Sojatag, 13.01.2016, Dasing

Bewässerung von Sojabohnen

Dr. Andreas Butz
Landwirtschaftliches Technologie Zentrum Augustenberg
Außenstelle Rheinstetten – Forchheim
Kutschenweg 20 76287 Rheinstetten
Tel. 0721/9518 -211 Fax. -202
Email: andreas.butz@ltz.bwl.de

Bewässerung von Sojabohnen

- Bewässerung im Ackerbau (Kurzeinführung)
- Bewässerung von Soja
  - Versuchsergebnisse Sojabewässerung in Rheinstetten (BW)
  - Wirtschaftlichkeit der Sojabewässerung

Bewässerung im Ackerbau

Wie bewässern? Bewässerungs**technik**

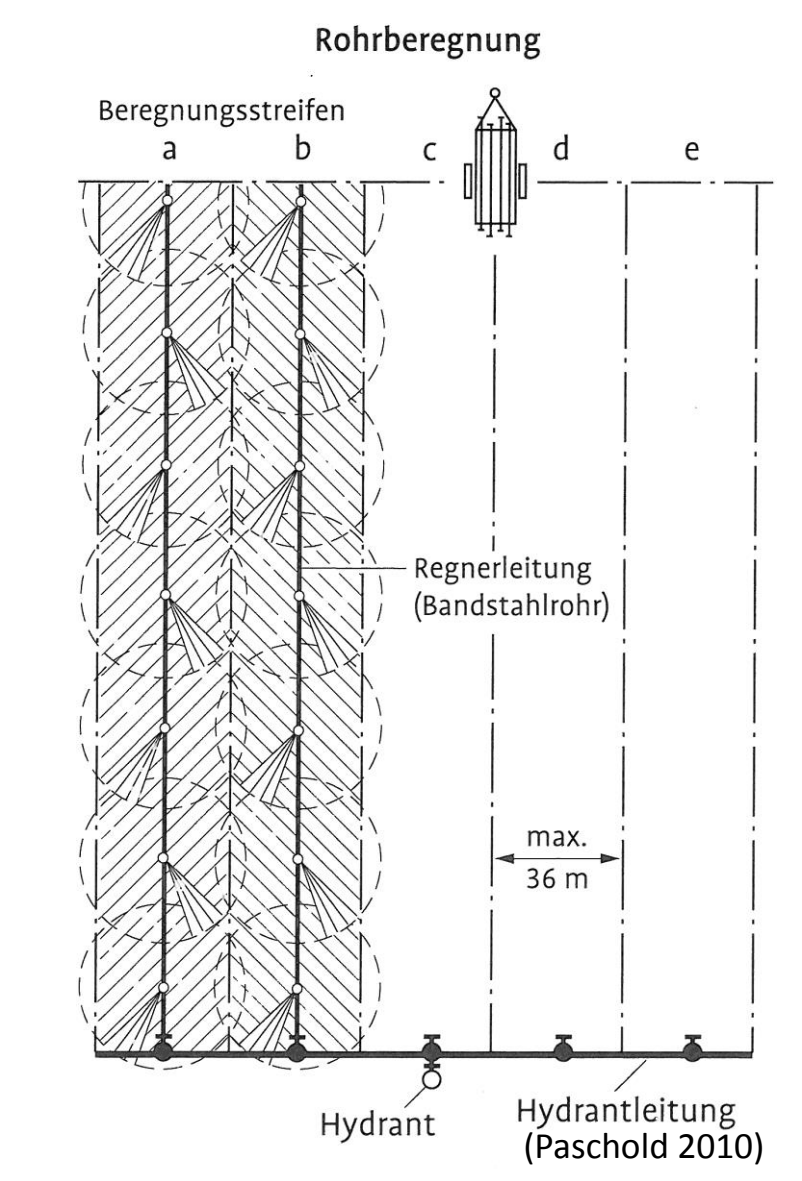
Wann bewässern?

Bewässerungs**steuerung**

Wie viel bewässern?

Was (zuerst) bewässern? Bewässerungs**würdigkeit**

Rohrberegnungsanlage



(Paschold 2010)

