Bewässerung landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturen – Stand der Technik und Wirtschaftlichkeit

Vorläufiger Entwurf !

Dr. Markus Demmel

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Bewässerung von Arznei- und Gewürzpflanzen
Bürgerhaus Schwebheim/Unterfranken
01. Dezember 2009

Gliederung

1. **Gründe für Beregnung und Bewässerung**
2. **Grundlagen Wasserhaushalt und Wasserversorgung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen**
3. **Technik der Beregnung und Bewässerung**
4. **Wirtschaftlichkeit**
5. **Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**
6. **Weiterführende Literatur / Veröffentlichungen**

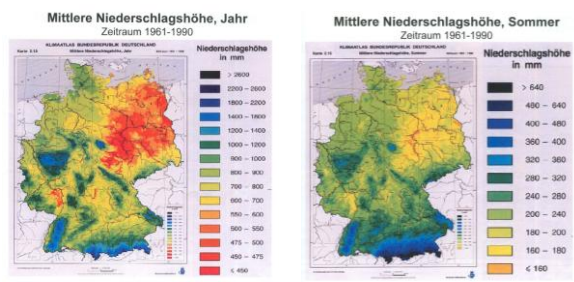
1. Gründe für Beregung und Bewässerung

1. **In ariden Regionen**
   → Grundlage für landwirtschaftliche Produktion

2. **In humiden Regionen**
   → Maßnahme zur Ertragssicherung
   → Maßnahme zur Qualitätssicherung

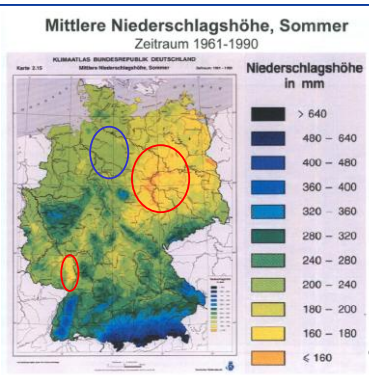
   bei unzureichender oder / und ungünstig verteilter Wasserversorgung

Verteilung der Niederschläge in Deutschland



Quelle: DWD

Verteilung der Niederschläge in Deutschland



Quelle: DWD

Beregnungsflächen in Deutschland 2001

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

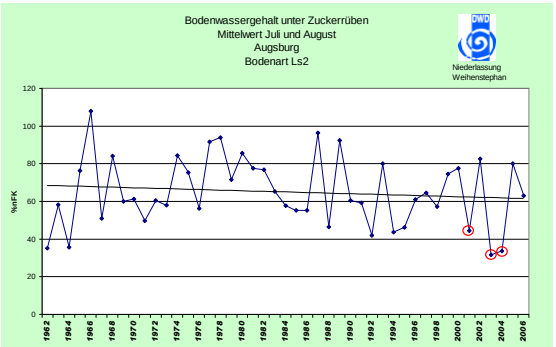
Beregnungsflächen in Deutschland 2001 *

Bundesland	Landwirtschaftliche Nutzfläche ha 1)	Beregnungsfläche ha	Beregnungsfläche % der LF
Bayern	3.381.400	35.000	1,04
Baden-Württemberg	1.460.300	20.000	1,37
Berlin (West)	1.500	200	13,33
Brandenburg	1.298.400	25.000	1,93
Hessen	786.300	45.000	5,72
Mecklenburg-Vorpommern	1.313.200	15.000	1,14
Niedersachsen	2.714.100	235.000	8,66
Nordrhein-Westfalen	1.565.000	35.000	2,24
Rheinland-Pfalz	714.300	25.800	3,61
Saarland	73.500	170	0,23
Sachsen	898.100	15.000	1,67
Sachsen-Anhalt	1.134.500	20.000	1,76
Schleswig-Holstein	1.055.700	5.450	0,52
Thüringen	788.500	15.000	1,90
Deutschland insgesamt	**17.184.800**	**491.620**	**2,86**

