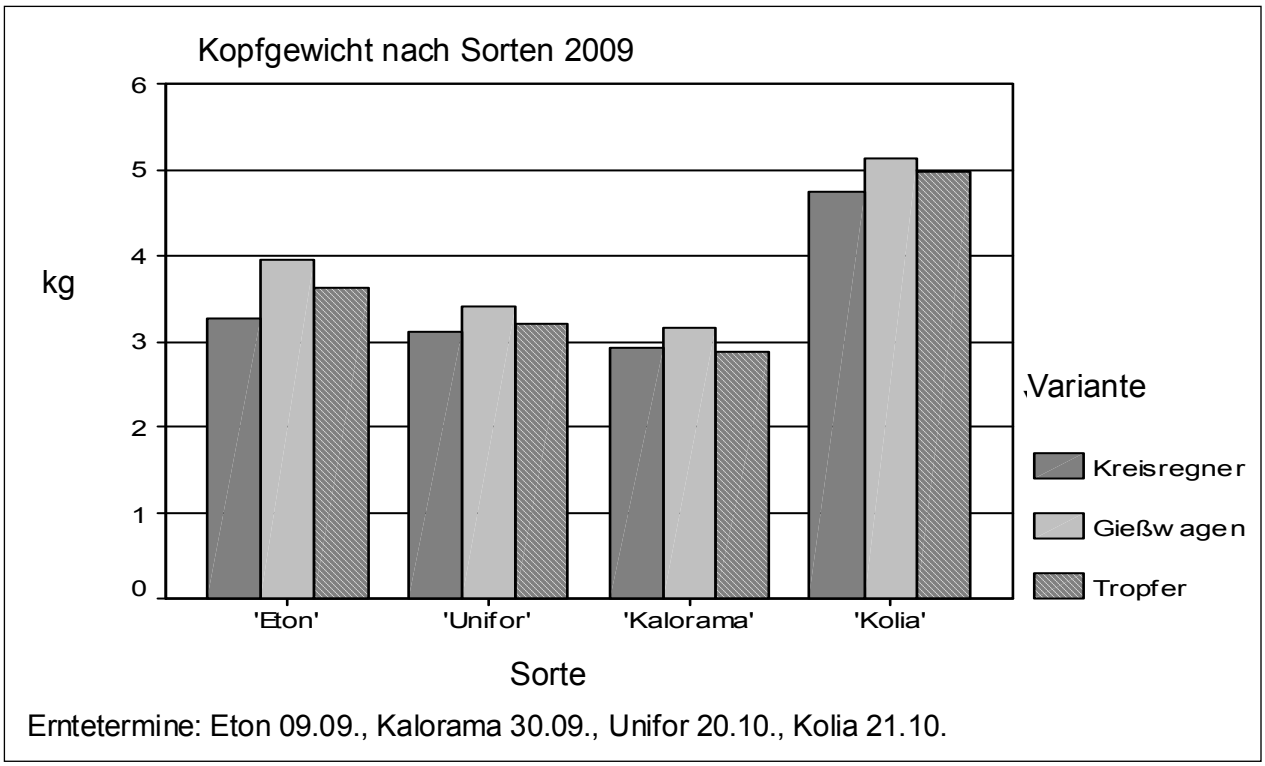



**Abbildung 10:** Kopfgewichte von Kopfkohlsorten, Bewässerungsversuch LVG Erfurt 2009

Während die Unterschiede im Kopfgewicht zwischen den Bewässerungsvarianten unbedeutend waren, verringerten sich diese ohne Zusatzwasser wesentlich um 0,5 bis 1,0 kg bzw. 15 bis 30 %. In der unbewässerten Kontrollvariante (UK) wurde von allen vier Sorten nur eine deutlich reduzierte Kopfgröße erreicht (Abb. 11).
Nach der Vorlage zweijähriger Untersuchungsergebnisse kann als Zwischenbilanz für diese Versuchsreihe festgestellt werden, dass sowohl mit der Überkopfberegnung mittels HRL und Kreisregner, RTBM mit Düsenwagen als auch dem Tropfbewässerungsverfahren mit oberirdisch verlegten Tropfschläuchen die Produktion von qualitativ hochwertigem Kopfkohl gegeben ist.

Das Ziel der weiteren Bewässerungsversuche in der LVG Erfurt besteht in der Quantifizierung des pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatzes mit dem Tropfbewässerungsverfahren. Hinzu kommen Fragestellungen, wie eine Tropfbewässerungsanlage möglichst effektiv und ohne größere Hemmnisse für andere Kulturarbeiten (Maschinen- und Handhacke) einzurichten ist. Geprüft werden ober- und unterirdisch verlegte Tropfschläuche sowohl mit einem Tropfschlauch in der Pflanzreihe als auch das System mit einem Schlauch zwischen zwei Reihen. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht auch zum Verlegen der Tropfschläuche in verschiedenen Kulturverfahren und Tiefen vor oder parallel bei der Pflanzung und zur schonenden Wiederaufnahme der Tropfschläuche aus dem Wurzelraum der Pflanzen vor oder nach der Ernte. Ein erster Versuch ist dazu 2010 zur Tropfbewässerung von Blumenkohl angelegt worden, wo mehrere Sorten durch ober- und unterirdisch verlegte Tropfschläuche mit Zusatzwasser versorgt werden.

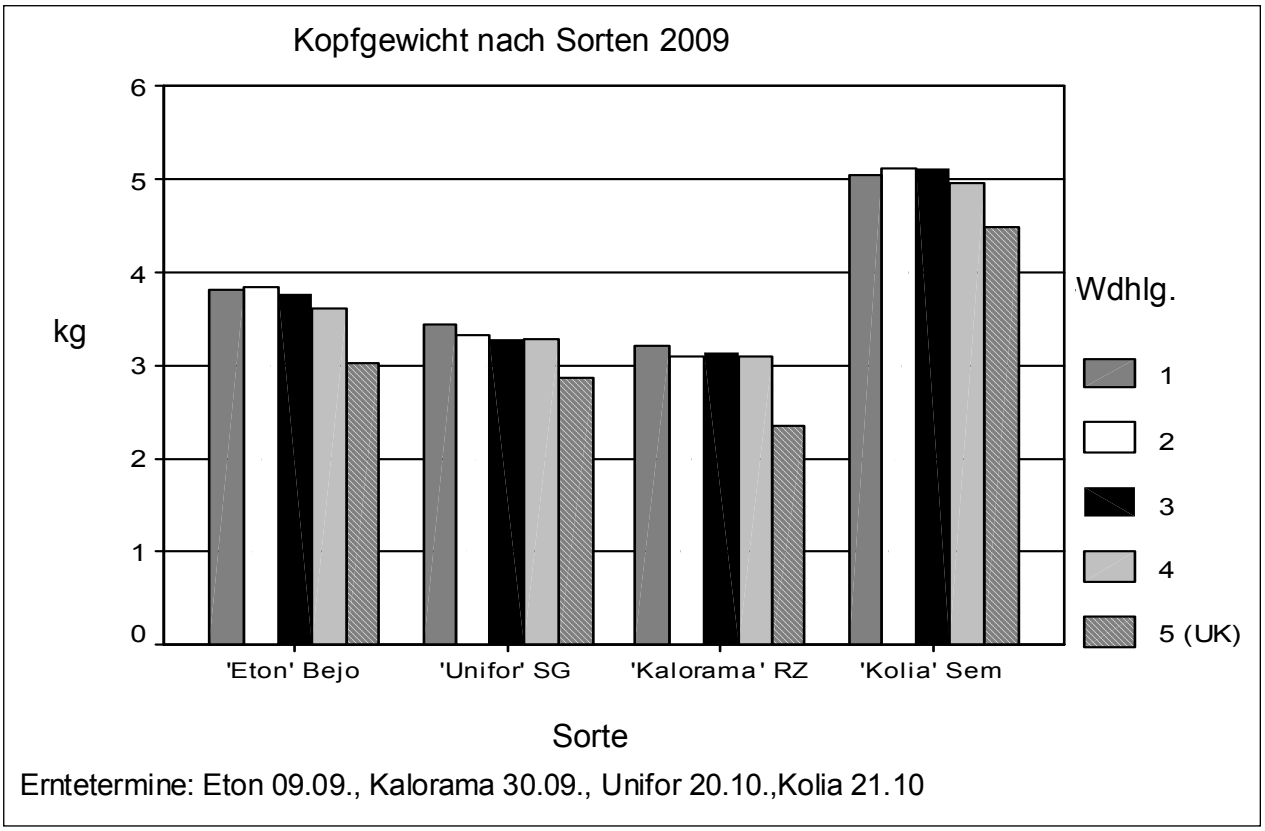



**Abbildung 11:** Kopfkohlgewichte nach Sorten, Bewässerungsversuch LVG Erfurt, 2009

## Praxisbetrieb

*Untersuchungsbedingungen*

Die Bewässerungsuntersuchungen mit Weißkohl der Sorte „*Desteny*" erfolgten von 2003 bis 2006 in der Gleistal-Agrar e. G. Golmsdorf, einem Ostthüringer Praxisbetrieb. Der Untersuchungsstandort ist ein schluffiger Lehm. Der Kopfkohl wird aus agrotechnischen Gründen in Beetform von 15 m Breite mit je 30 Reihen (Reihenabstand 50 cm) und einem Pflanzenabstand von 40 cm angebaut.

Der Demonstrationsversuch konnte mit folgenden Prüfvarianten angelegt werden:

- unberegnete Kontrollvariante,
- beregnet nach Empfehlungen der TLL mit Handregnerleitung (HRL) und Kreisregner,
- reduziert beregnet (wassersparende Variante) mit Handregnerleitung und Kreisregner sowie
- beregnet mit Rohrtrommelberegnungsmaschine und Düsenwagen.

In Abbildung 12 ist die Anlage des Demonstrationsversuches ersichtlich.

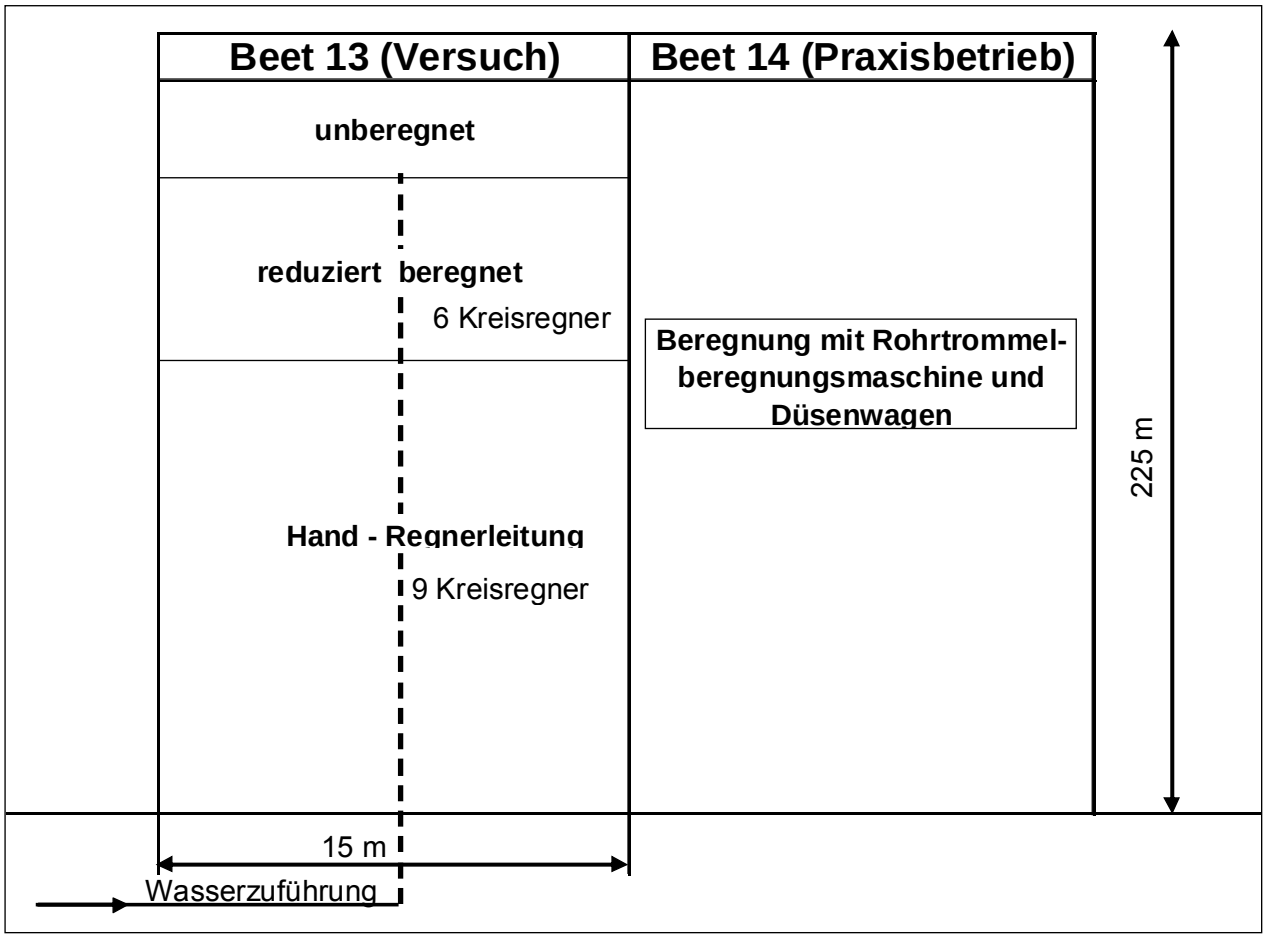



**Abbildung 12:** Prinzipskizze der Versuchsanlage mit Kopfkohl in einem Praxisbetrieb von 2003 bis 2006

Die Beregnungsmaßnahmen mit der Handregnerleitung wurden durch die TLL und mit der Rohrtrommelberegnungsmaschine durch den Praxisbetrieb durchgeführt. Der Zusatzwassereinsatz erfolgte nach den wöchentlichen Beregnungsempfehlungen der TLL, berechnet auf der Basis der KWB unter Berücksichtigung der pflanzenspezifischen kc-Werte (Geisenheimer Methode). In der wassersparenden Variante wurde nur bei stärkerer Austrocknung des Bodens in Anlehnung an die oft nur begrenzt zur Verfügung stehende technische betriebliche Beregnungskapazität etwa in der Größenordnung von 70 % der KWB bewässert.
Die Handparzellenernte erfolgte auf ausgewählten Flächen mit einer Größe von 8 m² (je zwei Reihen mit 8 m Länge) und drei Teilernten im Jahr. Die Einzelgewichte der Köpfe sollten in der Größenordnung von 1,5 bis 2 kg liegen mit dem Ziel, 6er Erntekisten (jeweils 6 Köpfe in einer Kiste) zu vermarkten.

*Untersuchungsergebnisse*
In Tabelle 20 wurden die Pflanz- und Erntetermine der vier Untersuchungsjahre zusammengefasst. Im Jahr 2006 erfolgten aus betrieblichen Gründen nur zwei Teilernten.
Die vierjährigen Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 21 dargestellt. In der empfehlungskonformen Beregnungsvariante, gesteuert nach der Klimatischen Wasserbilanz betrug der nicht vermarktungsfähige Anteil an Kohlköpfen weniger als 1 %. Dieser erhöhte sich in den anderen beregneten Varianten auf etwa 2 %. Ohne Zusatzwasser lag dieser Anteil über 3 %.

**Tabelle 20:** Pflanz- und Erntetermine des Demonstrationsversuchs zur Bewässerung von Kopfkohl in einem Praxisbetrieb

| Termine/Jahr | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|---|---|---|---|
| Pflanztermin | 15.04.2003 | 11.05.2004 | 04.04.2005 | 18.04.2006 |
| Erntetermin | | | | |
| 1. Teilernte | 11.07.2003 | 13.08.2004 | 15.07.2005 | 20.07.2006 |
| 2. Teilernte | 16.07.2003 | 20.08.2004 | 21.07.2005 | 27.07.2006 |
| 3. Teilernte | 24.07.2003 | 27.08.2004 | 02.08.2005 | |

Durch die Bewässerungsmaßnahmen wurde der Kopfkohlertrag in der Größenordnung von 20 bis 37 % wesentlich gesteigert. Somit führte die pflanzenbedarfsgerechte Beregnung zum höchsten Marktwareertrag führte. Der unterschiedliche Zusatzwassereinsatz spiegelte sich ebenfalls in den Einzelkopfgewichten wider. Ohne Bewässerung wurde die Zielgröße von durchschnittlich 1,7 kg/Kopf für die Vermarktung nicht erreicht. Mit zunehmender Beregnungswassermenge erhöhte sich das Kopfgewicht bis auf 1,9 kg/Kopf im Mittel der vier Jahre in der KWB-Variante.

**Tabelle 21:** Ernteergebnisse von Frischmarktkohl im Praxisbetrieb 2003 bis 2006

| Prüfvariante | Jahr | Ertrag | | Marktware-Mehrertrag | | Kopf-gewicht | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gesamt dt/ha | Marktware dt/ha | dt/ha | % | kg | Menge mm | Ausnutzung kg/mm[2)] |
| ohne Bewässerung | 2003 | 572 | 542 | | | 1,2 | 0 | |
| | 2004 | 920 | 919 | | | 1,8 | 0 | |
| | 2005 | 724 | 709 | | | 1,5 | 0 | |
| | 2006 | 646 | 606 | | | 1,4 | 0 | |
| | **Mittelw.** | ***716*** | ***694*** | | | ***1,5*** | ***0*** | |
| beregnet KWB[1)] | 2003 | 838 | 831 | 289 | 53 | 1,7 | 167 | 173 |
| | 2004 | 1032 | 1030 | 111 | 12 | 2,0 | 67 | 166 |
| | 2005 | 857 | 850 | 141 | 20 | 1,7 | 140 | 101 |
| | 2006 | 996 | 992 | 386 | 64 | 2,0 | 151 | 256 |
| | **Mittelw.** | ***931*** | ***926*** | ***232*** | ***37*** | ***1,9*** | ***131*** | ***177*** |
| beregnet KWB - 30 % | 2003 | 631 | 599 | 58 | 11 | 1,3 | 78 | 74 |
| | 2004 | 946 | 941 | 23 | 3 | 1,9 | 47 | 49 |
| | 2005 | 838 | 831 | 122 | 17 | 1,7 | 90 | 135 |
| | 2006 | 897 | 889 | 283 | 47 | 1,8 | 113 | 250 |
| | **Mittelw.** | ***828*** | ***815*** | ***121*** | ***20*** | ***1,7*** | ***82*** | ***148*** |
| beregnet Praxisbetrieb | 2003 | 606 | 575 | 33 | 6 | 1,2 | 120 | 28 |
| | 2004 | N.B. [3)] | N.B. | N.B. | N.B. | N.B. | 80 | N.B. |
| | 2005 | 849 | 834 | 125 | 18 | 1,7 | 120 | 104 |
| | 2006 | 1079 | 1075 | 469 | 77 | 2,2 | 125 | 376 |
| | **Mittelw.** | ***845*** | ***828*** | ***134*** | ***19*** | ***1,7*** | ***122*** | ***110*** |
| beregnete Prüfvarianten | **Mittelw.** | ***868*** | ***856*** | ***163*** | ***23*** | ***1,8*** | ***112*** | ***145*** |

[1)] KWB - Klimatische Wasserbilanz

[2)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

[3)] n.b. - nicht bestimmt

Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung kann in der nach den Empfehlungen der TLL gesteuerten Prüfvariante mit 177 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser als gut eingestuft werden. Mit einem wesentlich geringeren Wassereinsatz von durchschnittlich 82 mm kommt in der wassersparenden Variante ein um etwa 110 dt/ha geringerer Mehrertrag zum Tragen. Im Vergleich dazu verabreichte der Praxisbetrieb ebenfalls sechs Wassergaben mit im Mittel 122 mm. Die Ursachen für die nicht ausreichende Effektivität in der Zusatzwasserausnutzung mit 110 kg Mehrertrag je mm liegen vor allem in der nicht termingerechten Umsetzung der empfohlenen Wassergaben durch den Betrieb. Die Gabenanzahl und Mengen an Zusatzwassereinsatz enthält Tabelle 22. Die erzielten Höchsterträge bestätigen das Steuerungsverfahren nach der Klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung der pflanzenspezifischen kc-Werte.

**Tabelle 22:** Zusatzwassereinsatz zu Kopfkohl im Demonstrationsversuch 2003 bis 2006

| Jahr | Anpflanzberegnung | | beregnet KWB | | beregnet KWB - 30 % | | beregnet Betrieb | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gaben | Menge mm | Gaben | Menge mm | Gaben | Menge mm | Gaben | Menge mm |
| 2003 | 3 | 58 | 7 | 167 | 4 | 78 | 6 | 120 |
| 2004 | 2 | 30 | 3 | 67 | 2 | 47 | 4 | 80 |
| 2005 | 2 | 30 | 7 | 140 | 5 | 90 | 8 | 120 |
| 2006 | 2 | 35 | 6 | 151 | 6 | 113 | 5 | 125 |
| ***Jahresmittel*** | ***2*** | ***38*** | ***6*** | ***131*** | ***4*** | ***82*** | ***6*** | ***122*** |

Die Erntemaßnahmen bei den vierjährigen Beregnungsuntersuchungen von Kopfkohl erfolgten in drei Teilernten. Der erste und zweite Erntetermin war auf das angestrebte und vermarktungsfähige Kopfgewicht von durchschnittlich 1,7 kg je Kohlkopf ausgerichtet. Zum dritten Termin wurde die Fläche komplett abgeerntet. In Abhängigkeit von der Beregnungsintensität führten die Ermittlungen zu deutlichen Unterschieden im Abreifeverhalten und bei den Erntemengen (Tab. 23). Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass das Kohlfeld bei einem pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz mit zwei Erntegängen weitgehend abgeerntet ist. Der Wegfall des dritten Erntetermins würde zu wesentlichen betrieblichen Einsparungen bei Pflege-, Pflanzenschutz-, Bewässerungs- und Transportmaßnahmen führen und die Produktionskosten von Kopfkohl günstig beeinflussen.

**Tabelle 23:** Erntemengenanteile in Abhängigkeit von den Beregnungssteuerungsverfahren

| Steuerungsverfahren | ohne Beregnung | beregnet KWB - 30 % | beregnet nach KWB |
|---|---|---|---|
| Bruttoertrag (dt/ha) | etwa 700 | etwa 830 | etwa 930 |
| davon 1. Erntetermin (%) | 24 | 58 | 75 |
| 2. Erntetermin (%) | 32 | 23 | 18 |
| 3. Erntetermin (%) | 44 | 19 | 7 |

### 3.1.3 Rosenkohl

*Versuchsfrage*

Der Anbau von Rosenkohl beträgt in Deutschland etwa 800 ha (Statistisches Bundesamt, 2008). Der Schwerpunkt liegt dabei in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und in der Küstenregion von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern. In den Jahren ab 2003 wurde im Freistaat Thüringen der Anbau von Rosenkohl schrittweise auf einen Umfang von über 100 ha entwickelt. Infolge von Umverlagerungen in den Raum Leipzig hat sich dieser jedoch wieder stark reduziert.

Der Marktwareertrag von Rosenkohl kann durch einen pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz unabhängig von dem Ausbringungsverfahren wesentlich gesteigert werden. Der Anbau in Thüringen erfolgte fast ausschließlich bei Alperstedt, nördlich von Erfurt. Eine Besonderheit des Bodens ist die Flachgründigkeit des Standortes, wo sich unter der fruchtbaren Lössauflage teilweise schon in 30 bis 40 cm Tiefe eine stärkere Kiesschicht befindet. Im Vergleich zu den Anbaugebieten von Rosenkohl im Norden und Nordwesten Deutschlands bestehen in dieser Region deutlich abweichende Klima- und Bodenbedingungen.

Das Ziel der Untersuchungen bestand in der Ermittlung des Zusatzwasserbedarfs von Rosenkohl unter Thüringer Produktionsbedingungen. Diesbezüglich wurde eine Versuchsreihe zur Bewässerung im Erzeugerbetrieb in Alperstedt (2007), in der Versuchsstation Straußfurt (2007 bis 2008) und in der LVG Erfurt (2007 bis 2010) durchgeführt. In erster Linie ging es um die Bemessung der Zusatzwasserversorgung und um den Verfahrensvergleich von herkömmlicher Beregnung mit der Tropfbewässerung. Rosenkohlpflanzen reagieren sehr empfindlich auf Wassermangel. Die Jungpflanzen benötigen nach dem Pflanzen beim Ausbleiben von Niederschlägen eine Anpflanzberegnung zum Anwurzeln und für das Pflanzenwachstum. Ein ausreichendes Wasserangebot ist vor allem in den Sommermonaten ab Anfang August bis Mitte September sowie im Herbst zur Röschenbildung notwendig. Aufgrund der geringen Lössauflage wurde neben mehreren Varianten mit unterschiedlich hohen Wassermengen auch geprüft, wie eine von 25 mm auf 15 mm reduzierte Gabenhöhe das Ertragsergebnis beeinflussen kann.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Bewässerungsuntersuchungen von Rosenkohl auf dem Versuchsfeld Straußfurt von 2007 und 2008 sowie in der LVG Erfurt von 2007 bis 2009 aufgeführt.

#### Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

Der Rosenkohlversuch wurde von 2007 bis 2008 auf dem Versuchsfeld Straußfurt innerhalb einer Langparzellenanlage durchgeführt.

Das Untersuchungsprogramm umfasste in beiden Jahren folgende Prüfvarianten:

- unberegnet,
- Beregnungssteuerung nach KWB/Geisenheimer Methode,
- wassersparende Beregnungsvariante,
- Tropfbewässerung mit einem Tropfschlauch je Reihe und
- Tropfbewässerung mit einem Tropfschlauch zwischen zwei Reihen.

Die verabreichten Wassermengen sind in Tabelle 24 zusammengefasst.

**Tabelle 24:** Verabreichte Zusatzwassergaben und -mengen bei Rosenkohl, Straußfurt 2007 und 2008

| | 2007 | | 2008 | |
|---|---|---|---|---|
| | Gabenzahl | Menge (mm) | Gabenzahl | Menge (mm) |
| Beregnung KWB/Geisenheim | 8 | 200 | 14 | 395 |
| reduzierte Beregnung | 5 | 125 | 9 | 255 |
| Tropfbewässerung | 14 | 90 | 37 | 343 |

Die Vermarktung von Rosenkohl erfolgte sortierungsgerecht entsprechend der praxisüblichen Kaliber (Durchmesser der Röschen) in Abhängigkeit von der Nachfrage (Tab. 25). Die Sortierung ist auf den betrieblichen Absatz des Erzeugerbetriebes bezogen.

**Tabelle 25:** Sortierung des Erntegutes beim Rosenkohl

| Klasse | Kaliber / Güte | Bemerkung |
|---|---|---|
| D | 10 - 22 mm | nur Industrie |
| A | 22 - 27 mm | Frischmarkt |
| M | 27 - 31 mm | Frischmarkt |
| B | 31 - 41 mm | Frischmarkt, größte Nachfrage |
| C | > 41 mm | Frischmarkt |
| nicht marktfähig | < 10 mm | pilzliche oder tierische Schäden |

*Untersuchungsergebnisse*

Im relativ feuchten Versuchsjahr 2007 gab es zwischen der unberegneten und den herkömmlich beregneten Varianten keinen signifikanten Ertragsunterschied (Abb. 13). Das liegt in erster Linie am hohen Ertragsniveau von 276 dt/ha, das unter den Witterungsbedingungen auch ohne Zusatzwasser erreicht werden konnte. Bei der wassersparenden Beregnungsvariante wurde nur bei stärkerer Austrocknung des Bodens beregnet. Die höchsten Erträge mit 338 dt/ha erzielte die Tropfbewässerung, insbesondere die Variante mit einem Tropfschlauch pro Reihe. Einen signifikant höherer Ertrag gegenüber der KWB-Variante (310 dt/ha) konnte man aber nicht nachgeweisen. Die Vorzüglichkeit der Tropfbewässerung wird in diesem Untersuchungsjahr am deutlich geringeren Wasserverbrauch sichtbar.

Im relativ trockenen Jahr 2008 war in allen Varianten ein wesentlich höherer Zusatzwasseraufwand erforderlich. In der unberegneten Variante lag das Ertragsniveau mit 228 dt/ha deutlich unter dem des Vorjahres, auch optisch sichtbar an einer wesentlich niedrigeren Pflanzenhöhe. Das erzielte Ertragsergebnis in der reduziert beregneten Variante mit 294 dt/ha befand sich in der Größenordnung der KWB-Variante mit 301 dt/ha. Konkret bedeutet das, dass 140 mm mehr an Zusatzwasser zu keinem wesentlich höheren Ertrag führten. Deutlich ist der signifikante Mehrertrag der Tropfbewässerungsvariante mit einem Schlauch pro Reihe sowohl gegenüber unberegnet als auch beregnet. Hier wurde der höchste Ertrag mit 340 dt/ha erreicht. Die Differenz zwischen den beiden Tropfbewässerungsvarianten war statistisch gesichert.

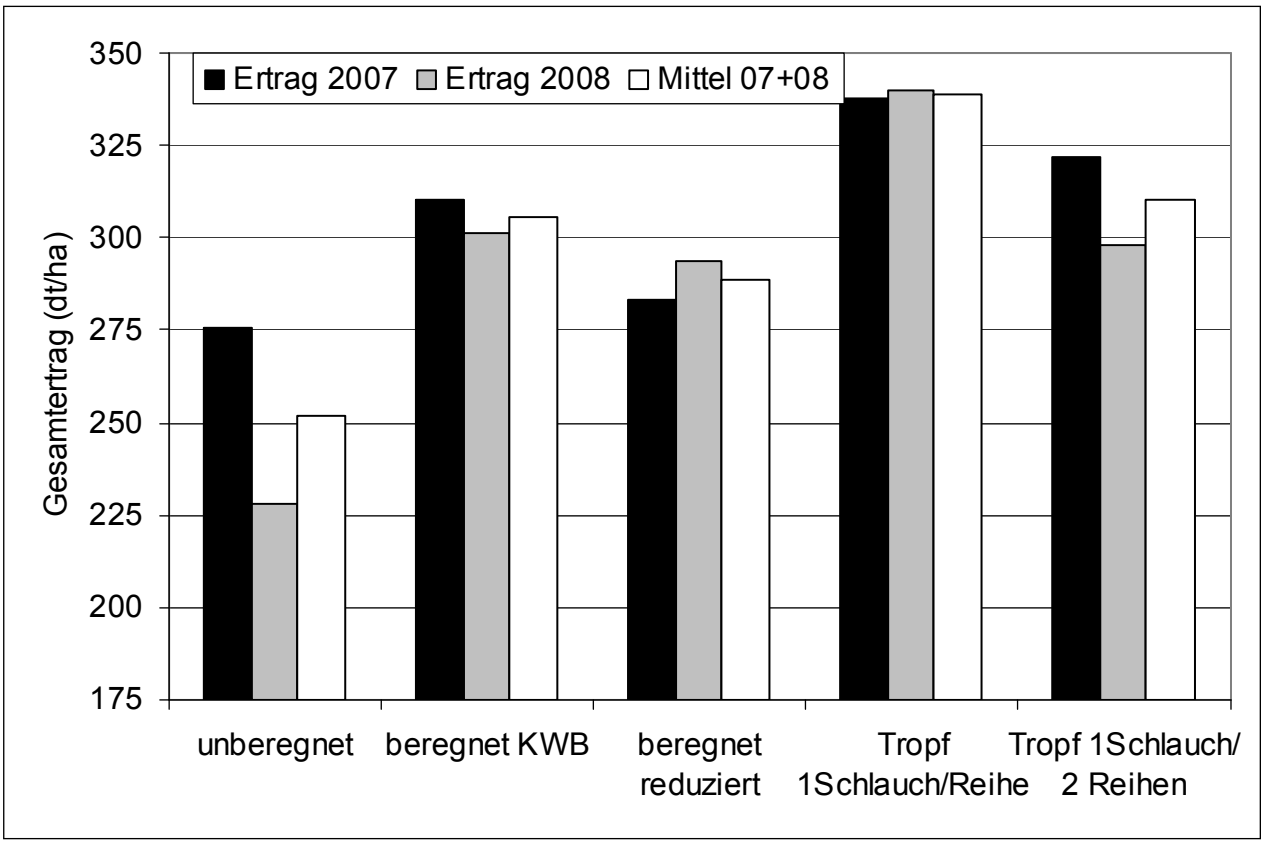
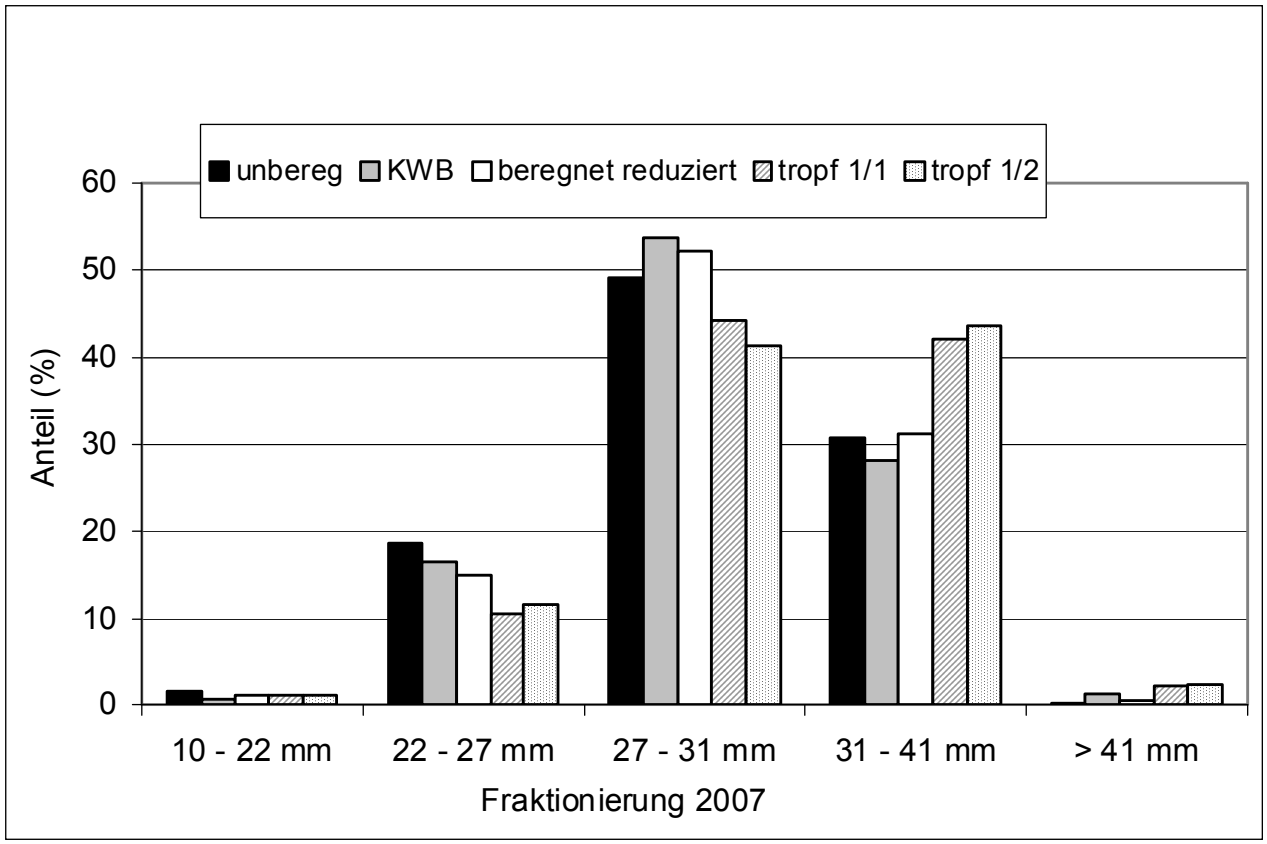



**Abbildung 13:** Marktwareerträge von Rosenkohl, Straußfurt 2007 und 2008, $GD_{5\%}$ 2007: 38 dt/ha, 2008: 28 dt/ha

Wenn man die Sortierung in den einzelnen Größenklassen betrachtet (Abb. 14), wird ersichtlich, dass zwischen beiden Versuchsjahren keine großen Unterschiede bestehen. Den größten Anteil mit 40 bis 50 % am Gesamtertrag hat die M-Sortierung (Fraktion 27 bis 31 mm). An zweiter Stelle mit 30 bis 40 % steht die B-Klasse (Fraktion 31 bis 41 mm). Dann folgt die A-Sortierung (Fraktion 22 bis 27 mm) deren Anteil im trockenen Jahr 2008 vermutlich durch den Zusatzwassereinsatz etwas größer war als im Vorjahr. Unbedeutend ist das nicht vermarktungsfähige Kaliber < 22 mm. Auch waren die Übergrößen > 41 mm nur geringfügig vertreten.

Aus dem zweijährigen Rosenkohl-Versuch lässt sich ableiten, dass der Marktwareertrag von Rosenkohl durch einen pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz unabhängig von dem Ausbringungsverfahren wesentlich gesteigert werden kann. Im Mittel der vier Bewässerungsvarianten wurde ein Mehrertrag von 24 % nachgewiesen. Dieser variierte in den einzelnen Prüfvarianten zwischen 15 und 35 %. Das Verfahren der Tropfbewässerung mit dem höchsten Ertragsergebnis erwies sich auch aus der Sicht der Wassereinsparung insbesondere im Jahr 2007 gegenüber der herkömmlichen Beregnung von Vorteil.

Der nach den Beregnungsempfehlungen der TLL berechnete Zusatzwasserbedarf kann aufgrund der langen Vegetationszeit sehr hoch sein. Diese hohen Wassermengen sind in der Praxis nur sehr schwer umsetzbar. Ein Einfluss der Anzahl der Wassergaben auf die Sortierung der Röschen konnte nicht nachgewiesen werden.



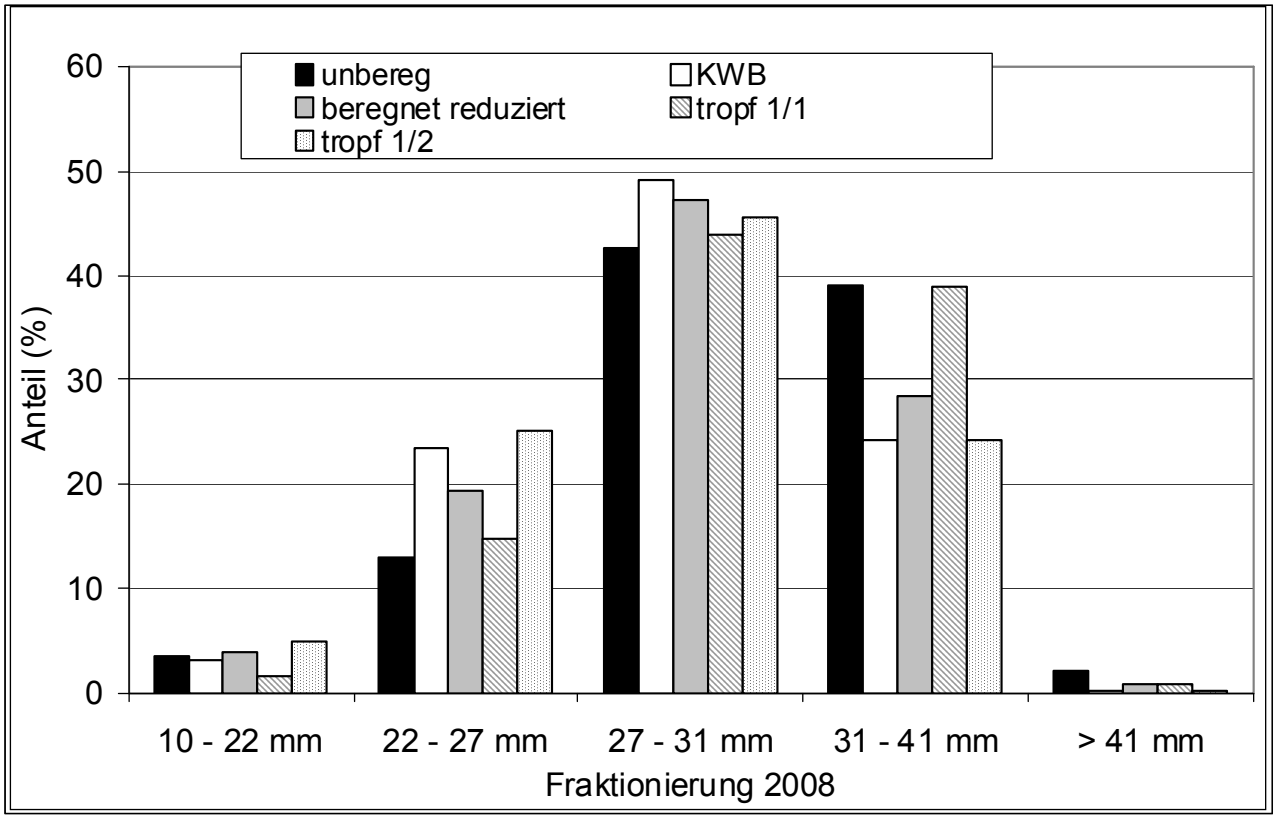




**Abbildung 14:** Fraktionierung in einzelne Größenklassen bei Rosenkohl, Straußfurt 2007/2008

## Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt

*Untersuchungsbedingungen*
Die Beregnungsuntersuchungen von Rosenkohl in der LVG Erfurt sind vordergründig auf unterschiedliche Steuerungsverfahren, basierend auf Berechnungen nach der Klimatischen Wasserbilanz und verschiedene Einzelgabenhöhen ausgerichtet.
Die Prüfvarianten zur Beregnung von Rosenkohl in den Jahren 2007 bis 2008 waren:

- unberegnete Kontrollvariante (nur 2008),
- Beregnung nach KWB mit 50 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm,
- Beregnung nach KWB mit 80 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm,
- Beregnung nach KWB mit 100 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm und
- Beregnung nach KWB mit 100 %, Einzelgabenhöhe von 15 mm.

In den ersten beiden Versuchsjahren kamen drei verschiedene Steuerungsvarianten nach KWB mit 25 mm Gaben und eine Variante mit reduzierter Gabenhöhe von 15 mm zur Prüfung. Die Ausgangswerte für die Beregnung nach KWB mit 100 % waren 25 bzw. 15 mm. 2008 wurde zusätzlich eine Parzelle als unberegnete Kontrolle eingeführt.
Ab 2009 fiel bei den Untersuchungen die auf 15 mm reduzierte Gabenhöhe weg, da sich unter den Bodenbedingungen der LVG Erfurt kein Effekt zeigte. Dafür wurde die unberegnete Variante voll in den Versuch integriert.
Folgende Varianten zur Beregnung von Rosenkohl konnten 2009 bis 2010 untersucht werden:

- unberegnete Kontrollvariante;
- Beregnung nach KWB mit 50 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm;
- Beregnung nach KWB mit 80 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm und
- Beregnung nach KWB mit 100 %, Einzelgabenhöhe von 25 mm.