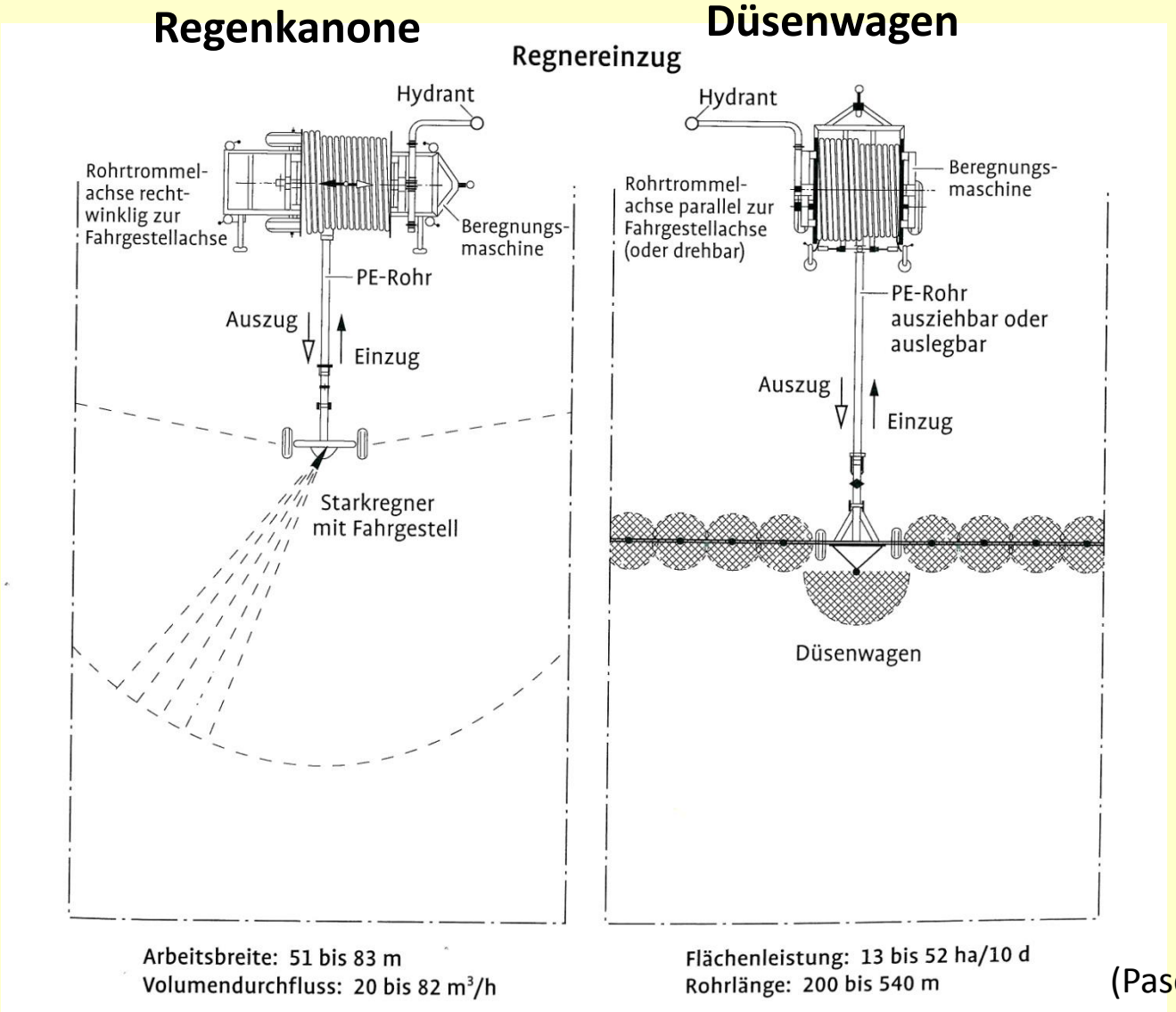
Vorteile:

- Wassergaben > 5 mm sind möglich.
- 3 -10 mm/h Beregnungsintensität
  - Geringere Ansprüche an Brunnenschüttung
  - Weniger Oberflächenabfluss und Verschlämmung
- Für kleine Flächen geeignet
- Teilflächen/Grenzbewässerung mit Sektorenregner möglich

Nachteile:

- Hoher Investitionskosteneinsatz
- Hoher Arbeitszeitbedarf beim Aufbau
- Schlechte Wasserverteilung bei Wind

Mobile Beregnung



(Paschold 2010)

Regenkanone	Düsenwagen

Vorteile

Regenkanone	Düsenwagen
- hohe Einsatzflexibilität	- Einsatzflexibilität
- Kapital u. Arbeitszeitbedarf vertretbar	- etwas höheren Kapitalbedarf, - verbesserte Verteilgenauigkeit und geringerer Energiebedarf als Kanonen

Nachteile

- Hohe Beregnungsintensität 15-25 mm/h mit Risiko auf Oberflächenabflüsse und Verschlämmung
- Leistungsfähiger Brunnen notwendig
- Hoher Druckbedarf (Energiebedarf)

- Rand- und Grenzberegnung nicht oder eingeschränkt möglich
- Beeinträchtigte Wasserverteilung bei Wind

Wann, wie viel bewässern bzw. beregnen?