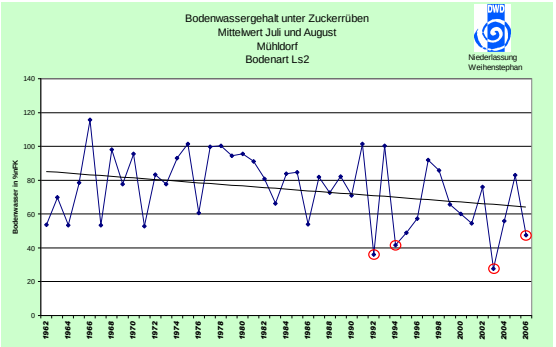
*) Analyse des Bundesfachverbandes Feldberegnung 1995; aktualisiert 2001
1) nach BML / Ref.421 (nur Betriebe über 1ha)

Wasser Berlin 06.04.2006 Landwirtschaftliche Bewässerung – Ein Beitrag zur Ertragssicherung FB Pflanzenbau, Ekkehard Fricke 04/06

Trend Bodenwassergehalte Juli und August



Trend Bodenwassergehalte Juli und August



Bewässerung weltweit

- Weltweit werden etwa 15 % der nutzbaren Ackerflächen (277 Mio. ha) bewässert (Acker- und Gartenbau).

  UNESCO 1999

- Diese bewässerten Flächen bringen etwa 50 % des Wertes aller Ackerkulturen hervor (Acker- und Gartenbau).

  UNESCO 1999

- Landwirtschaftliche Bewässerung (Acker- und Gartenbau) ist verantwortlich für 86 % des Wasserverbrauches weltweit.

  UNESCO 2000

- Es wird erwartet, das die weltweite Landwirtschaft bis 2025 den Wasserverbrauch um 20 % steigern wird.

  Shuiklomanov 1999

- Die drei Länder mit den größten bewässerten Flächen (Acker- und Gartenbau) sind:

Indien	75,2 Mio. ha
China	54,9 Mio. ha
USA	22,5 Mio. ha

ICID Survey 2005

Blick über die Grenzen - USA

Irrigation is critical to U.S. agriculture. While just 16 percent of all harvested cropland is irrigated, this acreage generates nearly half the value of all crops sold. Agriculture accounts for over 80 percent of water consumed in the U.S. Because of its large share of total consumption, agriculture is central to the challenge of balancing water demands among alternative uses, including increasing water demand for urban, industrial, and environmental uses.

USDA-ERS Glenn Schaible 2004

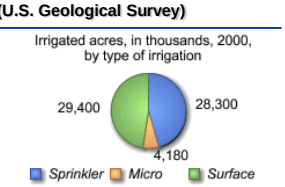
USA 2004: 16% der Ackerfläche ist bewässert – bringt 50% Produktionswert aller Ackerkulturen hervor (besonders Baumwolle, Mais, Luzerne, Obst und Gemüse)

Irrigation systems are split evenly between gravity-based (such as flooding furrows or entire fields) and more efficient pressure systems (such as center-pivot sprinklers).

USDA-ERS Glenn Schaible 2004

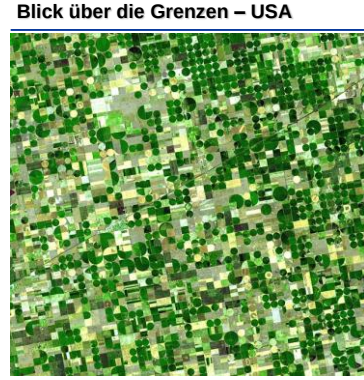
Blick über die Grenzen – USA (U.S. Geological Survey)

Flood irrigation, Fremont County, Wyoming
Credit: Jeff Vanuga, USDA NRCS



University of Arizona. Credit: John C. Palumbo

Blick über die Grenzen – USA



Flächen mit Kreisberegnung im Bundesstaat Kansas, USA, Satellitenbild NASA

Quelle: http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=17006

Blick über die Grenzen – USA

Daily Canyon, Colorado River, UT

San Joaquin Valley, CA

Quelle: Demmel

2. Grundlagen Wasserhaushalt und Wasserversorgung

Boden
nutzbare Feldkapazität
kapillare Nachlieferung

Klima
Nieder-schlag
Verteilung
Verdunstung

Pflanze
Wasserbedarf und kritische Phasen

Beregnungsbedürftigkeit

Quelle: SOURELL 2005

Grundlagen Wasserhaushalt und Wasserversorgung

Nutzbare Feldkapazität und Auswirkung auf die Pflanzenentwicklung

nFK in %	Pflanzenentwicklung
< 30	Die Pflanze steht unter Wasserstress, mit Ertragseinbußen ist zu rechnen
30 - 50	Noch ausreichend Wasserversorgung der Pflanzen
50 - 80	Optimales Wasserangebot
80 - 100	Beginn der Überversorgung, Gefahr von Sauerstoffmangel
> 100	Überversorgung und Sauerstoffmangel