Die in den Versuchen angeführten Prüfvarianten mit einem auf 50 bzw. 80 % reduziertem Ausgleich der KWB wurden nicht durch geringere Einzelgaben realisiert, sondern aus praktischen Gründen durch die Beregnung nach Erreichen eines höheren Defizites von 50 bzw. 33 mm. Die Bewässerung erfolgte über mit Düsen bestückte Beregnungsgestelle, mittig über die Parzellen aufgestellt. Die etwa 5 m langen Gestelle wurden dabei parzellenweise quer zur Reihenrichtung von zwei Längsbeeten angeordnet, so dass pro Variante insgesamt sechs Wiederholungen von 9 m² Größe realisiert werden konnten. Zum Vermeiden von Randeinflüssen war der gesamte Versuch auf den Längsseiten von einer Randreihe und mehreren Randpflanzen an den Stirnseiten (Vorgewende) umgeben.
Im Versuch standen die verbreiteten Standardsorten „*Cyrus*“ 2007/2008 und „*Maximus*“ 2009/2010.
Die Ernte der Versuche rückwirkend erfolgte jeweils Anfang November (05.11.2007; 11.11.2008 und 10.11.2009). Es wurden aus dem Kern jeder Parzelle 20 Pflanzen abgeschnitten und dann die Rosen per Hand gepflückt. Dabei wurde das Erntegut in marktfähige und nicht marktfähige Ware getrennt und die Marktware entsprechend der praxisüblichen Kaliber (Durchmesser der Rosen) sortiert (siehe Tab. 25).

*Untersuchungsergebnisse*
Rosenkohl ist eine Gemüseart mit einer sehr langen Kulturzeit. Diese lag bei den im bisherigen dreijährigen Versuch stehenden Sorten zwischen 190 und 200 Tagen.

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse der Jahre von 2007 bis 2009 vorgestellt. Im vierten Jahr 2010 wird diese Versuchsreihe abgeschlossen.
Der Zusatzwasserbedarf war entsprechend der vorherrschenden Witterung in den einzelnen Jahren unterschiedlich hoch (Tab. 26). Aufgrund der langen Vegetationszeit lagen die Abschnitte mit hohen Wasserdefiziten bzw. mit guter Wasserversorgung recht unterschiedlich verteilt und glichen sich dann in der Gesamtbilanz teilweise wieder aus. Das gilt besonders für das Jahr 2007 aber auch für einige Wochen zu Beginn und zum Abschluss des Anbaujahres 2009. Im Jahr 2008 war es bis zu sechs Wochen vor der Ernte weitgehend trocken und es baute sich ein stetig steigendes und sehr hohes Wasserdefizit auf. Daraus resultieren die unterschiedlichen Gaben und Mengen an Zusatzwasser in dem sehr feuchten Jahr 2007 bei einem 100 %igen KWB-Ausgleich von nur 125 mm, mit 275 mm in dem nahezu normalen Jahr innerhalb der Vegetationsperiode 2009 und mit dem höchsten Wert von 325 mm in dem Jahr 2008 mit geringeren Sommerniederschlägen.

**Tabelle 26:** Bewässerungsversuche im Rosenkohl, LVG Erfurt von 2007 bis 2009

| Jahr | Pflanzung | Ernte | ohne Beregn. | KWB - Ausgleich | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 50 % 25 mm | 80 % 25 mm | 100 % 25 mm | 100 % 15 mm |
| | | | Defizit (mm) | Gabenzahl/Zusatzwasser gesamt (mm) | | | |
| 2007 | 25.04. | 05.11. | -120 | 3/55 | 4/90 | 5/125 | 8/110 |
| 2008 | 06.05. | 11.11. | -320 | 6/150 | 9/225 | 13/325 | 20/300 |
| 2009 | 27.04. | 10.11. | -250 | 5/125 | 8/2 00 | 11/275 | - |

Die marktfähigen Erträge des Rosenkohles in den Beregnungsvarianten lagen in den drei Versuchsjahren je nach Witterungsverlauf und Schaderregerdruck zwischen 210 und 220 dt/ha (2007), um 230 dt/ha (2008) und von 320 bis 330 dt/ha (2009). Die Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Steuerungsvarianten sind in allen drei Jahren trotz der sehr differenzierten Zusatzwassergaben gering und lassen sich statistisch nicht sichern. Im Jahr 2009 war das Ertragsniveau im gesamten Versuch deutlich höher als in den vorangegangenen Jahren. Grund dafür ist die gute Niederschlagsverteilung zurzeit der Ertragsbildung und ein sehr gesunder Bestand mit geringen Ausfällen durch einen intensiven Pflanzenschutz. Die Tabelle 27 enthält die zusammengefassten Ergebnisse von Ernte und Sortierung.

**Tabelle 27:** Ernteergebnisse und Sortierung (Klasse B und M) von Rosenkohl, LVG Erfurt 2007 bis 2009

| Jahr | 50 % KWB 25 mm Gabe | | 80 % KWB 25 mm Gabe | | 100 % KWB 25 mm Gabe | | 100 % KWB 15 mm Gabe | | unberegnet | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ertrag dt/ha | B+M % | Ertrag dt/ha | B+M % | Ertrag dt/ha | B+M % | Ertrag dt/ha | B+M % | Ertrag dt/ha | B+M % |
| 2007 | 223,5 | 75,6 | 209,4 | 78,4 | 219,8 | 77,2 | 221,7 | 79,1 | - | - |
| 2008 | 235,5 | 79,3 | 230,0 | 76,3 | 235,7 | 77,3 | 239,7 | 78,6 | 204,9 | 85,4 |
| 2009 | 330,5 | 51,3 | 324,7 | 57,6 | 318,1 | 61,9 | - | - | 306,6 | 54,7 |
| **Mittel** | ***263,2*** | | ***254,7*** | | ***257,9*** | | | | | |

Die Erträge in der unberegneten Kontrolle lagen im Vergleich zu den Beregnungsvarianten 2008 mit ca. 30 dt/ha und 2009 mit ca. 20 dt/ha deutlich niedriger. Noch größere Unterschiede wurden in den Zeiten mit besserer Niederschlagsversorgung wieder ausgeglichen.
Die Effektivität des Zusatzwassereinsatzes gegenüber der unberegneten Variante ist in den beiden Jahren 2008 und 2009 in der Größenordnung von # 12 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar als nicht ausreichend zu bewerten.
Auch bei der Sortierung des Erntegutes lässt sich der Einfluss des Zusatzwassers deutlich erkennen (Abb. 15 bis 17). Von den in Tabelle 15 aufgelisteten Kalibern sind besonders die großen Röschen in der Klasse B (31 bis 41mm) und auch noch M (27 bis 31 mm) für die Frischvermarktung des Rosenkohls relevant.

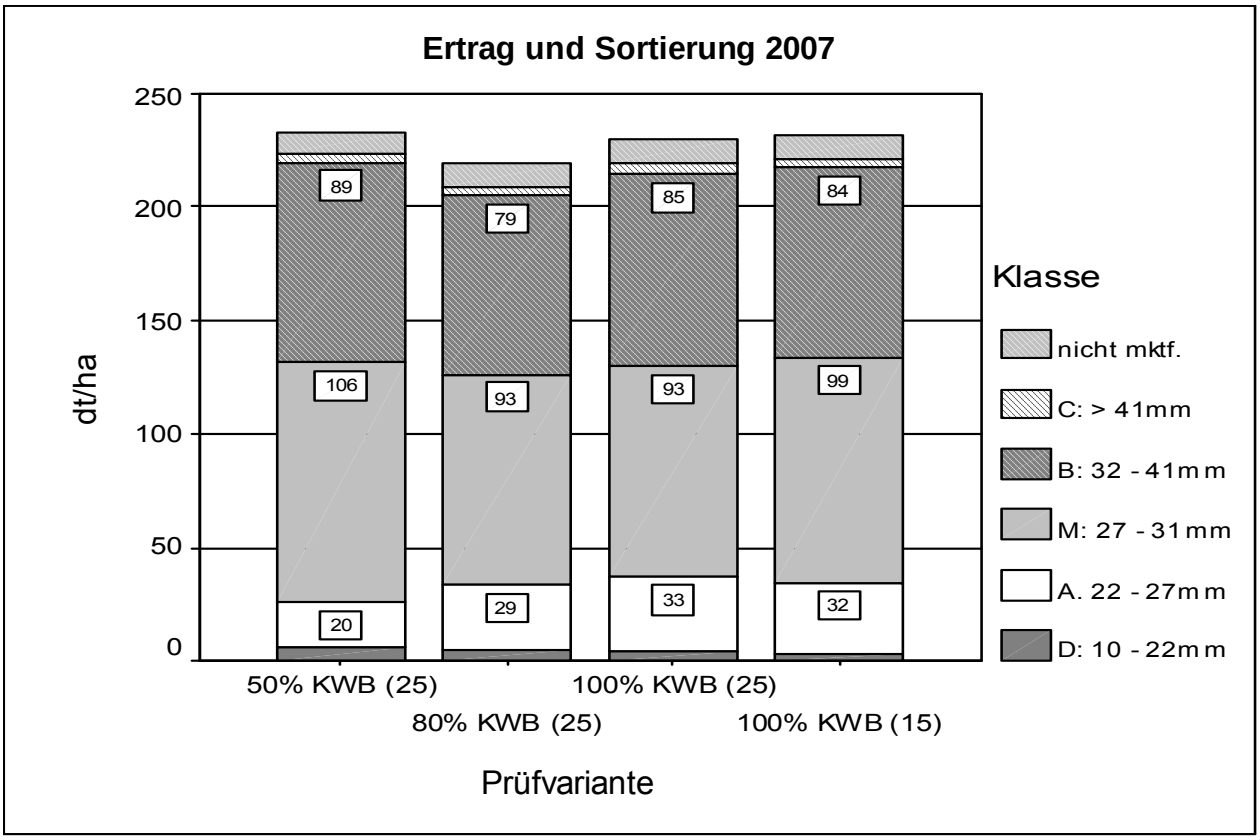



**Abbildung 15:** Ertrag und Sortierung von Rosenkohl, LVG Erfurt 2007

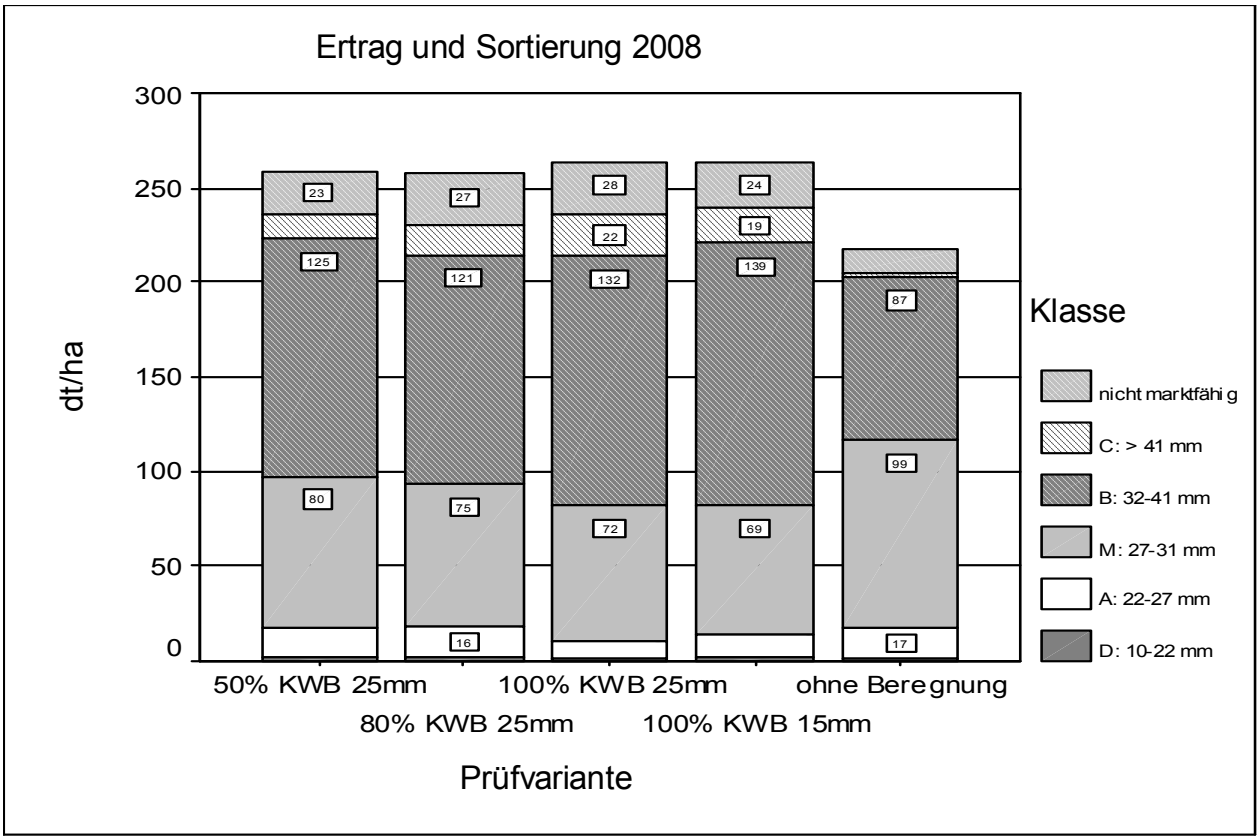



**Abbildung 16:** Ertrag und Sortierung von Rosenkohl, LVG Erfurt 2008

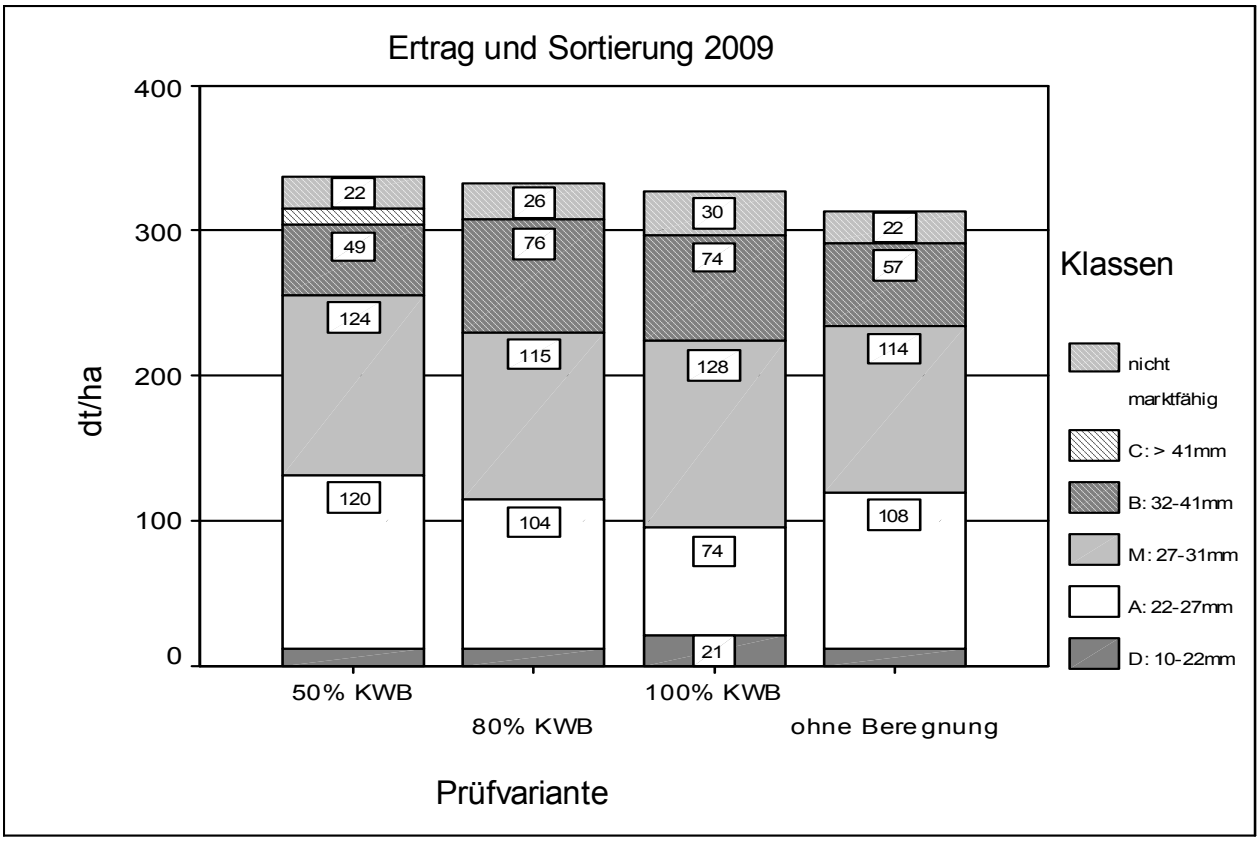



**Abbildung 17:** Ertrag und Sortierung von Rosenkohl, LVG Erfurt 2009

Die höchste Ausbeute in den Klassen B und M wurde bei der Ernte 2008 erreicht (Abb. 16). Hier spiegelten sich in den Zahlen die größere Temperatursumme und die zahlreichen Zusatzwassergaben wider. Allerdings war auch der Anteil an nicht marktfähiger Ware relativ groß, was vor allem auf den besonders hohen Befallsdruck an Kohlmottenschildläusen zurückzuführen ist. Im Jahr 2009 resultierte das hohe Ertragsergebnis zum überwiegenden Teil aus den kleineren Röschen der Klassen M (27 bis 31 mm) und A (22 bis 27 mm) (Abb. 17).
Die in den Jahren 2007 und 2008 praktizierte Unterteilung von zwei Varianten mit 25 und 15 mm Gabenhöhe brachte unter den hiesigen Bodenbedingungen sowohl hinsichtlich der Ertragshöhe als auch nach der Sortierung keine Unterschiede. Wegen des deutlich höheren Aufwandes sollte die kleinere Gabenhöhe nur dann eingesetzt werden, wenn dies die Bodenverhältnisse unbedingt erfordern.
Aus den dreijährigen Untersuchungsergebnissen ableitend hat der Rosenkohl als Kultur mit einer sehr langen Entwicklungszeit einen hohen Gesamtwasserbedarf. Der pflanzenbedarfsgerechte Zusatzwassereinsatz ist sowohl für die Ertragsbildung als auch besonders für einen hohen Anteil an der gewünschten großen Sortierung entscheidend.

### 3.1.4 Zwiebeln

*Versuchsfrage*

Der Zwiebelanbau in Thüringen, insbesondere in Herbsleben, hat eine lange Tradition. Die Anbaufläche liegt derzeit bei etwa 160 ha. Der Zusatzwassereinsatz beeinflusst wesentlich die Ertragsgröße und die Produktqualität. Der prognostizierte Klimawandel macht es erforderlich, ressourcenschonend mit dem Faktor Wasser umzugehen. Bei Speisezwiebeln ist zu prüfen, wie die zu erreichenden Erträge von der Höhe der Zusatzwassergaben abhängen und deren Wirkung noch durch den Sorteneinfluss verstärkt werden kann. Einjährige Voruntersuchungen mit Zwiebeln zum Wassereinsatz mit unterschiedlichen Bewässerungsverfahren erfolgten in der Kastenanlage Jena.
Die ständige Weiterentwicklung von Produktionsmitteln und Sorten stellt neue Fragen nach noch effektiveren Anbauverfahren. Daraus resultiert die Anforderung, unter definierten Standortbedingungen in Thüringen das Leistungspotenzial neuer Sorten zu testen. Vergleichsprüfungen zum Zusatzwassereinsatz und deren Ausnutzung von verschiedenen Sorten erfolgen weder im Zulassungsverfahren des Bundessortenamtes noch in Sortenversuchen der einzelnen Bundesländer. Das Ziel der Bewässerungsuntersuchungen auf dem Versuchsfeld Straußfurt bestand folglich darin, die Ertragsvariabilität eines breiten Sortenspektrums mit Zusatzwasser zu ermitteln.
Nachfolgend werden Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von Speisezwiebeln 2006 in der Kastenanlage Jena und ergänzend zur Broschüre (PFLEGER et al., 2006) langjährige Resultate (1995 bis 2006), ab 1999 kombiniert mit Sortenversuchen auf dem Versuchsfeld Straußfurt vorgestellt.

## Kastenanlage Jena

*Untersuchungsbedingungen*
Der Einfluss unterschiedlicher Bewässerungsverfahren auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Zwiebeln wurde 2006 in der Kastenanlage Jena untersucht. Zur Aussaat kam die Sommerzwiebelsorte „*Canto*" (Vergleichssorte zum VF Straußfurt) mit 0,8 g/m² bzw. Modellgefäß. Die Anzahl der Wiederholungen betrug vier.
Die Prüfvarianten waren:

- unbewässerte Kontrollvariante,
- beregnet - Beregnungsempfehlung der TLL von 100 %,
- beregnet - Beregnungsempfehlung der TLL -30 %,
- Tropfbewässerung oberirdisch - 1 Tropfschlauch zwischen 2 Reihen und
- Tropfbewässerung unterirdisch - 1 Tropfschlauch zwischen 2 Reihen.

Die Beregnungssteuerung erfolgte auf der Basis der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) unter Berücksichtigung pflanzenspezifischer Korrekturfaktoren (kc-Werte) nach der Geisenheimer Methode (PASCHOLD, 2008). Die kc-Werte werden nach Entwicklungsmerkmalen der Pflanzen definiert und sind für Zwiebeln ab Auflaufen 0,5; ab 5. Blatt 1,0; ab 8. Blatt 1,2 und ab Schlottenknicken 0. Als Prüfparameter wurden neben den Klimadaten die Ertragsgröße und nach der Sortierung in die Klassen < 4 cm, 4 bis 7 cm und > 7 cm Durchmesser auch der Marktwareanteil bestimmt.

*Untersuchungsergebnisse*
Ein Zusatzwassereinsatz von 170 mm führte unabhängig vom dem Ausbringungsverfahren zu einem Mehrertrag an Frischmasse von $ 90 % gegenüber der unbewässerten Kontrolle mit nur 329 dt/ha (Tab. 28). Im Vergleich dazu wurden in der wassersparenden Beregnungsvariante mit 120 mm knapp 80 % mehr erreicht und seitens der Zusatzwasserausnutzung das beste Ergebnis erzielt. Die Effektivität der geprüften unterschiedlichen Bewässerungsverfahren ist mit > 172 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar als positiv einzuschätzen.

**Tabelle 28:** Ergebnisse des Bewässerungsversuchs von Zwiebeln, Kastenanlage Jena 2006

| Prüfvarianten | FM-Ertrag | | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | dt/ha | % | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| ohne Bewässerung | 329 | 100 | | | | |
| beregnet nach KWB | 625 | 190 | 296 | 90 | 170 | 174 |
| beregnet nach KWB - 30 % | 584 | 178 | 255 | 78 | 120 | 213 |
| Tropfbewässerung oberirdisch | 622 | 189 | 293 | 89 | 170 | 172 |
| Tropfbewässerung unterirdisch | 643 | 195 | 315 | 96 | 170 | 185 |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Die Zwiebeln werden zum Erntezeitpunkt auf Schwaden gelegt, um ein Abtrocknen für die bessere Aufbereitung zu gewährleisten. In Tabelle 29 sind die Fraktionierungsergebnisse und Marktwareanteile zusammengestellt. Ohne Bewässerung betrug der Anteil an meist nicht vermarktungsfähigen Untergrößen (< 4 cm ı) 40 %. Dieser wurde durch die Bewässerungsmaßnahmen wesentlich auf 9 bis 15 % reduziert. Der Zusatzwassereinsatz beeinflusste die gewünschte marktfähige Sortierung von 4 bis 7 cm

Durchmesser positiv in der Größenordnung von > 85 %. Die Menge an großen Zwiebeln (> 7 cm ï) war in dem Modellversuch unbedeutend. Bei einem relativen Vergleich der durch die Wassergaben erzielten Zwiebelerträge an Frischmasse insgesamt (Mehrertrag im Mittel von 88 %) zur abgetrockneten verkaufsfähigen Ware (Mehrertrag im Mittel von 180 %) wurde der Marktwareanteil verdoppelt und die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung auf $ 200kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar erhöht. Die einjährigen Modelluntersuchungen zeigen, dass ein pflanzenbedarfsgerechter Zusatzwassereinsatz das Betriebsergebnis wesentlich verbessern kann.

**Tabelle 29:** Ergebnisse der Fraktionierung von Zwiebeln, Kastenanlage Jena 2006

| Prüfvarianten | | Fraktionierung | | | Ertrag ges. | Marktware relativ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | < 4 cm | 4 bis 7 cm | > 7 cm | | 4 bis > 7 cm | |
| ohne Bewässerung | dt/ha | 123 | 178 | 3 | 304 | 191 | 100 |
| | % | 40 | 59 | 1 | 100 | 60 | |
| beregnet nach KWB | dt/ha | 62 | 500 | 21 | 583 | 521 | 288 |
| | % | 11 | 86 | 3 | 100 | 89 | |
| beregnet KWB-30 % | dt/ha | 79 | 459 | 0 | 538 | 459 | 254 |
| | % | 15 | 85 | 0 | 100 | 85 | |
| Tropfbew. oberirdisch | dt/ha | 52 | 518 | 7 | 577 | 525 | 290 |
| | % | 9 | 90 | 1 | 100 | 91 | |
| Tropfbew. unterirdisch | dt/ha | 64 | 523 | 17 | 604 | 540 | 298 |
| | % | 11 | 87 | 2 | 100 | 89 | |

## Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

In den zurückliegenden zwölf Jahren von 1995 bis 2006 war die Zwiebel ein Untersuchungsschwerpunkt auf dem Versuchsstandort Straußfurt mit seiner Größe von 10 ha. Es ist auch kein Zufall, dass die Zwiebel auf diesem Versuchsfeld im Thüringer Becken solange eine solche Aufmerksamkeit auf sich zog. Trägt doch die zwei Kilometer entfernte Gemeinde Schwerstedt die Zwiebel in ihrem Ortswappen und einer der größten Zwiebelanbaubetriebe und -vermarkter Mitteldeutschlands befindet sich im zehn Kilometer entfernten Herbsleben.

Es erfolgte die Erweiterung der Untersuchungen zum Sorteneinfluss von Speisezwiebeln wurden mit Beregnungsprüfgliedern auf dem Versuchsfeld in Straußfurt in den Jahren 1999 bis 2006. Aufgrund der Vielzahl neu zugelassener Sorten wurde die Anzahl der Prüfjahre in der Regel auf zwei beschränkt, so dass das geprüfte Sortiment immer durch Neuzüchtungen aktualisiert wurde. Lediglich Standard- und Vergleichssorten standen mehrere Jahre im Versuch. Die kombinierten Sorten-/Beregnungsversuche von Zwiebeln wurden zum überwiegenden Teil jährlich mit zwölf Sorten jeweils ohne und mit Beregnung durchgeführt. Die Beregnungszeitspanne beginnt in der Regel mit der Bulbenbildung und endet bei eintretender Vergilbung. Die Beregnung basierte auf der Steuerung nach der Klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung pflanzenspezifischer Entwicklungsstadien (kc-Werte) nach der Geisenheimer Methode.

Die Klassifizierung der Zwiebeln erfolgte in < 4 cm, 4 bis 7 cm und > 7 cm Durchmesser.

*Untersuchungsergebnisse*

In den zwölfjährigen Untersuchungsergebnissen von Zwiebeln über alle Sorten wurde ohne Beregnung ein Ertragsniveau im Mittel von 400 dt/ha erzielt (Tab. 30). Dieses ließ sich durch die Beregnungsmaßnahmen wesentlich auf durchschnittlich 585 dt/ha steigern. Das entspricht bei einem mittleren Zusatzwassereinsatz von 86,5 mm pro Jahr einem Beregnungsmehrertrag von 185 dt/ha.

**Tabelle 30:** Langjährige Ergebnisse der Zwiebelberegnung am Standort Straußfurt

| Jahr | Ertrag | | Beregnungs-mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | unberegnet | beregnet | | | | |
| | dt/ha | dt/ha | dt/ha | % | mm | Ausnutzung[1)] |
| 1995 | 396 | 587 | 191 | 48 | 45 | 424 |
| 1996 | 527 | 671 | 144 | 27 | 100 | 144 |
| 1997 | 475 | 619 | 144 | 30 | 60 | 240 |
| 1998 | 266 | 500 | 234 | 88 | 75 | 312 |
| 1999 | 479 | 546 | 67 | 14 | 25 | 268 |
| 2000 | 218 | 542 | 324 | 149 | 110 | 295 |
| 2001 | 497 | 652 | 155 | 31 | 85 | 182 |
| 2002 | 439 | 582 | 143 | 33 | 80 | 179 |
| 2003 | 197 | 440 | 243 | 123 | 155 | 157 |
| 2004 | 453 | 528 | 75 | 17 | 50 | 150 |
| 2005 | 499 | 797 | 298 | 60 | 125 | 238 |
| 2006 | 354 | 557 | 203 | 57 | 125 | 162 |
| ***1995 bis 2006*** | ***400*** | ***585*** | ***185*** | ***56*** | ***86,5*** | ***229*** |

[1)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Verabreicht wurden zwei bis fünf Zusatzwassergaben in der Höhe zwischen 20 und 25 mm je Gabe. Die Schwankungen waren bei allen Parametern groß. Die Beregnungsmengen reichten von jährlich 25 bis 155 mm und der Mehrertrag von 67 bis 324 dt/ha. Bezugnehmend auf die Richtwerte für den durchschnittlichen Zusatzwasserbedarf von ROTH, ALBRECHT und GÜNTHER (2000) liegen die verabreichten Beregnungswassermengen im oberen Bereich. Die Effektivität des Zusatzwassereinsatzes ist mit durchschnittlich 229 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar als hoch zu bewerten. 1 mm Zusatzwasser je Hektar entspricht einer absoluten Wassermenge von 10 m³/ha, d. h. mit jedem m³/ha Zusatzwasser wurden etwa 23 kg Zwiebeln mehr produziert. Der Umsatz des Zusatzwassereinsatzes erfolgte immer in signifikante Mehrerträge. Folglich lässt sich aus den zwölfjährigen Untersuchungsergebnissen ableiten, dass Speisezwiebeln sehr beregnungswürdig sind.

Den Einfluss der unterschiedlichen Witterungsbedingungen auf das Ertragsergebnis zeigen die beiden Jahre 2002 und 2003. Es wurde das gleiche Sortiment von jeweils 12 Sorten geprüft. In dem relativ feuchten Jahr 2002 erfolgten nur vier Zusatzwassergaben von insgesamt 80 mm im Zeitraum von Ende Juni bis Ende Juli, die nach den wöchentlichen Beregnungsempfehlungen der TLL auf der Basis der klimatischen Wasserbilanz errechnet wurden. Durch zahlreiche z. T. starke Niederschläge ab Anfang August war keine weitere Beregnung mehr notwendig. Das regnerische Wetter beeinflusste den unberegneten Zwiebelertrag wesentlich, so dass dieser mit durchschnittlich 439 dt/ha relativ gut ausfiel (Tab. 30). Der ertragsstabilisierende Effekt des Zusatzwassereinsat-

zes einschließlich der gefallenen Niederschläge spiegelte sich sowohl im dem besseren Resultat mit 582 dt/ha Zwiebeln (Mehrertrag von 33 %) als auch in der geringeren Schwankungsbreite der einzelnen Sorten wider. Der für die Zwiebelvermarktung relevante Anteil in der Fraktion von 4 bis 7 mm Durchmesser war in beiden Prüfvarianten mit > 84 % insgesamt hoch.
Im Vergleich dazu benötigten die Zwiebeln im extrem trockenen Jahr 2003 außergewöhnlich viel Zusatzwasser, um das Defizit in der Klimatischen Wasserbilanz von -391 mm in der Vegetationszeit (agrarmeteorologisches Messnetz der TLL im Zeitraum von April bis September) zu nivellieren. Das Ertragsergebnis ohne Beregnungsmaßnahmen fiel mit knapp 200 dt/ha sehr gering aus. Mit einem empfehlungskonformen Zusatzwassereinsatz in Form von sechs Gaben von je 25 bis 30 mm Höhe (insgesamt 155 mm) konnte ein Zwiebelertrag von 440 dt/ha (Mehrertrag von 123 %) erzielt werden. Dieser ist gegenüber dem Mittelwert der langjährigen Zwiebelversuche zwar als unterdurchschnittlich einzustufen. Hier wird aber deutlich sichtbar, dass selbst sehr viel Zusatzwasser eine ausreichende natürliche Niederschlagsversorgung nicht ersetzen kann. Während in der unberegneten Variante nur 45 % des Ertragsniveaus von 2002 erreicht wurden, waren es mit Beregnung immer hin noch 76 %. Der bevorzugte Marktwareanteil in der Fraktion von 4 bis 7 mm Durchmesser mit 87 % ergab sich nur ohne Zusatzwasser. Die Beregnung erhöhte vor allem die Anzahl an großen Zwiebeln > 7 mm.
In Abbildung 18 sind die Ertragsverläufe grafisch dargestellt. Auffällig ist, dass die beiden Kurven nahezu parallel verlaufen. Die beregnete Prüfvariante (obere Kurve) verläuft immer auf einem höheren Niveau und die Abweichungen vom Mittelwert (gestrichelte obere Linie) sind deutlich schwächer ausgeprägt gegenüber der unberegneten.

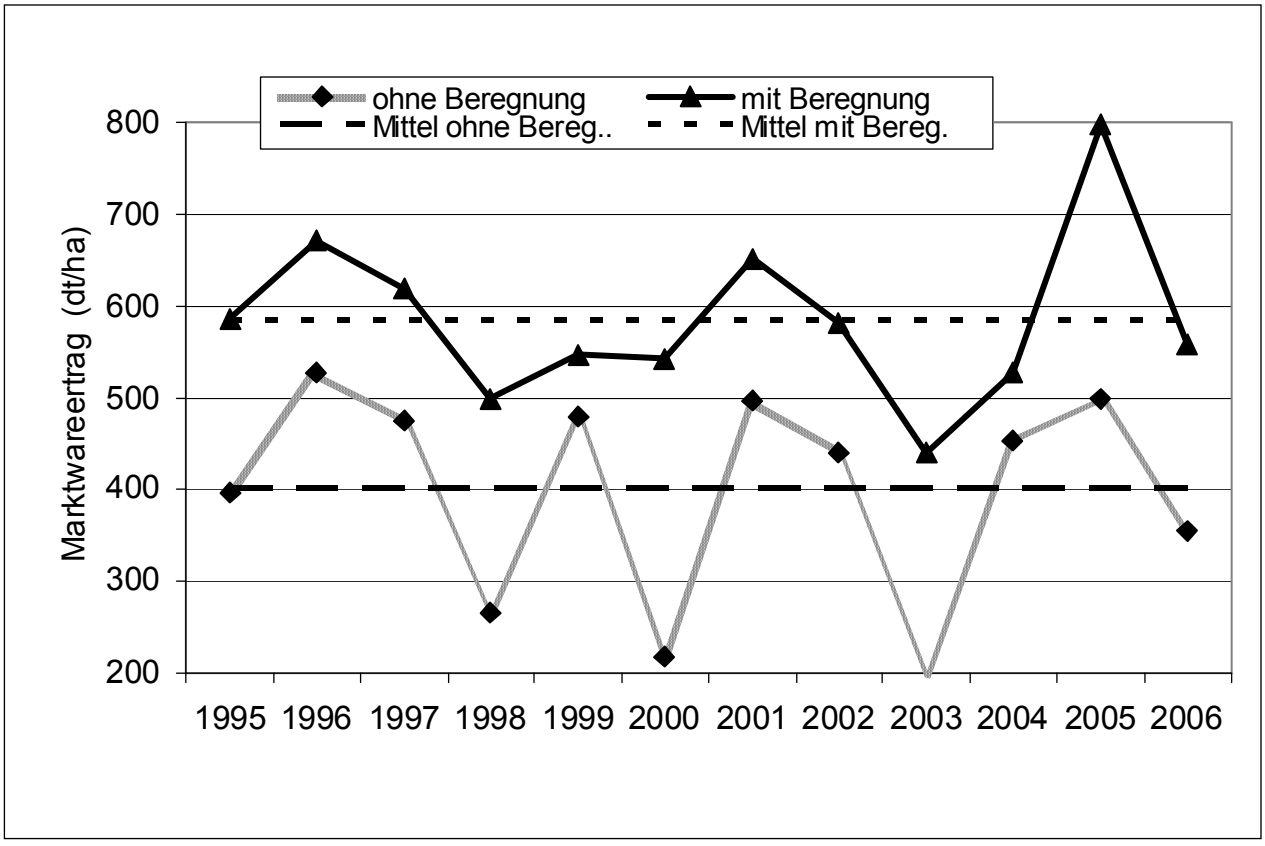



**Abbildung 18**: Langjährige Ertragsverläufe bei Speisezwiebeln, Standort Straußfurt

Statistisch wird diese Aussage in Abbildung 19 durch die jeweiligen jährlichen Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (als Säulen dargestellt) belegt. Ohne Beregnung ist ersichtlich, dass es im Untersuchungszeitraum drei Jahre mit Ertragseinbruch gab. 1998, 2000 und 2003 lag der Ertrag auf einem Niveau von etwa 200 dt/ha. Mit Zusatzbewässerung wurde eine hohe Ertragssicherheit erreicht. Der positive Einfluss der Beregnungsmaßnahmen spiegelt sich in den wesentlich kleineren Säulen vor allem im unteren Bereich wider. Die Berechnung des Variationskoeffizienten (s %) bestätigt die geringeren Ertragsschwankungen durch den Zusatzwassereinsatz. Dieser beträgt in der unberegneten Variante 27,5 % und reduziert sich mit Beregnung auf 15 % (ohne das Jahr 2005 sogar auf nur s = 10 %).

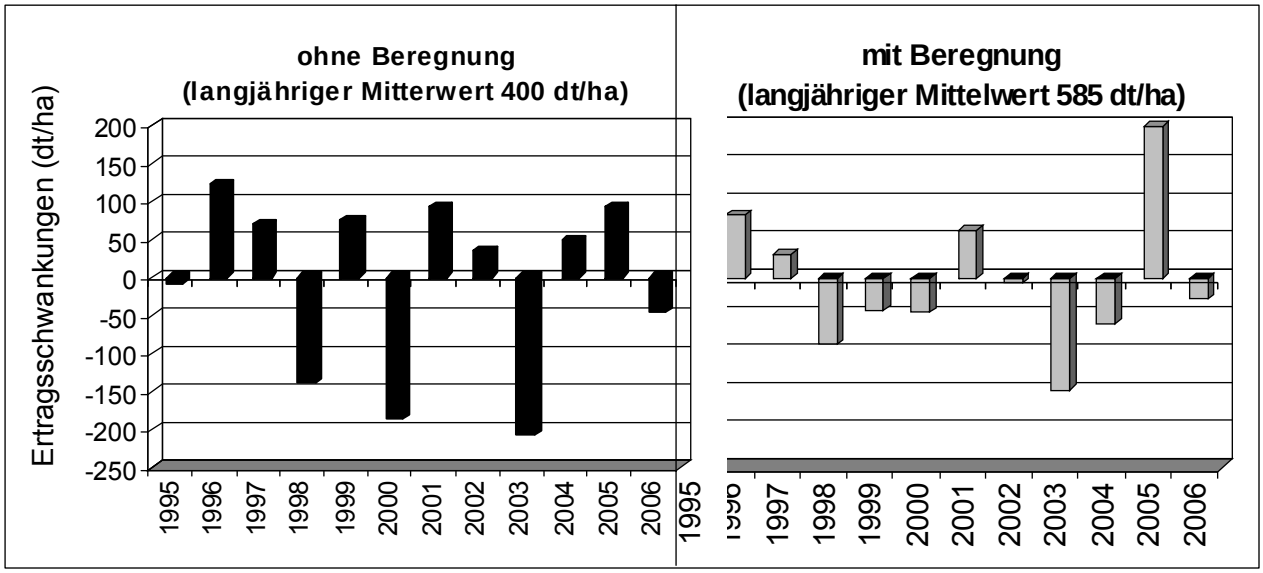



**Abbildung 19:** Jährliche Ertragsschwankungen bei Speisezwiebeln, Standort Straußfurt

Am Beispiel des Jahres 2005, dem Versuchsjahr mit dem deutlich höchsten Ertragsniveau im Untersuchungszeitraum, soll die jährliche sortenspezifische Beregnungswirkung aufgezeigt werden (Tab. 31). Das Ertragsniveau ohne Beregnung ist mit knapp 500 dt/ha im Mittel als sehr gut einzuschätzen. Dabei schwankten die Erträge zwischen den Sorten von 445 dt/ha (*Stamford*) bis 548 dt/ha (*Vision*) im normalen Bereich. Dieses durchschnittliche Ertragsniveau wurde in der unberegneten Fraktion in sieben von elf Versuchsjahren erreicht bzw. überschritten. Mit Beregnung betrug die Schwankungsbreite zwischen den Erträgen 658 dt/ha (*Drago*) bis 887 dt/ha (*Hyskin*). Von den zwölf geprüften Sorten erzielten sieben die Ertragsgröße von $ 800 dt/ha und nur zwei lagen unter 700 dt/ha. Das ist das beste erzielte Ergebnis im gesamten zwölfjährigen Untersuchungszeitraum von Zwiebeln auf dem VF Straußfurt.
Die relativ hohe Zusatzwassermenge von 125 mm wurde mit einer Effizienz von durchschnittlich 238 kg Mehrertrag pro mm Zusatzwasser je ha verwertet. Als eine Sorte mit einer deutlich überdurchschnittlichen Zusatzwasserausnutzung von > 300 kg Mehrertrag pro mm Zusatzwasser je ha zeigte sich *Carlito*. Dagegen setzten die Sorten *Drago* und *Arena*l das verabreichte Zusatzwasser nicht so effektiv um. Die Resultate des kombinierten Sorten-/Beregnungsversuchs von 2005 bestätigen die Beregnungswürdigkeit der Kultur Speisezwiebel und deutliche Sortenunterschiede sowohl ohne als auch mit Beregnung. Diese treten durch den Zusatzwassereinsatz sogar stärker in Erscheinung und spiegeln sich ebenfalls in der sehr differenzierten Zusatzwasserausnutzung wider.

**Tabelle 31:** Ergebnisse des kombinierten Sorten-/Beregnungsversuchs von Zwiebeln, Straußfurt 2005

| Sorte | Ertrag dt/ha | | Mehrertrag | | Zusatzwasser-ausnutzung*) |
|---|---|---|---|---|---|
| | ohne Beregnung | mit Beregnung | dt/ha | % | kg / mm x ha |
| Drago | 462 | 658 | 196 | 47,2 | 157 |
| Canto | 457 | 782 | 325 | 71,1 | 260 |
| N 37-53 | 502 | 825 | 323 | 64,3 | 258 |
| Vision | 548 | 835 | 287 | 52,4 | 230 |
| Wellington | 471 | 786 | 315 | 66,9 | 252 |
| Stamford | 445 | 695 | 250 | 64,0 | 200 |
| Arenal | 520 | 747 | 227 | 43,7 | 182 |
| Profit F1 | 516 | 814 | 298 | 57,8 | 238 |
| Rolex | 510 | 802 | 292 | 57,3 | 234 |
| Hyskin | 544 | 887 | 343 | 63,1 | 274 |
| Hybelle | 538 | 857 | 319 | 59,3 | 255 |
| Carlito | 476 | 881 | 405 | 85,1 | 324 |
| **Mittelwert** | ***499*** | ***797*** | ***298*** | ***59,7*** | ***238*** |
| $GD_{5\%}$ | Sortenvergleich: 51,3 dt/ha<br>zwischen Bereg.-varianten: 72,6 dt/ha | | | | |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Die Ertragssteigerung bei Speisezwiebeln wird ausschließlich über die Massezunahme der einzelnen Zwiebel realisiert. Damit ist letztlich eine Zunahme der Größe verbunden. Der Anteil an Untergrößen betrug nur etwa 1 % und blieb folglich bei der weiteren Auswertung unberücksichtigt. Für den Zwiebelmarkt sind vordergründig die Größen von 4 bis 7 cm gefragt. Der relative Anteil von Zwiebeln in der gewünschten mittleren Fraktion lag unberegnet bei 86 %. Das ist ein sehr guter, bei weitem nicht in jedem Jahr erreichter Wert. In der beregneten Fraktion sank der Anteil auf 66 %. Die Differenzen zum Gesamtertrag mit 13 % ohne Beregnung und 33 % mit Beregnung stellen somit die Übergrößen dar. In Abbildung 20 werden die durch den Zusatzwassereinsatz erzielten Mehrerträge in der gewünschten Marktwarefraktion von 4 bis 7 cm im Verhältnis zum gesamten Mehrertrag dargestellt. Der größte Teil des Mehrertrages ist durch die Beregnung in der großen Fraktion > 7 cm Durchmesser zu finden. Im Mittelwert sind das ein Drittel (97 von 297 dt/ha). Aber auch Ware mit einem Durchmesser > 7 cm kann vermarktet werden. Zum Vorschein kommt, dass es gravierende Sortenunterschiede gab. So hatte die Sorte *Rolex* den höchsten Zwiebelanteil in der mittleren Fraktion von 4 bis 7 cm während bei *Wellington* zu 95 % große Zwiebeln (> 7 cm) produziert wurden. Aufgrund derartiger Schwankungen sowohl zwischen den Sorten als auch unter den Wiederholungen konnten nur bei drei Sorten signifikante Differenzen nachgewiesen werden.