Quelle: LÜTTGER, DITTMANN und SORELL 2006

→ **Beginn der Bewässerung / Beregnung bei < 50 % nFK**

Grundlagen Wasserhaushalt und Wasserversorgung

Nutzbare Feldkapazität in Abhängigkeit von Bodenart und Durchwurzelungstiefe sowie Standardwerte für die Bewässerungsmenge bei einer Zielfeuchte von 80 % nFK

Boden	nFK (mm) Vol. (%) pro 10 cm	nFK (mm) bei 40 cm Bodentiefe	nFK (mm) bei 60 cm Bodentiefe	Bewässerungsmenge (mm) pro 10 cm Bodentiefe
Sand (S)	8	32	48	2,6
anlehmiger Sand (S)	13	52	78	4,3
lehmiger Sand (lS)	16	64	96	5,3
stark lehmiger Sand (slS)	17	68	102	5,6
sandiger Lehm (sL)	19	76	114	6,3
Lehm (L)	17	68	102	5,6

Quelle: LÜTTGER, DITTMANN und SORELL 2006

Wasserbedarf von Pflanzen

Wasserbedarf der Pflanze = Verdunstungswerte x kc-Wert Pflanze

Verdunstungswert vom Wetterdienst, normierter „Penman-Wert“, entspricht der Verdunstung eines gut mit Wasser versorgten Grasbestandes

kc-Wert nach Paschold (1992) an Pflanzenarten angepasste Korrekturwerte

Kulturart	Stadium 1	Stadium 2	Stadium 3	Stadium 4
Kartoffeln früh	nach Legen 0,5	ab Blatt- u. Stängel-ausbildung 0,8	Längenwachstum 1,0	Bestandesschluss 1,2
Kartoffeln spät	nach Legen 0,4	Triebe > 10 cm 0,6	Längenwachstum 0,9	Bestandesschluss 1,1
Körnermais	ab Auflaufen 0,4	ab 7-Blatt 0,7 - 1,1	Rispensch.-Ende Blüte 1,2	Kornausb.-Teigreife 0,8 -1,0
Sommer-getreide	ab Auflaufen 0,3	Bestandesschluss 0,4 – 0,6	Schossen – Milchreife 1,0	
Wintergetreide	ab Auflaufen 0,2	Bestandesschluss 0,4 – 0,6	Schossen – Milchreife 1,0	
Zuckerrüben	ab Auflaufen 0,3	ab 5-Blatt 0,4	Bestandesschluss 1,0	Rübe > 12 cm 0,5 - 0,8
Feldgras	ab 10 cm Höhe 0,5			

Quelle: LÜTTGER, DITTMANN und SORELL 2006

Wasserbilanz - Bewässerungssteuerung

Tägliche Wasserbilanz = Verdunstung x kc-Wert - Niederschlag

Berechnungsbeginn bei wassergesättigtem Boden (zeitiges Frühjahr)

Für die Beregnung sind Standardgaben von 25 mm üblich. Start der Beregnung wenn das Saldo der täglichen Wasserbilanzen – 25 mm erreicht hat.

Der DWD bietet auf Basis dieser Rechenmethode den kostenpflichtigen Service „Beregnungsempfehlungen“ (67,71 €/Saison) für 30 unterschiedliche Kulturen an (16 Kulturen oder Schläge je Nutzer), die die Witterungsentwicklung einschließen.

http://www.agrowetter.de/produkte/beregnung/index.htm

Darüber hinaus bieten (fast) alle Hersteller von Beregnungsanlagen automatische Steuerungen mit elektronischen Witterungs- und Bodenfeuchtesensoren an.

Wasserbilanz - Bewässerungssteuerung

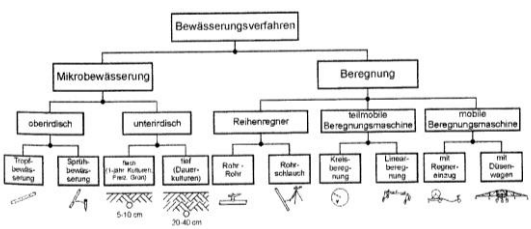
→ **Gezielte Bewässerungssteuerung ist in Zukunft unumgänglich, um die Ressource Wasser optimal und effizient (wasser- und energiesparend) einsetzen zu können.**

3. Technik der Beregnung und Bewässerung

Aufbau einer Bewässerungs- oder Beregnungsanlage:

- **Wasserquelle:** **Bach, Fluss, See, Speicherteich (oberirdisch)**
  Brunnen / Grundwasser (unterirdisch)
  → Wasserrecht
  (öffentliches Versorgungsnetz)
- **Wasserförderung:** **Pumpen (Verbrennungsmotor, E-Motor)**
- **Wasserverteilung:** **Bewässerungsverfahren**
- **Wasserbemessung:** **Steuerung und Sensoren**

Bewässerungsverfahren (landw. Kulturen)



Quelle: KTBL

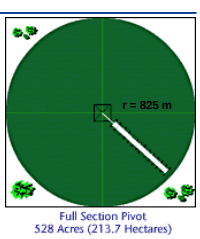
Reihenregner (Rohr/Rohr) – „Perrot System“

Quelle: USDA ARS

Reihenregner Rohr-Schlauch

Bisher kein Bild gefunden

Kreisberegnung (Center Pivot Irrigation)



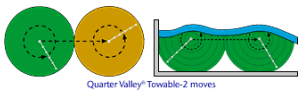
Längen (Radien) bis über 800 m

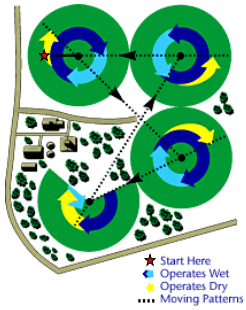
Quelle: VALLEY

Kreisberegnung (Center Pivot Irrigation)

Quelle: VALLEY

Kreisberegnung (Center Pivot Irrigation, towable = versetzbar)





Quelle: VALLEY

Linearberegnung (Linear Irrigation)

Technik aus den 70er Jahren für niedrige Kulturen (Luzerne, Kleegras)

Quelle: Demmel

Linearberegnung (Linear Irrigation)

Aktuelle Technik, Länge 800 + 400 m

Quelle: VALLEY

Linearberegnung (Linear Irrigation - „Mini Pivot“)

ein Bogen + zwei Ausleger, Beregnungsbreite 108 m

Quelle: BAUER

Stationäre Beregnungsmaschinen (SOURELL 2005)

Verfahren	Anlagen-größe	Fläche ha	Kapitalbedarf €	Kapitalbedarf €/ha	Fest-kosten €/ha	Energie €/ha	Arbeit u. Schlepper €/ha	Gesamt-kosten €/ha
Kreis-beregnungs-maschine	*Radius* 526 m*	*87*	*73.950*	*850*	*117*	*40*	*8*	*165*
	Radius 425 m	57	61.959	1.087	157	40	8	205
	Radius 208 m	13,6	25.498	1.875	269	40	8	317
Mini Pivot	108 m	3,7	14.616	3.950	572	40	8	620
Linear	Baulänge 400 m	60	79.250	1.320	189	40	15	244

** Thörmann und Sourell 2007*

Einzugsregner - Großregner

Quelle: BEINLICH

Quelle: BAUER

Einzugsregner - Düsenwagen

Quelle: BEINLICH

Einzugsregner (SOURELL 2005)

Gerätegröße (Rohrdurchmesser mm x Rohrlänge m)	Kapitalbedarf €/ha *(KTBL €)*	Festkosten €/ha	Variable Kosten €/ha
50 x 160	680	95	63
63 x 200	660	91	57
75 x 350	670	92	49
82 x 400	780 *(14.000)*	108	52
90 x 400	610 *(16.000)*	84	45
100 x 400	580 *(18.000)*	79	43
110 x 500	620	85	41
120 x 600	820	113	40
125 x 700	980	135	45
140 x 500	690	96	35