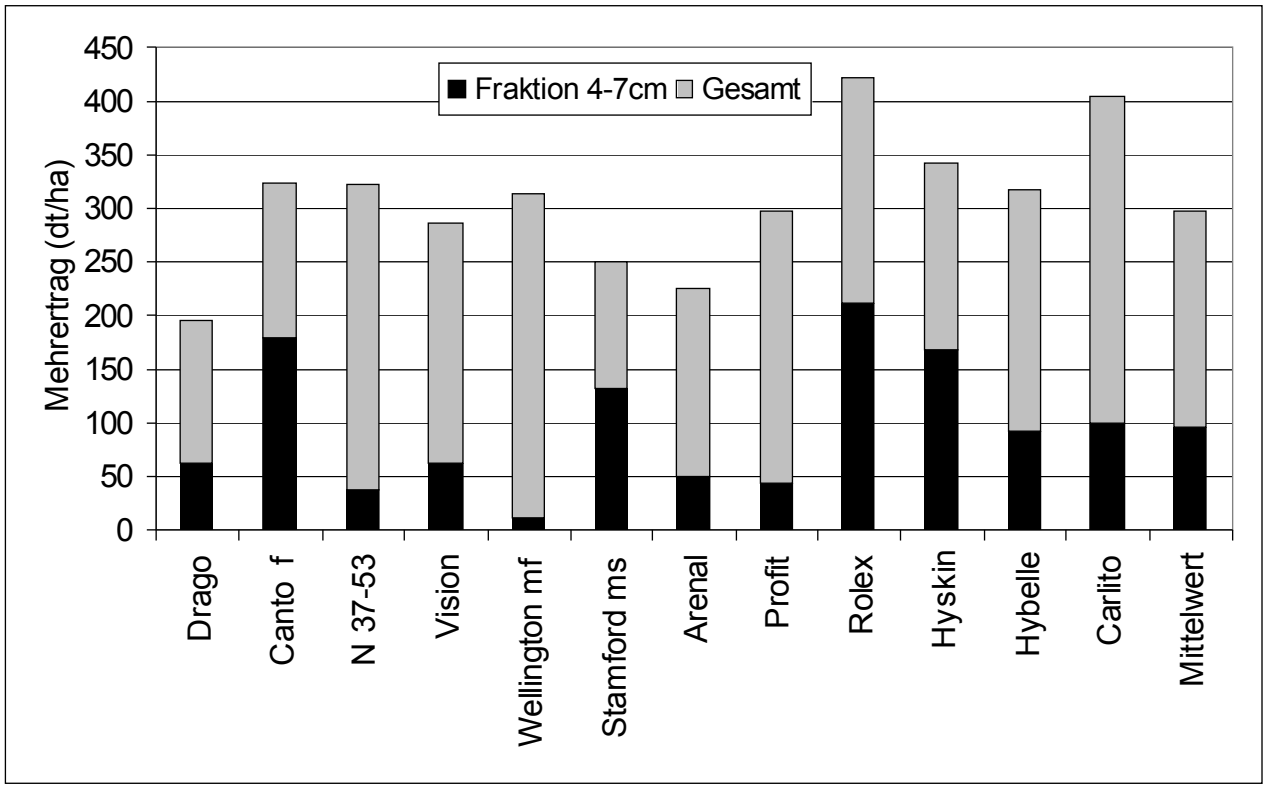



**Abbildung 20:** Ergebnisse der Fraktionierung der Mehrerträge von Speisezwiebeln, kombinierter Sorten-/Beregungsversuch Straußfurt 2005

Die Bedeutung einer gezielten Sortenwahl auf das Ertragsergebnis wird in Tabelle 32 in der Zusammenstellung der drei ertragsstärksten und -schwächsten Sorten sichtbar. Ein Vergleich der langjährigen Erträge ohne Bewässerung zwischen den ertragsschwächsten Sorten mit 347 dt/ha zu den ertragsstärksten mit 433 dt/ha ergibt eine Differenz von 86 dt/ha. Diese Größe erhöhte sich bei den beregneten Sorten auf 132 dt/ha. Der Einfluss der Bewässerungsmaßnahmen von Zwiebeln bei richtiger Sortenwahl spiegelt sich in einem um 53 % besseren Ertragsergebnis wider. Durch den Zusatzwassereinsatz wurde ebenfalls bei den ertragsstärksten Sorten der Unterschied mit 214 dt/ha wesentlich verbessert gegenüber den ertragsschwächsten Sorten mit nur 168 dt/ha. Auch wenn Qualitätsanforderungen und Lagereigenschaften von Speisezwiebeln eine wichtige Rolle spielen, zeigen diese Zahlen, wie wichtig eine gezielte Sortenwahl sein kann. Ausgehend von in etwa gleichen Saatgutkosten kann schon allein dadurch die Wirtschaftlichkeit des Produktionsverfahrens verbessert werden. Die Zusatzbewässerung von Zwiebeln gehört in Thüringen trotz einer kleinen Anbaufläche zum Produktionsverfahren. Deutliche und stabile Mehrerträge auf dem Versuchsfeld in Straußfurt und auf Praxisflächen sind Ausdruck einer hohen Wassereffizienz. Die Zwiebeluntersuchungen ohne Beregnung führten im zwölfjährigen Mittel zu einem Ertragsniveau von 400 dt/ha. Durch den empfehlungskonformen Zusatzwassereinsatz wurde das Ertragspotenzial der Zwiebeln wesentlich besser ausgeschöpft und mit einer durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassermenge von 87 mm ein Mehrertrag von 185 dt/ha (56 %) erzielt. Die langjährigen Untersuchungsergebnisse verdeutlichen, dass die Ertragsgröße, deren Schwankungsbreite und die Marktwareanteile wesentlich durch Bewässerungsmaßnahmen beeinflusst werden können. Durch den Zusatzwassereinsatz lassen sich Ertragseinbrüche verhindern und die -sicherheit wesentlich erhöhen.

**Tabelle 32:** Ertragsunterschiede zwischen den drei ertragsstärksten und -schwächsten Zwiebel-Sorten (dt/ha), Straußfurt von 1999 bis 2006

| Jahr | ertragsstärkste Sorten | | | | ertragsschwächste Sorten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sorte | ohne Beregn. | Sorte | mit Beregn. | Sorte | ohne Beregn | Sorte | mit Beregn. |
| 1999 | Rolander<br>Creston<br>Renate | 641<br>647<br>640 | Rolander<br>Bristol<br>Boston | 689<br>692<br>708 | Romito<br>Bravo<br>Bristol | 514<br>586<br>601 | Frieda<br>Romito<br>Stadium | 621<br>589<br>623 |
| 2000 | Boston<br>Carlito<br>Renate | 256<br>280<br>251 | Carlito<br>Stadium<br>Renate | 649<br>654<br>586 | Berta<br>Takmark<br>Stadium | 131<br>162<br>178 | Berta<br>Takmark<br>Takstar | 419<br>495<br>426 |
| 2001 | n.b. | | Carlito<br>Boston<br>Renate | 591<br>624<br>653 | n.b. | | NLC 40<br>Stadium<br>Takmark | 457<br>574<br>538 |
| 2002 | Boston<br>Bravo<br>Accent | 482<br>509<br>472 | Takstar<br>Carlito<br>Accent | 647<br>638<br>645 | Takstar<br>Sprinter<br>Copra | 391<br>392<br>317 | Boston<br>Sprinter<br>Sunskin | 548<br>528<br>543 |
| 2003 | Takstar<br>Boston<br>Carlito | 215<br>204<br>211 | Sherpa<br>Carlito<br>Starito | 516<br>520<br>501 | Friso<br>Sprinter<br>Copra | 188<br>182<br>188 | Friso<br>Paraat<br>Copra | 359<br>358<br>369 |
| 2004 | Bonus<br>Hyskin<br>RS 77796 | 509<br>492<br>478 | Hybelle<br>Bonus<br>RS 77796 | 582<br>587<br>566 | Takstar<br>Hermes<br>Wellington | 407<br>391<br>397 | Canto<br>Hermes<br>Laura | 460<br>431<br>482 |
| 2005 | Vision<br>Hyskin<br>Hybelle | 548<br>544<br>538 | Hyskin<br>Hybelle<br>Carlito | 887<br>857<br>881 | Drago<br>Canto<br>Stamford | 462<br>457<br>445 | Drago<br>Canto<br>Arenal | 658<br>782<br>747 |
| 2006 | Hybelle<br>Nerato<br>Mission | 422<br>376<br>368 | RS 33600<br>RS 69497<br>Wellington | 594<br>664<br>593 | Stamford<br>Aranca<br>Icarus | 328<br>270<br>305 | Hyskin<br>Aranca<br>Icarus | 464<br>452<br>429 |
| **MW** | **n =21** | ***433*** | **n = 24** | ***647*** | **n = 21** | ***347*** | **n =24** | ***515*** |
| Diffe-renz | ohne Ber.<br>mit Bereg.<br>ohne/mit | 86 | 214 | 132 | | | 168 | |

n.b.: nicht bestimmt - wegen schlechtem Auflaufen nicht auswertbar

Die langjährigen kombinierten Sorten- / Beregnungsversuche von Speisezwiebeln auf dem Versuchsfeld Straußfurt zeigen eine große Ertragsvariabilität der zahlreichen geprüften Sorten (51 Zwiebelsorten von 1999 bis 2006) sowohl in den einzelnen Untersuchungsjahren als auch über den gesamten Zeitraum. Die Ergebnisse erbringen den Nachweis, dass die Ertragshöhe und der Marktwareanteil von Zwiebeln bei richtiger Sortenwahl durch Bewässerungsmaßnahmen wesentlich beeinflusst werden und somit die verbesserten Parameter Gesamt- und Marktwareertrag zu einem günstigeren Betriebsergebnis führen können. Der Anbau von Kulturarten mit einem besseren Wasserausnutzungsvermögen stellt hohe Anforderungen an die Züchtungsforschung und würde durch die bessere Ausschöpfung des Leistungspotenzials neuer Sorten eine pflanzliche Produktion mit reduziertem Wasserverbrauch für eine ökonomisch nachhaltige Zwiebelproduktion ermöglichen.

**Praxisbetrieb**

*Untersuchungsbedingungen*
Ableitend aus den Parzellenfelduntersuchungen auf dem VF Straußfurt wurde in der Agrargenossenschaft Herbsleben e. G. mit der größten Zwiebelanbaufläche in Thüringen ein Demonstrationsvorhaben zur Beregnung von Speisezwiebeln durchgeführt. Die Beregnungsmaßnahmen erfolgten durch den Praxisbetrieb in Anlehnung an die Beregnungsempfehlungen der TLL unter Einsatz von Rohrtrommelberegnungsmaschinen in Kombination mit Weitstrahlregner und anteilig Düsenwagen. Dabei kamen vorrangig die Zwiebelsorten zum Einsatz, die sich in den kombinierten Beregnungs-/Sortenversuchen in Straußfurt durch hohe und stabile Erträge auszeichneten. Auf den Praxisflächen bestand bei den Sorten „*Wellington*" (2008/09) und „*Solution*" (2009) die Möglichkeit, neben den beregneten Flächen auch unberegnete Kontrollflächen in Form von Handparzellen zu ernten. Somit war die Erfassung von Erträgen und Sortierungen unter Praxisbedingungen möglich.

*Untersuchungsergebnisse*
Der in Abhängigkeit von der Witterung eingesetzte Zusatzwasseraufwand spiegelt sich in den Ertragsergebnissen wider (Tab. 33). Im Jahr 2008 wurde mit einer Beregnungsmenge von 80 mm ein sehr großer statistisch gesicherter Zwiebelmehrertrag von 357 dt/ha erzielt. Nach der Sortierung betrug der Anteil an Marktware von Zwiebeln in der gewünschten mittleren Fraktion von 4 bis 7 cm Durchmesser 88 % und > 7 cm die Übergrößen 9 %. Im Vergleich dazu wurden ohne Beregnung etwa 30 % kleinere Zwiebeln (< 4 cm) und in der mittleren Sortierung 70 % produziert. Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung ist in dem Einzeljahr mit > 400 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar als außergewöhnlich hoch einzuschätzen. 2009 fielen die Sommerniederschläge größer als im Normaljahr aus, so dass der Zusatzwassereinsatz unbedeutend und die Unterschiede sowohl in der Ertragshöhe als auch bei der Fraktionierung zwischen den unberegneten und beregneten Parzellen sehr gering waren.

**Tabelle 33:** Ergebnisse zur Beregnung von Zwiebeln im Praxisbetrieb 2008 und 2009

| Jahr | Sorte | Ertrag (dt/ha) | | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | unberegnet | beregnet | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| 2008 | Wellington | 233 | 590 | 357 | 153 | 80 | 446 |
| 2009 | Wellington | 594 | 608 | 14 | 2 | 30 | 47 |
| | Solution | 558 | 614 | 56 | 10 | 20 | 280 |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

## 3.1.5 Buschbohnen

*Versuchsfrage*
Die Buschbohne hat im Thüringer Feldgemüsebau eine lange Tradition. Die Anbaufläche nahm in den letzten Jahren vordergründig in Ostthüringen (Altenburger Raum) wieder zu. Ihre Größe lag in den Jahren von 2004 bis 2007 bei etwa 200 ha, 2008 sogar bei knapp 300 ha und 2009 durch Vermarktungsprobleme nur noch bei 150 ha.
Eine ausreichende Wasserversorgung, die insbesondere im Blütezeitraum und während der Massebildung sowie des Erntezeitraumes erforderlich ist, sichert stabile und hohe Erträge mit marktgerechter Produktqualität als Voraussetzung für den Vertragsanbau.

Das Ziel der Bewässerungsuntersuchungen auf dem VF Straußfurt bestand u. a. in den zurückliegenden Jahren darin, die Ertragsvariabilität eines breiten Sortenspektrums mit Zusatzwasser herauszuarbeiten. Hohe Mehrertragsleistungen aus Voruntersuchungen von Buschbohnen bei optimalem Wasserhaushalt waren der Anlass dafür, eine Beregnungsvariante beim Sortenvergleich einzubeziehen. Aus gegenwärtiger Sicht ist der Einfluss der Sorten auf die Wassereffizienz der Kulturpflanzen zur Sicherung der Ertragsstabilisierung und Produktqualität eine wichtige Fragestellung. Die klimatischen Veränderungen bedingen mit großer Wahrscheinlichkeit auch Verschiebungen im Anbauverfahren und Fruchtartenspektrum. So sind neue Züchtungen von leistungsstarken Sorten unter Berücksichtigung der Klimaveränderungen auf die Effektivität des Zusatzwassereinsatzes fortwährend zu prüfen. Ergänzend zu den Sortenversuchen wurden diese folglich mit Beregnungsprüfgliedern erweitert und als kombinierte Sorten-/ Beregnungsversuche angelegt.
Die früheren Bewässerungsuntersuchungen mit Buschbohnen von 1994 und 1995 auf der Kastenanlage in Jena und von 1998 bis 2003 auf dem VF Straußfurt sind in der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung“ (PFLEGER et al., 2006) enthalten. Nachfolgend werden die weiteren Untersuchungsergebnisse vom VF Straußfurt bis 2007 und aus Praxisbetrieben vorgestellt.

## Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*
Die Untersuchungen zum Sorteneinfluss unter Beregnungsbedingungen erfolgten auf dem VF Straußfurt mit Buschbohnen 1998 bis 2004 sowie 2006 und 2007.
Die Versuche wurden als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen durchgeführt. Zur Prüfung kamen insgesamt 42 Sorten von Buschbohnen, zum überwiegenden Teil jährlich 12 Sorten jeweils ohne und mit Beregnung. Die Beregnungssteuerung erfolgte auf der Basis der Klimatischen Wasserbilanz und der Geisenheimer Methode unter Berücksichtigung pflanzenspezifischer Entwicklungsstadien nach kc-Werten.
Aufgrund der Vielzahl neu zugelassener Sorten beschränkte sich die Anzahl der Prüfjahre in der Regel auf zwei, so dass das geprüfte Sortiment immer durch Neuzüchtungen aktualisiert wurde. Mehrere Jahre im Versuch standen lediglich Standard- und Vergleichssorten. Auf Buschbohnen bezogen veränderte sich das Sortenspektrum folglich wesentlich in den Jahren 2000, 2002, 2004 und 2006.
Nach den Witterungsbedingungen sind die Jahre 1998, 1999, 2001, 2004 und 2006 als durchschnittlich einzuordnen. Im Vergleich dazu war es 2000 und 2005 wesentlich wärmer. Das Jahr 2003 ist uns allen noch als extrem trockenes Jahr mit erhöhter Strahlungsintensität bekannt. Dagegen fielen 2002 und 2007 deutlich niederschlagsreicher aus.

*Untersuchungsergebnisse*
Die neunjährigen Untersuchungsergebnisse von Bohnen weisen über alle Sorten einen durchschnittlichen Ertrag von 106 dt/ha aus (Tab. 34). Dieser konnte durch die Beregnungsmaßnahmen um 66 dt/ha erhöht werden, so dass sich ein beregneter Gesamtertrag von insgesamt 172 dt/ha bei einem mittleren Zusatzwassereinsatz von 66 mm ergab. In Abhängigkeit von der Witterung, insbesondere den natürlichen Niederschlägen und dem Wachstumsverlauf der Pflanzen lag der nach der Klimatischen Wasserbilanz berechnete Zusatzwasserbedarf in den einzelnen Jahren zwischen 40 und 95 mm.

Die Anzahl der Wassergaben betrug zwei bis vier bei einer Höhe der Einzelgaben von 20 bis 25 mm. Der Zusatzwassereinsatz erfolgte empfehlungskonform nach der Wasserversorgungssituation und den Hinweisen für die Beregnung der TLL (wöchentliche Beregnungsempfehlungen) und entsprach in der Größenordnung den Richtwerten für den durchschnittlichen Zusatzwasserbedarf von ROTH, ALBRECHT und GÜNTHER (2000).
Im Mittel der Sorten wurden in sieben Untersuchungsjahren ohne Beregnung Bohnenerträge zwischen 59 und 115 dt/ha erzielt. Auffällig ist, dass 2002 und 2007 die Ertragszahlen bei 174 und 199 dt/ha lagen. Diese zwei Jahre zeichnen sich durch ein höheres Niederschlagsaufkommen aus. Durch den Zusatzwassereinsatz erhöhten sich die Erträge insgesamt wesentlich um 79 %. Mit Ausnahme von 2006 (nur 116 dt/ha) lagen die Erträge alle über 139 dt/ha. Der Höchstwert von 216 dt/ha wurde 2007 erzielt. In den Jahren mit einem insgesamt hohen Ertragsniveau ohne Beregnung war der Ertragszuwachs durch die Wassergaben mit # 11 % unbedeutend.

**Tabelle 34:** Ergebnisse der langjährigen Beregnungs- / Sortenversuche von Buschbohnen, Straußfurt 1998 bis 2007

| Jahr | Ertrag | | Beregnungs-mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | unberegnet | beregnet | | | | |
| | dt/ha | dt/ha | dt/ha | % | mm | kg/mm x ha[1)] |
| 1998 | 73 | 149 | 75 | 103 | 60 | 126 |
| 1999 | 93 | 139 | 46 | 50 | 40 | 116 |
| 2000 | 79 | 167 | 88 | 112 | 80 | 110 |
| 2001 | 82 | 177 | 95 | 117 | 70 | 136 |
| 2002 | 174 | 184 | 10 | 6 | 50 | 21 |
| 2003 | 82 | 196 | 114 | 139 | 95 | 120 |
| 2004 | 115 | 203 | 88 | 77 | 80 | 110 |
| 2006 | 59 | 116 | 57 | 96 | 75 | 76 |
| 2007 | 199 | 216 | 20 | 11 | 45 | 44 |
| **1998 bis 2007** | ***106*** | ***172*** | ***66*** | ***79*** | ***66*** | ***95*** |

[1)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung variierte in den einzelnen Jahren von 21 bis 136 kg/mm x ha sehr stark und ist mit durchschnittlich 95 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Jahr als mittelmäßig einzuschätzen. Eine effektivere Wasserausnutzung wurde in den Jahren 1998, 2001 und 2003 mit durchschnittlich 127 kg/mm x ha erzielt.
Die Vielzahl der geprüften Bohnensorten von 1998 bis 2007 zeigten eine große Schwankungsbreite im Ertrag der einzelnen Sorten. Diese wird besonders deutlich, wenn die drei ertragsstärksten und die drei ertragsschwächsten Bohnensorten zusammengefasst werden (Tab. 35). Stellt man die langjährigen Erträge ohne Beregnung der drei ertragsschwächsten Sorten mit 86 dt/ha den ertragsstärksten mit 125 dt/ha gegenüber, liegt eine Differenz von 39 dt/ha zu Grunde. Beim analogen Vergleich der bewässerten Sorten ergeben sich 49 dt/ha, also ein um 25 % besseres Ergebnis unter Beregnungsbedingungen. Bei den ertragsschwächsten Sorten beträgt der Ertragsunterschied zwischen unberegnet und beregnet 62 dt/ha, während er sich bei den ertragsstärksten auf einen Mehrertrag von 72 dt/ha erhöht.

**Tabelle 35:** Ertragsunterschiede zwischen den drei ertragsstärksten und -schwächsten Buschbohnensorten in dt/ha, Straußfurt 1998 bis 2007

| Jahr | ertragsstärkste Sorten | | | | ertragsschwächste Sorten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sorte | ohne Beregn. | Sorte | mit Beregn. | Sorte | ohne Beregn. | Sorte | mit Beregn. |
| 1998 | *Forum* | 84 | *Forum* | 175 | *Celtic* | 64 | *Paulista* | 126 |
| | *Scuba* | 82 | *Amstel* | 177 | *Canberra* | 68 | *Canberra* | 131 |
| | *Proton* | 77 | *Magnum* | 164 | *RS 1384* | 68 | *Proton* | 131 |
| 1999 | *Forum* | 112 | *Forum* | 154 | *Magnum* | 73 | *Magnum* | 118 |
| | *Scuba* | 113 | *Scuba* | 150 | *Canberra* | 87 | *Canberra* | 122 |
| | *Paulista* | 104 | *Paulista* | 146 | *Proton* | 77 | *Espada* | 135 |
| 2000 | *Forum* | 94 | *Scuba* | 180 | *Ferrari* | 59 | *Ferrari* | 145 |
| | *Marcio* | 93 | *Alberta* | 199 | *Tipper* | 60 | *Roxana* | 150 |
| | *Jessica* | 90 | *Jessica* | 182 | *Classic* | 69 | *Classic* | 137 |
| 2001 | *Forum* | 99 | *Forum* | 205 | *Classic* | 72 | *Marcio* | 161 |
| | *Scuba* | 94 | *Scuba* | 202 | *Tipper* | 71 | *Roxana* | 128 |
| | *Boston* | 87 | *Jessica* | 205 | *Jessica* | 74 | *Paulista* | 154 |
| 2002 | *Alberta* | 220 | *Alberta* | 216 | *Eden* | 150 | *Eden* | 156 |
| | *Pation* | 187 | *Boston* | 206 | *Jersey* | 152 | *Forum* | 171 |
| | *Arcadia* | 178 | *Paulista* | 193 | *Jessica* | 167 | *Classic* | 173 |
| 2003 | *Alberta* | 98 | *Alberta* | 228 | *Eden* | 74 | *Eden* | 172 |
| | *Classic* | 96 | *Classic* | 242 | *Roxana* | 56 | *Roxana* | 159 |
| | *Balsas* | 92 | *Boston* | 228 | *Almut* | 72 | *Arcadia* | 159 |
| 2004 | *Scylla* | 146 | *Scylla* | 253 | *Yukon* | 91 | *Yukon* | 181 |
| | *Canzone* | 136 | *Canzone* | 226 | *Rivergaro* | 91 | *Rivergaro* | 180 |
| | *Paulista* | 136 | *Classic* | 226 | *Penka* | 84 | *Alexandra* | 172 |
| 2006 | *Venice* | 98 | *Venice* | 147 | *Boston* | 27 | *Boston* | 87 |
| | *Cerdon* | 80 | *Scuba* | 125 | *Rivergaro* | 15 | *Rivergaro* | 86 |
| | *Paulista* | 87 | *Paulista* | 142 | *Alexandra* | 39 | *Alexandra* | 102 |
| 2007 | *Albany* | 230 | *Parker* | 243 | *Classic* | 155 | *Classic* | 193 |
| | *Canzone* | 247 | *Canzone* | 252 | *Rivergaro* | 169 | *Rivergaro* | 191 |
| | *Paulista* | 224 | *Paulista* | 257 | *Balsas* | 150 | *Balsas* | 183 |
| **Mittelwert** | **n = *27*** | ***125*** | | ***197*** | **n = *27*** | ***86*** | | ***148*** |
| Differenz | ohne Ber. mit Bereg ohne/mit | 39 | 72 | 49 | | | 62 | |

Über mehrere Jahre waren die Sorten *Alberta* und *Jessica* mit vier, *Forum* mit fünf, *Boston* mit sechs, *Classsic* mit sieben, *Scuba* mit acht und *Paulista* sogar über alle neun Jahre in die Prüfungen einbezogen. Diese sind in Tabelle 35 vordergründig unter den ertragsstärksten Sorten zu finden. Bezogen auf die Anzahl der Untersuchungsjahre führten ohne Beregnung die Sorten *Alberta* und *Paulista* zu den höchsten Erträgen. Mit Beregnung rangieren die Sorten *Alberta*, *Classic* und *Boston* an erster Stelle gefolgt von *Jessica*, *Paulista*, Forum und *Scuba*. Im Durchschnitt der Versuchsjahre erbrachten die Sorten Jessica und Alberta durch den Zusatzwassereinsatz die größten Mehrerträge. Zu den Buschbohnensorten, die sich langjährig unter Thüringer Anbau- und Beregnungsbedingungen mit hoher Ertragsleistung bewährt haben, zählen folglich *Alberta*, *Boston*, *Classic*, *Forum*, *Jessica*, *Paulista* und *Scuba*.

Die neunjährigen Ertragsschwankungen von Buschbohnen werden in Abbildung 21 veranschaulicht. Dargestellt sind die Abweichungen der jährlichen durchschnittlichen Erträge vom langjährigen Mittelwert aller geprüften Sorten. Auffällig ist, dass in den meisten Jahren ohne Beregnung die Abweichungen unterhalb des langjährigen Mittelwertes lagen. In der beregneten Variante schwanken die Erträge trotz eines deutlich höheren Niveaus weniger um den langjährigen Mittelwert.

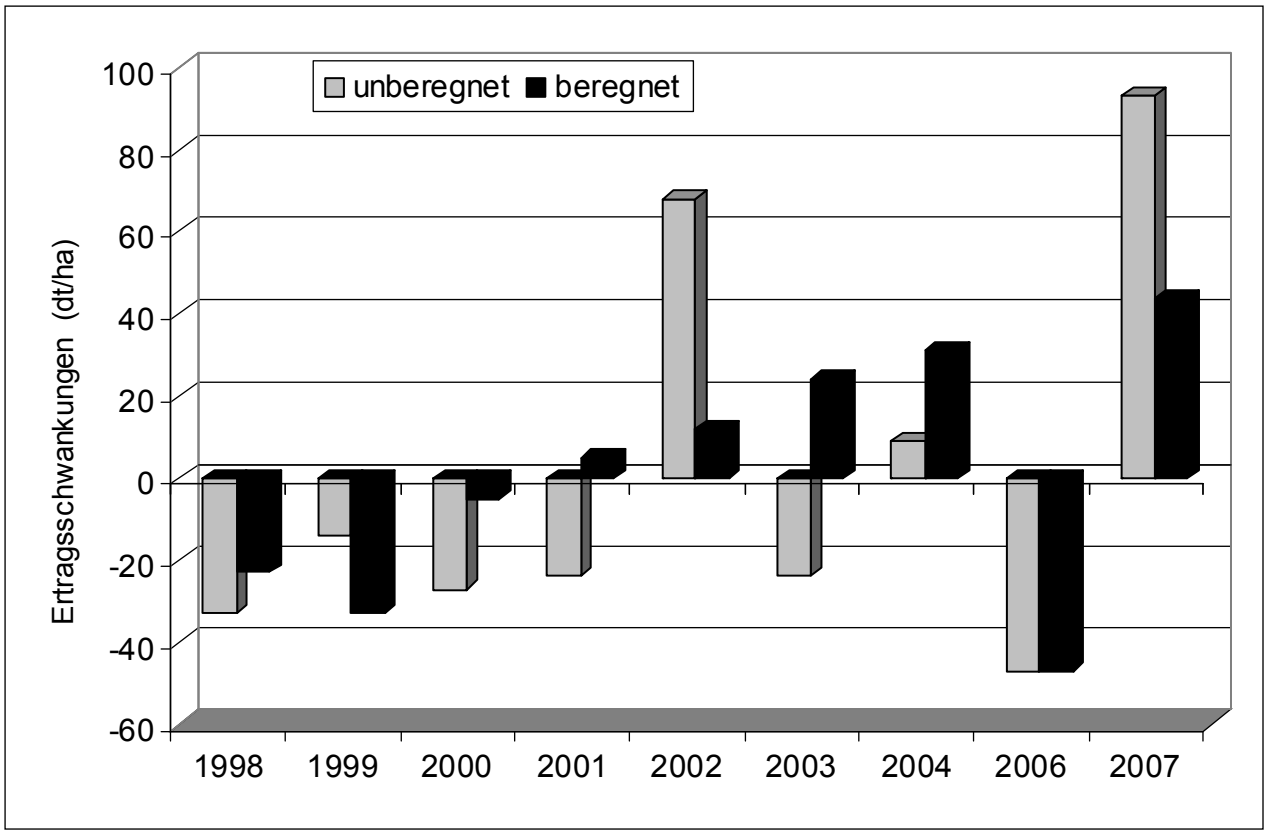



**Abbildung 21:** Langjährige Ertragsschwankungen von Buschbohnen, Straußfurt 1998 bis 2007

Die langjährigen kombinierten Sorten-/Beregnungsversuche von Buschbohnen auf dem Versuchsfeld Straußfurt zeigen eine große Ertragsvariabilität der zahlreichen geprüften Sorten sowohl in den einzelnen Untersuchungsjahren als auch über mehrere Jahre. Die Untersuchungsergebnisse erbringen den Nachweis, dass die Ertragsgröße, deren Schwankungsbreite, die Marktwareanteile sowie die Sortenvariabilität wesentlich durch Bewässerungsmaßnahmen beeinflusst werden können. Der Anbau von vermarktungsfähigen Buschbohnen auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau ist im Thüringer Becken und Altenburger Raum mit langjährigen durchschnittlichen Niederschlagssummen von 500 bis 550 mm ohne Bewässerungsmaßnahmen nicht zu empfehlen. Die Untersuchungen weisen eindeutig die ertragsstabilisierende Wirkung der Beregnung aus und die Bedeutung des Zusatzwassereinsatzes zur Verhinderung von Ertragseinbrüchen bei anhaltender Trockenheit. Hervorzuheben ist weiterhin der positive Einfluss der Bewässerung auf die bessere Qualität der Ernteprodukte und die Sicherung der Marktwareanteile insbesondere im Vertragsanbau. Durch den Zusatzwassereinsatz lässt sich folglich über die Faktoren Ertragssicherheit und Produktqualität unter Ausnutzung des sortenspezifischen Verhaltens das betriebswirtschaftliche Ergebnis wesentlich verbessern.

**Praxisbetrieb**

*Untersuchungsbedingungen*
Im Zusammenhang mit den Parzellenversuchen von Buschbohnen auf dem VF Straußfurt konnten seitens der TLL Demonstrationsvorhaben unter Praxisbedingungen im Altenburger Raum 2005 und 2006 begleitet werden. Ein Vergleich ohne und mit Beregnung war bei den Bohnensorten *Paulista*, *Magnum*, *Pation* und *Paridor* möglich. Die Beregnungsmaßnahmen erfolgten durch die Betriebe mit den vorhandenen Rohrtrommelberegnungsmaschinen in Kombination mit Weitstrahlregner in Anlehnung an die Beregnungsempfehlungen der TLL. Die Größe der Handparzellen betrug 2 m² bei vierfacher Wiederholung.

*Untersuchungsergebnisse*
In den zwei Untersuchungsjahren erfolgte der Zusatzwassereinsatz in beiden Praxisbetrieben nicht empfehlungskonform. Mit nur einer Zusatzwassergabe wurden 2005 bei drei Bohnensorten geringe Mehrerträge erreicht (Tab. 36). Die doppelte Beregnungsmenge (2 x 20 mm) 2006 führte zu hohen Mehrerträgen von „*Paridor*" insgesamt und auch an Marktware. Infolge der relativ kurzen Entwicklungszeiten der Buschbohnen wurde das wenige Zusatzwasser noch effektiv verwertet (> 120 kg Mehrertrag an Marktware je mm Zusatzwasser und Hektar) mit Ausnahme der Sorte „*Paulista*". Ein Einfluss der Beregnung auf den nicht vermarktungsfähigen Anteil an kleinen und faulen Bohnen gegenüber unberegnet konnte nicht nachgewiesen werden.

**Tabelle 36:** Ergebnisse zur Beregnung von Buschbohnen im Praxisbetrieb 2005 und 2006

| Jahr | Sorte | Ertrag ges. (dt/ha) | | Marktware (dt/ha) | | Mehrertrag Marktware | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | unbereg. | beregnet | unbereg. | beregnet | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| 2005 | Magnum | 125 | 167 | 110 | 146 | 36 | 33 | 15 | 240 |
| | Pation | 122 | 139 | 98 | 122 | 24 | 24 | 20 | 120 |
| | Paulista | 206 | 212 | 186 | 184 | 0 | 0 | 15 | - |
| 2006 | Paridor | 71 | 203 | 64 | 196 | 132 | 206 | 40 | 330 |

*) Zusatzwasserausnutzung (kg) Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

## 3.1.6 Spinat

*Versuchsfrage*
Der Anbau von Spinat in Thüringen ist gering, jedoch vor allem im Altenburger Land zunehmend. Er wird nach dem Aussaattermin als Frühjahrs-, Sommer- und Herbstspinat kultiviert, um eine kontinuierliche Lieferung zu gewährleisten. Infolge der kurzen Vegetationszeit, ergibt sich unter Thüringer Anbaubedingungen die Frage nach der Effektivität des Zusatzwassereinsatzes.
Nachfolgend werden Untersuchungen zur Bewässerung von Frühjahrs- und Herbstspinat in den Jahren 2004 bis 2006 auf der Kastenanlage Jena und 2005 bis 2006 auf dem FV Straußfurt vorgestellt. Die Grundlage für die Beregnungssteuerung bildete die Klimatische Wasserbilanz (KWB) unter Einbindung der pflanzenspezifischen kc-Werte nach der Geisenheimer Methode. Der Korrekturfaktor (kc) beträgt ab Auflaufen 0,7 und ab 7. Laubblatt 1,0.

**Kastenanlage Jena**

*Untersuchungsbedingungen*

Analog zu den Prüfungen mit Blumenkohl erfolgten dreijährige kombinierte Bewässerungssteuerungs- und Keimbelastungsversuche von Spinat in der Bodenmodellanlage Jena (s. auch Punkt 4). Während 2004 nur Herbstspinat (Sorte *Mig*) und 2005/2006 jeweils Frühjahrs- (Sorten *Mig* und *Falcon*) und Herbstspinat (Sorten *Seminis* und *Cobra*) angebaut. Die Aussaatmenge betrug 4 g/m² bzw. Modellgefäß mit vier Drillreihen und vier Wiederholungen je Prüfvariante. Die Gabenhöhe durch Beregnung wurde auf 20 mm und beim Tropfbewässerungsverfahren auf 5 mm pro Tag festgelegt. Die Tropfschläuche (unterirdisch oder oberirdisch verlegt) befanden sich jeweils zwischen zwei Reihen.

Das Untersuchungsprogramm beinhaltete folgende Prüfvarianten:

- ohne Bewässerung,
- Beregnung nach KWB und Geisenheim,
- Beregnung nach KWB und Geisenheim + 30 %,
- Beregnung nach KWB und Geisenheim - 30 %,
- Tropfbewässerung unterirdisch nach KWB und Geisenheim sowie
- Tropfbewässerung oberirdisch nach KWB und Geisenheim (nur 2006).

*Untersuchungsergebnisse*

Allgemein war bei den dreijährigen Modelluntersuchungen das Ertragsniveau von Herbstspinat sowohl ohne als auch mit Bewässerung geringer als beim Frühjahrsanbau (Tab. 37). Die niedrigsten Frischmasseerträge insgesamt wurden 2004 erreicht. In diesem Jahr führten die höchsten Zusatzwassermengen im Mittel von 70 mm zu den höchsten Mehrerträgen mit durchschnittlich 110 dt/ha Frischmasse (84 %).

2005 betrugen die eingesetzten Wassergaben und -mengen beim Frühjahrs- und Herbstspinat etwa das Doppelte gegenüber 2006. Der größere Zusatzwasseraufwand spiegelte sich in wesentlich höheren Ertragszahlen in der Größenordnung von 96 dt/ha (47 %) im Mittel wider. Im Vergleich dazu wurden 2006 mit durchschnittlich 17 mm nur etwa 14 % mehr an Frischmasse erzielt.

Die Ertragsdifferenzen ohne und mit Bewässerung ließen sich zum überwiegenden Teil statistisch sichern. Zwischen den einzelnen Bewässerungsvarianten ergaben die Berechnungen jedoch keine gesicherten Unterschiede. Das überhöhte Zusatzwasserangebot (KWB +30 %) führte mit durchschnittlich 330 dt/ha zu keinem besseren Ertragsergebnis im Vergleich zur empfehlungskonformen Beregnung bei 100 %igem KWB-Ausgleich mit 337 dt/ha. Durch die um 30 % reduzierte Steuerungsvariante konnten im Mittel 321 dt/ha und mit dem unterirdischen Tropfbewässerungsverfahren 312 dt/ha ermittelt werden. Zu berücksichtigen ist, dass bei den beiden wassersparenden Prüfvarianten auch die geringsten Wassermengen mit durchschnittlich 28 mm bei KWB -30 % und 35 mm beim Tropfen eingesetzt wurden gegenüber 41 mm bei KWB und 53 mm bei KWB +30 %.

Aus den dreijährigen Modelluntersuchungen kann abgeleitet werden, dass der empfehlungskonforme Zusatzwassereinsatz im Jahresdurchschnitt mit 30 bis 40 mm zu einem guten Ertragsergebnis bei einer effektiven Ausnutzung von zwei Beregnungsgaben mit je 15 bzw. 20 mm ($ 200 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar) führt.

**Tabelle 37:** Versuchsergebnisse zur Bewässerung von Frühjahrs- und Herbstspinat, Kastenanlage Jena 2004 bis 2006

| Prüfvariante | Jahr | Anbau | FM-Ertrag | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | dt/ha | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| ohne Bewässerung | 2004 | Herbst | 131 | | | | |
| | 2005 | Frühjahr | 245 | | | | |
| | | Herbst | 176 | | | | |
| | 2006 | Frühjahr | 396 | | | | |
| | | Herbst | 291 | | | | |
| **Mittelwert** | | | ***248*** | | | | |
| Beregnung KWB | 2004 | Herbst | 239 | 108 | 82 | 74 | 146 |
| | 2005 | Frühjahr | 363 | 118 | 48 | 45 | 262 |
| | | Herbst | 258 | 82 | 47 | 50 | 164 |
| | 2006 | Frühjahr | 442 | 46 | 12 | 15 | 307 |
| | | Herbst | 382 | 91 | 31 | 20 | 455 |
| **Mittelwert** | | | ***337*** | ***89*** | ***44*** | ***41*** | ***267*** |
| Beregnung KWB + 30 % | 2004 | Herbst | 270 | 139 | 106 | 96 | 145 |
| | 2005 | Frühjahr | 354 | 109 | 44 | 59 | 185 |
| | | Herbst | 285 | 109 | 62 | 64 | 170 |
| | 2006 | Frühjahr | 407 | 11 | 3 | 19 | 58 |
| | | Herbst | 336 | 45 | 16 | 26 | 173 |
| **Mittelwert** | | | ***330*** | ***83*** | ***46*** | ***53*** | ***146*** |
| Beregnung KWB - 30 % | 2004 | Herbst | 241 | 110 | 84 | 52 | 212 |
| | 2005 | Frühjahr | 347 | 102 | 42 | 32 | 319 |
| | | Herbst | 262 | 86 | 49 | 32 | 269 |
| | 2006 | Frühjahr | 436 | 40 | 10 | 11 | 364 |
| | | Herbst | 321 | 30 | 10 | 14 | 214 |
| **Mittelwert** | | | ***321*** | ***74*** | ***39*** | ***28*** | ***276*** |
| Tropfbewäss. unterirdisch | 2004 | Herbst | 217 | 86 | 65 | 58 | 148 |
| | 2005 | Frühjahr | 299 | 54 | 22 | 40 | 135 |
| | | Herbst | 285 | 109 | 62 | 48 | 227 |
| | 2006 | Frühjahr | 405 | 9 | 2 | 10 | 90 |
| | | Herbst | 353 | 62 | 21 | 20 | 310 |
| **Mittelwert** | | | ***312*** | ***64*** | ***34*** | ***35*** | ***182*** |
| Tropfbewäss. oberirdisch | 2006 | Herbst | 359 | 68 | 23 | 20 | 340 |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

## Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

Der kleinen, aber zunehmenden Anbaufläche von Spinat in Thüringen sind die zweijährigen Untersuchungen 2005 und 2006 auf dem VF Straußfurt geschuldet. Dazu wurde jeweils eine unberegnete und beregnete Variante im Frühjahrs- und Herbstanbau mit vier Wiederholungen geprüft. Die Beregnungssteuerung erfolgte nach der Klimatischen Wasserbilanz.