Verfahrensvergleich mobile und stationäre Beregnungsanlagen

Mobile Beregnungsanlage (Einzugsregner)	Stationäre Beregnungsanlage (Kreis- und Linear-)
Vorteile	
Kleine und mittlere Betriebsgrößen	Niedrige Verfahrenskosten
Anpassung an Feldform	Niedriger Arbeitszeitbedarf
Anpassung an Kultur	Günstige Wasserverteilung
Begrenzter Kapitalbedarf	Geringerer Energiebedarf
große Flexibilität	Mehrfachnutzung (Düngung) möglich
Nachteile	
Höhere Verfahrenskosten	Nur für große Flächen wirtschaftlich einsetzbar
Höherer Arbeitszeitbedarf	Zumeist flächengebunden (Umsetzen möglich)
Schlechtere Wasserverteilung (Großregner)	Einheitliche Kulturen
Höherer Energiebedarf	Rechteckige Flächenberegnung mit Mehraufwand
Keine Mehrfachnutzung (Düngung)	Hoher Kapitalaufwand bei Anschaffung

Quelle: LÜTTGER, DITTMANN und SOURELL 2005

Tropfbewässerung oberirdisch

Quelle: NETAFIM

Tropfbewässerung oberirdisch – Kartoffeln Niederbayern

Sprühbewässerung

Quelle: NETAFIM

Unterflurbewässerung - flach

Quelle: NETAFIM Frankreich

Unterflurbewässerung - tief

Quelle: USDA ARS

Verfahrensvergleich Tropfbewässerung und Beregnungsanlagen

Vorteile der Tropfbewässerung:

1. Verbesserte Wasser- und Nährstoffapplikation mit gleichmäßigerer Verteilung
2. Geringerer Wasserverbrauch um bis zu 30%
3. Geringerer Energieverbrauch um bis zu 80 %
4. Keine Benetzung / Befeuchtung der Pflanzen, Verringerung von Pflanzenkrankheiten und Unkrautdruck
5. Unabhängig von Windverhältnissen
6. Geringere Interzeptionsverluste (Verlust von Wasser auf Pflanzenoberflächen)
7. Verringerung von Arbeitsgängen durch Fertigation (Düngung+Bewässerung)
8. Umweltschonendes Anbauverfahren

Nachteile der Tropfbewässerung:

1. Höhere Anlagenkosten
2. Höhere Anforderungen an einzelne Wasserqualitätsparameter insbesondere hinsichtlich Kalk und Eisen

Quelle: NUSSBAUM und PFLEGER 2007

Technik der Bewässerung

→ **Der Einsatz wassersparender, energieeffizienter und arbeitswirtschaftlich günstiger Bewässerungs-technik ist in Zukunft unumgänglich, um die Ressource Wasser optimal nutzen zu können.**

4. Wirtschaftlichkeit der Beregnung - Beregnungswürdigkeit

Leistungen
Ertrag
Qualität
Liquiditäts-verbesserung

Kosten
Maschinen
Arbeit
Wasser
Energie

Beregnungswürdigkeit
wirtschaftlicher Erfolg

Quelle: SOURELL 2005

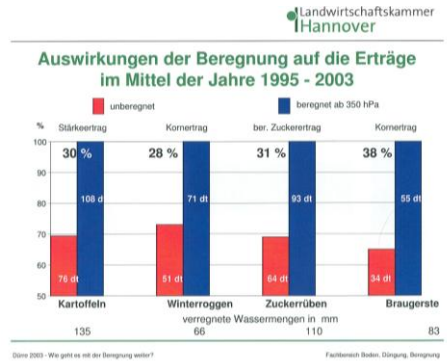
Kostenbeispiele für Bewässerungsverfahren

Kostenbeispiele für Bewässerungsverfahren (MASTEL und SOURELL 2004)

Kostenart	Tropfbe-wässerung	Rohr-beregnung	Mobile Beregnungsmaschine		Stationäre Beregnungsmaschine	
			mit Kanone	mit Düsen-wagen	Kreis-regner	Linear-regner
Beregenbare Fläche je Aufstellung ha	5	25	25	25	55	60
Investitionssumme €	40.000 **12.500*	86.000	60.000	75.000	60.000	80.000
Fixe Kosten: Brunnen, Pumpen, Leitungen, Motor, €/ha	1.300	300	135	170	155	190
Variable Kosten: Energie, Arbeit, Reparatur, Wasser €/mm	2,5	2,4	2,2	2,2	1,3	1,5
Kosten bei 120 mm/Jahr €/ha	1.600	588	399	434	273	325

**Systemkosten Tropfbewässerung ca. 2.500 €/ha (NETAFIM und T-TAPE 2007)*

Ertragswirkungen von Beregnung



Wirtschaftlichkeit – beregnungskostenfreie Leistung

Auswirkungen der Beregnung auf das Betriebsergebnis im Mittel der Jahre 1995-2004 in Niedersachsen (nach FRICKE 2006)

		Kartoffeln	Winter-roggen	Zucker-rüben	Brau-gerste
Ertrag					
beregnet ab 350 hPa (50 % nFK)	dt/ha	545	72	576	55
unberegnet	dt/ha	408	52	426	35
Ertragsdifferenz	dt/ha	137	20	150	20
Erlöse[1]					
beregnet ab 350 hPa (50 % nFK)	€/ha	3.999	576	3.362	633
unberegnet	€/ha	2.707	416	2.212	315
Zus. Kosten (Quote, Transport, Düngung)		276	47	380	26
Erlösdifferenz	€/ha	1.016	113	770	292
Zusatzwassermenge	mm/ha	130	65	108	80
* 2,70 €/mm = Gesamtkosten	€/ha	351	178	292	216
Beregnungskostenfreie Zusatzleistung	€/ha	+665	-65	+478	+76

[1] unterstellte Preise: 0,34 €/kg Stärke, 8 €/dt Roggen, Zuckerrüben beregnet 18,2 % Zucker 5,84 €/dt, Zuckerrüben unberegnet 16,6 % Zucker 5,19 €/dt. 11,50 €/dt Braugerste.

Wirtschaftlichkeit – beregnungskostenfreie Leistung

Auswirkungen der Beregnung auf das Betriebsergebnis im Mittel der Jahre 1995-2004 in Niedersachsen (nach FRICKE 2006) verändert 10'2007

		Kartoffeln	Winter-roggen	Zucker-rüben	Brau-gerste
Ertrag					
beregnet ab 350 hPa (50 % nFK)	dt/ha	545	72	576	55
unberegnet	dt/ha	408	52	426	35
Ertragsdifferenz	dt/ha	137	20	150	20
Erlöse[1]					
beregnet ab 350 hPa (50 % nFK)	€/ha	3.999	1.728	3.362	1.760
unberegnet	€/ha	2.707	1.248	2.212	1.120
Zus. Kosten (Quote, Transport, Düngung)		276	47	380	26
Erlösdifferenz	€/ha	1.016	480	770	640
Zusatzwassermenge	mm/ha	130	65	108	80
* 2,70 €/mm = Gesamtkosten	€/ha	351	178	292	216
Beregnungskostenfreie Zusatzleistung	€/ha	+665	+302	+478	+424

[1] unterstellte Preise: 0,34 €/kg Stärke, 24 €/dt Roggen, Zuckerrüben beregnet 18,2 % Zucker 5,84 €/dt, Zuckerrüben unberegnet 16,6 % Zucker 5,19 €/dt, 32 €/dt Braugerste.

Wirtschaftlichkeit – beregnungskostenfreie Leistung

Auswirkungen der Beregnung auf Energiemais (nach SCHITTENHELM und TOEWS 2007, DLG Mitteilungen 10/2007)

		2005			2006		
		Flavi	PR36K67	Mikado	Flavi	PR36K67	Mikado
TM-Gehalt (Sortenmittel)	%	33,4	29,8	24,3	33,7	32,3	28,0
Maispreis TM frei Feld	€/t	62	59	51	62	61	56
Optimale Beregnung	mm	128	127	69	185	185	168
Leistung ohne Beregnung	€/ha	1.024	934	1.109	574	509	725
Beregnungskostenfreie Leistung bei optimaler Beregnung *	€/ha	1.108	995	981	1.030	957	902
Zusatzleistung	€/ha	+84	+61	-128	+456	+448	+177

*** Inklusive Fixkosten (Investition für 100 ha, Brunnen, Pumpe, Leitungen, 3 Maschinen 187.000 €)**

Bewässerungstechnik und –regime: Tropfbewässerung mit 30 cm Tropferabstand jede 2. Maisreihe, Online Beregnungsberatung „Agrowetter" + stationäre Bodenfeuchtesensoren, Ziel nFK > 50%, Standort Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig , durchschnittlich 620 mm Jahresniederschlag.