*Untersuchungsergebnisse*

Die Ergebnisse sind in Tabelle 38 zusammengefasst. 2005 wurden sowohl beim Frühjahrsanbau als auch im Herbst keine Zusatzwassereffekte erzielt. Diese resultieren aus nur einer Wassergabe von 20 mm im Frühjahr und zwei mit je 25 mm im Herbst.
Auch 2006 war beim zeitigen Anbau nur eine 25 mm Gabe erforderlich. Der erzielte Mehrertrag an Frischmasse ließ sich statistisch nicht sichern. Im Gegensatz dazu fehlten für den Herbstspinat die Niederschläge. Diese wurden durch drei Wassergaben mit insgesamt 70 mm ausgeglichen und der Frischmassemehrertrag mit 209 dt/ha gegenüber unberegnet mehr als verdoppelt.

**Tabelle 38:** Beregnungsergebnisse von Spinat, VF Straußfurt 2005 und 2006

| Jahr | Anbau | Variante | Frischmasse (dt/ha) | TS (%) | Trockenmasse (dt/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2005 | Frühjahrsspinat | unberegnet<br>beregnet | 364<br>392 ($GD_{5\%}$: 73,6) | 9,6<br>8,8 | 34,7<br>34,7 ($GD_{5\%}$: 8,7) |
| | Herbstspinat | unberegnet<br>beregnet | 288<br>314 ($GD_{5\%}$: 30,8) | 11,7<br>10,8 | 33,6<br>34,0 ($GD_{5\%}$: 6,7) |
| 2006 | Frühjahrsspinat | unberegnet<br>beregnet | 158<br>194 ($GD_{5\%}$: 50,0) | 10,8<br>10,6 | 17,0<br>20,6 ($GD_{5\%}$: 3,5) |
| | Herbstspinat | unberegnet<br>beregnet | 154<br>363 ($GD_{5\%}$: 58,0) | 12,2<br>8,1 | 18,8<br>28,7 ($GD_{5\%}$: 4,0) |

Betrachtet man beide Versuchsjahre, wurde nur im Herbst 2006 ein signifikanter Frischmassemehrertrag erzielt (Abb. 22). Wahrscheinlicher ist folglich eine Beregnungswirkung im späteren Satz, weil in der Regel das im Winterhalbjahr gespeicherte Bodenwasser bis in den Monat Mai noch zur Verfügung steht. Da Spinat in der kurzen Vegetationszeit die tieferen Bodenschichten nicht ausreichend erschließen kann, ist die Abhängigkeit des Ertrages von der aktuellen Niederschlagssituation bzw. den Zusatzwassermengen sehr eng.

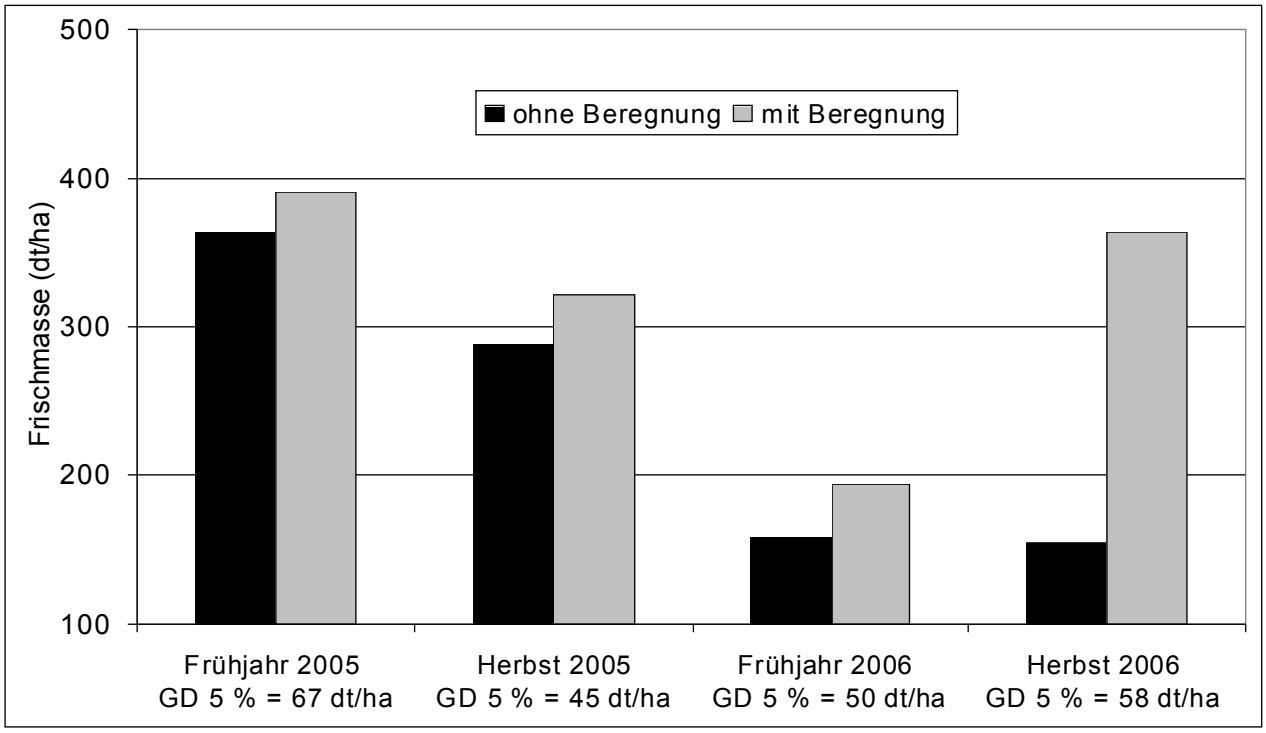



**Abbildung 22:** Beregnungsergebnisse von Spinat, Straußfurt 2005 und 2006

## 3.2 Landwirtschaftliche Fruchtarten

### 3.2.1 Kartoffeln

*Versuchsfrage*

Die Kartoffel gehört zu den Grundnahrungsmitteln. Analog des Rückganges im Pro-Kopf-Verbrauch in den letzten Jahren sinkt auch die Anbaufläche in Deutschland und den einzelnen Bundesländern. Betrug diese 1950 in der Bundesrepublik noch > 1 Mio. ha, so umfasste sie 2009 nur 267 400 ha. Auf Thüringen bezogen werden derzeit etwa 2 300 ha Kartoffeln angebaut und davon 320 ha beregnet. Die Kartoffel reagiert sehr stark auf Umwelteinflüsse wie Trockenheit, Hitze und unzureichende Wasserversorgung in unterschiedlichen Entwicklungsphasen. Die Folgen sind geringe und stark schwankende Erträge und Qualitäten der Knollen. Durch richtige Sortenwahl und Bewässerungsmaßnahmen können diese Ertrags- und Qualitätsparameter anteilig kompensiert werden. Die Hauptaufgaben der Bewässerung schließen somit die Stabilisierung der Kartoffelerträge auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau und die Qualitätssicherung der Knollen ein.

Die Kartoffel steht in Thüringen in der Rangfolge der bewässerungswürdigen landwirtschaftlichen Kulturen an erster Stelle. In den trockenen Anbaugebieten ist neben der Regenmenge die Verteilung der Niederschläge in der Vegetationszeit für die Kartoffelproduktion die entscheidende Größe. Das Ziel der Bewässerungsuntersuchungen bestand somit darin, basierend auf früheren erarbeiteten Richtwerten aus Wasserstaffelungsversuchen, einen pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz für eine markt- und umweltgerechte Kartoffelproduktion unter den klimatischen Standortbedingungen Thüringens sowohl in Form von Exaktversuchen als auch Demonstrationsvorhaben in Praxisbetrieben zu prüfen. In diese Versuche wurden Fragestellungen zum Sorteneinfluss und unterschiedlichen Bewässerungsverfahren einbezogen.

Die zurückliegenden Versuche zur Bewässerung von Kartoffeln auf dem Standort Straußfurt von 1994 bis 2003, anteilig kombiniert mit Fragen zur N-Düngung, zu Sortenvergleichen und verschiedenen Bewässerungsverfahren, sind in der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung“ von PFLEGER et al. (2006) aufgeführt. Nachfolgend werden die Untersuchungen zur Bewässerung von Kartoffeln ab 2004 sowie langjährige Ergebnisse vom Versuchsfeld Straußfurt zusammengefasst und von 2004 bis 2006 in zwei Praxisbetrieben beschrieben.

#### Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

Seit 2004 wurde in Zusammenarbeit mit einem Thüringer Praxisbetrieb eine Versuchsserie mit fünf Kartoffelsorten und folgenden drei Beregnungsvarianten durchgeführt:

- unberegnet,
- beregnet nach KWB / Beregnungsempfehlungen der TLL und
- reduziert beregnete Variante.

In der reduzierten, wassersparenden Prüfvariante wurde nur bei stärkerer Austrocknung des Bodens in Anlehnung an die oft nur begrenzt zur Verfügung stehenden betrieblichen technischen Möglichkeiten bei hohem Wasserbedarf beregnet.

Die geprüften Sorten von 2004 bis 2006 waren *Agria*, *Ditta*, *Milva*, *Esprit* und *Solara* und ab 2007 wurden die letzten beiden Sorten durch *Belana* und *Jelly* ersetzt.

Die Beregnungssteuerung basierte auf den Berechnungen der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) mit einem 100 %igem Ausgleich. Der Zusatzwassereinsatz in Straußfurt erfolgte über Beregnungsgestelle, die mit Sprinklern ausgerüstet waren.
Von 2007 bis 2008 wurde in Anlehnung an ein Demonstrationsvorhaben in der Agrargenossenschaft Herbsleben ein Tropfbewässerungsversuch mit den beiden Sorten *Belana* und *Milva* und folgenden Prüfvarianten durchgeführt:

- unbewässert,
- beregnet nach KWB / Beregnungsempfehlungen der TLL,
- reduziert beregnete Variante,
- Tropfbewässerung mit Dammkronenverfahren - 1 Tropfschlauch im Damm (8 bis 10 cm Tiefe) und
- Tropfbewässerung - 1 Tropfschlauch zwischen zwei Dämmen.

Die langjährigen Untersuchungen zum Anbau zahlreicher Kartoffelsorten ohne und mit Bewässerung erfolgten auf dem Versuchsfeld Straußfurt als Exaktversuche mit vierfacher Wiederholung.

*Untersuchungsergebnisse*

**Beregnungsversuche in Zusammenarbeit mit dem Praxisbetrieb in Nottleben**

In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen der drei unterschiedlichen Jahre wurden 2004 sowohl ohne als auch mit Beregnung die geringsten Kartoffelerträge erzielt (Tab. 39). Im Gegensatz dazu lag das Ertragsniveau 2006 deutlich über den langjährigen standorttypischen Mittelwerten. Die Anzahl der empfehlungskonformen Beregnungsgaben betrug jeweils fünf mit je 25 mm, also insgesamt 125 mm im Zeitraum von Knollenansatz bis Blüte und einsetzende Krautabreife. Die pflanzenbedarfsgerechten Beregnungsmaßnahmen führten zu statistisch gesicherten Mehrerträgen in der Größenordnung von 20 bis 30 %. Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung ist mit Werten < 100 kg Mehrertrag je mm und Hektar als unzureichend einzuschätzen.

**Tabelle 39:** Ergebnisse der Kartoffel-Beregnungs-Sortenversuche, Versuchsfeld Straußfurt 2004 bis 2006

| Jahr | ohne Beregnung | reduziert beregnete Variante | | KWB-Variante | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ertrag (dt/ha) | mm | Ertrag (dt/ha) | mm | Ertrag (dt/ha) |
| 2004 | 345 | 50 | 425*) | 125 | 448*) |
| 2005 | 430 | 50 | 482*) | 125 | 526*) |
| 2006 | 590 | 25 | 604 | 125 | 706*) |

*) statistisch gesichert bei $\alpha = 5\,\%$

Die Untersuchungsergebnisse von den fünf Kartoffelsorten im Zeitraum von 2004 bis 2006 sind in Abbildung 23 zusammengefasst. Mit ein bis zwei Zusatzwassergaben wurde ein durchschnittlicher Kartoffelmehrertrag von 11 % und mit insgesamt 125 mm etwa 23 % erreicht. Betrachtet man die Mittelwerte der einzelnen Sorten über die drei Versuchsjahre, bestehen zwischen den einzelnen Beregnungsstufen signifikante Unterschiede. Zu bemerken ist, dass der Mittelwert der reduziert beregneten Variante geringfügig unter der Signifikanzschwelle gegenüber unberegnet lag.

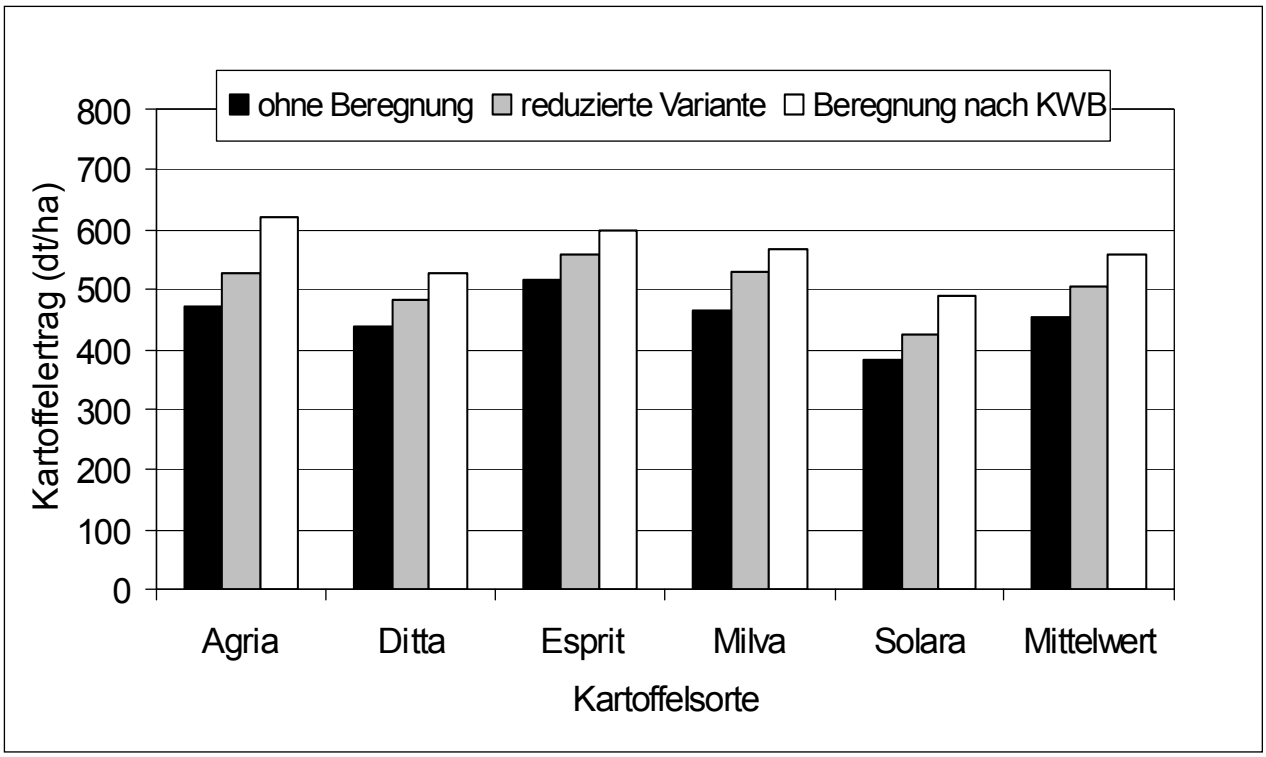



**Abbildung 23:** Versuchsergebnisse zur Beregnung von Speisekartoffeln, Mittelwerte der Jahre 2004 bis 2006, Versuchsfeld Straußfurt; $GD_{5\,\%}$ zwischen Beregnungsvarianten: 36,4 dt/ha und zwischen Sorten: 21,0 dt/ha

Ab 2007 wurden die beiden Kartoffelsorten *Esprit* und *Solara* durch die in Thüringen bedeutsamen Sorten *Belana* und *Jelly* ausgetauscht. Die Ergebnisse vom Versuchsjahr 2007 sind in Tabelle 40 zusammengefasst. Es wurde unberegnet ein mittlerer Ertrag von 500 dt/ha erzielt. Diese Größenordnung liegt deutlich über dem langjährigen standorttypischen Straußfurter Ertragsniveau und und resultiert aus den feuchten Witterungsbedingungen des Jahres 2007. Die günstige Verteilung des natürlichen Niederschlags führen dazu, dass weder eine deutliche Bodenaustrocknung, noch pflanzliche Trockenstressreaktionen auftraten und somit zu keinem Zeitpunkt eine Zusatzwassergabe in der reduziert beregneten Variante notwendig war. Mit nur zwei Einzelgaben von je 25 mm am 16.07. und 06.08.07, insgesamt folglich 50 mm, wurde auch in der KWB-Variante unterdurchschnittlich wenig Zusatzwasser verabreicht.

Die Sorten schwankten in der unberegneten Variante von 399 bis 572 dt/ha und mit Beregnung von 477 bis 597 dt/ha. Die besten Sorten hinsichtlich des Ertrages waren unberegnet *Ditta*, *Jelly* und *Milva*. In der beregneten Variante fiel nur die Sorte *Belana* ab. Der Stärkegehalt wurde durch die Beregnungsmaßnahmen nicht beeinflusst. Die Sorte *Agria* wies die geringsten Werte mit < 13 % aus.

**Tabelle 40:** Ergebnisse des Kartoffel-Beregnungs-Sortenversuches, Standort Straußfurt 2007

| Sorte | Gesamtertrag (dt/ha) / Stärke (%) | | mittlere Fraktion 35 bis 65 mm (dt/ha)/(%) | |
|---|---|---|---|---|
| | ohne Beregnung | KWB-Variante | ohne Beregnung | KWB-Variante |
| Agria | 450 / 12,6 | 560 / 12,4 | 144 / 32 | 141 / 25 |
| Belana | 399 / 14,1 | 477 / 14,0 | 189 / 47 | 257 / 54 |
| Ditta | 552 / 14,2 | 568 / 15,1 | 128 / 23 | 147 / 26 |
| Jelly | 525 / 13,2 | 590 / 13,7 | 95 / 18 | 121 / 21 |
| Milva | 572 / 14,0 | 597 / 13,5 | 265 / 46 | 251 / 42 |
| **Mittel** | ***500 / 13,6*** | ***558 / 13,7*** | ***164 / 33*** | ***183 / 34*** |
| $GD_{5\%}$ | Sortenvergleich: 52,9 dt/ha<br>Vergleich Beregnungsvarianten: 26,2 dt/ha | | Sortenvergleich: 42,4 dt/ha<br>Vergleich Beregnungsvarianten: 43,4 dt/ha | |

Die Übergrößen an Knollen in der Fraktion > 65 mm durch die Beregnungsmaßnahmen überwogen deutlich und sind auf das ausgeglichene und hohe Bodenwasserbereitstellungsvermögen zurückzuführen. Der Anteil der für die Vermarktung relevanten Fraktion (35 bis 65 mm) lag im Mittel der fünf Sorten nur bei einem Drittel. Während dieser bei der Sorte *Belana* und *Milva* eine Größenordnung von etwa 50 % erreichte, betrug er bei *Jelly* nur rund 20 %. *Belana* erzielte mit Beregnung einen signifikant höheren Ertrag in der Fraktion von 35 bis 65 mm gegenüber unberegnet.
Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung lag mit 116 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar unter dem langjährigen Mittel (138 kg/mm x ha). Die Ursache dafür dürfte vor allem in der guten Verteilung der Niederschläge nach den Applikationsterminen liegen.
Im Jahr 2008 wurden infolge der trockenen Witterungsbedingungen auf der Basis der Klimatischen Wasserbilanz insgesamt 250 mm Zusatzwasser beregnet und dieses in zehn Einzelgaben verabreicht. In der auf einen sparsamen Wassereinsatz ausgerichteten reduzierten Variante waren es immer noch 125 mm (5 x 25 mm Gaben). Die Untersuchungsergebnisse sind Tabelle 41 zu entnehmen.

**Tabelle 41:** Ergebnisse des Kartoffel-Beregnungs-Sortenversuches, Standort Straußfurt 2008

| Sorte | Gesamtertrag (dt/ha) / Stärke (%) | | | mittlere Fraktion 35 bis-65 mm (dt/ha) / (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ohne Beregnung | reduzierte Variante | KWB Variante | ohne Beregnung | reduzierte Variante | KWB Variante |
| Agria | 194 / 18,0 | 419 / 13,0 | 440 / 14,0 | 98/51 | 100/24 | 89/20 |
| Belana | 192 / 17,4 | 385 / 14,0 | 429 / 13,0 | 120/63 | 172/45 | 159/37 |
| Ditta | 183 / 19,0 | 417 / 14,5 | 521 / 14,5 | 128/70 | 152/37 | 170/33 |
| Jelly | 230 / 16,9 | 487 / 12,6 | 595 / 14,3 | 120/53 | 126/26 | 103/18 |
| Milva | 183 / 18,5 | 410 / 13,8 | 467 / 15,1 | 104/57 | 181/44 | 138/30 |
| **Mittel** | ***196 / 18,0*** | ***423 / 13,6*** | ***490 / 14,2*** | ***114/59*** | ***146/35*** | ***132/27*** |
| $GD_{5\%}$ | Sortenvergleich: 48,5 dt/ha<br>Vergleich Beregnungsvarianten: 24,8 dt/ha | | | Sortenvergleich: 23,2 dt/ha<br>Vergleich Beregnungsvarianten: 16,7 dt/ha | | |

Im Vergleich zum Vorjahr wurde ohne Beregnung ein sehr geringer Kartoffelertrag von < 200 dt/ha ermittelt. Die Ursache dafür war das große Niederschlagsdefizit über den gesamten Vegetationszeitraum der Kartoffeln. Die überdurchschnittliche Beregnungs-

menge von 250 mm wurde mit 118 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar genauso effektiv verwertet wie im Vorjahr. Eine wesentlich bessere Zusatzwasserausnutzung mit 182 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar konnte durch die zahlen- und mengenmäßig geringeren Wassergaben mit insgesamt 125 mm in der reduzierten Prüfvariante erzielt werden, die deutlich über dem langjährigen Mittelwert bisheriger Untersuchungen lag.
Die Sortenunterschiede in der unberegneten Variante waren auf niedrigem Ertragsniveau gering und schwankten zwischen 183 dt/ha bei *Ditta* und *Milva* und 230 dt/ha bei *Jelly*. Bei Beregnung zeichnete sich *Jelly* gegenüber allen anderen Sorten als ertragreichere Sorte mit statistisch gesicherten Unterschieden aus.
Auffällig sind die sehr hohen Stärkegehalte in der unberegneten Variante im Mittel aller fünf Sorten mit 18 % und die deutlich geringeren Prozente mit durchschnittlich 14 % bei Beregnung. Da in witterungsmäßig durchschnittlichen Jahren keine oder nur geringe Stärkeunterschiede zwischen den Prüfgliedern auftraten, kann diese Erhöhung der Stärkewerte eine Auswirkung der trockenen Bodenfeuchteverhältnisse von 2008 sein.

**Tropfbewässerungsversuche**

In Anlehnung zu dem Demonstrationsvorhaben zur Tropfbewässerung, dem sogenannten Dammkronenverfahren im Praxisbetrieb Herbsleben, wurde 2006 auf dem Versuchsfeld Straußfurt ein Testversuch mit den beiden Sorten *Belana* und *Milva* begonnen und dieser in den zwei Folgejahren als Exaktversuch mit vierfacher Wiederholung fortgesetzt. Das Untersuchungsprogramm zur Tropfbewässerung mit einem Tropfschlauch im Kartoffeldamm in 8 bis 10 cm Tiefe und einem Tropfschlauch in der Dammsohle jeweils zwischen zwei Dämmen wurde durch die Beregnungsvarianten Steuerung nach KWB bzw. Beregnungsempfehlungen der TLL und eine wassersparende Beregnungsvariante analog des o. g. Versuches erweitert.
Die Ergebnisse sind in Abbildung 24 zusammengefasst. Während 2007 die Ertragszahlen der Tropfbewässerungsvarianten in der Größenordnung der herkömmlichen Beregnung lagen, fielen sie in beiden geprüften Sorten 2008 deutlich ab. Auch wenn mit dem Tropfverfahren weniger Zusatzwasser (146 mm in 20 Gaben) gegenüber der Beregnungsteuerung nach der KWB verabreicht wurde, lässt sich das relativ geringe Ertragsniveau nicht erklären. Die reduzierte Beregnungsvariante hatte mit 125 mm Zusatzwasser einen signifikant höheren Kartoffelertrag im Vergleich zu beiden Tropfbewässerungsvarianten.
Der gesamte Ertragszuwachs wurde 2008 durch den Zusatzwassereinsatz vor allem über die Zunahme des Knollengewichts realisiert. Der Anteil der Marktwarefraktion von 35 bis 65 mm war in den einzelnen Varianten differenzierter als 2007 (Tab. 42). Im niederschlagsreichen Jahr 2007 lag der Anteil der Fraktion 35 bis 65 mm relativ einheitlich bei rund 45 % in beiden Sorten. Im Vergleich dazu betrug dieser 2008 in der KWB-Variante etwa ein Drittel und in der unberegneten sogar zwei Drittel. Der Marktwareertrag war 2008 bei allen bewässerten Prüfgliedern signifikant höher gegenüber der unberegneten Variante. Zwischen den Bewässerungsvarianten konnten aber keine statistisch gesicherten Unterschiede nachgewiesen werden.

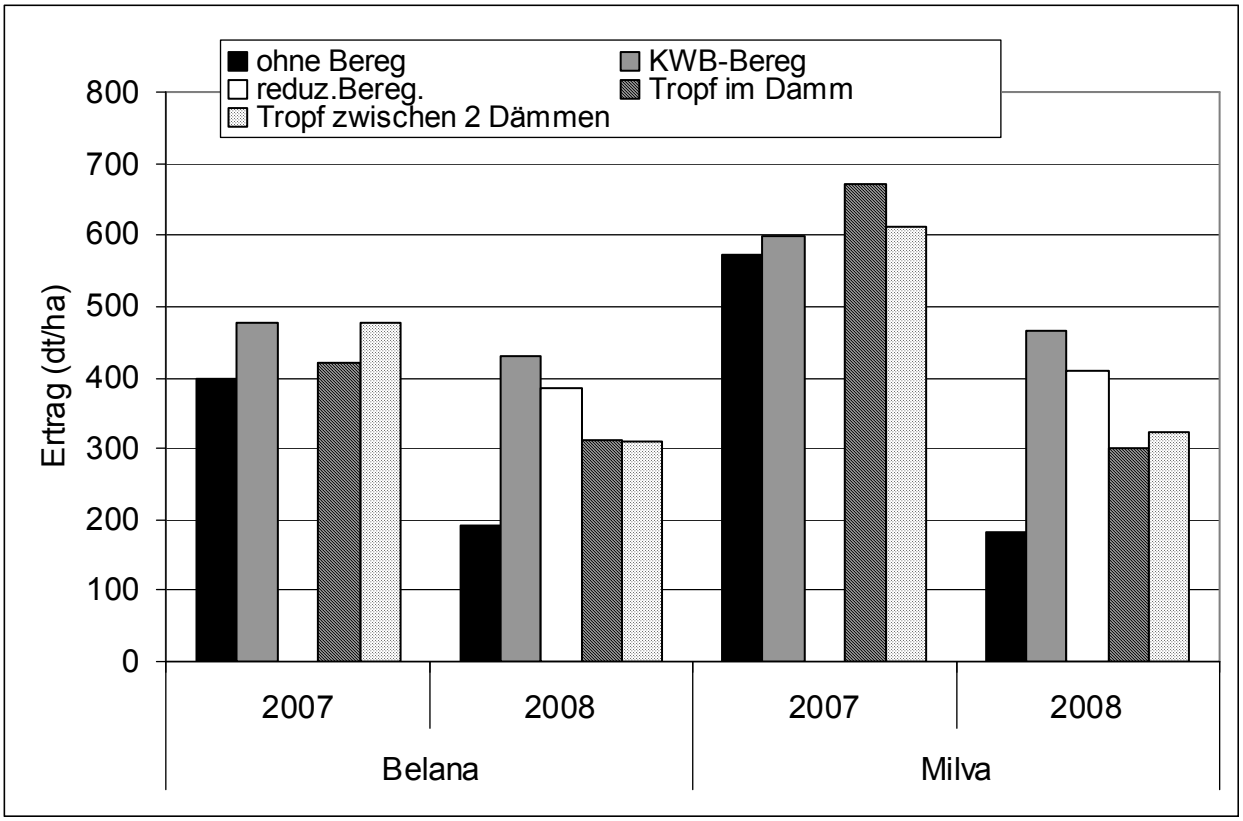



**Abbildung 24:** Vergleich unterschiedlicher Bewässerungsverfahren zur Tropfbewässerung und Beregnung von Kartoffeln, Versuchsfeld Straußfurt 2007 und 2008
$GD_{5\%}$ 2007: 31,5 dt/ha und 2008: 38,7 dt/ha

**Tabelle 42:** Kartoffelerträge in der Fraktion von 35 bis 65 mm, Versuchsfeld Straußfurt 2007/2008

| Sorte | Ertrag 2007 (dt/ha) | | | | Ertrag 2008 (dt/ha) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ohne Bereg. | Bereg. KWB | 1 Tropf je Damm | 1 Tropf je 2 Dämme | ohne Bereg. | Bereg. KWB | Bereg. reduziert | 1 Tropf je Damm | 1 Tropf je 2 Dämme |
| Belana | 189 | 257 | 263 | 192 | 120 | 159 | 172 | 173 | 150 |
| Milva | 265 | 251 | 235 | 252 | 104 | 138 | 181 | 170 | 144 |
| **Mittelwert** | ***227*** | ***254*** | ***249*** | ***222*** | ***112*** | ***149*** | ***176*** | ***172*** | ***147*** |
| Anteil (%) | 46 | 48 | 42 | 47 | 64 | 33 | 44 | 56 | 47 |
| $GD_{5\%}$ | 42,1 | | | | 29,9 | | | | |

Aus den Untersuchungsergebnissen ist abzuleiten, dass der Ertrag in der Fraktion von 35 bis 65 mm aus wirtschaftlicher Sicht in beiden sehr unterschiedlichen Jahren bei beiden Bewässerungsverfahren zu keinem zufriedenstellenden Resultat führte.

## Langjährige Untersuchungsergebnisse

Untersuchungen zur Bewässerung von Kartoffeln erfolgten von 1994 bis 2008 auf dem Versuchsfeld Straußfurt. Die langjährigen Untersuchungsergebnisse zur Beregnung von zahlreichen Kartoffelsorten, gesteuert nach der KWB, führten zu einem unberegneten durchschnittlichen Ertrag von 412 dt/ha (Tab. 43). Durch einen mittleren Zusatzwassereinsatz von 132 mm wurde innerhalb der 15 Jahre ein durchschnittlicher Mehrertrag von 175 dt/ha erzielt. Im Vergleich dazu sind anhand der Schwankungsbreite der Ergebnisse die beiden Jahre 2007 als Vertreter typisch feuchter und 2008 für trockene Witterungsbedingungen einzuordnen bei mittlerem Wasserausnutzungsvermögen. Mit einer Zusatzwasserausnutzung im langjährigen Durchschnitt von 138 kg Mehrertrag je mm x ha wurde das Beregnungswasser effektiv verwertet.

**Tabelle 43:** Langjährige Untersuchungsergebnisse zur Beregnung von Kartoffeln, Versuchsfeld Straußfurt von 1994 bis 2008

| Jahr | Kartoffelertrag (dt/ha) | | Beregnungs-mehrertrag | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|
| | unberegnet | beregnet | dt/ha | mm | Ausnutzung[1)] |
| 1994 | 320 | 439 | 119 | 80 | 149 |
| 1995 | 321 | 508 | 187 | 110 | 170 |
| 1996 | 412 | 567 | 155 | 60 | 258 |
| 1997 | 457 | 522 | 65 | 75 | 87 |
| 1998 | 528 | 794 | 266 | 120 | 222 |
| 1999 | 369 | 500 | 131 | 100 | 131 |
| 2000 | 351 | 655 | 304 | 175 | 174 |
| 2001 | 511 | 733 | 222 | 165 | 135 |
| 2002 | 529 | 720 | 191 | 140 | 136 |
| 2003 | 325 | 643 | 318 | 275 | 116 |
| 2004 | 345 | 448 | 103 | 125 | 82 |
| 2005 | 431 | 526 | 95 | 125 | 76 |
| 2006 | 590 | 706 | 116 | 125 | 93 |
| 2007 | 500 | 559 | 59 | 50 | 118 |
| 2008 | 196 | 490 | 294 | 250 | 118 |
| ***1994* bis *2008*** | ***412*** | ***587*** | ***175*** | ***132*** | ***138*** |

[1)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Die langjährigen Untersuchungsergebnisse von Kartoffeln zeigen anhand der Ertragsschwankungen, dass durch die Beregnungsmaßnahmen Ertragseinbrüche verringert, aber nicht ausgeschlossen werden können (Abb. 25).

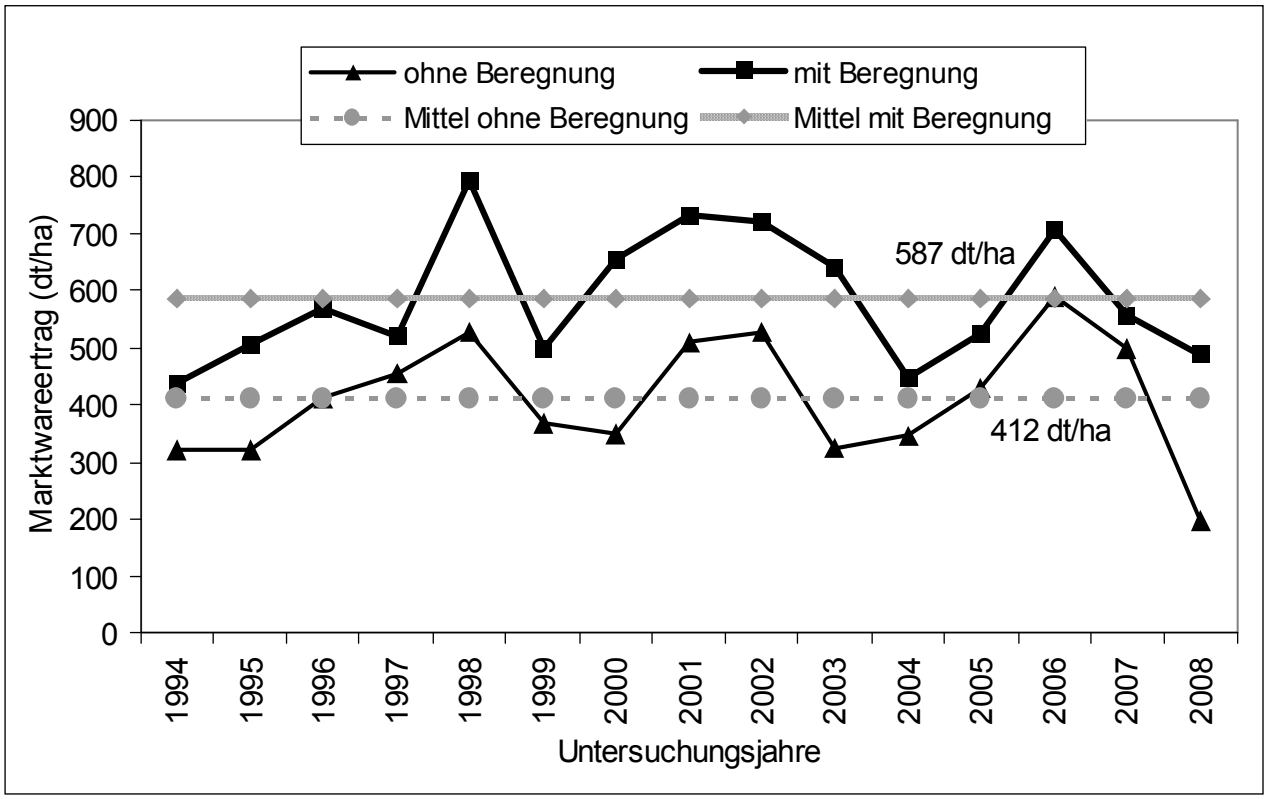



**Abbildung 25:** Langjährige Kartoffelerträge am Standort Straußfurt von 1994 bis 2008

## Praxisbetriebe

### Beregnungsversuche im Betrieb Balling, Büttner & Wilk GdbR Nottleben

*Untersuchungsbedingungen*

In Thüringen sind im Kartoffelanbau die Überkopfbewässerungsverfahren sehr verbreitet. Die Vorteile liegen in den vielfältigen Einsatzerfahrungen des Anwenders, den mobilen bzw. teilmobilen Maschinen und der variablen Beregnungsintensität. Die GbdR Nottleben besitzt zwei Rohrtrommelberegnungsmaschinen (RTBM) kombiniert mit Düsenwagen, die vordergründig auf den Kartoffelflächen eingesetzt werden. Zur Beregung steht Brunnenwasser mit geeigneter Qualität und in ausreichender Menge zur Verfügung.

Innerhalb von Demonstrationsvorhaben bestand in dem Praxisbetrieb in den Jahren 2004 bis 2006 und 2008 die Möglichkeit, den Einfluss von Beregnungsmaßnahmen auf die Menge und Qualität der Kartoffelproduktion in Form von Handparzellen zu erfassen. In diese Untersuchungen konnten die Sorten *Agria* über alle Jahre und *Milva*, *Ditta* und *Belana* nur anteilig einbezogen werden. Die Steuerung des Zusatzwassereinsatzes erfolgte in Anlehnung an die Beregnungsempfehlungen der TLL. Die Größe der Parzellen für die Ertragsermittlungen betrug je 15 m² bei vierfacher Wiederholung.

*Untersuchungsergebnisse*

Im Durchschnitt der Jahre 2004 bis 2006 und Sorten wurden von den manuell geernteten Parzellen bei einem Zusatzwasseraufwand von etwa 60 mm im Jahr Mehrerträge von rund 40 bis 85 dt/ha erzielt (Tab. 44). Zu erwähnen ist, dass im Betrieb vorrangig Vermehrungskartoffeln produziert und beregnet werden und folglich die Speisekartof-

feln aus kapazitiven Gründen an zweiter Stelle stehen. Die unzureichenden Wassergaben spiegelten sich in dem Ertragsergebnis sowie der zu geringen Effektivität der Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar wider.

**Tabelle 44:** Ergebnisse zur Beregnung von Kartoffeln im Praxisbetrieb von 2004 bis 2006

| Sorte | Jahr | Gesamtertrag | | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | unberegnet | beregnet | | | | |
| | | dt/ha | dt/ha | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| Agria | 2004 | 387 | 460 | 73 | 19 | 30 | 243 |
| | 2005 | 540 | 616 | 76 | 14 | 85 | 89 |
| | 2006 | 346 | 449 | 103 | 30 | 85 | 121 |
| | **Mittelwert** | ***424*** | ***508*** | ***84*** | ***20*** | ***67*** | ***125*** |
| Ditta | 2004 | 431 | 456 | 25 | 6 | 30 | 84 |
| | 2005 | 620 | 674 | 54 | 9 | 58 | 93 |
| | **Mittelwert** | ***526*** | ***565*** | ***39*** | ***8*** | ***44*** | ***90*** |
| Milva | 2004 | 453 | 538 | 85 | 19 | 30 | 285 |
| | 2005 | 629 | 650 | 21 | 3 | 85 | 25 |
| | **Mittelwert** | ***541*** | ***594*** | ***53*** | ***10*** | ***58*** | ***91*** |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Deutlich wirkt sich die Beregnung auch auf die Qualitätsmerkmale (ausgeglichene Knollengrößen, weniger Wuchsdeformierungen) aus. Die Untersuchungen zur Fraktionierung am Beispiel der Sorte *Agria* zeigen, dass durch die Bewässerungsmaßnahmen der Anteil von großen Knollen wesentlich erhöht wurde (Tab. 45). Der Ertrag an Übergrößen (Knollen > 65 mm) im dreijährigen Demonstrationsvorhaben verdoppelte sich sogar. Der Anteil von kleinen Kartoffeln (Knollen < 35 mm) ging dementsprechend zurück.

**Tabelle 45:** Einfluss der Beregnung auf die Fraktionierung der Kartoffelsorte „*Agria*“ im Praxisbetrieb

| Prüfvariante | Jahr | Ertrag (dt/ha) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | < 35 mm | 35 bis 65 mm | > 65 mm |
| unberegnet | 2004 | 18 | 270 | 107 |
| | 2005 | 17 | 428 | 96 |
| | 2006 | 8 | 230 | 108 |
| | **Mittelwert** | ***14*** | ***309*** | ***104*** |
| beregnet | 2004 | 15 | 328 | 141 |
| | 2005 | 14 | 345 | 257 |
| | 2006 | 4 | 197 | 249 |
| | **Mittelwert** | ***11*** | ***290*** | ***216*** |

Der Einfluss der Sorten auf die Ertragsgröße wird in Abbildung 26 deutlich. Die differenzierten Zusatzwassergaben aber auch das unterschiedliche sortenspezifische Wasserausnutzungsvermögen spiegeln sich in der Säulenhöhe wider.

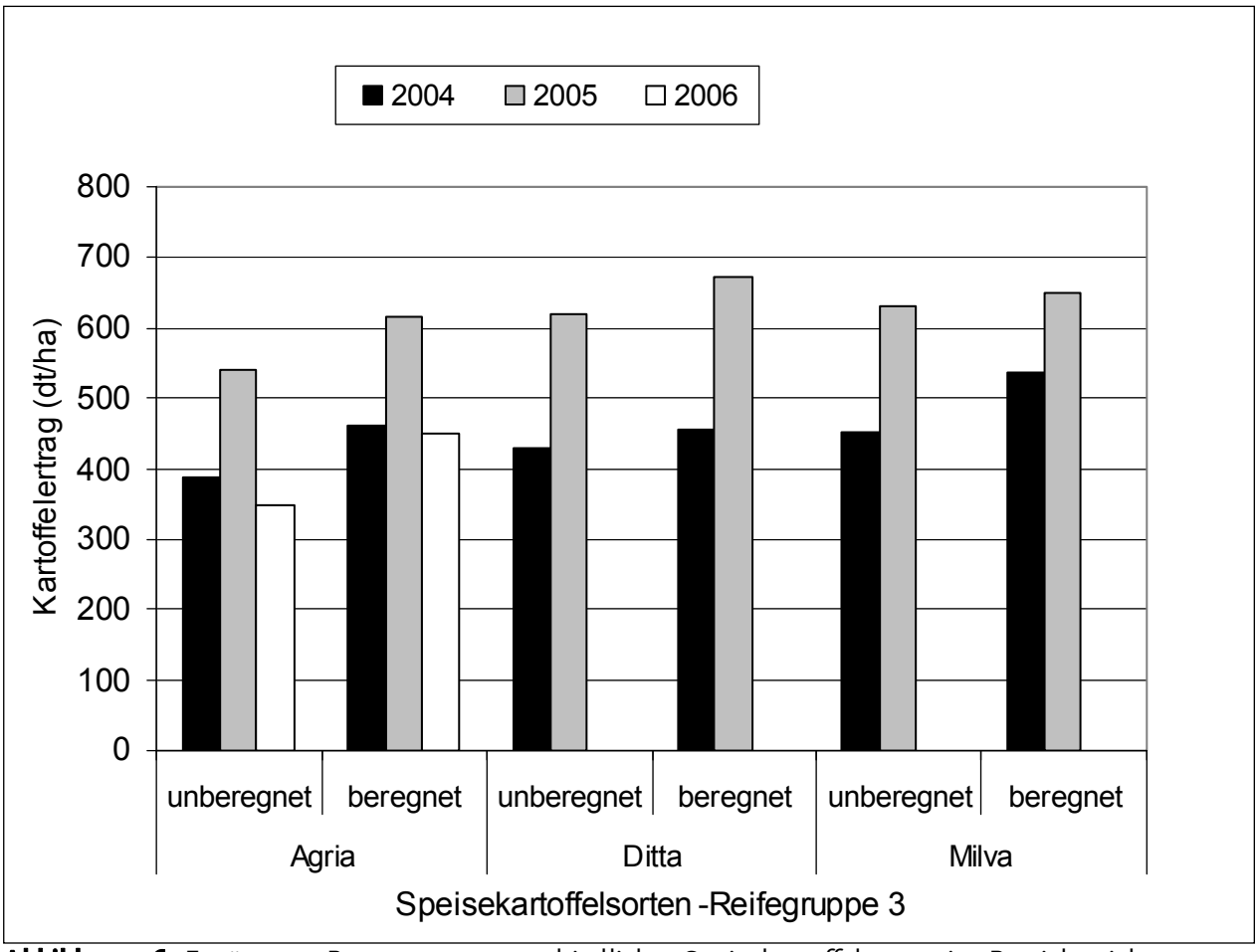



**Abbildung 26:** Erträge zur Beregnung unterschiedlicher Speisekartoffelsorten im Praxisbetrieb von 2004 bis 2006

Die Untersuchungsergebnisse im Jahr 2008 bestätigen den Einfluss der unterschiedlichen Kartoffelsorten mit und ohne Beregnung sowohl auf das Ertragsergebnis als auch auf die Knollengröße bei Fraktionierung (Tab. 46). Mit zunehmender Zusatzwassermenge von 75 bis 130 mm erhöhte sich der Knollenmehrertrag von 19 auf 39 % wesentlich. Das eingesetzte Beregnungswasser wurde im Vergleich zu den Vorjahren effektiver verwertet.