Ausgewählte Kenndaten (nach SOURELL 2003)

Kenndaten der wichtigsten Bewässerungsverfahren (5 Gaben a 30 mm)

Verfahren	*Oberflächen-bewässerung*	Mikro-bewässerung	Reihenregner	Stationäre Beregnungs-maschinen	Mobile Beregnungs-maschinen
Wassereffizienz	*0,2 - 0,4*	0,9	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8	0,6
Energiebedarf kWh/(ha*a)	*0*	160	810	609	1000
Druck Verteilorgan bar	*0*	<1,5	3 - 4	1 – 4	4 - 5
Flächenleistung ha/10d	Stationär, abhängig von Anlagengröße		16 - 35	Stationär, abh. Anlagengröße	14 - 55
Arbeitszeit h/(ha*Gabe)	*3,0 – 8,0*	5,0 (0,2)	2,0 (0,3)	0,1	0,4
Kapitalbedarf €/ha	*1000*	2750	250	650 - 1150	500 - 1000
Verfahrenskosten [1] €/ha	*125*	700	425	316	335

[1] Überbetriebliche Wasserbereitstellung, 40 ha Beregnungsfläche

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

1. Auf einigen Standorten Deutschlands ist die Bewässerung auf Grund der vorherrschenden Klima- und Bodenverhältnisse für erfolgreiche Landbewirtschaftung bisher zwingend erforderlich.
2. Durch Bewässerung können Erträge langfristig auf einem höheren Niveau abgesichert und die Qualitäten deutlich gesteigert werden.
3. Ein positiver Saldo zwischen zusätzlichem Aufwand und erhöhtem monitären Ertrag (Menge und Qualität) ist Voraussetzung für jede Bewässerungsmaßnahme
4. Neben der positiven Auswirkungen auf Erträge und Qualitäten kommt die Bewässerung durch höhere Nährstoffentzüge und geringere Restnitratgehalte dem Grundwasserschutz zugute.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

1. Auf Grund der Klimaveränderung und des Anbaus von Kulturen mit einem höheren Anspruch an die Wasserversorgung (Menge und Verteilung) wird Bewässerung auch in Bayern an Bedeutung gewinnen.
2. Genaue Erkenntnisse über die Effekte unterschiedlicher Bewässerungsverfahren auf günstigen Standorten unter den sich verändernden Klimaverhältnissen liegen nicht vor.
3. Zukunftsweisende, energie- und wassersparende Bewässerungsmethoden sind auf ihre Anwendbarkeit bei den in Bayern in Frage kommenden Kulturen und den vorliegenden Bedingungen zu untersuchen.
4. Für zukunftsweisende, energie- und wassersparende Bewässerungsmethoden sind pflanzbauliche, arbeits- und betriebswirtschaftliche Kennzahlen auch auf günstigen Standorten zu ermitteln.

6. Weiterführende Literatur / Veröffentlichungen

- KTBL Faustzahlen für die Landwirtschaft
- DLG Arbeitsgruppe Feldberegnung
  http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/fachgremien/feldberegnung/index.html
- Fachtagungen der DLG Arbeitsgruppe Feldberegnung
  http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/fachgremien/feldberegnung/fachtagung.html
- Bundesanstalt für Landwirtschaft FAL, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung
  http://www.fal.de/nn_792532/DE/institute/BB/Home/betriebstechnikundbauforschung__node.html__nnn=true
- „Leitfaden zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen“ LVFL Brandenburg
  http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2331/bereg_lf.pdf
- „Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit der Zusatzbewässerung“ Türinger Landesanstalt für Landwirtschaft
  http://www.tll.de/ainfo/pdf/wh2o0602.pdf
- „Beregung und Bewässerung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen“ Ministerium Ländlicher Raum Baden Württemberg
  http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de