**Tabelle 46:** Ergebnisse zur Beregnung von Kartoffeln im Praxisbetrieb 2008

| Sorte | Variante | Ertrag in Fraktionen (dt/ha) | | | | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | < 35 mm | 35-65 mm | > 65 mm | gesamt | dt/ha | % | mm | Ausnutzung*) |
| Belana | unberegnet | 14,2 | 265,3 | 74,0 | 353,5 | | | | |
| | beregnet | 11,3 | 307,1 | 101,9 | 420,3 | 66,8 | 19 | 75 | 89,1 |
| Milva | unberegnet | 25,6 | 315,2 | 108,7 | 449,5 | | | | |
| | beregnet | 15,0 | 364,6 | 255,6 | 635,2 | 185,7 | 41 | 130 | 142,8 |
| Agria | unberegnet | 5,0 | 202,2 | 124,6 | 331,8 | | | | |
| | beregnet | 4,5 | 218,4 | 238,4 | 461,3 | 129,5 | 39 | 100 | 129,5 |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

**Demonstrationsvorhaben in der Agrargenossenschaft Herbsleben e.G.**

*Untersuchungsbedingungen*
Unter Federführung von NETAFIM Deutschland war es im Jahr 2006 möglich, ein Pilotprojekt zur Tropfbewässerung von Kartoffeln mit der Sorte *Gala* in einem Thüringer Praxisbetrieb zu begleiten. Es konnten unter Praxisbedingungen folgende Prüfvarianten untersucht werden:

- ohne Bewässerung,
- Tropfbewässerung unterirdisch mit Dammkronenverfahren,
- Tropfbewässerung oberirdisch mit einem Tropfschlauch in der Dammsohle jeweils zwischen zwei Dämmen und
- Beregnung mit Rohrtrommelberegnungsmaschine (RTBM) und Weitstrahlregner.

Das Dammkronenverfahren beinhaltet das mechanische Verlegen der Tropfrohre mit je einem Tropfschlauch DRIPNET PC direkt in den Kartoffeldamm in einer Tiefe von 5 bis 7 cm unterhalb der Dammkrone. Der Einsatz der RTBM entsprach der im Betrieb praktizierten Bewässerungstechnik in Kombination mit einem Weitstrahlregner. Abbildung 27 zeigt die Prinzipskizze der Versuchsanlage.

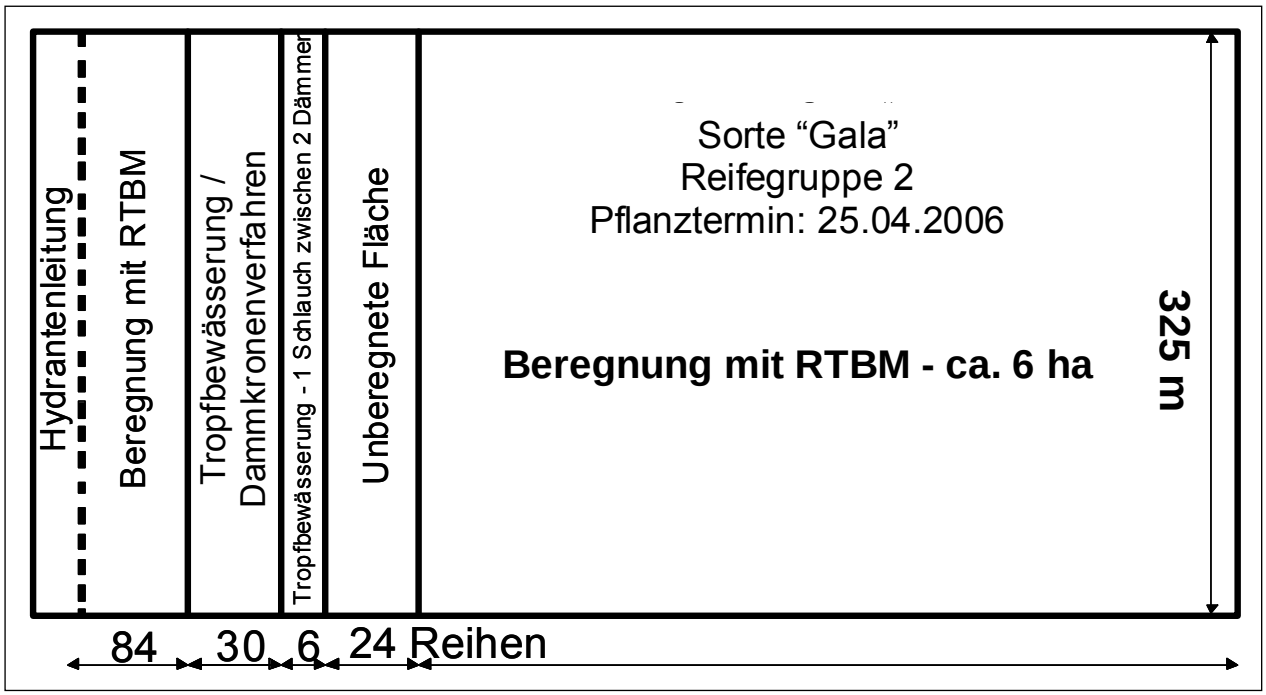



**Abbildung 27:** Prinzipskizze der Versuchsanlage Pilotprojekt Tropfbewässerung von Kartoffeln in einem Praxisbetrieb 2006

Mit dem Tropfbewässerungsverfahren erfolgte das Ausbringen der wasserlöslichen Nährstoffe Stickstoff, Kalium und Magnesium über die Tropfrohre nach der Düngeempfehlung von YARA GmbH als wöchentliche Fertigation von Anfang Juni bis Mitte August. Der analoge Nährstoffausgleich wurde durch den Praxisbetrieb auf den anderen Flächen mit mineralischen Düngemitteln durchgeführt.
Als Vorgabe für den pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz dienten die Beregnungsempfehlungen der TLL gesteuert nach der Klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung der entwicklungsabhängigen spezifischen kc-Werte nach der Geisenheimer Methode.

*Untersuchungsergebnisse*

Die Beregnungsempfehlungen der TLL wiesen in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und den Witterungsbedingungen fünf Zusatzwassergaben mit insgesamt 145 mm aus. Mit der Tropfbewässerung wurden 75 mm in 17 Einzelgaben verabreicht. Die betriebliche Beregnungskapazität stand für die Kartoffeln leider nur begrenzt zur Verfügung, da sie vordergründig auf die Zusatzwasserversorgung der Zwiebeln ausgerichtet war. So wurden mit der RTBM nur drei Gaben mit insgesamt 84 mm, also nicht empfehlungskonform beregnet.

Die einjährigen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass mit dem neuen unterirdischen Tropfsystem als Dammkronenverfahren mit Fertigation bei einem effektiven Zusatzwassereinsatz von nur 75 mm eine deutliche Ertragssteigerung auf 622 dt/ha erzielt werden konnte (Abb. 28). Bedingt durch die technische Ausrüstung (nur ein Lay-Flat-Schlauch von der Kopfstation zur Versuchsparzelle) wurde bei der oberirdischen Tropfbewässerungsvariante nur die halbe Wassermenge in jeder zweiten Reihe getropft. Sowohl in dieser als auch der Prüfvariante mit RTBM war der Ertragszuwachs unbedeutend gegenüber unbewässert, weil der Aufwand an Zusatzwasser nicht pflanzenbedarfsgerecht erfolgte.

Die Ertragszahlen konnten in der Größenordnung durch die Maschinenrodung des Praxisbetriebes bestätigt werden.

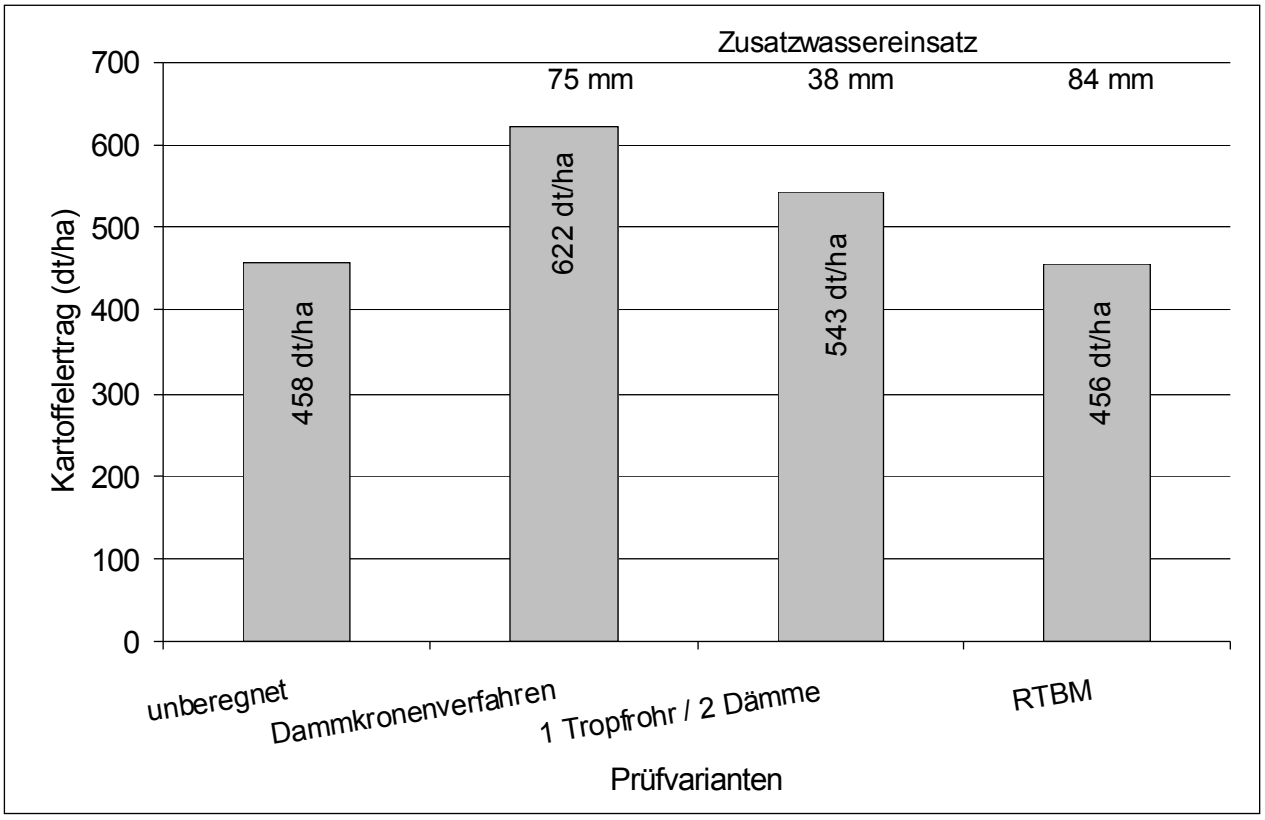



**Abbildung 28:** Ertragsergebnisse zur Bewässerung von Kartoffeln im Praxisbetrieb, Pilotprojekt 2006

Die Bewässerungsmaßnahmen mit dem Dammkronenverfahren spiegelten sich nicht nur in dem größeren Mehrertrag sondern auch in der Qualität der Kartoffeln wider. Der Anteil an Knollen in der Fraktion von 35 bis 65 mm wurde um 36 % und > 65 mm sogar um das doppelte erhöht (Tab. 47). Daraus resultiert durch die Tropfbewässerungsmaßnahme mit Fertigation eine beachtliche Steigerung des Marktwareertrages von 44 % bei einer Effektivität der Zusatzwasserausnutzung von > 200 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar.

**Tabelle 47:** Ertragsergebnisse zur Fraktionierung bei Kartoffeln im Praxisbetrieb, Pilotprojekt 2006

| Prüfvarianten | Anteil der Fraktionen (Handparzellenernte bei n = 4) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | < 35 mm | | 35 bis 65 mm | | > 65 mm | |
| | dt/ha | % | dt/ha | % | dt/ha | % |
| ohne Bewässerung | 99 | 100 | 319,3 | 100 | 40 | 100 |
| Tropfbewässerung mit Fertigation | 103 | 104 | 435*) | 136 | 84 | 210 |
| $GD_{5\%}$ | | | 65 | | | |

*) statistisch gesichert nach Tukey-Test bei $GD_{5\%}$

Basierend auf den Untersuchungen mit Tropfbewässerung von Kartoffeln im Pilotprojekt 2006 erfolgte von DEGNER (2007) eine nachgelagerte betriebswirtschaftliche Bewertung der Ergebnisse des einjährigen Bewässerungsversuches. Die Berechnungen beziehen sich auf die repräsentativen Bruttoerträge der Maschinenrodung.
Die Kartoffelproduktion ist ein Zweig mit großen Preis- und damit Ergebnisschwankungen. Der Preis für Speisekartoffeln richtet sich nach Angebot und Nachfrage, so dass die Wirtschaftlichkeit nachhaltig von den schwankenden Erträgen und damit Erzeugerpreisen in Deutschland und Europa abhängt. Die Bewässerung erfordert ein überdurchschnittliches Ertragsniveau. Zusätzlich wirken sich einzelbetrieblich noch Qualitätsparameter über den Marktwareanteil aus. Ein Kartoffelmehrertrag von 223 dt/ha ist für ein ausgeglichenes Ergebnis bei einem Tropfschlauchpreis von 0,28 €/m und den unterstellten Bedingungen nicht ganz ausreichend. Teure Flüssigdünger, die in dem Projekt zum Einsatz kamen, würden die Wirtschaftlichkeit erheblich mehr belasten. Eine kostendeckende Produktion ohne Verzinsung des Sachanlagevermögens erscheint möglich, wenn der Tropfrohrpreis auf 0,24 €/m sinkt. Unter Bezugnahme auf die modifizierte Variante hätte das Verfahren wirtschaftliche Chancen, wenn sich mit einem Tropfrohr in der Dammsohle zwischen zwei Reihen 75 % des Mehrertrages von der Variante des Dammkronenverfahrens erzielen ließe.
Aus den Untersuchungsergebnissen mit Kartoffeln kann abgeleitet werden, dass mit dem Tropfbewässerungsverfahren gegenüber der herkömmlichen Beregnung ein hohes Ertragsniveau bei einer gleichzeitigen Wassereinsparung von 15 bis 20 % zu erzielen ist. Im Vergleich zu den Beregnungsverfahren erfordert die Tropfbewässerung einen höheren Investitionsaufwand, zeichnet sich jedoch durch einen geringeren Wasser- und Energieverbrauch als zukunftsorientiertes Verfahren aus.

### 3.2.2 Zuckerrüben

*Versuchsfrage*

Die Zuckerrübe verwertet Zusatzwasser sehr effektiv und bringt stabil hohe Erträge. Mit ihrer langen Vegetationszeit kann sie selbst bis Oktober noch hohe Zuwächse erzielen. Nach bisherigen Erfahrungen liegen die Beregnungszeitspannen bei Zuckerrüben nach erfolgtem Bestandesschluss (Ende Juni/Anfang Juli) bis etwa drei bzw. vier Wochen vor Erntebeginn (Anfang bzw. Mitte September).

Langjährige Untersuchungen mit Zuckerrüben unter Einbindung einer Bewässerungsstufe erfolgten von 1994 bis 2006 auf dem VF Straußfurt mit dem Ziel, den Einfluss von Zusatzwasser auf das Ertragsniveau und den Zuckergehalt zu prüfen. In Zusammenarbeit mit der ARGE Zeitz der Südzucker AG wurde in den Jahren von 2004 bis 2006 ein kombinierter Beregnungs-/Sortenversuch durchgeführt. Das Ziel dieser Versuchsreihe bestand einerseits in der Auswahl trockenstresstoleranter Sorten für die mitteldeutschen Anbauregionen und andererseits Aussagen über die Effizienz der Zusatzwasserverwertung neuer Sorten zu erhalten.

#### Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

In das Versuchsprogramm des VF Straußfurt wurden ab 1994 die Zuckerrüben im Zusammenhang mit anderen Fragestellungen aufgenommen und diese durch einen Faktor zur Bewässerung, gesteuert nach der Klimatischen Wasserbilanz, ergänzt. Hinzu kamen von 2004 bis 2006 Sortenprüfungen von neun Sorten bzw. Stämmen ohne und mit Beregnung.

Die Zusatzwassermenge schwankte in den drei Jahren von 85 bis 125 mm in drei bis fünf Gaben (Tab. 48). Mit vier Gaben wurden durchschnittlich 105 mm verregnet.

**Tabelle 48:** Zusatzwassereinsatz bei Zuckerrüben, Straußfurt 2004 bis 2006

| Jahr | Gabenzahl/Menge (mm) | Zusatzwassermenge (mm) |
|---|---|---|
| 2004 | 5 x 25 | 125 |
| 2005 | 3 x 25 + 1 x 30 | 105 |
| 2006 | 1 x 25 + 2 x 30 | 85 |
| **Mittelwert** | ***3 x 25 + 1 x 30*** | ***105*** |

*Untersuchungsergebnisse*

Die dreizehnjährigen Untersuchungen zur Beregnung von Zuckerrüben von 1994 bis 2006 führten bei einem durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassereinsatz von 112 mm zu einem Mehrertrag von etwa 30 % mit 155 dt/ha (Tab. 49). Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung im langjährigen Mittel ist mit 138 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar als gut zu bewerten.

**Tabelle 49:** Langjährige Ergebnisse der Beregnung von Zuckerrüben, Straußfurt 1994 bis 2006

| Jahr | Ertrag unberegnet | Ertrag beregnet | Beregnungs-mehrertrag | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|
| | dt/ha | dt/ha | dt/ha | mm | Ausnutzung*) |
| 1994 | 419 | 559 | 140 | 60 | 233 |
| 1995 | 369 | 553 | 184 | 110 | 167 |
| 1996 | 615 | 684 | 69 | 60 | 115 |
| 1997 | 535 | 625 | 90 | 80 | 112 |
| 1998 | 600 | 676 | 76 | 100 | 76 |
| 1999 | 475 | 648 | 173 | 120 | 144 |
| 2000 | 508 | 783 | 275 | 180 | 153 |
| 2001 | 554 | 733 | 179 | 150 | 119 |
| 2002 | 597 | 657 | 60 | 55 | 109 |
| 2003 | 429 | 728 | 299 | 225 | 133 |
| 2004 | 454 | 675 | 221 | 125 | 177 |
| 2005 | 666 | 773 | 107 | 105 | 102 |
| 2006 | 602 | 726 | 124 | 85 | 146 |
| ***1994 bis 2006*** | ***524*** | ***679*** | ***155*** | ***112*** | ***138*** |

*) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

In Abbildung 29 sind die Ergebnisse der dreijährigen Versuchsreihe von 2004 bis 2006 von Zuckerrüben zusammengefasst. Die unberegnete Variante erreichte 2004 mit 454 dt/ha einen für den Standort typischen Ertrag. Alle neun Sorten lagen im Bereich von "20 dt/ha vom Mittelwert. Die eingesetzte Zusatzwassermenge von 125 mm wurde mit einem Mehrertrag von etwa 48 % sehr gut verwertet. 2005 und 2006 war das Ertragsniveau unberegnet deutlich höher als im ersten Untersuchungsjahr. 2005 konnte ohne Beregnung durch die günstige natürliche Wasserversorgung ein hoher Ertrag mit 666 dt/ha festgestellt werden. Mit einem Zusatzwasseraufwand von 105 mm wurden noch 107 dt/ha (16 %) mehr geerntet. Im Vergleich dazu gab es 2006 mit nur drei Einzelgaben von 85 mm insgesamt einen Ertragszuwachs von 124 dt/ha (20 %) und somit eine hohe Zusatzwasserausnutzung von 146 kg/mm und Hektar.

Der bereinigte Zuckerertrag lag im Mittel der drei Jahre in der beregneten Variante um 24 dt/ha höher als in der Variante ohne Zusatzwasser. Dabei war das Jahr 2004 mit 40 dt/ha außergewöhnlich hoch. Die Zusatzwasserversorgung führte immer zu signifikanten Rüben- und Zuckermehrerträgen. Der bereinigte prozentuale Zuckergehalt lag zwar in der unberegneten Prüfvariante um 0,43 % höher gegenüber beregnet, jedoch statistisch nicht gesichert.

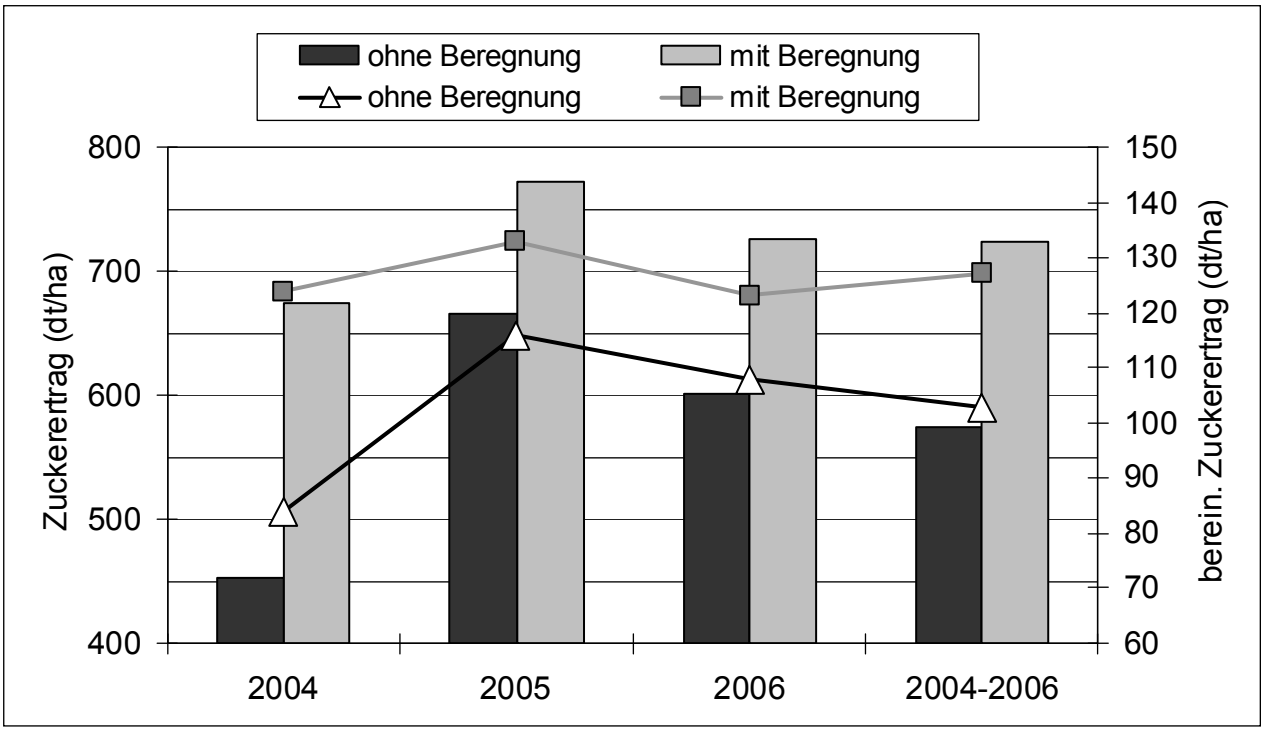



**Abbildung 29:** Beregnungsergebnisse bei Zuckerrüben, Straußfurt 2004 bis 2006

Ein Sortenvergleich über drei Jahre ist aufgrund des teilweisen Sortimentwechsels 2006 nicht möglich. Deshalb wurden nur die Jahre 2004 und 2005 in Abbildung 30 zusammengefasst. Dargestellt sind die bereinigten Zuckerertragswerte. 2004 schwankten die Erträge in der unberegneten Variante zwischen 82 bis 88 dt/ha und 2005 von 110 bis 122 dt/ha. Unter Bewässerungsbedingungen variierten die Sorten 2004 zwischen 115 und 135 dt/ha und 2005 von 122 bis 137 dt/ha. Auffällig sind die konstanten Erträge bei der Sorte *Instinkt* mit Beregnung sowie die kompakten Leistungen der neuen Stämme. Im Mittel wurden pro mm Zusatzwasser 27 kg Zucker je ha mehr produziert.

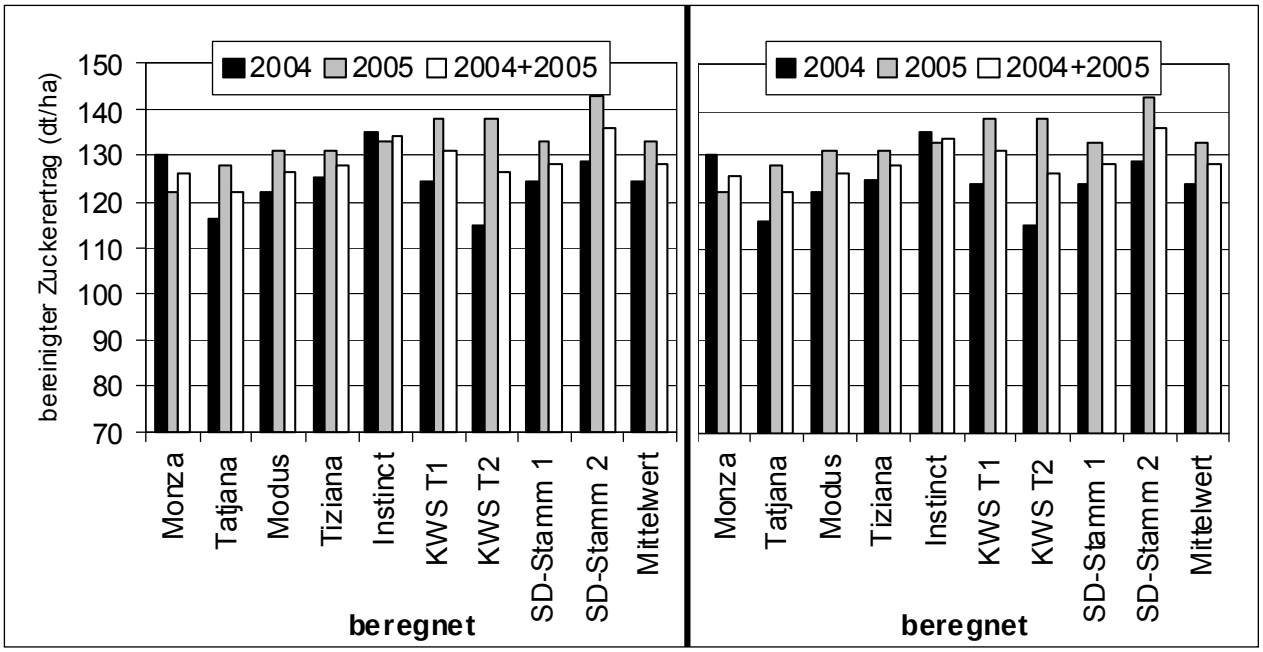



**Abbildung 30:** Sorteneinfluss bei Zuckerrüben, Straußfurt 2004 bis 2005

Analog zu den anderen Sortenversuchen wurden auch bei Zuckerrüben die jeweils drei ertragsstärksten und -schwächsten Sorten zusammengefasst (Tab. 50). Im Mittel aller drei Versuchsjahre lag die Differenz im unberegneten Bereich nur bei 7 dt/ha bereinigten Zucker bzw. 49 dt/ha Rübenertrag zwischen den ertragsstärksten und -schwächsten Sorten und mit Beregnung bei 11 bzw. 67 dt/ha. Mit deutlich unter 10 % Ertragsunterschied war das im Gegensatz zu anderen Kulturen verhältnismäßig gering. Das geprüfte Sortiment lag beim Ertragsvergleich insbesondere beim bereinigten Zuckerertrag eng beieinander. Dann sollten bei der Sortenwahl qualitative Aspekte, wie Krankheitsanfälligkeit, Feldaufgang und vor allem Leistungskonstanz als Auswahlkriterium im Mittelpunkt stehen. Das trifft sowohl auf unberegnete als auch bewässerte Zuckerrüben zu.

**Tabelle 50:** Ergebnisse des Sorten-Beregnungsversuches, Straußfurt 2004 bis 2006

| Jahr/Ertrag (dt/ha) | gesamtes Sortiment | | drei stärkste Sorten | | drei schwächste Sorten | | Zusatzwasser Gabenzahl/Menge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | unbereg. | bereg. | unbereg. | bereg. | unbereg. | bereg. | mm |
| 2004/Rübenertrag | 454 | 675 | 470 | 701 | 440 | 649 | |
| bereinigter Zuckerertrag | 82 | 115 | 87 | 131 | 81 | 118 | 5/125 |
| 2005/Rübenertrag | 666 | 773 | 687 | 819 | 639 | 731 | |
| bereinigter Zuckerertrag | 116 | 133 | 120 | 140 | 112 | 128 | 4/105 |
| 2006/Rübenertrag | 602 | 726 | 634 | 758 | 566 | 695 | |
| bereinigter Zuckerertrag | 108 | 123 | 112 | 127 | 104 | 119 | 3/85 |
| 2004 bis 2006/ Rübenertrag | ***574*** | ***725*** | ***597*** | ***759*** | ***548*** | ***692*** | |
| bereinigter Zuckerertrag | ***102*** | ***124*** | ***106*** | ***133*** | ***99*** | ***122*** | ***4/105*** |

### 3.2.3 Körnermais

*Versuchsfrage*

Diese Versuchsreihe zur Beregnung von Körnermais hatte das Ziel, eine optimale Ertragsbildung in Abhängigkeit von der Wasserversorgung und Bestandesdichte an zwei Sorten herauszuarbeiten.

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse von Körnermais in den Jahren 2003 bis 2006 auf dem Standort Straußfurt vorgestellt.

#### Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

Als Bestandesdichte wurden die für den Versuchsstandort typischen 8 Körner/m² sowie eine deutlich erhöhte Dichte von 12 Körnern/m² getestet. Zur Aussaat kamen 2003 bis 2005 die Sorten *Fjord* und *Sandrina* sowie 2006 *Phantom* und *Sandrina*.

Neben der herkömmlichen Beregnungssteuerung nach Ausgleich der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) erfolgte eine Zusatzwassergabe nur dann, wenn die typische Trockenstressreaktion bei Mais, das Einrollen der Blätter, eingesetzt hat.

Die Prüfvarianten waren:
- unberegnete Kontrollvariante,
- beregnet nach KWB und
- beregnet nur bei Trockenstressreaktion.

*Untersuchungsergebnisse*
Im Jahr 2003 lag das Ertragsniveau ohne Beregnung bei beiden Maissorten in der Größenordnung von 60 dt/ha (Tab. 51). Die Erhöhung der Bestandesdichte brachte keine Steigerung, bei der Sorte Sandrina eine nicht signifikante Ertragsminderung.
Der Zusatzwasserbedarf war bei der KWB-Variante mit sechs Gaben und insgesamt 155 mm sehr hoch. Bei der Stressvariante wurden mit drei Gaben 75 mm verabreicht. Bei allen Kombinationsmöglichkeiten standen bei Beregnung signifikante Mehrerträge zu Buche. Im Mittel beider Sorten war auch der Ertrag zwischen beiden Beregnungsvarianten statistisch gesichert. Dabei zeigte sich, dass die Sorte *Sandrina* das Zusatzwasser besser verwertete. Der höchste Ertrag von 97,2 dt/ha wurde bei dieser Sorte in der KWB-Variante bei 12 Körnern/m² erreicht. Die effektivste Zusatzwasserausnutzung hatte die Stressvariante bei der höheren Bestandesdichte.

**Tabelle 51:** Ergebnisse des Körnermaisversuches, Versuchsfeld Straußfurt 2003

| Sorte | Prüf-variante | 8 Körner/m² | | | Bestandsdichte | | | 12 Körner/m² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
| | | | dt/ha | % | mm | kg/mm² | | dt/ha | % | mm | kg/mm² |
| Fjord | unberegnet | 60,9 | - | - | - | - | 61,4 | - | - | - | - |
| | KWB | 80,1 | 19 | 32 | 155 | 12 | 85,7 | 24 | 40 | 155 | 16 |
| | Stress[1)] | 76,1 | 15 | 26 | 75 | 20 | 79,4 | 18 | 29 | 75 | 24 |
| Sandrina | unberegnet | 60,0 | - | - | - | - | 56,4 | - | - | - | - |
| | KWB | 93,3 | 33 | 56 | 155 | 21 | 97,2 | 41 | 72 | 155 | 26 |
| | Stress[1)] | 84,1 | 24 | 40 | 75 | 32 | 91,1 | 35 | 62 | 75 | 46 |

[1)] Beregnungsbeginn bei Einrollen der Blätter
[2)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar
$GD_{5\,\%}$ zwischen Beregnungsvarianten einer Sorte bzw. einer Bestandesdichte: 6,2 dt/ha und zwischen allen Faktoren: 8,7 dt/ha

2004 lag das Ertragsniveau beider Sorten ohne Beregnung bei etwa 70 dt/ha (Tab. 52). Die Erhöhung der Bestandesdichte brachte eine nicht signifikante Steigerung des Körnermaisertrages. Der Zusatzwasserbedarf war bei der KWB-Variante mit fünf Gaben und insgesamt 125 mm mittel bis hoch. Die Stressvariante erhielt mit zwei Gaben 50 mm. Wie im Vorjahr wurden bei allen Kombinationsmöglichkeiten durch die Beregnung signifikante Mehrerträge zwischen 20 bis 40 % gegenüber unberegnet erzielt. Im Mittel beider Sorten war auch der Ertrag zwischen beiden Beregnungsvarianten statistisch gesichert. Die Sorte *Sandrina* verwertete das Zusatzwasser auch etwas besser. Die höchsten Erträge von 98,8 bzw. 97,4 dt/ha wurden bei beiden Sorten in der KWB-Variante bei 12 Körnern/m² erreicht. Dieses Ergebnis zeigt den sinnvollen Einsatz größerer Aussaatdichte für das Erreichen höherer Erträge. Die effektivste Wasserverwertung aller Beregnungsprüfglieder hatten stets die Stressvarianten mit dem wesentlich geringeren Zusatzwassereinsatz und Wasserverbrauch gegenüber der KWB-Steuerung von nur 40 %.

**Tabelle 52:** Ergebnisse des Körnermaisversuches, Versuchsfeld Straußfurt 2004

| Sorte | Prüf-variante | 8 Körner/m² | | | Bestandesdichte | | | 12 Körner/m² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser (mm) Ausnutzung[2] | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser (mm) Ausnutzung[2)] | |
| | | | dt/ha | % | | | | dt/ha | % | | |
| Fjord | unberegnet | 67,6 | - | - | - | - | 76,8 | - | - | - | - |
| | KWB | 89,3 | 22 | 32 | 125 | 17 | 98,8 | 22 | 29 | 125 | 18 |
| | Stress [1)] | 86,0 | 18 | 27 | 50 | 37 | 91,8 | 15 | 20 | 50 | 30 |
| Sandrina | unberegnet | 70,9 | - | - | - | - | 72,4 | - | - | - | - |
| | KWB | 98,9 | 28 | 40 | 125 | 22 | 97,4 | 25 | 35 | 125 | 20 |
| | Stress [1)] | 85,3 | 14 | 21 | 50 | 29 | 86,3 | 14 | 20 | 50 | 28 |

[1)] Beregnungsbeginn bei Einrollen der Blätter
[2)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar
$GD_{5\%}$ zwischen Beregnungsvarianten einer Sorte bzw. einer Bestandesdichte: 8,8 dt/ha und zwischen allen Faktoren: 23,0 dt/ha

Im Jahr 2005 lag das Ertragsniveau ohne Beregnung mit durchschnittlichen 93,1 dt/ha deutlich über dem langjährigen Standortmittelwert (Tab. 53). Die Ursachen für die hohen Erträge waren die gut verteilten Niederschläge besonders in den ersten beiden Augustdekaden.

**Tabelle 53:** Ergebnisse des Körnermaisversuches, Versuchsfeld Straußfurt 2005

| Sorte | Prüf-variante | 8 Körner/m² | | | Bestandesdichte | | | 12 Körner/m² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser (mm) Ausnutzung[2] | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser (mm) Ausnutzung[2)] | |
| | | | dt/ha | % | | | | dt/ha | % | | |
| Fjord | unberegnet | 97,7 | - | - | - | - | 88,5 | - | - | - | - |
| | KWB | 116,8 | 19 | 20 | 110 | 17 | 113,5 | 25 | 28 | 110 | 23 |
| | Stress [1)] | 105,5 | 8 | 8 | 30 | 26 | 105,4 | 17 | 19 | 30 | 56 |
| Sandrina | unberegnet | 96,8 | - | - | - | - | 89,2 | - | - | - | - |
| | KWB | 110,8 | 14 | 15 | 110 | 13 | 115,3 | 26 | 30 | 110 | 24 |
| | Stress [1)] | 102,0 | 5 | 6 | 30 | 17 | 105,9 | 17 | 19 | 30 | 55 |

[1)] Beregnungsbeginn bei Einrollen der Blätter
[2)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar
$GD_{5\%}$ zwischen Beregnungsvarianten: 5,3 dt/ha, zwischen Sorten: 5,4 dt/ha und zwischen Bestandesdichten: 4,4 dt/ha

Im Vergleich zu den vorjährigen Untersuchungen konnten keine Sortenunterschiede nachgewiesen werden. Deutlich erkennbar ist der Ertragsabfall der unberegneten Varianten mit höherer Bestandesdichte. Die Beregnung brachte in allen Kombinationen signifikante Ertragsdifferenzen sowohl zwischen unberegnet und beiden beregneten als auch zwischen den beregneten Varianten. Die Variante Beregnung nach optischen Stressmerkmalen erhielt nur eine Wassergabe mit 30 mm. Nach der KWB-Steuerung wurden vier Gaben mit insgesamt 110 mm (2 x 25 mm, 2 x 30 mm) beregnet. Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung war folglich geringer gegenüber der Stressvariante. Eine Ertragssteigerung in Kombination mit hoher Bestandesdichte wurde 2005 nicht erreicht.

2006 lag das Ertragsniveau ohne Beregnung mit durchschnittlich 82,1 dt/ha im Bereich des langjährigen Standortmittelwertes (Tab. 54). Dabei gab es signifikante Unterschiede zwischen den Sorten *Phantom* (85,6 dt/ha) und *Sandrina* (78,6). Beide Sorten reagierten auch hinsichtlich der Bestandesdichte unterschiedlich. Während *Phantom* mit zunehmender Bestandesdichte einen signifikant höheren Mehrertrag von 2,3 dt/ha erzielte, wurde bei *Sandrina* ein deutlicher Minderertrag von 7,4 dt/ha ermittelt.
Auch mit Beregnung unterschieden sich die Sorten voneinander. Bei der Sorte *Phantom* wurde nur in der unteren Bestandesdichte ein statistisch gesicherter Beregnungsmehrertrag nachgewiesen. Die höhere Bestandesdichte führte bei der Sorte *Sandrina* zu Beregnungsmehrerträgen von etwa 8 dt/ha. Die Beregnungssteuerungsvariante nach KWB-Ausgleich erhielt zwei Gaben zu je 30 mm und die Prüfvariante Beregnung nach optischen Stressmerkmalen nur eine Gabe mit 30 mm. Selbst diese eine Gabe erfolgte kurz vor Beginn des Einrollens der Blätter. Die Beregnungsmaßnahmen bewirkten nicht in allen Kombinationen signifikante Ertragsdifferenzen. Zwischen beiden Beregnungsvarianten wurden generell keine gesicherten Unterschiede nachgewiesen.

**Tabelle 54:** Ergebnisse des Körnermaisversuches, Versuchsfeld Straußfurt 2006

| Sorte | Prüfvariante | 8 Körner/m² | | | Bestandesdichte[3] | | | 12 Körner/m² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser | | Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
| | | | dt/ha | % | mm | kg/mm[2] | | dt/ha | % | mm | kg/mm[2] |
| Phantom | unberegnet | 84,4 | - | - | - | - | 86,7 | - | - | - | - |
| | KWB | 93,9 | 10 | 11 | 60 | 16 | 92,2 | 6 | 6 | 60 | 9 |
| | Stress[1] | 91,2 | 7 | 8 | 30 | 23 | 90,8 | 4 | 5 | 30 | 14 |
| Sandrina | unberegnet | 82,4 | - | - | - | - | 75,0 | - | - | - | - |
| | KWB | 88,5 | 6 | 7 | 60 | 10 | 82,4 | 7 | 10 | 60 | 12 |
| | Stress[1] | 84,0 | 2 | 2 | 30 | 5 | 83,7 | 9 | 12 | 30 | 29 |

[1] Beregnungsbeginn bei Einrollen der Blätter
[2] Wasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar
$GD_{5\%}$ zwischen Beregnungsvarianten: 7,2 dt/ha, zwischen Sorten: 4,2 dt/ha und zwischen Bestandesdichten: 1,7 dt/ha

Die Zusammenfassung der vierjährigen Versuchsserie von 2003 bis 2006 bei der Sorte *Sandrina* führte zu den nachfolgenden Ergebnissen (Abb. 31).
Beide Formen der Beregnungssteuerung erzielten signifikante Mehrerträge gegenüber der unberegneten Variante ($GD_{5\%}$: 7,2 dt/ha). Dabei reicht die Spanne der Mehrerträge von 11 bis 21 dt/ha. Zwischen den Beregnungsvarianten sind alle Ertragsdifferenzen statistisch gesichert. Die Steuerung nach KWB erbringt einen höheren Ertrag von 9,7 bzw. 7,5 dt/ha. In den Einzeljahren gab es nur 2006 keine gesicherten Differenzen. Die mittlere Zusatzwassermenge betrug in der KWB-Variante 112,5 mm (60 bis 155 mm) und in der Variante Beregnung nur bei Trockenstressreaktion, sichtbar durch Blattrollen, 46 mm (30 bis 75 mm). Die Annahme, dass eine größere Bestandesdichte bei Zusatzbewässerung einen höheren Ertrag zur Folge hat, konnte in dieser Versuchsserie nicht bestätigt werden.
Der mittlere Ertrag ohne Beregnung beträgt 77,5 dt/ha bei 8 Pflanzen/m² (von 60 bis 97 dt/ha) bzw. 73,3 dt/ha bei 12 Pflanzen/m² (von 56 bis 89 dt/ha). Die Schwankungsbreite ist doppelt so hoch, wie bei den beregneten Varianten (Variationskoeffizient von 10 % gegenüber 5 bis 6 %). Der Ertrag in der Variante mit 12 Pflanzen/m² weist signifikante Unterschiede gegenüber 8 Pflanzen/m² aus.

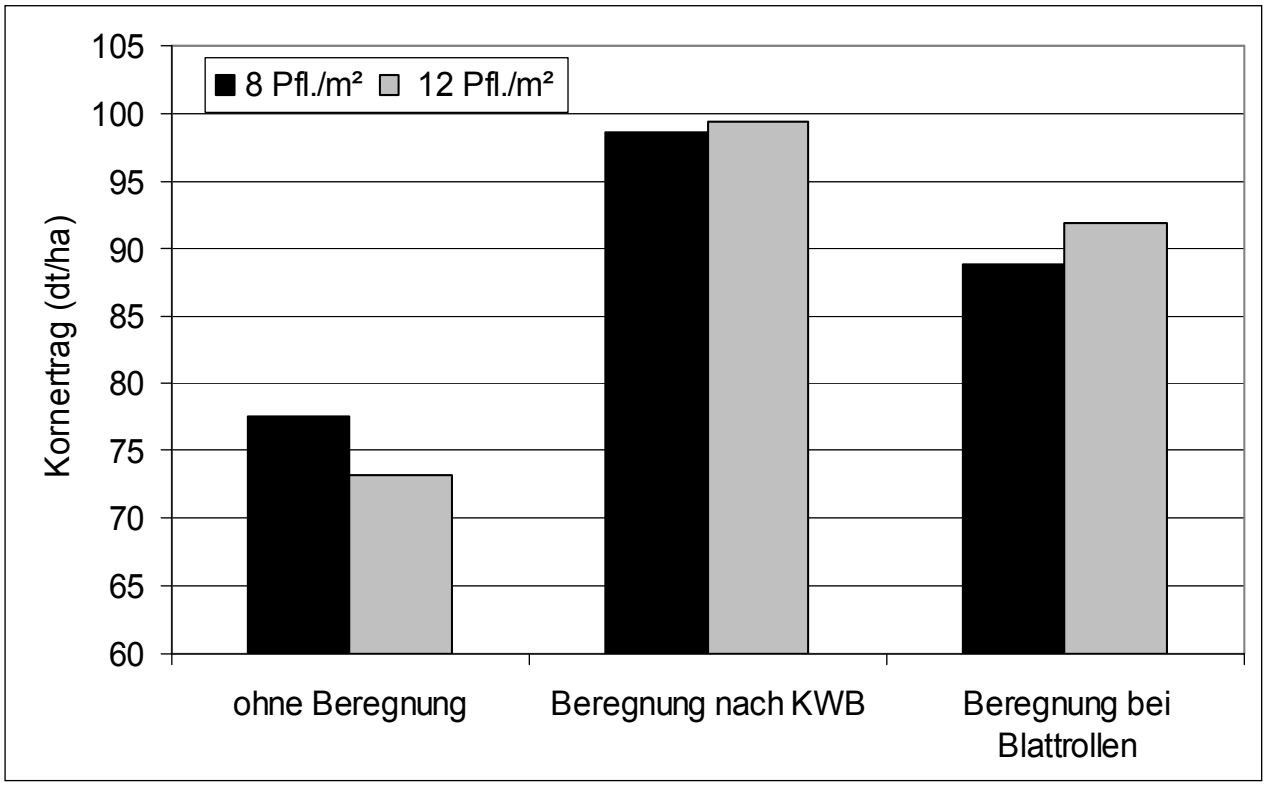



**Abbildung 31:** Langjährige Beregnungsergebnisse von Körnermais der Sorte Sandrina (Mittelwerte), Standort Straußfurt 2003 bis 2006 $GD_{5\%}$ Beregnung: 7,2 dt/ha, Bestandesdichte: 4,2 dt/ha

Die Resultate zeigen, dass eine Wirtschaftlichkeit der Beregnungsmaßnahmen nach Ausgleich der KWB (im Mittel 112 mm Zusatzwasser) bei Körnermais unter Thüringer Bedingungen nicht gegeben ist. Dafür sind der erzielte durchschnittliche Mehrertrag von 21 dt/ha bei einem Erzeugerpreis um 10 €/dt und die errechnete Effektivität der Zusatzwasserausnutzung von <55 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar nicht ausreichend. Dagegen könnte ein sparsamer Beregnungswassereinsatz in Form von nur einer oder zwei Gaben, wie zum Beispiel die hier praktizierte Prüfvariante bei optisch erkennbarer Trockenstressreaktion (Einrollen der Blätter) sich mit größerer Wahrscheinlichkeit positiv auf das Betriebesergebnis auswirken.

### 3.2.4 Biomassemais

*Versuchsfrage*

Mit der rasanten Zunahme von Biogasanlagen ist der Bedarf an Biomasse insbesondere von Mais deutlich gestiegen. Deshalb kam in den Jahren 2003 bis 2007 ein kleiner Versuch mit Mais zur Biomasseerzeugung zur Durchführung.

#### Versuchsfeld Straußfurt

*Untersuchungsbedingungen*

Zwei Sorten (*Doge* und *PR39F58*) wurden jeweils ohne und mit Beregnung nach dem Ausgleich der Klimatischen Wasserbilanz bei vierfacher Wiederholung geprüft. Der Wasserbedarf lag in den einzelnen Jahren zwischen 50 und 215 mm.

*Untersuchungsergebnisse*

Tabelle 55 und Abbildung 32 fassen die Ergebnisse der fünf Versuchsjahre mit Biomassemais zusammen. Besonders hoch war der Zusatzwassereffekt im Trockenjahr 2003. Es wurden 215 mm Zusatzwasser verabreicht, so dass in beiden Sorten signifikante Mehrerträge erzielt werden konnten. In den Jahren 2004, 2006 und 2007 ließen sich die durch die Beregnungsmaßnahmen erreichten Trockenmassemehrerträge von der Biomaissorte *Doge* ebenfalls statistisch sichern. Im Jahr 2005 bestanden bei beiden Sorten zwischen den Prüfvarianten keine signifikanten Ertragsdifferenzen. Optisch und quantitativ gab es in der Höhe des Maisbestandes jedoch deutliche Unterschiede. So betrug die Wuchshöhe bei der Sorte *Doge* 264 cm (unberegnet) gegenüber 323 cm (beregnet) und bei *PR38F53* 224 cm zu 264 cm. Die beregneten Bestände waren somit in Abhängigkeit von der Sorte 59 bzw. 40 cm höher. Unterschiede in der Pflanzenhöhe traten auch 2006 auf, in dem *Doge* durchschnittlich 35 cm größer als *PR38F53* war.

**Tabelle 55:** Trockenmasseergebnisse der Beregnungsversuche von Biomassemais, Straußfurt 2003 bis 2007

| Jahr | Sorte | Trockenmasseertrag (dt/ha) | | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | unberegnet | beregnet | dt/ha | % | mm | Ausnutzung[1)] |
| 2003 | Doge<br>PR38F53 | 144<br>112 | 201<br>190 | 57 +<br>78 + | 40<br>70 | 215 | 27<br>36 |
| 2004 | Doge<br>PR38F53 | 127<br>116 | 154<br>- | 27 + | 21 | 125 | 22 |
| 2005 | Doge<br>PR38F53 | 117<br>151 | 144<br>157 | 26<br>6 | 22<br>4 | 110 | 24<br>5 |
| 2006 | Doge<br>PR38F53 | 185<br>170 | 210<br>178 | 25 +<br>8 | 14<br>5 | 50 | 48<br>15 |
| 2007 | Doge<br>PR39F58 | 207<br>191 | 221<br>195 | 14 +<br>4 | 7<br>2 | 75 | 19<br>6 |
| **Mittel** | **Doge**<br>***PR38/39*** | ***156***<br>***148*** | ***186***<br>***180*** | ***30***<br>***24*** | ***21***<br>***16*** | ***115*** | ***28***<br>***16*** |

+ statistisch gesichert bei $GD_{5\%}$

1) Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Im Durchschnitt aller fünf Jahre wurde bei einem mittleren jährlichen Zusatzwassereinsatz von 115 mm ein Mehrertrag an Trockenmasse von 30 dt/ha erzielt, ohne das Trockenjahr 2003 nur 18,5 dt/ha. Die Beregnungssteuerung nach KWB brachte sehr unterschiedliche Ergebnisse. Vor allem 2004 (fünf Gaben mit 125 mm) und 2005 (vier Gaben mit 110 mm) konnten trotz intensiver Beregnung insgesamt nur # 150 dt/ha Trockenmasse erreicht werden. Aufgrund dieser beiden Jahre ließ sich über den gesamten Zeitraum kein signifikanter Mehrertrag errechnen. Nur die Sorte *Doge* betrachtet, wurde ein langjähriger signifikanter Mehrertrag ermittelt, was die Vorzüglichkeit der Sorte bestätigt.

Die Zusatzwasserausnutzung ist im gesamten Untersuchungszeitraum als gering einzustufen.

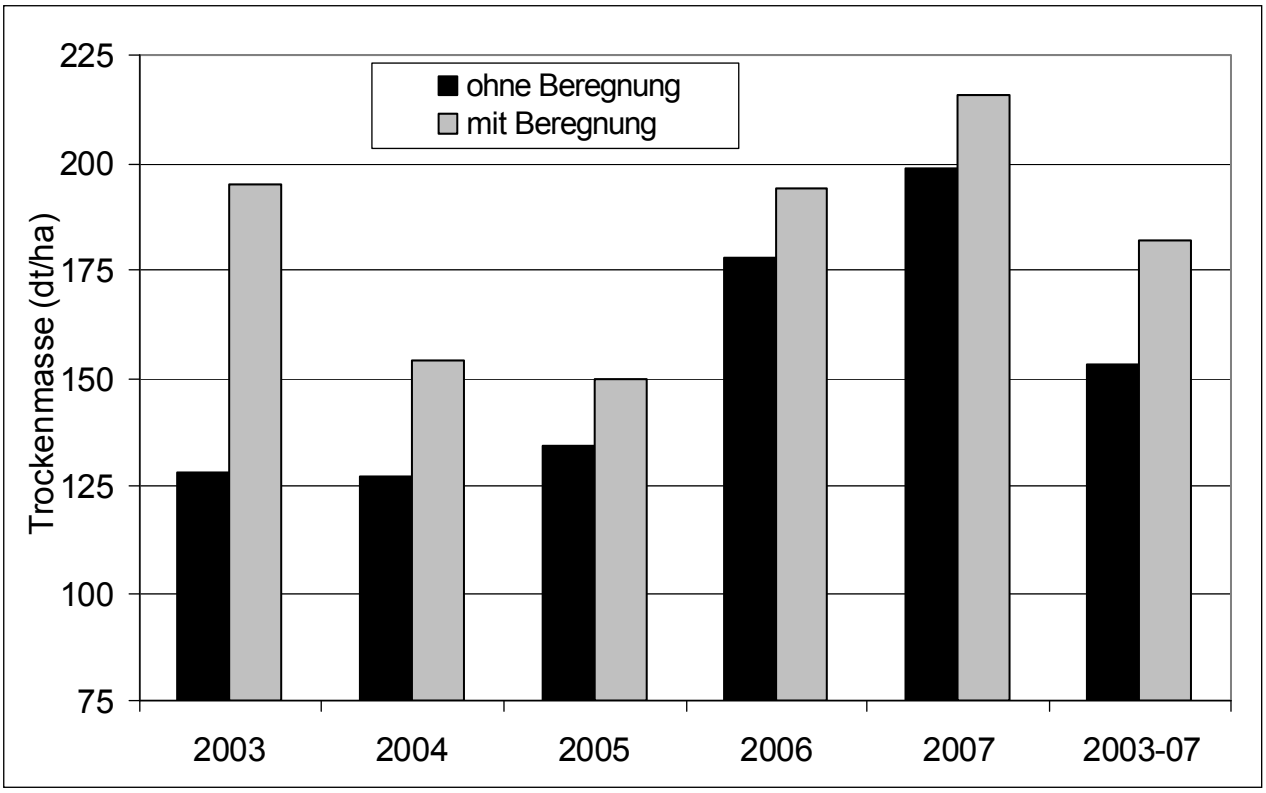



**Abbildung 32:** Trockenmasseerträge von Biomassemais (Mittelwerte beider Sorten), Straußfurt 2003 bis 2007

Als Beispiel für ein Einzeljahr soll das Versuchsjahr 2007 herangezogen werden (Tab. 56). Nur im Trockenmasseertrag bei der Sorte *Doge* gab es signifikante Unterschiede zwischen beregnet und unberegnet. Wie in den Vorjahren hat sich die Sorte *Doge* (FAO ca. 700) sehr gut als Sorte zur Biomassegewinnung erwiesen. Die Sorte *PR 39F58* (FAO S270) reifte frühzeitig ab.
In der Pflanzenhöhe gab es zwischen den Prüfvarianten kaum Unterschiede. *Doge* war unberegnet 318 und beregnet 316 cm hoch. Bei der Sorte *PR39F58* wurden mittlere 250 cm (unberegnet) zu 256 cm (beregnet) gemessen. Die Biomasseerträge 2007 sind als hoch zu werten. Die Außergewöhnlichkeit des Jahres wird durch die für den Standort Straußfurt sehr selten erreichten Wuchshöhen untermauert.

**Tabelle 56:** Zusatzwasserversorgung und Erträge von Biomasse-Mais, Straußfurt 2007

| Sorte | Frischmasse (dt/ha) | | Trockenmasse (dt/ha) | | TM-Mehrertrag dt/ha | Wasseraus-nutzung[1)] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | unberegnet | beregnet | unberegnet | beregnet | | |
| Doge | 812 | 822 | 206,6 | 220,6+ | 14,0 | 18,7 |
| PR39F58 | 535 | 509 | 191,1 | 195,4 | 4,3 | 5,7 |
| Mittelwert | 674 | 666 | 199 | 208 | 9,2 | 12,2 |

[+] statistisch gesichert bei GD $_{5\ \%}$
[1)] Zusatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

## 3.3 Arznei- und Gewürzpflanzen

*Versuchsfrage*

Der Anbau von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen (HDG) hat im Freistaat Thüringen eine lange Tradition und nimmt mit etwa 23 % vom Arznei- und Gewürzpflanzenanbau den höchsten Anteil aller Bundesländer ein. Diese Stellung verdankt der Freistaat einem europaweit guten Ruf als traditionelles Anbaugebiet, den langjährigen Erfahrungen bei der Produktion von Spezialkulturen, den bodenbedingten und klimatischen Voraussetzungen, der guten Flächenausstattung zahlreicher Betriebe mit der Möglichkeit der Lieferung großer einheitlicher Chargen und einem strikten Qualitätsmanagement nach den Regeln des kontrolliert-integrierten Anbaus. So sind Thüringer Kräuter zu einem Qualitätsbegriff geworden. Mit den hohen Qualitätsansprüchen ist jedoch ein hohes Produktionsrisiko verbunden. Um Ertragsausfällen entgegen zu wirken, kommt der Bewässerung eine besondere Bedeutung zu. Sie erfüllt insbesondere in den Thüringer Gebieten mit weniger als 500 mm Jahresniederschlag zwei Hauptaufgaben:

- Stabilisierung der Erträge bei gleichzeitig hohem Ertragsniveau und
- Qualitätssicherung für eine marktgerechte Produktion vor allem im Vertragsanbau.

Im Hinblick auf die sich abzeichnenden klimatischen Veränderungen stellt sich in den niederschlagsarmen Regionen Thüringens ein größerer Zusatzwasserbedarf dar. Bezugnehmend auf den Klimawandel wird auch das Verfahren der Anpflanz-, Auflauf- oder Vorauflaufberegnung in der Anwachs- und Jungpflanzenentwicklung an Bedeutung zunehmen.
Zu den bewässerungswürdigen Arzneipflanzen in Thüringen gehören Pfefferminze, Spitzwegerich, Johanniskraut, Baldrian und Rosenwurz. Aber auch andere HDG reagieren auf die Zusatzwassergaben sowohl im Gesamtertrag als auch im Ertrag an Inhaltsstoffen positiv.
Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, den Einfluss von unterschiedlichen Bewässerungsverfahren und differenzierten Steuerungsvarianten auf den Ertrag von Arznei- und Gewürzpflanzen zu prüfen, um Richtwerte für den Zusatzwasserbedarf abzuleiten und Ertrags- und Qualitätsreserven zu erschließen.
Die Versuchsergebnisse zur Bewässerung von Pfefferminze 1994 und 1995 in einem Praxisbetrieb, 1997 bis 2001 auf dem Versuchsfeld Straußfurt sowie 2002 und 2003 in der Lysimeterstation Buttelstedt sind in der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung“ (PFLEGER et al., 2006) aufgeführt. Nachfolgend werden die Untersuchungen mit unterschiedlichen Bewässerungsverfahren von Schnittlauch, Petersilie und Dill in der Kastenanlage Jena sowie ein Projektvorhaben mit Pfefferminze in einem Praxisbetrieb vorgestellt.

### Kastenanlage Jena

*Untersuchungsbedingungen*

Der Anbau von Küchenkräutern findet in Thüringen vorrangig kleinflächig zur Frischvermarktung aber auch in größerem Umfang für Trocken- oder Tiefkühlware statt. Die zweijährigen Bewässerungsversuche mit Schnittlauch, Petersilie und Dill wurden in der Kastenanlage Jena im Zeitraum von 2001 bis 2003 mit vierfacher Wiederholung durchgeführt. Die Errichtung der dafür genutzten Modellkästen erfolgte in den Jahren 1975 bis 1980. Diese sind quadratisch mit einer Bodenoberfläche von 1 m² und einer Tiefe von 2 m. Sie wurden mit gestörtem Bodenmaterial einer Löss-Braunschwarzerde aus dem Thüringer Becken (Standort Buttelstedt) gefüllt.
Die Bewässerungssteuerung erfolgte bei den drei Küchenkräutern in erster Linie nach der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) unter Berücksichtigung der Wasserhaushaltsgrößen

natürlicher Niederschlag, Evapotranspiration, Versickerung und Bodenfeuchte sowie unter Einbeziehung der Geisenheimer Methode. Die Pflanzenkoeffizienten (kc-Werte) liegen nur von Petersilie vor. Bei Schnittlauch wurden diese in Anlehnung an Sommerzwiebeln und Porree sowie bei Dill nach Erfahrungswerten in Abhängigkeit von den Entwicklungsstadien der Pflanzen mit Größen von 0,5; 0,8 und 1,0 (identisch mit Petersilie) festgelegt.

Die Prüfvarianten in den Modellgefäßen mit Schnittlauch, Petersilie und Dill waren:
- ohne Bewässerung,
- Beregnung nach KWB/Geisenheimer Methode und
- Tropfbewässerungsverfahren unterirdisch in 10 bis 15 cm Tiefe mit je einem Tropfschlauch zwischen zwei Reihen.

### 3.3.1 Schnittlauch

*Untersuchungsbedingungen*

Der Schnittlauch gehört zu den Laucharten und ist eine der wichtigsten Würzpflanzen. Er besitzt auch einen diätetischen Wert. Seine Röhrenblätter (Schlotten) liefern ein geschätztes Suppen- und Küchengewürz. Als ein ausdauerndes, verhältnismäßig flachwurzelndes und feuchtigkeitsliebendes Zwiebelgewächs braucht der Schnittlauch viel Wasser.
Bei der Versuchsdurchführung wurde die mittelgrobröhrige Sorte „*Welta*" verwendet. Die Aussaat erfolgte am 09.04.2001. Die Anzahl der Schnitte 2001 betrug vier und im Jahr 2002 acht. Die Vegetations- mit Erntezeiten waren im ersten Untersuchungsjahr vom 06.07. bis 22.10.2001 und im zweiten vom 08.04. bis 23.10.2002.

*Untersuchungsergebnisse*

Das Aussaatjahr 2001 von Schnittlauch ermöglichte vier Schnitte mit verhältnismäßig geringem Ertragsniveau (Tab. 57). Ohne Zusatzwasser wurde ein hochgerechneter Frischmasseertrag (FM-Ertrag) im Mittel der vier Wiederholungen von nur 223 dt/ha gegenüber mit Beregnung, gesteuert nach KWB, von 329 dt/ha und der unterirdischen Tropfbewässerung von 269 dt/ha ermittelt. Im niederschlagsreicheren Jahr 2002 wurde mit acht Schnitten ein zwei- bis dreifach höherer Ertrag (unberegnet 667 dt/ha, beregnet nach Geisenheim 777 dt/ha und Tropfbewässerung 795 dt/ha) erzielt. Der unbewässerte Ertrag mit 667 dt/ha war aber außergewöhnlich hoch. Der große Zusatzwassereinsatz 2002 resultiert vor allem aus der langen Vegetationszeit mit einer hohen Schnitthäufigkeit.

**Tabelle 57:** Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von Schnittlauch in der Kastenanlage Jena

| Jahr | Prüfvariante | FM-Ertrag dt/ha | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | dt/ha | % | mm | Ausnutzung[2)] |
| 2001 | ohne Bewässerung | 223 | - | - | - | - |
| | Beregnung KWB/Geisenheim | 329 | 106[1)] | 48 | 135 | 79 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 269 | 46 | 21 | 135 | 34 |
| 2002 | ohne Bewässerung | 667 | - | - | - | - |
| | Beregnung KWB/Geisenheim | 777 | 110[1)] | 16 | 180 | 61 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 795 | 128[1)] | 19 | 193 | 66 |
| **Mittel** | **ohne Bewässerung** | ***445*** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| | **Beregnung KWB/Geisenh.** | ***553*** | ***108[1)]*** | ***24*** | ***158*** | ***68*** |
| | **Tropfbewäss. unterirdisch** | ***532*** | ***87[1)]*** | ***20*** | ***164*** | ***53*** |

[1)] statistisch gesichert bei $\alpha = 5\ \%$
[2)] Zuatzwasserausnutzung in kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Im Mittel der zwei Untersuchungsjahre wurden durch beide Bewässerungsverfahren mit einem durchschnittlichen Zusatzwassereinsatz von 160 mm (2001: 135 mm; 2002: 186 mm) die Erträge um 22 % signifikant erhöht, im Jahr 2001 sogar um 48 %. Die Effektivität der Wasserausnutzung kann jedoch mit Werten < 80 kg Mehrertrag je mm und Hektar als nicht ausreichend eingeschätzt werden. Die Untersuchungsergebnisse zeigen die hohe Ertragswirkung von Bewässerungsmaßnahmen bei Schnittlauch (Abb. 33).

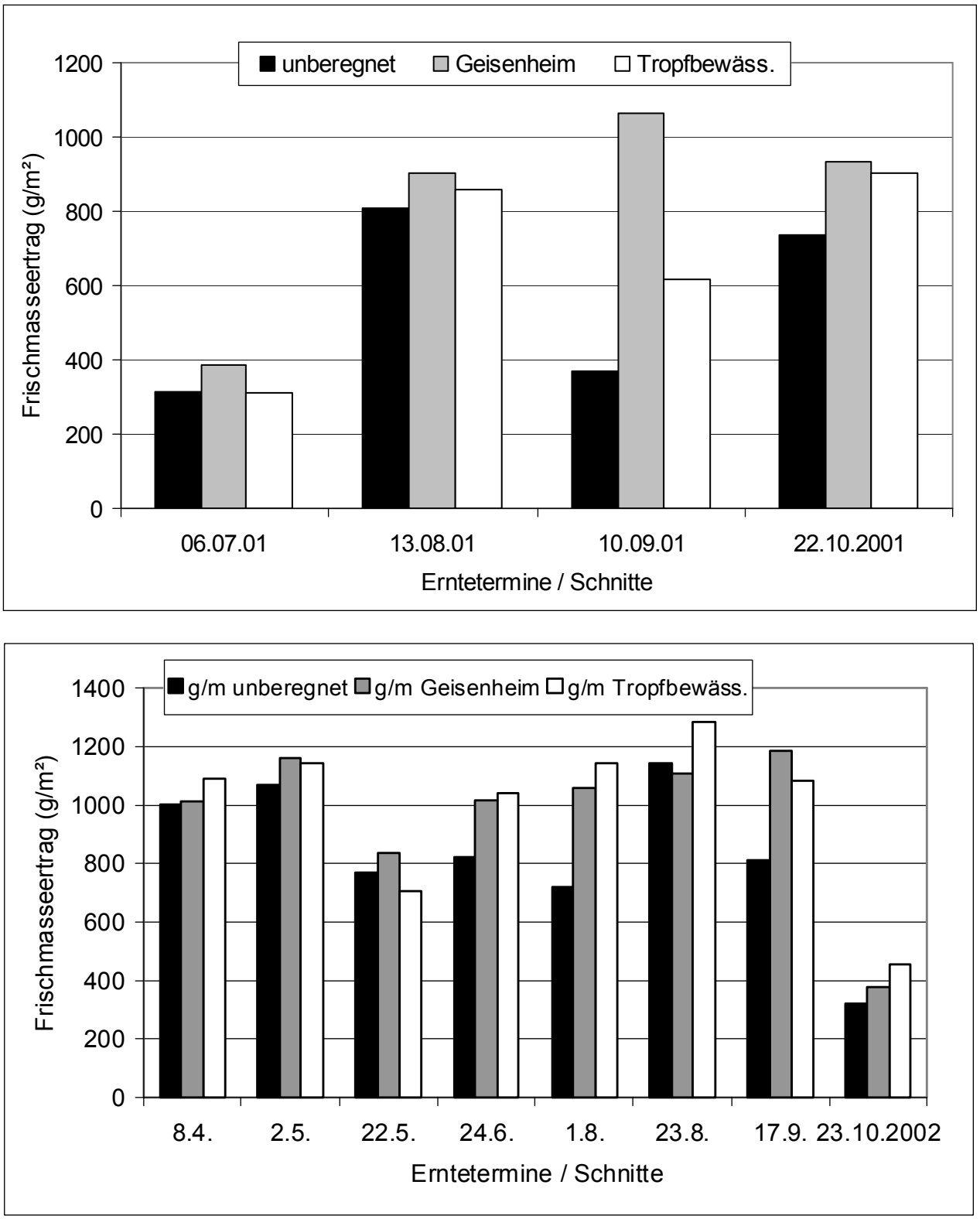



**Abbildung 33:** Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Ertrag von Schnittlauch in der Kastenanlage Jena, 2001 und 2002

### 3.3.2 Petersilie

*Untersuchungsbedingungen*
Der Anbau von Blattpetersilie findet vorzugsweise zur Frisch- aber auch Tiefkühl- und Trockenvermarktung statt. Sie zählt zu den wichtigsten Küchenkräutern. Der Wasserbedarf der Petersilie mit ihrer spindel- bis rübenförmigen, fast faserlosen Pfahlwurzel liegt im mittleren bis hohen Bereich, so dass für ihren Anbau die Bewässerung notwendig erscheint.
Zur Prüfung ausgewählt wurde die glattblättrige Sorte „Hamburger Schnitt" in den beiden Jahren 2001 und 2003. Die Aussaaten in der Kastenanlage Jena erfolgten am 09.04.01 und 16.05.03. Die Vegetationszeiten bzw. Erntetermine lagen zwischen 20.06. und 22.10.2001 bzw. 10.07. und 17.10.2003.

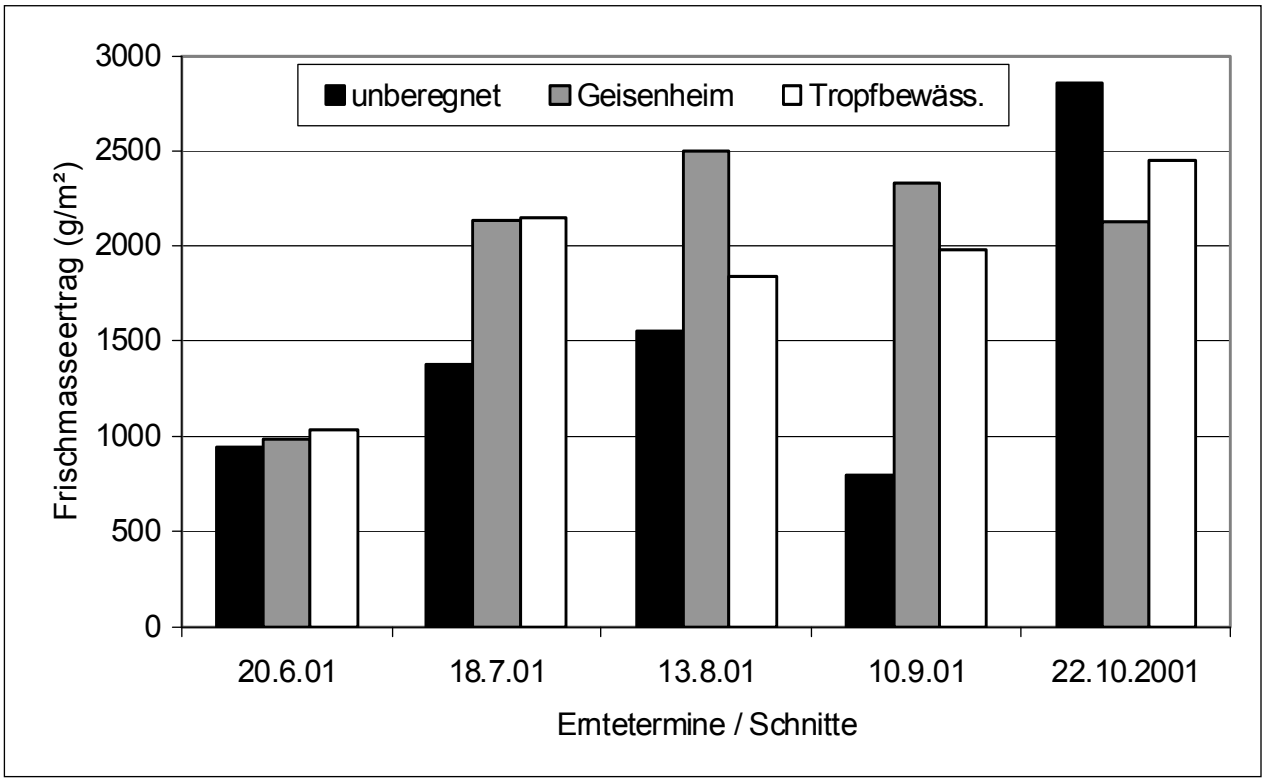
*Untersuchungsergebnisse*
In den Bewässerungsversuchen mit Petersilie konnten im relativ feuchten Jahr 2001 fünf Schnitte und im extrem trockenen Jahr 2003 noch vier Schnitte geerntet werden (Abb. 34). Der unbewässerte Jahresertrag 2001 erreichte umgerechnet im Mittel einen Wert von 753 dt/ha im Vergleich zur beregneten Variante mit 1 007 dt/ha und Tropfbewässerung mit 945 dt/ha. Ohne Zusatzwasser konnte jedoch 2003 nur ein Ertrag von 424 dt/ha ermittelt werden.

Auffällig war, dass 2001 in der unbewässerten Kontrollvariante ein ähnlich hoher Frischmasseertrag (753 dt/ha) erreicht wurde wie 2003 mit Beregnung von 790 dt/ha bzw. mit Tropfbewässerung von 758 dt/ha (Tab. 58). Das geringere Ertragsergebnis der unbewässerten Variante 2003 resultiert aus den extremen Witterungsbedingungen mit der außergewöhnlich großen Trockenheit und Einstrahlung. In diesem Jahr führte die stark erhöhte Verdunstung in der Vegetationsperiode mit einer angespannten Wasserversorgungssituation dazu, dass trotz des sehr hohen Zusatzwassereinsatzes von 236 mm keine größeren Mehrerträge erzielt werden konnten. Dagegen betrugen die eingesetzten Zusatzwassermengen im ersten Untersuchungsjahr 2001 mit Beregnung nur 140 mm und bei der Tropfbewässerung 120 mm.

**Tabelle 58:** Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von Petersilie in der Kastenanlage Jena

| Jahr | Prüfvariante | FM-Ertrag | Mehrertrag | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dt/ha | dt/ha | % | mm | Ausnutzung[2)] |
| 2001 | ohne Bewässerung | | - | - | - | - |
| | Beregnung | 753 | 252[1)] | 34 | 140 | 180 |
| | KWB/Geisenheim | 1007 | 192[1)] | 25 | 120 | 160 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 945 | | | | |
| 2003 | ohne Bewässerung | | - | - | - | - |
| | Beregnung | 424 | 366[1)] | 86 | 240 | 153 |
| | KWB/Geisenheim | 790 | 334[1)] | 79 | 232 | 144 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 758 | | | | |
| **Mittel** | **ohne Bewässerung** | ***589*** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| | **Beregnung KWB/Geisenh.** | ***899*** | ***310[1)]*** | ***53*** | ***190*** | ***163*** |
| | **Tropfbewäss. unterirdisch** | ***852*** | ***263[1)]*** | ***45*** | ***176*** | ***149*** |

[1)] statistisch gesichert bei $\alpha = 5\,\%$
[2)] Zuatzwasserausnutzung (kg) Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar



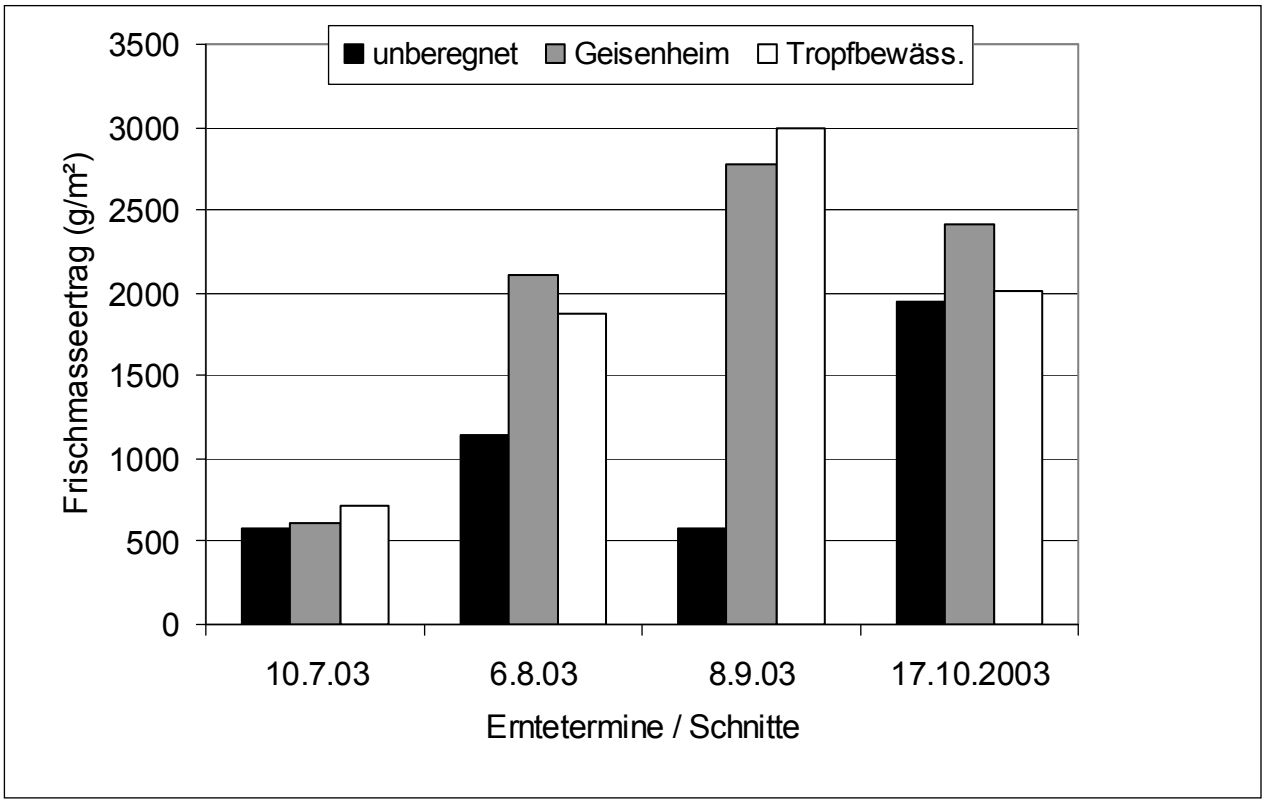




**Abbildung 34:** Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Ertrag von Petersilie in der Kastenanlage Jena, 2001 und 2003

Der Bewässerungseffekt mit einem signifikanten Mehrertrag von etwa 80 % war 2003 witterungsbedingt wesentlich größer gegenüber dem ersten Versuchsjahr mit etwa 30 %. Aus den zweijährigen Versuchsergebnissen ableitend ist die Effektivität des Zusatzwassereinsatzes mit Werten von $ 140 kg Mehrertrag je mm und Hektar als gut zu bewerten.

### 3.3.3 Dill

*Untersuchungsbedingungen*
Der Dill zählt zu den wichtigsten Gewürzkräutern mit vielseitiger Verwendbarkeit. Seinen Stellenwert gewinnt er vor allem auf dem Frischmarkt als junges Kraut in Form von „Frischdill" oder „Blattdill". Während der Zeit des Gurkeneinlegens besteht an „Dillkraut" ein hoher Bedarf. Er besitzt eine dünne spindelförmige Wurzel. Für eine marktgerechte Dillproduktion ist eine gute Wasserversorgung Voraussetzung, so dass in Trockengebieten der Zusatzwassereinsatz notwendig erscheint.
Die Bewässerungsversuche mit Spitzen-/Krautdill der Sorte „*Herkules*" wurden in den beiden Jahren 2002 und 2003 durchgeführt. Im Nachbau erfolgten jeweils zwei Aussaaten als Frühjahrs- (am 02.04.02 und 14.04.03) und Herbstdill (am 29.07.02 und 31.07.03), so dass insgesamt vier Versuchsserien vorliegen.

*Untersuchungsergebnisse*
Zwischen den Ergebnissen der 1. und 2. Aussaat bestehen deutliche Unterschiede in der Form, so dass der Frühjahrssatz in beiden Jahren zu niedrigeren Erträgen führte als der Herbstdill (Tab. 59 und Abb. 35).

**Tabelle 59:** Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von Dill in der Kastenanlage Jena

| Jahr | Prüfvariante | FM-Ertrag | Mehrertrag[1)] | | Zusatzwasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | dt/ha | dt/ha | % | mm | Ausnutzung[2)] |
| 2002+2003 Frühjahrs-Dill | ohne Bewässerung | | - | - | - | - |
| | Beregnung | 164 | 93 | 57 | 58 | 161 |
| | KWB/Geisenheim | 257 | 165 | 100 | 60 | 277 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 329 | | | | |
| 2002+2003 Herbst-Dill | ohne Bewässerung | | - | - | - | - |
| | Beregnung | 412 | 40 | 10 | 40 | 100 |
| | KWB/Geisenheim | 453 | 86 | 21 | 40 | 215 |
| | Tropfbewäss. unterirdisch | 499 | | | | |
| **Mittel** | **ohne Bewässerung** | ***288*** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| | **Beregnung KWB/Geisenh.** | ***355*** | ***67*** | ***23*** | ***49*** | ***137*** |
| | **Tropfbewäss. unterirdisch** | ***414*** | ***126*** | ***44*** | ***50*** | ***252*** |

[1)] statistisch gesichert bei $\alpha = 5$ %
[2)] Zuatzwasserausnutzung (kg) Mehrertrag je mm Zusatzwasser x Hektar

Der Zusatzwassereinsatz mit durchschnittlich 75 mm war witterungsbedingt im trockenen Jahr 2003 etwa dreimal so hoch wie 2002 und die Wasserausnutzung wesentlich effektiver.

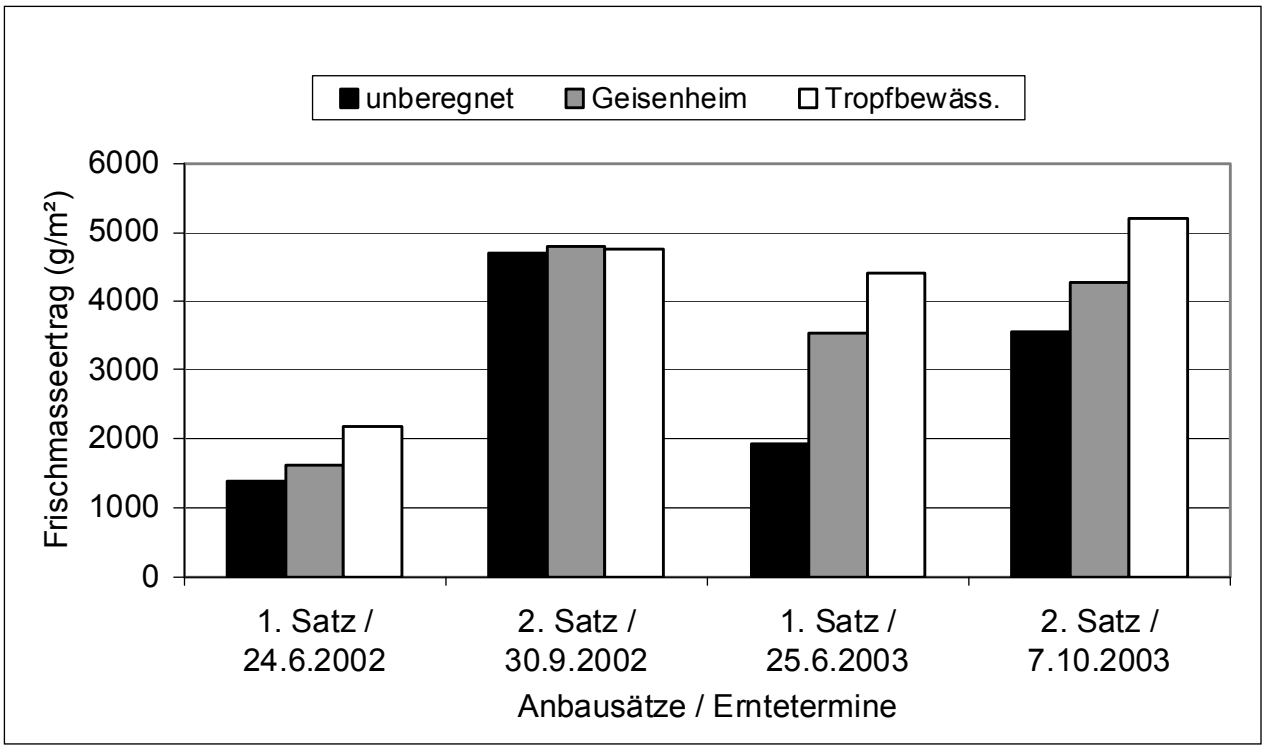
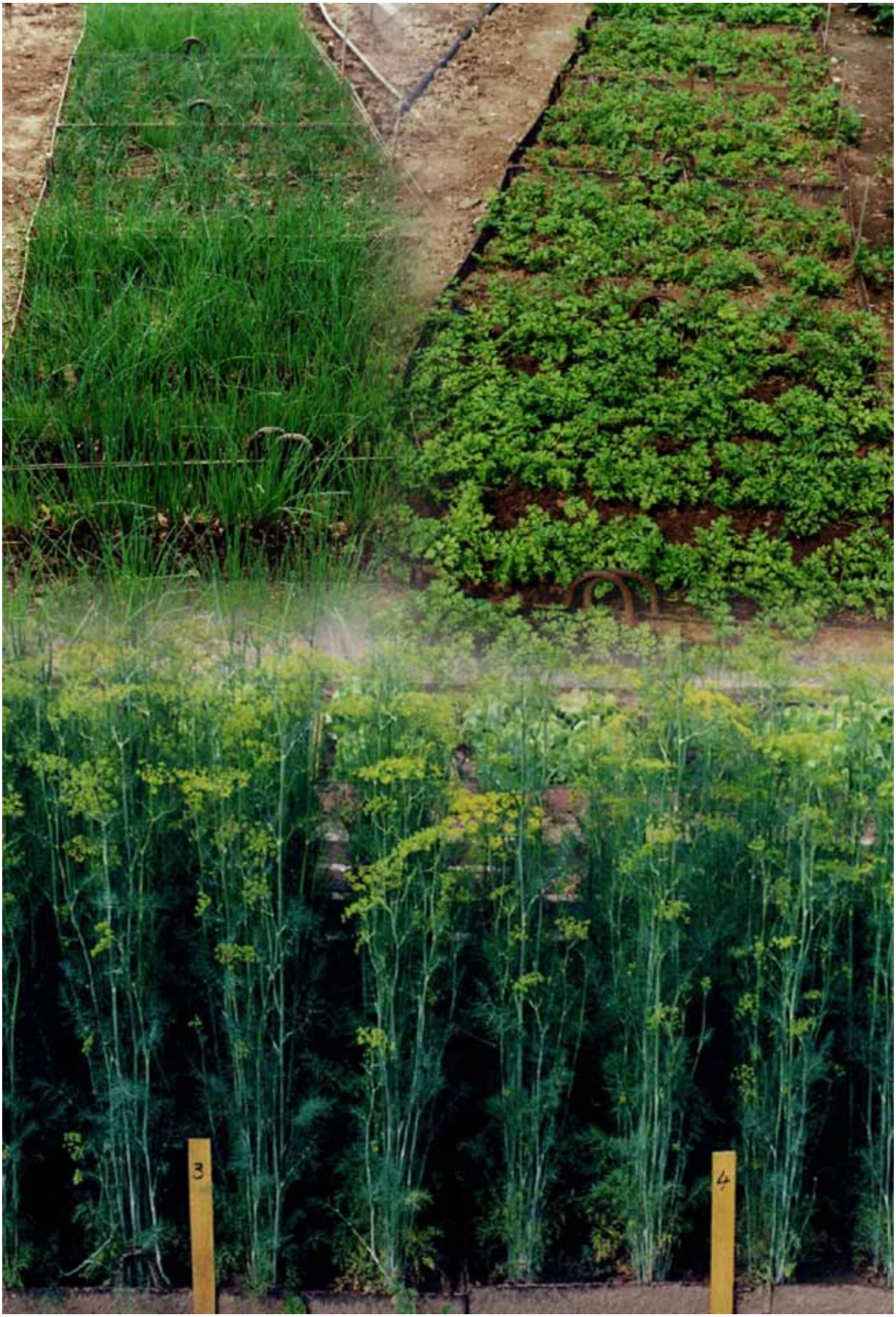



**Abbildung 35:** Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Ertrag von Dill in der Kastenanlage Jena, 2002 und 2003

Fasst man die zwei Frühjahrssätze zusammen, so wurde ohne Bewässerung umgerechnet im Mittel nur ein Ertrag von 164 dt/ha im Vergleich zum Herbstdill mit 412 dt/ha erreicht. Mit einem Zusatzwassereinsatz von etwa 60 mm, nach der Klimatischen Wasserbilanz berechnet, konnte bei den Frühjahrssaaten ein statistisch gesicherter Mehrertrag von 57 % und durch das Tropfbewässerungsverfahren von 100 % erzielt werden. Beim Herbstdill war die Wirkung des Zusatzwassers deutlich geringer und betrug durchschnittlich 15 % Mehrertrag.
Hervorzuheben ist, dass in drei von den vier Sätzen mit der Tropfbewässerung sowohl deutlich höhere Erträge im Vergleich zur Beregnung als auch Mehrerträge gegenüber unbewässert erzielt wurden. Die Ursachen dafür könnten in der gezielten Wasserapplikation in unmittelbarer Nähe der Wurzel durch die in 15 cm Tiefe verlegten Tropfschläuche und damit den geringeren Verdunstungsverlusten gesehen werden. Dieser positive Einfluss spiegelt sich auch in einer effektiveren Zusatzwasserausnutzung von > 200 kg Mehrertrag je mm und Hektar beim unterirdischen Tropfbewässerungsverfahren wider.


3
4

### 3.3.4 Pfefferminze

**Projektvorhaben in einem Thüringer Praxisbetrieb**

*Versuchsfrage*

In den letzten Jahren ist der Bedarf an Pfefferminze kontinuierlich gestiegen. In Thüringen besitzt der Pfefferminzanbau eine große Bedeutung und Tradition. Die Hauptanbaugebiete mit Bewässerungsmöglichkeiten für Pfefferminze liegen im Saale-Orla-Kreis und Thüringer Becken. Die Standortnachteile des niederschlagsarmen mitteldeutschen Trockengebietes gilt es mit Hilfe von Bewässerungsmaßnahmen auszugleichen. Die prognostizierte Klimaveränderung weist für die Trockengebiete Thüringens eine Zunahme des Wasserdefizits in der Vegetationszeit durch geringere Sommerniederschläge und steigende Temperaturen aus. Eine pflanzenbedarfsgerechte Wasserversorgung ist aber Grundvoraussetzung für die Stabilisierung der Erträge und Ertragssicherung auf einem hohen wirtschaftlichem Niveau sowie für die Qualitätssicherung (Inhaltsstoffe) für eine markt- und umweltgerechte Pfefferminzproduktion bei termingebundener Lieferung großer einheitlicher Chargen. In der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. erfolgt der Anbau von Pfefferminze derzeit auf etwa 100 ha ausschließlich auf der Grundlage des Vertragsanbaus.

Unter den derzeitigen und sich verändernden klimatischen Bedingungen besitzt der sparsame und optimale Zusatzwassereinsatz bei der Pfefferminze eine erstrangige Bedeutung. Das technologische Verfahren der Tropfbewässerung wird seit geraumer Zeit vor allem im Obst- und Hopfenanbau praktiziert. In dem Bereich der Arzneipflanzenerzeugung gibt es hierzu bundesweit keinerlei Erfahrungen. Eine unmittelbare Adaption des Tropfbewässerungsverfahrens aus der Gemüseproduktion in die Kultur von Pfefferminze ist aber aufgrund des reihengebundenen Pflanzverfahrens, der Spezifik der Rhizomausbildung und der zahlreichen mechanischen Pflegemaßnahmen nicht ohne weiteres möglich.

Im vorliegenden Projekt soll das Verfahren der unterirdischen Tropfbewässerung im Vergleich zur oberflächigen Wasserzuführung durch Beregnungsverfahren in Pfefferminze unter Praxisbedingungen auf ihren möglichen Einsatz geprüft werden. Da die Kultivierung der Pfefferminze im mehrjährigen Anbau erfolgt und einen hohen Wasserbedarf ausweist, soll die Durchführbarkeitsstudie zur Tropfbewässerung neue Erkenntnisse zur wassersparenden Bewässerung bringen.

*Untersuchungsbedingungen*

Die vorgesehene Versuchsfläche zur Tropfbewässerung von Pfefferminze wird auf einem etwa 7 ha großen Feldblock seitens der Agrarprodukte Ludwigshof e. G. als Antragsteller für das Projektvorhaben zur Verfügung gestellt. Das Projekt beinhaltet zwei Abschnitte mit unterschiedlichem Zeitrahmen, differenzierten Flächengrößen und Fragestellungen.

Der Testversuch 2009 (1. Abschnitt) diente der technischen Machbarkeitsprüfung des unterirdischen Tropfbewässerungsverfahrens. Erforderlich waren für die Wasserzuführung der Aufbau der Tropfbewässerungsanlage bestehend aus der Kopfstation mit Filtereinheit und Wasserzuleitung, der Steuereinheit mit Haupt- und Unterverteilungen sowie den Tropfschläuchen. Letztere wurden in sieben Pfefferminzreihen unterirdisch verlegt. Ferner konnten eine unbewässerte Teilfläche und eine beregnete Variante unter Einsatz einer Handregnerleitung mit Kreisregnern in die Untersuchungen einbezogen

werden. Für die Auswertung des 7-Reihen-Tests erfolgten Ermittlungen des Frischmasse- und Krautdrogenertrages nach separater Trocknung.
Im zweiten Abschnitt wurde die Versuchsfläche zur unterirdischen Tropfbewässerung auf eine Größe von insgesamt 1 ha mit 50 Reihen erweitert. Das Verlegen der Tropfschläuche erfolgte in einer Tiefe von 15 bis 17 cm, wobei diese auf 0,5 ha direkt unter die Stolonenreihen und 0,5 ha zwischen den Pflanzenreihen angeordnet worden. Die Versuchsanlage beinhaltet zur Erzielung von praxisrelevanten Ergebnissen folgende Prüfvarianten:

- unbewässerte Kontrollvariante,
- Tropfbewässerung unterirdisch mit je einem Tropfschlauch in der Reihe,
- Tropfbewässerung unterirdisch mit je einem Tropfschlauch zwischen zwei Reihen,
- Beregnung mit Handregnerleitung (HRL) und Kreisregner sowie
- Rohrtrommelberegnungsmaschine (RTBM) mit Weitstrahlregner des Praxisbetriebes.

Die Bewässerungsmaßnahmen werden über den gesamten Untersuchungszeitraum in Anlehnung an die Beregnungsempfehlungen der TLL (Steuerung nach der klimatischen Wasserbilanz) durch den Praxisbetrieb durchgeführt. Zur Beurteilung des Einflusses der unterschiedlichen Bewässerungsverfahren und -technologien auf Ertrags- und Qualitätsparameter erfolgen manuelle Ernteermittlungen von ausgewählten Parzellen mit vierfacher Wiederholung. Auf identischen Teilflächen, der fünf Prüfvarianten, werden nach der Handparzellenernte die Ertragsgrößen ebenfalls durch maschinelle Ernte erfasst. Bei beiden Ernteverfahren sind nach der seperaten Trocknung jeder Prüfvariante Analysen des Gehaltes an ätherischen Ölen vorgesehen.

*Untersuchungsergebnisse*
Der Abschluss des Projektvorhabens, zusammengefasst in Berichtform, ist nach dreijähriger Durchführung geplant. Die Durchführbarkeitsstudie wird erste Erkenntnisse zum Einsatz des unterirdischen Tropfbewässerungsverfahrens beim mehrjährigen Anbau von Pfefferminze unter Praxisbedingungen liefern mit dem Ziel, dieses Verfahren auf größeren Flächeneinheiten praktizieren zu können. Ermittlungen zur betriebswirtschaftlichen Bewertung der unterschiedlichen Bewässerungstechnologien unter dem Gesichtspunkt der verfügbaren Wasserressourcen sollten im Anschluss durchgeführt werden. Die Zusatzwasserversorgung stellt folglich eine wichtige Maßnahme sowohl zur Risikominderung des Pfefferminzanbaus als auch für das betriebliche Einkommen dar.

## 3.4 Sonderkulturen

### 3.4.1 Hopfen

*Versuchsfrage*
Die Notwendigkeit der Untersuchungen zur Bewässerung von Hopfen resultiert aus den niedrigen langjährigen Niederschlagswerte im Anbaugebiet Elbe-Saale mit nur 470 bis 550 mm und aus der derzeitigen und prognostizierten Klimaveränderung, um auch in trockeneren Jahren eine stabile Hopfenproduktion zu gewährleisten. Ertragssicherheit ist die wesentliche Voraussetzung, damit deutsche Hopfenanbauer auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig bleiben.

Im Jahr 2010 werden im Anbaugebiet Elbe-Saale von den 1 387 ha Hopfenfläche 980 ha bewässert. In den zehn Thüringer Hopfenbetrieben sind es mit 277 ha ebenfalls etwa 70 %.
Seit der Wiedereinführung des Hopfenanbaus in Mitteldeutschland im Jahre 1951 wurden verschiedene Bewässerungsverfahren geprüft, wie Furchenberieslung, Beregnung mit Rohrtrommelberegnungsmaschinen in Kombination mit Flachstrahlregner oder Spezialdüsenwagen, Beregnung vom Mastspitzenbereich sowie Tropfbewässerung. Trotz hoher Investitionsaufwendungen überwiegt das Tropfbewässerungsverfahren im Hopfenbau, insbesondere wegen der exakten Wasserapplikation und der Möglichkeit der Fertigation.
Die Orientierungswerte für den Zusatzwassereinsatz im Hopfen liegen für durchschnittliche Jahre in der Größenordnung von 60 bis 70 mm und in mittleren Trockenjahren bei 110 bis 130 mm (ALBECHT et al., 2004). Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von den Entwicklungsstadien der Hopfenpflanze, wie die kc-Werte von Geisenheim sind nicht vorhanden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen bei Hopfen in Thüringer Praxisbetrieben beschränkte sich auf unterschiedliche Technologien der Tropfbewässerung mit und ohne Fertigation, um den Zusatzwassereinfluss auf die Ertragsgröße und die Qualitätsparameter gegenüber unbewässert zu erfassen.
Die Untersuchungsergebnisse von 1999 bis 2003 in der Anlage Vogelsberg und von 2002 bis 2004 in Großenehrich sowie Kutzleben sind in der Broschüre „Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung (PFLEGER et.al., 2006) publiziert. Nachfolgend werden die Bewässerungsversuche von zwei Thüringer Betrieben in den Jahren 2005 bis 2009 vorgestellt.

## Praxisbetriebe

### Bewässerungsversuche in der AGRAR GmbH Großenehrich

*Untersuchungsbedingungen*
Die Hopfenanlage Großenehrich ist in sechs Abschnitte mit einer Flächengröße von je 3,4 ha unterteilt. Die Kopfstation der Tropfbewässerungsanlage befindet sich am Feldrand. Die Wasserzuleitung erfolgt mittig zu jeder Parzelle, so dass über die Zeitsteuerung das Zusatzwasser abschnittsweise den Hopfenpflanzen zugeführt wird. Als Orientierung für die Bewässerungsmaßnahmen dienten die in den wöchentlichen Empfehlungen der TLL ausgewiesenen Wassermengen.
Die im Jahr 2002 angelegten Bewässerungsversuche mit im Mastspitzenbereich befestigten Tropfschläuchen wurden bis 2008 weitergeführt. Die Zuleitung des Wassers erfolgte an der Stirnseite der Hopfenanlage durch PE-Rohre bis in die Mastspitzen und deren Verteilung über in Gerüsthöhe ausgebrachte Tropfschläuche. Parallel dazu wurden unterschiedliche Tropfrohre, verlegt auf dem Bifang mit und ohne Fertigation, in das Untersuchungsprogramm seit 2008 einbezogen, so dass folgende Prüfvarianten zum Einsatz kamen:

- unbewässert (2005 bis 2010),
- Tropfbewässerung mit Duplex-Schlauch vom Spanngerüst (2005 bis 2008),
- Tropfbewässerung auf Bifang mit Duplex-Schlauch ohne Fertigation (2005 bis 2010),
- Tropfbewässerung auf Bifang mit Duplex-Schlauch mit Fertigation (2008 bis 2010) und
- Tropfbewässerung auf Bifang mit Dripnet PC-Schlauch mit Fertigation (2008 bis 2010).

Die Tropfschläuche wurden jährlich im Frühjahr mittels einer betriebseigenen Verlegetechnik nach dem Anscheiben der Dämme auf den Bifang ausgebracht und vor den Erntemaßnahmen wieder maschinell entnommen und aufgewickelt. Im Gegensatz dazu blieben die Schläuche im Mastspitzenbereich oben in Gerüsthöhe über mehrere Jahre liegen.
Die Prüfung erfolgte an der Hauptsorte des Anbaugebietes Elbe-Saale „*Hallertauer Magnum*".
Am Standort Großenehrich bestand die unbewässerte Prüfvariante aus drei nebeneinander liegenden Reihen. Für die Ertragsermittlung wurde die mittlere Reihe mit je 50 Aufleitungen (25 Stöcke) von den vier hintereinander angeordneten Wiederholungen herangezogen. Diese lag somit ausreichend von den Reihen mit Tropfschlauch entfernt, um sicher zu gehen, dass eine Beeinflussung der Pflanzen in den nicht bewässerten Reihen durch bewässerte Nachbarreihen ausgeschlossen werden kann. Bei den anderen bewässerten Prüfgliedern wurden entsprechende Ernteparzellen bei n = 4 aus den ausreichend großen Abschnitten ohne Nebeneinfluss der Nachbarparzellen ausgewählt. Abbildung 36 zeigt die Prinzipskizze der Hopfenanlage Großenehrich mit den fünf Prüfvarianten 2008.

In Großenehrich bewässerte man im Untersuchungszeitraum durchschnittlich täglich zwei Stunden, das einer Tropfmenge von ca. 1,4 mm pro Tag entspricht (Tab. 60). Die Bewässerung wurde nur 2007 und 2009 bei lang anhaltenden natürlichen Niederschlägen ausgesetzt. Die Einspeisung des Spezialflüssigdüngers in die Tropfanlage erfolgte mit Kristalon = Blaumarke (Anteile 19 % N / 6 % $P_2O_5$ / 20 % $K_2O$ / 3 % MgO / 7,5 % $SO_3$). Die Bodenfeuchte wurde mit Stecktensiometern in den Tiefen von 25, 35 und 45 cm ermittelt.

**Tabelle 60:** Tropfbewässerung von Hopfen in der Anlage Großenehrich

| Jahr | Tropfbeginn | Tropfende | Tropfzeit | Zusatzwassermenge (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 2005 | 06.06. | 07.09. | 93 Tage | 125 |
| 2006 | 09.06. | 15.09. | 67 Tage | 90 |
| 2007 | 01.06.<br>14.07. | 20.06.<br>09.09. | 44 Tage | 60 |
| 2008 | 01.06. | 01.09. | 93 Tage | 130 |
| 2009 | 15.06.<br>16.07.<br>02.08. | 12.07.<br>20.07.<br>14.09. | 78 Tage | 110 |

*Untersuchungsergebnisse*
Die Ernteergebnisse der unterschiedlich verlegten Tropfschläuche auf dem Bifang mit und ohne Fertigation bzw. oben auf dem Spanngerüst im Vergleich zur unbewässerten Variante sind in Tabelle 61 zusammengefasst.
Im Jahr 2005 fielen in den für die Ertragsbildung wichtigen Monaten Juli und August ausreichend Niederschläge, so dass die mit der Tropfbewässerung sowohl vom Spanngerüst als auch auf dem Bifang erhofften Ertragseffekte ausblieben. Auch 2007 hatten die relativ wenigen Bewässerungstage keine Wirkung auf Ertrag und Qualitätsparameter. Dagegen beeinflussten die in der Vegetationsperiode in den Jahren 2006,

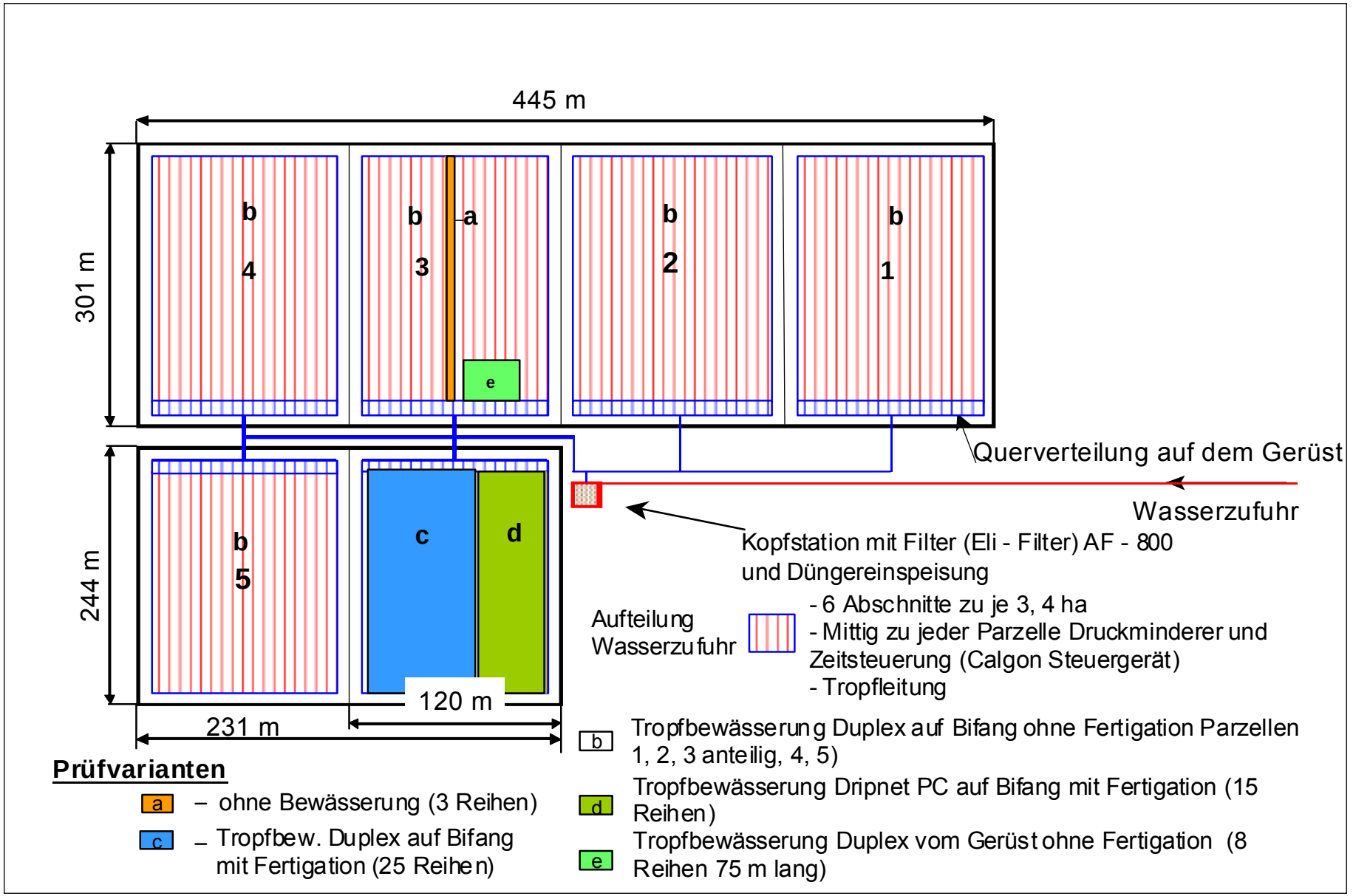



**Abbildung 36:** Prinzipskizze der Hopfenanlage Großenehrich 2008

2008 und 2009, die Klimatische Wasserbilanz ausgleichenden Zusatzwassermengen den Hopfenertrag in allen bewässerten Prüfvarianten positiv mit einem Mehrertrag in der Größenordnung zwischen 6 bis 32 %. Die Ertragsunterschiede ließen sich auch statistisch sichern bis auf 2006 in der Variante Tropf vom Gerüst. Deutlich sichtbar an den Ertragsgrößen wird der positive Einfluss der Fertigationsmaßnahmen in den letzten beiden Versuchsjahren. Der Vergleich der Prüfvarianten mit und ohne Flüssigdünger führte zu wesentlichen Ertragssteigerungen und einer effektiveren Ausnutzung des Zusatzwassers.

**Tabelle 61:** Ergebnisse zur Tropfbewässerung in Großenehrich, Sorte „*Hallertauer Magnum*“ von 2005 bis 2009

| Ertragsparameter/Prüfvarianten | Maß-einheit | Untersuchungsjahre | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Ertrag an Trockenhopfen | dt/ha | | | | | |
| ohne Bewässerung | | 23,4 | 26,1 | 24,8 | 28,2 | 20,9 |
| Tropf vom Gerüst | | 23,0 | 27,6 | 24,9 | 30,8*) | - |
| Tropf auf Bifang-Duplex | | 24,7 | 28,6*) | 25,0 | 30,1 | 22,7 |
| Tropf auf Bifang-Duplex+Fert. | | - | - | - | 37,1*) | 24,1*) |
| Tropf auf Bifang-Dripnet+Fert. | | - | - | - | 33,9*) | 23,9*) |
| GD (t, 5 %) | | 2,6 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,6 |
| Alphasäurengehalt | % | | | | | |
| ohne Bewässerung | | 16,5 | 14,4 | 14,6 | 12,6 | 15,5 |
| Tropf vom Gerüst | | 16,0 | 13,9 | 14,8 | 12,2 | - |
| Tropf auf Bifang-Duplex | | 17,1 | 14,8 | 14,9 | 12,9 | 15,1 |
| Tropf auf Bifang-Duplex+Fert. | | - | - | - | 13,7*) | 14,5 |
| Tropf auf Bifang-Dripnet+Fert. | | - | - | - | 13,3 | 14,3 |
| GD (t, 5 %) | | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| Ertrag an Alphasäuren | kg/ha | | | | | |
| ohne Bewässerung | | 386,6 | 374,8 | 361,9 | 356,5 | 324,4 |
| Tropf vom Gerüst | | 369,3 | 382,8 | 368,8 | 376,5 | - |
| Tropf auf Bifang-Duplex | | 421,8 | 421,1*) | 372,0 | 389,3 | 342,8 |
| Tropf auf Bifang-Duplex+Fert. | | - | - | - | 507,4*) | 349,4 |
| Tropf auf Bifang-Dripnet+Fert. | | - | - | - | 452,3*) | 340,7 |
| GD (t, 5 %) | | 45,8 | 37,8 | 38,2 | 50,6 | 47,9 |

*) statistisch gesichert bei $\alpha = 5\,\%$

Der Alphasäurengehalt der Sorte „*Hallertauer Magnu*m“ konnte durch das zusätzlich verabreichte Wasser bei allen Tropfbewässerungsvarianten nicht bzw. nur unwesentlich erhöht werden. Auf den Ertrag an Alphasäuren bezogen, der sich aus der Ertragsgröße an Trockenhopfen und dem Alphasäurengehalt errechnet, wurde durch den Zusatzwassereinsatz meist ein wesentlich besseres und anteilig signifikantes Resultat gegenüber unbewässert erzielt. Dabei zeichnen sich im Jahr 2008 die beiden fertigierten Prüfvarianten durch den höchsten Effekt aus.
Die Vermutung, mit der ständigen Benetzung der Blätter bei der Bewässerungsvariante vom Spanngerüst, Pilzkrankheiten zu begünstigen, wurde nicht bestätigt. Die Befeuchtung der Hopfenpflanzen war auch bei voller Bestandeshöhe auf den unteren Rebenbereich begrenzt. Ein höherer Befallsdruck durch das von oben tropfende Wasser auf den Echten Mehltau und andere Krankheiten konnte im Versuchszeitraum nicht festgestellt werden, da im gesamten Anbaugebiet Elbe-Saale kein oder nur geringer Mehltaubefall auftrat.

In den Pflanzenbeständen fand keine oder nur eine sehr geringe Windabtrift der vom Spanngerüst herunterfallenden Tropfen statt. Im Bereich des Bifangs befanden sich teilweise sichtbare Nassstellen, da das Wasser immer auf die gleichen Bodenstellen auftraf.
Die Untersuchungen belegen, dass der Einfluss der Fertigationsmaßnahmen mit dem Einsatz von Spezialdünger das Ertragsergebnis von Trockenhopfen in den zwei Versuchsjahren mit statistisch gesicherten Mehrerträgen wesentlich und auch 2008 den Alphasäurengehalt positiv beeinflusste. Beide Messgrößen spiegelten sich bei effektiverer Zusatzwasserausnutzung in dem Ertrag an Alphasäuren wider.

## Bewässerungsversuche in der GbR Kutzleben

*Untersuchungsbedingungen*
Analog zur Hopfenanlage Großenehrich wurden auch in Kutzleben 2002 Tropfschläuche in Gerüsthöhe verlegt. Zur Prüfung kam ebenfalls die Sorte „*Hallertauer Magnum*“. Als Vergleichsvarianten dienten die auf dem Bifang verlegten Tropfschläuche, welche jährlich im Frühjahr neu ausgelegt werden mussten, eine unterirdisch verlegte Tropfschlauchvariante mit je einem Schlauch im Bifang (nur 2009) sowie die unbewässerte Kontrolle. 2007 war die Bewässerung vom Spanngerüst aus nicht möglich.
Aus technologischen Gründen wurde der Versuch als Langparzelle angelegt. Die vier Wiederholungen jeder Prüfvariante befanden sich hintereinander auf einer Hopfenreihe. Zur Auswertung kamen je Prüfglied vier Parzellen mit jeweils zwei Aufleitungen von 25 Stöcken.
In Kutzleben wurde nach Auftreten von Starkniederschlägen die Tropfbewässerung im Vergleich zu Großenehrich öfter unterbrochen und dafür an niederschlagsfreien Tagen wesentlich länger mit unterschiedlichen Wassermengen von durchschnittlich 2,3 bis 3,1 mm pro Tag in den einzelnen Jahren getropft (Tab. 62).

**Tabelle 62:** Tropfbewässerung von Hopfen in der Anlage Kutzleben

| Jahr | Tropfbeginn | Tropfende | Tropfzeit (d) | Zusatzwassermenge (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 2005 | 24.06. | 27.08. | 43 | 115 |
| 2006 | 27.06. | 21.09. | 63 | 195 |
| 2007 | 19.06. | 30.08. | 18 | 43 |
| 2008 | 07.06. | 09.09. | 92 | 212 |
| 2009 | 29.06.<br>29.07.<br>17.08.<br>26.08. | 14.07.<br>11.08.<br>21.08.<br>03.09. | 45 | 100 |

*Untersuchungsergebnisse*
Im Vergleich zu Großenehrich wurden in der Hopfenanlage Kutzleben durch die Tropfbewässerungsmaßnahmen geringere positive Auswirkungen auf die Untersuchungsparameter ermittelt (Tab. 63). So konnten nur beim Trockenhopfenertrag gegenüber unbewässert 2005 in der Prüfvariante Tropf vom Spanngerüst und 2009 durch die unterirdisch verlegten Tropfschläuche statistisch gesicherte Unterschiede errechnet werden.
Der Alphasäurengehalt wurde ebenfalls durch den Zusatzwassereinsatz nicht oder nur geringfügig verbessert. Die höheren Hopfenerträge 2005 durch die Tropfbewässerungsmaßnahmen auf dem Spanngerüst und 2009 auf und im Bifang spiegeln sich in den größeren Alphasäurenerträgen wider.

**Tabelle 63:** Ergebnisse zur Tropfbewässerung in Kutzleben, Sorte „*Hallertauer Magnum*“ von 2005 bis 2009

| Ertragsparameter/Prüfvarianten | Maß-einheit | Untersuchungsjahre | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Ertrag an Trockenhopfen | | | | | | |
| ohne Bewässerung | dt/ha | 20,3 | 20,1 | 28,0 | 25,6 | 21,3 |
| Tropf vom Gerüst | | 22,5*) | 21,8 | - | 25,6 | - |
| Tropf auf Bifang | | 20,3 | 22,0 | 25,8 | 27,7 | 23,0 |
| Tropf Bifang - unterirdisch | | - | - | - | - | 26,5*) |
| GD (t, 5 %) | | 2,0 | 2,2 | 3,3 | 3,7 | 1,8 |
| Alphasäurengehalt | | | | | | |
| ohne Bewässerung | % | 16,5 | 13,4 | 12,9 | 13,0 | 13,1 |
| Tropf vom Gerüst | | 16,4 | 13,3 | - | 13,1 | - |
| Tropf auf Bifang | | 16,4 | 12,9 | 13,8 | 12,3 | 13,4 |
| Tropf Bifang - unterirdisch | | - | - | - | - | 13,7 |
| GD (t, 5 %) | | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 0,7 | 0,6 |
| Ertrag an Alphasäuren | | | | | | |
| ohne Bewässerung | kg/ha | 334,9 | 269,5 | 363,6 | 331,3 | 277,9 |
| Tropf vom Gerüst | | 367,9*) | 290,1 | - | 334,4 | - |
| Tropf auf Bifang | | 330,7 | 283,7 | 357,8 | 341,7 | 308,2*) |
| Tropf Bifang - unterirdisch | | - | - | - | - | 362,6*) |
| GD (t, 5 %) | | 29,1 | 35,8 | 64,6 | 35,5 | 26,6 |

*) statistisch gesichert bei $\alpha = 5\ \%$

Die Untersuchungsergebnisse zum Tropfbewässerungsverfahren im Hopfen zeigen, dass durch den Zusatzwassereinsatz die jährlichen Ertragsschwankungen verringert und damit die Ertragssicherheit erhöht werden kann.
Weitere Untersuchungen zum unterirdischen Tropfbewässerungsverfahren in Hopfenanlagen laufen auch in anderen Praxisbetrieben mit dem Ziel, aus betriebswirtschaftlichen Gründen das jährliche Verlegen und Entnehmen der Tropfschläuche (zwei Arbeitsgänge) einzusparen und höherwertige Tropfschläuche mit einer langjährigen Haltbarkeitsdauer einzusetzen. Geprüft werden sollten in diesem Zusammenhang die zwei Verlegemöglichkeiten direkt neben dem Bifang in jeder Hopfenreihe und jeweils zwischen zwei Hopfendämmen in Tiefen von 30 bis 35 cm. Bei dem in der Praxis üblichen 3 m Abstand zwischen den Hopfenreihen befinden sich die Tropfschläuche dann in einer Entfernung von jeweils 1,5 m beidseitig zu den Hopfendämmen. Bisher ist nicht geklärt, wie weit die Wurzeln des Hopfens wachsen und ob die Wasserquelle erreicht werden kann.

# 4 Untersuchungsergebnisse zur Keimbelastung von Ernteprodukten

Eine qualitäts- und umweltgerechte Frischmarktproduktion von Freiland- bzw. Gewächshauskulturen insbesondere von Gemüse, Obst, Heil- und Gewürzpflanzen sowie Sonderkulturen aber auch landwirtschaftlichen Fruchtarten erfordert sowohl den Einsatz als auch Nachweis von hygienisch und chemisch unbedenklichem Beregnungswasser. Die Anforderungen an die Bewässerungswasserqualität wurden in der DIN 19650 „Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser“ (1999) geregelt. Darüber hinaus gibt es weitreichende Empfehlungen der TLL (ALBRECHT und PFLEGER, 2004).

Im Rahmen der Produkthaftung ist der Erzeuger von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen verpflichtet, während des Produktionsprozesses keine gesundheitsschädigende Beeinflussung zu zulassen (Produkthaftungsgesetz, 1989). Bei der Produktion von frischem Gemüse und Obst sind unter dem Aspekt der Produkthaftung und Vorsorge für die Konsumenten durch den Betreiber von Bewässerungsanlagen die quantitativen und qualitativen Anforderungen von nachweislich hygienisch und chemisch unbedenklichem Bewässerungswasser zu erfüllen (GLOBALGAP bzw. QS-GAP-Standards). Dazu können Analysenergebnisse, die im Rahmen von Trink-, Bade- oder Oberflächenwasserüberwachung vorliegen, verwendet werden. Das Einhalten von Bewertungsmaßstäben aus der DIN 19650 (1999), den Empfehlungen der TLL (2004) sowie Verordnungen und Gesetzen gibt den Produzenten eine hohe Sicherheit im Rahmen des Verbraucherschutzes.

Die unterschiedliche Qualität der in den Thüringer Gartenbau- und Landwirtschaftsbetrieben für die Bewässerung verwendeten Gewässer war Anlass dafür, die bakteriologische und chemische Qualität dieser verschiedenen Wasserquellen zu prüfen. Äußere Merkmale, wie Farbe und Geruch des Wassers, geben zunächst noch keine Anhaltspunkte für die Eignung des Wassers. Klarheit in punkto Qualität bringt nur eine Wasseranalyse.

Zur Kontrolle und Überwachung der Wasserqualität in Thüringer Gewässern, die zur Beregnung von Gemüse, Obst, Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen, Hopfen und Kartoffeln verwendet werden, erfolgten in der TLL innerhalb des „Wassermonitoring“ seit 1994 Analysen nach bakteriologischen und chemischen Parametern (PFLEGER, ALBRECHT und NUSSBAUM, 2004). In diesem Zusammenhang wurden auch von 1997 bis 2005 Untersuchungen über die Wasser- und Ernteproduktqualität durchgeführt. Die Prüfungen bezogen sich zuerst auf beregnete Kulturen (Gemüse, Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen) unter Freilandbedingungen mit Wasser geeigneter Qualität. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch Modellexperimente in der Kastenanlage Jena von je 1 m² Oberfläche mit bakteriologisch hoch belastetem Wasser aus Fließgewässern und Keimbrühen mit sehr hohen Besatzdichten von Escherichia coli (E. coli) aus Beimpfungsversuchen bei Karenzzeiten von 2 bis 14 Tagen zwischen der letzten Wassergabe und der Ernte. Die Beregnungsmaßnahmen erfolgten in den Modellexperimenten in simulierter Form mit der Gießkanne. Zur Ernte wurden Proben von Frischgemüse sowie von Heil- und Gewürzpflanzen entnommen und im mikrobiologischen sowie chemischen Labor analysiert.

Die Kriterien der bakteriologischen Verunreinigung waren analog zu den Richt- und Warnwerten der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM, 2005) die coliformen Keime, Escherichia coli (E. coli), Fäkalstreptococcen und die Gesamt-

keimzahl als wichtige Markerorganismen für mangelhafte Hygiene sowie die Salmonellen als Krankheitserreger.
Für einen großen Teil von Lebensmitteln gibt es im Hinblick auf deren hygienisch-mikrobiologische Beschaffenheit in der Bundesrepublik Deutschland und in der Europäischen Union keine rechtsverbindlichen Anforderungen. Die von der Fachgruppe Lebensmittelmikrobiologie und -hygiene der DGHM (2005) veröffentlichten mikrobiologischen Richt- und Warnwerte können nur als Anhaltspunkte für allgemeine Hygieneanforderungen und zur Beurteilung der Unbedenklichkeit der Ernteprodukte herangezogen werden.

## 4.1 Keimbelastung von beregneten Kulturarten

Die Ermittlungen zum Keimbesatz von Ernteprodukten erfolgten an 15 verschiedenen Kulturen vom Feld, der Kastenanlage in Jena und aus Großmärkten. Für die beregneten Pflanzen wurde gemäß DIN 19650 (1999) und Empfehlungen der TLL (ALBRECHT und PFLEGER, 2004) Wasser aus Speichern, Kiesgruben und Teichen mit geeigneter Qualität der Eignungsklassen (EK) 2 und 3 eingesetzt. Die Keimbesatzdichten ausgewählter Kulturarten in Tabelle 64 spiegeln die allgemeine Verbreitung der Mikroben unter Freilandbedingungen bei Beachtung der erheblichen Schwankungen der Einzelwerte zu einem Analysezeitpunkt wider. Keimzahlen auf den Produkten in der Größenordnung von $10^6$ bis $10^7$ KBE/g (Kolonie Bildende Einheiten) bzw. Besatzdichten an Coliformen von $10^5$ bis $10^6$ KBE/g, E. coli von $10^2$ bis $10^3$ KBE/g und Fäkalstreptococcen von $10^3$ bis $10^4$ KBE/g waren keine Seltenheit.

**Tabelle 64:** Keimbesatzdichten auf ausgewählten Ernteprodukten unter Freilandbedingun gen (Mittelwerte aus den Jahren 1997 bis 2005)

| Kulturart | Keimbesatzdichten in KBE/g [1)] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Keimzahl (36 °C) | Coliforme Keime | E. coli | Fäkalstreptococcen |
| Kopfkohl | $10^4$ bis $10^6$ | $10^2$ bis $10^4$ | # NG | NG bis $10^3$ |
| Blumenkohl | $10^5$ bis $10^6$ | $10^2$ bis $10^5$ | NG bis $10^3$ | NG bis $10^2$ |
| Gurken | $10^6$ bis $10^7$ | $10^3$ bis $10^5$ | NG bis $10^2$ | NG bis $10^4$ |
| Kopfsalat | $10^5$ bis $10^6$ | $10^4$ bis $10^6$ | NG bis $10^2$ | NG bis $10^2$ |
| Spinat | $10^6$ bis $10^7$ | $10^4$ bis $10^6$ | NG bis $10^2$ | NG bis $10^2$ |
| Pfefferminze | $10^4$ bis $10^6$ | $10^3$ bis $10^4$ | # NG | NG bis $10^3$ |
| Schnittlauch | $10^6$ bis $10^7$ | $10^4$ bis $10^6$ | NG bis $10^2$ | NG bis $10^3$ |
| Petersilie, Dill | $10^5$ bis $10^6$ | $10^2$ bis $10^4$ | NG bis $10^2$ | NG bis $10^2$ |
| **Maximalwert** | ***$10^6$ bis $10^7$*** | ***$10^5$ bis $10^6$*** | ***$10^2$ bis $10^3$*** | ***$10^3$ bis $10^4$*** |

[1)] KBE: Kolonie Bildende Einheit
NG: Nachweisgrenze coliforme Keime, E. coli und Fäkalstreptococcen: $5 \times 10^1$ KBE/g

Ein Vergleich der Besatzdichten der Indikatorbakterien der geprüften Fruchtarten zu den Großmarktprodukten (Kohlarten und Küchenkräuter) ließ keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Salmonellen konnten auf allen untersuchten Kulturen in 2 x 25 g Frischmasse nicht nachgewiesen werden.
Gezielte Prüfungen von fruchtartenspezifischen Zusammenhängen zwischen der bakteriologischen Belastung von Beregnungswasser (bakteriologisch hoch belastetes Wasser aus

ausgewählten Fließgewässern fast ausschließlich der EK 4) und der Keimbelastung auf frischem Gemüse erfolgten in der Kastenanlage Jena. Für diese Fragestellung wurde das Wasser aus der fließenden Welle in der Nähe von Jena (Saale, Gleisbach und Steinbach) eingesetzt. Die Zusatzwassermengen betrugen nach Richtwerten von ALBRECHT et al. (2004) im Mittel der Jahre 100 mm zu Kopfkohl, 120 mm zu Blumenkohl, 160 mm zu Schnittlauch und Petersilie sowie zwischen 40 bis 60 mm zu Dill, Spinat und Kopfsalat.
Die mikrobiologischen Analysen zur Produktqualität von Kopf- und Blumenkohl sowie Petersilie zeigen bei der Beregnung aus Fließgewässern mit einer biologischen Wasserqualität von meist EK 4 keine wesentlich größeren Besatzdichten an Indikatorbakterien bei einer Karenzzeit von 2 und 14 Tagen vor dem Erntetermin gegenüber den unberegneten Pflanzen (Tab. 65).

**Tabelle 65:** Keimbesatzdichten auf ausgewählten beregneten Kulturen aus Fließgewässern mit Eignungsklasse 4 (EK)

| Kulturart | mikrobiologische Kenngröße (KBE/g) | unberegnete Prüfvariante | beregnet aus Fließgewässern | Karenzzeiten | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2 Tage | 14 Tage |
| Kopfkohl (1997 bis 1999) | Coliforme Keime<br>E. coli<br>Fäkalstreptococcen | $7{,}5 \times 10^3$<br>< NG<br>nachweisbar | Saale und Gleisbach | $4{,}5 \times 10^3$<br>< NG<br>nachweisbar | $5{,}7 \times 10^3$<br>< NG<br>nachweisbar |
| Blumenkohl (2004/2005) | Coliforme Keime<br>E. coli<br>Fäkalstreptococcen | $5{,}4 \times 10^5$<br>$2{,}0 \times 10^3$<br>$1{,}6 \times 10^2$ | Steinbach | $1{,}4 \times 10^5$<br>< NG<br>< NG | $2{,}3 \times 10^5$<br>$2{,}8 \times 10^2$<br>$8{,}8 \times 10^2$ |
| Petersilie (2001/2003) | Coliforme Keime<br>E. coli<br>Fäkalstreptococcen | $3{,}8 \times 10^3$<br>$7{,}5 \times 10^1$<br>$4{,}1 \times 10^2$ | Saale | $1{,}3 \times 10^2$<br>< NG<br>$4{,}5 \times 10^2$ | $1{,}5 \times 10^2$<br>$7{,}5 \times 10^1$<br>$0{,}7 \times 10^2$ |

EK: Eignungsklasse nach DIN 19650 (1999) und Empfehlungen der TLL (2004)
KBE: Kolonie Bildende Einheit
NG: Nachweisgrenze $5 \times 10^1$ KBE/g

## 4.2 Modellexperimente zum Einsatz von Keimbrühen mit Escherichia coli

Ergänzend zu den Untersuchungen mit Wasser aus bakteriologisch hoch belasteten Fließgewässern wurden seit 2003 ebenfalls in Modellexperimenten (Kastenanlage Jena) Keimbrühen mit außergewöhnlich hohen Besatzdichten zur Ermittlung der Nachweisdauer von E. coli auf beregnetem Gemüse bei unterschiedlichen Karenzzeiten geprüft. Diese stammen aus Beimpfungsversuchen des mikrobiologischen Labors der TLL. Die Keimzahlen von E. coli lagen in der Größenordnung von $10^9$ bis $10^{10}$ KBE/ml (Tab. 66).

**Tabelle 66:** Einsatz von Keimbrühen mit Escherichia coli bei differenzierten Karenzzeiten

| Fruchtart | Einsatz-zeitpunkt | Besatzdichten an Escherichia coli (KBE/ml) Applikationszeit vor dem Erntetermin | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 14 Tage | 7 Tage | 5 Tage | 2 Tage |
| Keimzahlen von Escherichia coli je ml Keimbrühe | | | | | |
| Herbstspinat und Kopfsalat | 10/2003 | $1{,}7 \times 10^{10}$ | $1{,}45 \times 10^{10}$ | | $1{,}0 \times 10^9$ |
| Herbstspinat und Kopfsalat | 9/2004 | $3{,}5 \times 10^9$ | $2{,}2 \times 10^9$ | $2{,}8 \times 10^9$ | $9{,}2 \times 10^8$ |
| Frühjahrsspinat | 6/2005 | $2{,}3 \times 10^9$ | $2{,}2 \times 10^9$ | | $2{,}2 \times 10^9$ |

Beim Einsatz einer Keimbrühenmenge von 50 ml je Modellgefäß wurden folglich in den Versuchen mit Spinat und Kopfsalat Besatzdichten an E. coli von $10^{10}$ bis $10^{11}$ KBE/ml x m² appliziert.
Die Modellexperimente mit Keimbrühen sehr großer Besatzdichten von E. coli und differenzierten Ausbringungszeiten in der Kastenanlage in Jena zeigen, dass die sehr hohen applizierten Besatzdichten von $\geq 10^9$ KBE auf den beregneten Kulturpflanzen unabhängig von den Applikationsterminen im gesamten Untersuchungszeitraum nicht nachgewiesen werden konnten (Tab. 67). Die Coliformen entsprachen dem natürlichen Keimbesatz von $10^4$ bis $10^6$ KBE/g bei entsprechender Streubreite der Einzelwerte an einem Analysezeitpunkt. Auffällig sind die fruchtartenspezifischen Erhöhungen der Keimzahlen an E. coli bei einer Karenzzeit von zwei Tagen vor der Ernte zwischen $10^4$ KBE/g bei Frühjahrsspinat, $10^5$ KBE/g bei Kopfsalat und $10^6$ KBE/g bei Herbstspinat. Sie reduzierten sich nach sieben Tagen durchschnittlich um zwei Zehnerpotenzen und erreichten nach 14 Tagen die natürlichen Besatzdichten von E. coli bzw. der unberegneten Fruchtarten im Freiland.

**Tabelle 67:** Keimbesatzdichten auf beregnetem Gemüse bei differenzierten Applikationszeiten vor dem Erntetermin mit Keimbrühen von Escherichia coli (KBE/g)

| Kulturart | mikrobiol. Kenngröße | unberegnete Prüfvariante | Karenzzeiten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 Tage | 5 Tage | 7 Tage | 14 Tage |
| Herbstspinat (2003/2004) | Coliforme<br>E. coli | $6{,}0 \times 10^4$<br># NG | $2{,}0 \times 10^6$<br>$1{,}1 \times 10^6$ | n. b.<br>n. b. | $4{,}7 \times 10^5$<br>$1{,}3 \times 10^4$ | $1{,}9 \times 10^5$<br># NG |
| Frühjahrs-spinat (2005) | Coliforme<br>E. coli | $5{,}6 \times 10^4$<br># NG | $4{,}9 \times 10^4$<br>$4{,}9 \times 10^4$ | n. b.<br>n. b. | $2{,}7 \times 10^4$<br># NG | $1{,}9 \times 10^5$<br># NG |
| Kopfsalat (2003/2004) | Coliforme<br>E. coli | $1{,}0 \times 10^6$<br># NG | $5{,}5 \times 10^5$<br>$6{,}1 \times 10^5$ | $4{,}8 \times 10^5$<br>$4{,}4 \times 10^5$ | $2{,}8 \times 10^5$<br>$2{,}0 \times 10^5$ | $1{,}4 \times 10^5$<br>$1{,}6 \times 10^2$ |

KBE: Kolonie Bildende Einheit
n. b.: nicht bestimmt
NG: Nachweisgrenze $5 \times 10^1$ KBE/g

## 4.3 Chemische Untersuchungsergebnisse

### Nitratgehalt

Die nachfolgenden Resultate beziehen sich ausschließlich auf die chemischen Inhaltsstoffe in den frischen Ernteprodukten beim Anbau unter Beregnungsbedingungen. Die Analysenergebnisse der Nitratuntersuchungen sind als jährliche Mittelwerte in Tabelle 68 zusammengestellt.

**Tabelle 68:** Nitratgehalte ausgewählter Kulturen in mg $NO_3$/kg Frischmasse im Zeitraum von 1997 bis 2005

| Kulturart | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | **Mittel-wert** | Max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kopfkohl | 701 | 675 | 1 308 | 1 001 | 948 | 799 | | | | ***905*** | 1 635 |
| Blumenkohl | 250 | 466 | 444 | 498 | 529 | 394 | | | | ***430*** | 987 |
| Gurken | | 188 | 353 | 225 | 193 | 170 | | | | ***226*** | 357 |
| Pfefferminze | | 1 594 | | 2 559 | 1 763 | 2 101 | | | | ***2004*** | 2 974 |
| Schnittlauch | | | | | 487 | 280 | | | | ***384*** | 870 |
| Petersilie | | | | | 1 705 | | 1 789 | | | ***1 747*** | 3 051 |
| Dill | | | | | | 677 | 1 515 | | | ***1 096*** | 2 836 |
| Spinat | | | | | | | | 1 757 | 650 | ***1 204*** | 2 482 |
| Kopfsalat | | | | | | | | 1 040 | 868 | ***954*** | 1 452 |

Höchstgehalt gemäß EG-Verordnung Nr. 466/2001, geändert am 8. Nov. 2005:
Frischer Spinat: 2 500 mg $NO_3$/kg im Sommer vom 1. April bis 30. Sept.
3 000 mg $NO_3$/kg im Winter vom 1. Okt. bis 31. März
Frischer Kopfsalat: 2 500 mg $NO_3$/kg im Sommer vom 1. April bis 30. Sept.
(Freiland) 4 000 mg $NO_3$/kg im Winter vom 1. Okt. bis 31. März

Unter Bezugnahme auf die EG-Verordnung Nr. 466/2001 lagen mit Ausnahme einzelner Nitratgehalte von Pfefferminze, Petersilie und Dill alle anderen Messwerte unterhalb 2500 mg $NO_3$/kg Frischsubstanz (FS). Gemüsearten wie Gurke und Blumenkohl wiesen über mehrere Jahre niedrige Gehalte auf und bestätigen die bekannte geringe Nitrataufnahme dieser Arten (ZORN, 2001). Auch im Schnittlauch, Kopfkohl und Kopfsalat wurden durchschnittliche Gehalte < 1 000 mg $NO_3$/kg FS nachgewiesen. Die Stickstoffzufuhr über Bewässerungswasser variierte aufgrund differenzierter Nitratgehalte der unterschiedlichen Gewässer sehr stark von 0,8 bis 195,0 mg $NO_3$/l und entsprach bei 100 mm Zusatzwasser Stickstoffeinträgen in den Boden von < 1 bis 44 kg N/ha. Diese fanden bei der empfehlungskonformen N-Düngung nach der Stickstoff-Bedarfsanalyse (SBA) der TLL Berücksichtigung. Anhand der Nitratermittlungen aus Stichproben ließ sich kein Zusammenhang zwischen N-Gehalt im Beregnungswasser und dem der Pflanzen erkennen.

## Schwermetallgehalt

Im Untersuchungszeitraum von 1997 bis 2005 wurden insgesamt 455 Pflanzenproben (Gemüse sowie Heil- und Gewürzpflanzen) auf die Gehalte an toxikologisch relevanten Schwermetallen Cadmium, Blei und Quecksilber untersucht.
Für die Parameter Blei und Cadmium liegen nach der EG-Verordnung Nr. 466/2001 Höchstwerte für Blattgemüse und anteilig für Kohl- und Stängelgemüse sowie frische Kräuter vor. Für Quecksilber sind die im Bundesgesundheitsblatt (1997) formulierten Richtwerte als Anhaltspunkt zu sehen.
Bezugnehmend auf den Höchstwert für Blei von 0,3 mg/kg FS für Kohl- und Blattgemüse wird dieser bei allen geprüften Kulturen mit Ausnahme von einzelnen Werten in der Petersilie wesentlich unterschritten (Abb. 37). Die geringsten Bleigehalte kamen in Kopf- und Blumenkohl sowie in der Gurke vor.

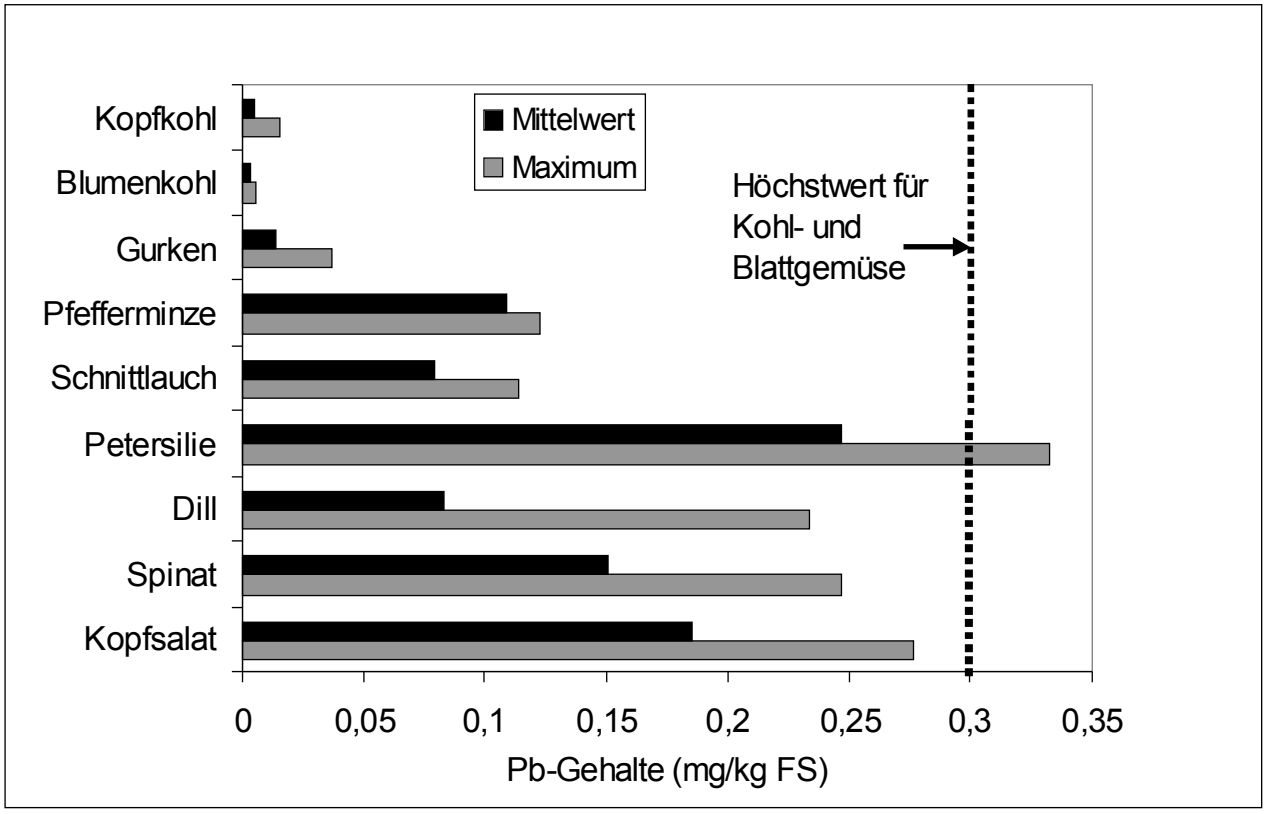



**Abbildung 37:** Bleigehalte ausgewählter Fruchtarten (1997 bis 2005)

Anhand der Analysenergebnisse von Cadmium (Abb. 38) wurden die fruchtartenspezifischen Höchstwerte weder für Blattgemüse und frische Kräuter mit 0,2 mg/kg FS noch für Stängel- und Wurzelgemüse mit 0,1 mg/kg FS von den untersuchten Kulturarten in der Größenordnung erreicht. Die Gehalte waren alle im Mittel < 0,06 mg/kg FS und die Maximalwerte < 0,1 mg/kg FS und lagen häufig unter der Nachweisgrenze.
Quecksilber war nur in wenigen Proben überhaupt auffindbar (Abb. 39). Die Gehalte der untersuchten Fruchtarten lagen meist unterhalb der Nachweisgrenze und die Maximalwerte (außer einzelne Werte von Petersilie) sogar unter 10 % des Richtwertes für Blatt-, Spross- und Wurzelgemüse.
Insgesamt ist ein niedriges Niveau der Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in den untersuchten Gemüsearten sowie Heil- und Gewürzpflanzen festzustellen. Gleiche Ergebnisse fanden auch PLESCHER (1995) und ZORN (2001). Die bewässerten Kulturen sind nicht mit Schwermetallen belastet. Die insgesamt niedrigen Befunde bestätigen die Unbedenklichkeit der Schwermetallgehalte in den gärtnerischen Produkten.

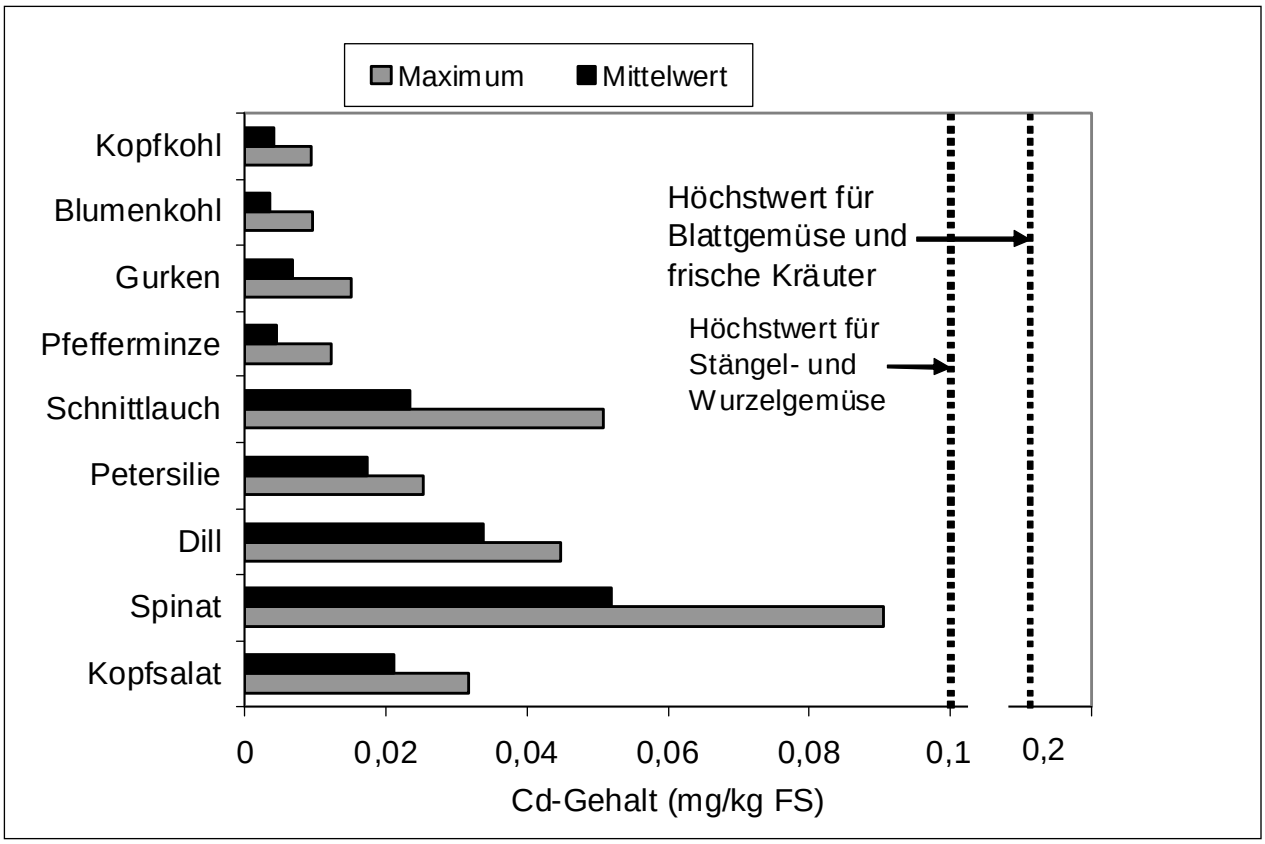



**Abbildung 38:** Cadmiumgehalte ausgewählter Fruchtarten (1997 bis 2005)

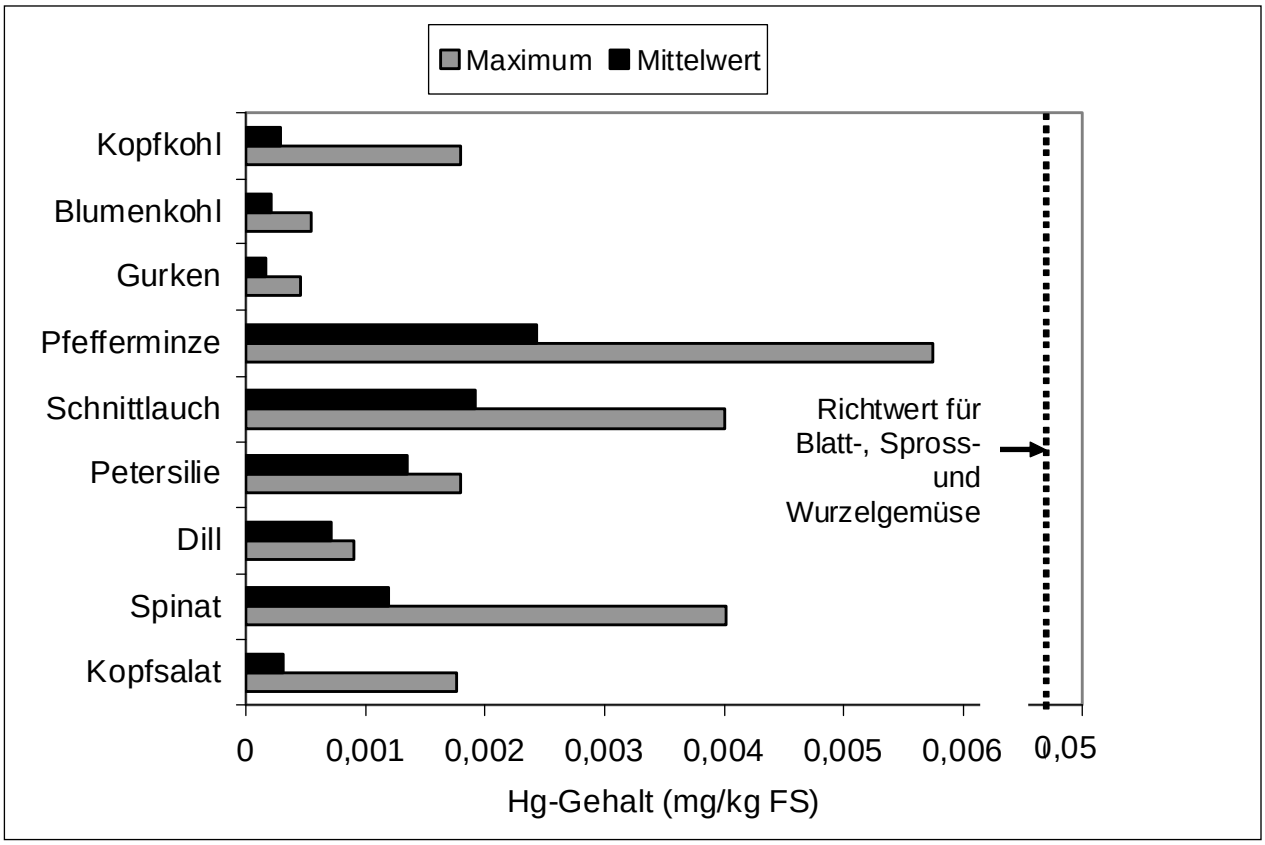



**Abbildung 39:** Quecksilbergehalte ausgewählter Fruchtarten (1997 bis 2005)

# 5 Zusammenfassung und Ausblick

Wasser als Naturressource ist Nahrungsmittel, Wirtschaftsgut und Produktionsfaktor zugleich sowie für die Pflanzen sowohl im Gartenbau als auch in der Landwirtschaft einer der wichtigsten Wachstumsfaktoren. Die derzeitig sich abzeichnende und prognostizierte Klimaveränderung weist für die niederschlagsarmen Gebiete Thüringens geringere Sommerniederschläge und höhere Temperaturen aus, die zu einer Zunahme des Wasserdefizits führen und damit die Notwendigkeit des Zusatzwassereinsatzes forcieren. Nach diesen Gesichtspunkten erhalten pflanzenbedarfsgerechte Bewässerungsmaßnahmen zur Stabilisierung der Erträge auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau und Sicherung einer markt- und umweltgerechten Produktion von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen eine größere Bedeutung für die Anbaubetriebe.
Die Grundvoraussetzung für die Bewässerung stellt die Möglichkeit der Wasserbereitstellung aus Oberflächengewässern (Stauanlagen, Fließgewässer) und dem Grundwasser dar. Das Land Thüringen verfügt günstigerweise, im Vergleich zu den anderen Bundesländern, über zahlreiche in den zurückliegenden Jahren errichtete Stauanlagen in Form von Speichern und Talsperren sowie Kiesgruben und Teiche meist mit Mehrfachnutzungen (Brauchwasser für Industrie, Bewässerung, Fischerei, Hochwasser- und Naturschutz). Die hygienisch-mikrobiologischen und chemischen Parameter dieser stehenden Gewässer weisen meist eine geeignete Qualität zur Bewässerung besonders zur Frischvermarktung von Gemüse und Obst sowie anderen gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen aus (DIN 19650, 1999 und Empfehlungen der TLL, ALBRECHT und PFLEGER, 2004). Die Entnahme von Wasser zur Bewässerung bedarf der wasserrechtlichen Erlaubnis, deren Erteilung von der Unteren Wasserbehörde erfolgt. Nach dem Fachinformationssystem (FIS) Wasserbau der TLUG und dem Wassermonitoring der TLL stehen potenziell aus den vorhandenen Thüringer Stauanlagen etwa 27 Mio. m³ Wasser für Bewässerungszwecke zur Verfügung (PFLEGER, 2010). Ohne die derzeitig „herrenlosen Speicher“, deren weitere Nutzungsmöglichkeiten umgehend einer Klärung bedürfen, wäre die Wassermenge bei einem durchschnittlichen jährlichen Zusatzwassereinsatz von 100 mm für eine zu bewässernde Anbaufläche von etwa 24 000 ha ausreichend. Unter Berücksichtigung der klimatischen Veränderungen könnten im Jahresmittel mit 150 mm noch 13 500 ha und im Extremfall mit 200 mm noch 12 000 ha bewässert werden. Die derzeitige Bewässerungsfläche von 2 100 ha ließe sich folglich bei 100 mm pro Jahr um das Elf- bzw. bei 200 mm das Sechsfache erhöhen.
Die vorliegende Broschüre umfasst die Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen sowie Sonderkulturen in Thüringen im Zeitraum von 2004 bis 2009 unter Einbeziehung langjähriger Versuchsreihen. Für die geprüften Kulturen lassen sich die Resultate wie folgt zusammenfassen:
Die Bewässerungsversuche mit **Blumenkohl** zeigen, dass hohe Qualitätsanteile der Köpfe und damit Vermarktungsraten in den Trockengebieten Thüringens nur durch den pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwassereinsatz erzielt werden können. Die Verfahrensvergleiche zwischen der herkömmlichen Beregnung und Tropfbewässerung führten beim Einsatz von Tropfschläuchen zu keinen besseren Ertragsergebnissen und betriebswirtschaftlichen Vorteilen.

Analog zum Blumenkohl bestätigen die Untersuchungen zur Bewässerung von **Kopfkohl** die vordergründige Beeinflussung der vermarktungsfähigen Kopfqualität und weisen

durch die gleichmäßige Kopfbildung mit der auf das Zielgewicht ausgerichteten Größe auf arbeitswirtschaftliche Vorteile hin (Einsparung des letzten Erntetermins).

**Rosenkohl** benötigt für die Ertragsbildung und vermarktungsfähige Sortierung einen großen Wasserbedarf, der vor allem aus der langen Entwicklungszeit resultiert. Analog zum Blumenkohl wurde durch die von 25 auf 15 mm reduzierten Beregnungsgaben bei gleicher Wassermenge das Ertragsergebnis nicht beeinflusst. Die Untersuchungen zur Tropfbewässerung als wassersparendes Verfahren erweisen sich als effektiv und sollten fortgeführt werden.

Die langjährigen Bewässerungsversuche auf dem Versuchsfeld Straußfurt von **Zwiebeln** mit zwölf Jahren und **Buschbohnen** mit neun Jahren verdeutlichen, dass durch die Bewässerungsmaßnahmen die Ertragsmenge wesentlich erhöht, deren Schwankungsbreite zwischen den Jahren verringert sowie die Marktwareanteile positiv beeinflusst werden. Die kombinierten Sorten- und Beregnungsversuche zeigen eine große Ertragsvariabilität und das unterschiedliche Wasserausnutzungsvermögen der zahlreichen geprüften Zwiebel- und Bohnensorten in den einzelnen Jahren und über den gesamten Untersuchungszeitraum. Daraus ableitend, sollten die Anbaueignung von Neuzüchtungen standortspezifisch mit und ohne Zusatzwasser kontinuierlich geprüft werden. Durch eine gezielte Sortenwahl kann die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung wesentlich gesteigert, das Ertragspotenzial der Kulturen intensiver ausgeschöpft und letztlich das betriebswirtschaftliche Ergebnis weitgehend verbessert werden.

Die Bewässerungsuntersuchungen mit **Spinat** führten auch bei einem geringen pflanzenbedarfsgerechten Zusatzwasserbedarf beim Herbstanbau zu einer größeren Beregnungswirkung auf den Frischmasseertrag gegenüber dem Frühjahrsspinat.

Die Versuche zur Bewässerung von **Kartoffeln** auf dem Versuchsfeld Straußfurt und in der Praxis lassen, unabhängig vom Ausbringungsverfahren, den positiven Zusatzwassereinfluss sowohl auf die Ertragsgröße als auch das Fraktionierungsergebnis erkennen. Der vermarktungsfähige Anteil in der Fraktion von 35 bis 65 mm, aber auch an Übergrößen > 65 mm wurde wesentlich erhöht. Der Einfluss der Beregnung bei den geprüften Sorten spiegelt sich ebenfalls im höheren Ertragsniveau und den geringeren Ertragsschwankungen wider. Die 15-jährigen Untersuchungsergebnisse von Kartoffeln führten bei einem mittleren jährlichen Zusatzwassereinsatz von 130 mm zu einem durchschnittlicher Mehrertrag von 40 %. Sie verdeutlichen auch, dass Ertragseinbrüche verringert, aber nicht ausgeschlossen werden können. Das Demonstrationsvorhaben im Praxisbetrieb zur Tropfbewässerung im Dammkronenverfahren liefert nach einjähriger Anwendung Aussagen gegenüber der herkömmlichen Kartoffelberegnung und weist die wasser- und energiesparende Ausbringung über die Tropfschläuche als zukunftsorientiertes Verfahren aus.

In den Untersuchungen mit **Zuckerrüben,** meist kombiniert mit der Beregnung, konnte bei einer mittleren jährlichen Zusatzwassermenge von 110 mm das durchschnittliche Ertragsniveau um 30 % verbessert werden. Die Effektivität der Zusatzwasserausnutzung mit 138 kg Mehrertrag je mm Zusatzwasser und Hektar lag in der gleichen Größenordnung wie bei Kartoffeln. Der sortenspezifische Einfluss auf die Ertragsunterschiede ohne und mit Bewässerung von 2004 bis 2006 war im Vergleich zu anderen Kulturen bedeutend geringer.

Die vierjährigen Beregnungsversuche von **Körner- und Biomassemais** bestätigen das geringe Reaktionsvermögen von C4-Pflanzen beim Wasserhaushalt. Der empfehlungs-

konforme Zusatzwassereinsatz erhöhte das Ertragsergebnis geringfügig. Dagegen erscheinen nur einzelne Wassergaben bei größerem Wasserdefizit, optisch erkennbar am Einrollen der Blätter, effektiver. Die größere Bestandesdichte mit 12 Pflanzen je m² wies gegenüber der standorttypischen Prüfvariante mit 8 Körnern je m² bei der Aussaat keinen Bewässerungseffekt von Körnermais auf. Die Reaktion der geprüften Sorten auf die Beregnungsmaßnahmen war in den einzelnen Jahren unterschiedlich.

Der pflanzenbedarfsgerechte Einsatz von Zusatzwasser in der Kastenanlage Jena führte beim **Schnittlauch** zu wesentlichen Ertragssteigerungen in der Größenordnung von 20 % und bei **Petersilie und Dill** durchschnittlich bis zu 50 %. Die Höhe des Zusatzwassereinsatzes sowie die Anzahl der Wassergaben werden wesentlich bei Schnittlauch und Petersilie von der Schnitthäufigkeit beeinflusst.

Die Untersuchungen zur Tropfbewässerung von **Hopfen** in Thüringer Praxisbetrieben zeigen in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen der Jahre 2005 bis 2009 den positiven Effekt der unterschiedlichen Zusatzwassermengen auf den Ertrag von Trockenhopfen mit einem Mehrertrag insbesondere durch die Fertigationsmaßnahmen bis zu 32 %. Der Alphasäuregehalt wurde dagegen nicht oder nur geringfügig verbessert. Auf den Ertrag an Alphasäuren bezogen erhöhte sich dieser wesentlich gegenüber der unbewässerten Kontrollvariante. Durch die an den Beregnungsempfehlungen der TLL orientierten Zusatzwassermengen konnten die jährlichen Ertragsschwankungen wesentlich verringert und damit die Ertragssicherheit erhöht werden.

Die Untersuchungen zur **Qualität von Ernteprodukten** nach Beregnung mit bakteriologisch hoch belastetem Wasser aus Fließgewässern veranschaulichen, dass unter Beachtung der erheblichen Schwankungen der Einzelwerte keine wesentlich größeren Besatzdichten an Indikatorbakterien bei Karenzzeiten von 2 bis 14 Tagen nachweisbar sind. Aus den mikrobiologischen Analysenergebnissen kann insbesondere nach dem Einsatz von Keimbrühen mit sehr hohen Besatzdichten an E. coli abgeleitet werden, dass die Vorgaben der DIN 19650 (1999) mit der Einschränkung von einer 14-tägigen Karenzzeit im Sinne eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes des Verbrauchers ausreichend erscheinen.

Unter den derzeitigen Markt- und Preisbedingungen ist die Bewässerung in Thüringen auf das Feldgemüse, Arznei- und Gewürzpflanzen, Sonderkulturen (Hopfen) sowie auf einen kleinen Teil der Kartoffelanbaufläche begrenzt. Die einzelnen gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen sind bewässerungswürdig, wenn die Mehrerlöse mindestens die Kosten decken oder wo ohne Bewässerung keine marktfähige Produktqualität erzielt werden kann, z. B. beim Blumenkohlanbau. Der prognostizierte Klimawandel kann den Stellenwert der Bewässerung als Produktionsfaktor wesentlich verändern. Die Nutzung von Bewässerungsanlagen in der Praxis wird vor allem durch die Vermeidung von Trockenschäden und qualitätsbedingte Erlöseinbußen sowie die daraus entstehenden Kosten und Erträge bestimmt. Die Wirtschaftlichkeit der Bewässerung hängt nachhaltig von den schwankenden Erträgen und damit den Erzeugerpreisen in Deutschland und Europa ab. Die Bewässerungsmaßnahmen erfordern ein überdurchschnittliches Ertragsniveau. Zusätzlich wirken sich noch die Qualitätsparameter über den Marktwareanteil aus. Die wirtschaftliche Vorzüglichkeit bewässerter Fruchtarten kann sich folglich erhöhen, wenn mit stärkeren trockenheitsbedingten Ertragsausfällen gerechnet werden muss, da diese in der Regel steigende Erzeugerpreise bewirken.

# 6 Literaturverzeichnis


ALBRECHT, M.; PFLEGER, I. (2004): Empfehlungen für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Fruchtarten in Thüringen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 19 S.

ALBRECHT, M.; PFLEGER, I.; GÜNTHER, R. et al. (2004): Bewässerungsverfahren und Bewässerungswirkungen im Gemüsebau. Arbeitsbericht. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, 112 S.

BUNDESGESUNDHEITSBLATT (1997): Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 40 (5)

DEGNER, J. (2007): Betriebswirtschaftliche Kalkulation zur Tropfbewässerung - Pilotprojekt Herbsleben, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 6 S.

DGHM - Richt- und Warnwerte (2005): Veröffentlichte mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln. Eine Empfehlung der Fachgruppe Lebensmittelmikrobiologie und -hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie. Universität Bonn, 21 S.

DIN 19650 (1999): Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Normenausschuss Wasserwesen im Deutschen Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 4 S.

GESETZ über die Haftung für fehlerhafte Produkte (1989): Produkthaftungsgesetz. Bundesgesetzblatt I, Bonn, S. 2198-2200

GLOBALGAP (2007): Allgemeines Regelwerk Kontrollierte landwirtschaftliche Unternehmensführung. Version 3.0-2_Sep07

KNOBLAUCH, S. (2003): Bodenwasserausschöpfungsvermögen verschiedener Gemüsearten auf einem tiefgründigen Braunerde-Tschernosem. In: BAL-Bericht über die 10. Lysimetertagung am 29./30.04.2003, S. 199-202

KNOBLAUCH, S. (2009): Determination of threshold value of soil water content for field and vegetable plants with lysimeter measurements. In: Geophysical Research Abstracts, vol. 11, EGU2009-13389-2, poster presentation

Leitfaden QS-GAP (2009): Frisches Obst, Gemüse und Kartoffeln - Produktion. QS Fachgesellschaft Obst-Gemüse-Kartoffeln GmbH, Bonn, 63 S.

MICHEL, H.; GULLICH, P.; MARRE, G. (2010): BERWA - Programm zur Berechnung des Zusatzwasserbedarfs für Beregnungsanlagen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 5 S.

MICHEL, H.; PRÜFER, U. (2009): Witterungsbericht 2009. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 58 S.

MÜLLER-WESTERMEIER, G.; WALTE, A.; DITTMANN, E. (2005): Klimaatlas Bundesrepublik Deutschland, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

PASCHOLD, P. - J. (2008): Geisenheimer Bewässerungssteuerung. Forschungsanstalt Geisenheim - Fachgebiet Gemüsebau, 6 S.

PFLEGER, I.; ALBRECHT, M.; NUßBAUM, G. (2004): Monitoring für Beregnungswasserqualität in Thüringen. Arbeitsbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 80 S.

PFLEGER, I.; NUßBAUM, G. (2009): Analyse der Thüringer Bewässerungsbetriebe. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 6 S.

PFLEGER, I.; RÖßLER, U.; ALBRECHT; M. et al. (2006): Thüringer Untersuchungsergebnisse zur Bewässerung. Fachverband „Beregnungsring Thüringen“ e. V., Jena, Hainich Druck GmbH Bad Tennstedt, 35 S.

PLESCHER, A. (1995): Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Thüringen. Jahresbericht, Pharmaplant Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH, Artern, 135 S.

RÖßLER, U.; PFLEGER, I. (2009): Versuchsbericht Beregnung Versuchsfeld Straußfurt für die Jahre 2007 und 2008. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 13 S.

ROTH, D.; ALBRECHT, M.; GÜNTHER, R. et al. (2000): Richtwerte zum Zusatzwasserbedarf und Beregnungseinsatz im Feldgemüsebau Thüringens. Abschlussbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 75 S.

ROTH, D.; GÜNTHER, R; KNOBLAUCH, S.; MICHEL, H. (2005): Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen - Ergebnisse der TLL-Lysimeterstation. Schriftenreihe Heft 1/2005, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 159 S.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): Schlaghecken, Ziegler, DLR Rheinpfalz „Freilandgemüseanbau in Deutschland“

VERORDNUNG EG Nr. 466/2001: Verordnung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, geändert 2005

WENDLING, U.; SCHELLIN, H. G. (1986): Neue Ergebnisse zur Berechnung der potenziellen Evapotranspiration. Zeitschrift für Meteorologie (1986) 36, S. 214-217

ZORN, W.; HESSE, A. (2001): Resultate siebenjähriger Rückstandsuntersuchungen bei Obst und Gemüse. Fachberichte aus dem Untersuchungswesen, Schriftenreihe H. 6/2001, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 72-76

# 7 Fachwissen für Praktiker - Buchtipps zur Bewässerung

KTBL-Datensammlung
Feldbewässerung
Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Kalkulationen
Projektleitung: Dr. Albrecht Achilles und Till Belau/KTBL
1. Auflage 2009
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)/Darmstadt, 100 S.
ISBN 978-3-941583-32-0

KTBL-Datensammlung
Gartenbau
Produktionsverfahren planen und kalkulieren
Projektleitung: Till Belau/KTBL
1. Auflage 2009
Kuratorium für Technik u. Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)/Darmstadt, 600 S.
ISBN 978-3-939371-79-3

Faustzahlen für die Landwirtschaft
Schriftleitung: Helmut Döhler/KTBL
Projektkoordination: Susanne Döhler/KTBL
14. Auflage 2009
Kuratorium für Technik u. Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)/Darmstadt, 1 180 S.
ISBN 978-3-939371-91-5

Peter-J. Paschold
Bewässerung im Gartenbau
Gesamtredaktion Prof. Dr. Peter-Jürgen Paschold mit Beiträgen von Heinrich Beltz, Prof. Dr. Ulrich Brückner, Dr. Erika Krüger-Steden, Dr. Ingrid Pfleger, Prof. Dr. Rolf Röber und Dr. Heinz Sourell
Januar 2010 Eugen Ulmer KG, 168 S.
ISBN 978-3-8001-4774-8

Heinz Sourell
Feldberegnung IV
Gesamtredaktion Dr. Heinz Sourell mit Beiträgen von Ekkehard Fricke, Godehard Hennies, Dr. Frank Höppner, Franz-Josef Löpmeier, Dr. Eiko Lübbe, Prof. Dr. Peter-Jürgen Paschold, Dr. Ingrid Pfleger und Hans-Heinrich Thörmann
Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)
September 2010, S. 499-608

# Fachverband „Beregnungsring Thüringen“ e. V., Erfurt

Herr Peter Baumbach
Bergrat-Voigt-Straße 1, 99087 Erfurt
Tel.: 0361 75006-34, Fax: 0361 75006-59
peter.baumbach@kammlott.de

## Aufgaben und Ziele

Der Fachverband „Beregnungsring Thüringen“ e. V. verfolgt gemeinnützige Zwecke in eigenverantwortlicher Erarbeitung und Mitwirkung zur Förderung und Unterstützung der Bewässerung von Thüringer Betrieben.
Zu den Schwerpunktaufgaben des Fachverbandes gehören die:

- fachliche Unterstützung und Beratung Thüringer Betriebe zur Weiternutzung und Erhaltung der Bewässerungsanlagen als integrierter Bestandteil von Anbauverfahren zur Existenzsicherung in den Thüringer Trockengebieten.
- fachliche Beratung und Organisation des Erfahrungsaustausches zur
  - Nutzung vorhandener Bewässerungsanlagen,
  - Modernisierung vorhandener Beregnungsanlagen und
  - Neuanlage von Bewässerungstechnik.
- Einflussnahme auf wasserwirtschaftliche und -rechtliche Fragen sowie Zusammenarbeit mit den Wasserbehörden vor allem bezüglich Wasserbereitstellung und -qualität.
- Unterstützung und Förderung der Zusammenarbeit mit Dienststellen und Fachbehörden, von Ministerien (z. B. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz), Ämtern, wissenschaftlichen Einrichtungen und den Herstellern von Bewässerungstechnik.
- Durchführung von Fachtagungen, Fachexkursionen u. a. der Weiterbildung dienende Veranstaltungen.

**Mitgliederstatistik** (Stand: Oktober 2010)
**Vorstand:**

| | |
|---|---|
| Vorsitzender: | Peter Baumbach |
| Stellvertreter: | Karl-Walter Hecht |
| Weitere Vorstandsmitglieder: | Mario Fiedler, Hendrik Germanus, Hans-Jürgen Junghannß, Martin Krumbein, Dr. Uwe Rößler und Dieter Rothe |

**Mitgliedschaft**

| | |
|---|---|
| 18 | Landwirtschaftsbetriebe (vorwiegend mit Gemüse und Sonderkulturen) |
| 12 | Gartenbaubetriebe (Gemüse, Obst und Sonstiges) |
| 8 | Hersteller bzw. Vertreiber von Bewässerungstechnik |
| 2 | wissenschaftliche Einrichtungen |
| 1 | Beregnungsverband aus Sachsen |
| 14 | Einzelpersonen |
| 55 | Mitglieder insgesamt |