Ziele der Bewässerungssteuerung:

- Bewässerung soll dem Pflanzenbedarf gerecht werden
  (Ertragssicherung hinsichtlich Quantität und Qualität; Kostenminimierung)

- muss so bemessen und durchgeführt werden, dass kein Sickerwasser aus dem Hauptwurzelraum (i.d.R. = 0,6 m Bodentiefe) austritt (Verhinderung des Austrages von Nährstoffen ins Grundwasser) und Verdunstung minimiert wird

Was muss ich wissen?

- ***Boden***
  - *Wasserhaltevermögen insb. an pflanzenverfügbarem Wasser*
  - *aktuelle Bodenfeuchte im durchwurzelbaren Bodenraum*
- ***Kulturart und Entwicklungsstadium,***
- ***Witterung***
- *Technik*
- *Wirtschaftlichkeit*

Kennwerte für die Wasserhaltekraft eines Bodens

Feldkapazität (FK) pF 1,8…2.5 [Vol.-% = l/m^2 oder 1 mm in 10 cm Bodentiefe]

Maximale Speicherkapazität des Bodens für Wasser

Totwasser oder Welkepunkt (TW oder WP) > pF 4,2 [Vol.-% = l/m^2 oder 1 mm in 10 cm Bodentiefe] :

Nicht pfl.-verfügbares Bodenwasser (Kennzeichen Dauerwelke)

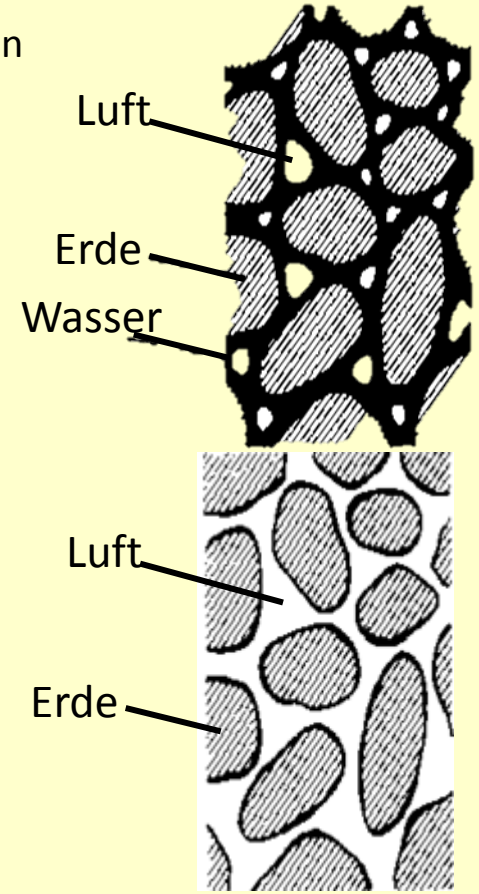
Nutzbare Feldkapazität (nFK)

(Vol.-% = l/m^2 oder 1 mm in 10 cm Bodentiefe):

Maximale Speicherkapazität des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser

= Differenz zwischen Feldkapazität und Totwasseranteil

(nFK = FK – TW).



(Brower et. Al. 1985 verändert)

Richtwerte [1)] für die nutzbare Feldkapazität (nFK), den Totwasseranteil (TW) und die Feldkapazität (FK) in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse

Bodenverhältnisse nach Reichsbodenschätzung	nFK [2)]		TW [2)]		FK [2)]	
	Vol.-% [3)]	mm [4)] (60 cm Bodentiefe)	Vol.-% [3)0]	mm [4)] (60 cm Bodentiefe)	Vol.-% [3)]	mm [4)] (60 cm Bodentiefe)
Sand (S)	8	48	2,5	15	10,5	63
anlehmiger Sand (Sl)	13	78	6	36	19	114
lehmiger Sand (lS) [5)]	16	96	10	60	26	156
stark lehm. Sand (SL) [5)]	17	102	15	90	32	192
sandiger Lehm (sL) [5)]	19	114	17	102	36	216
Lehm (L) [5)]	17	102	23	138	40	240
Schwerer Lehm (LT)	15	90	26	156	41	246
Ton (T)	14	84	34	204	48	288
Schluff (U)	24	144	11	66	35	210

[1)] : Für Böden mit weniger als 4 % Humus und grundwasserunbeeinflusste Standorte

[2)] : nFK = nutzbare Feldkapazität, TW = Totwasseranteil, FK = Feldkapazität. Es gilt nFK = FK - TW

[3)] : Vol.-% = Volumenprozent Bodenwasser = mm je 10 cm Bodenschicht = l/m^2 je 10 cm Bodenschicht

[4)] : mm Bodenwasser in 60 cm Bodentiefe = 6 x Volumenprozente

[5)] : Für die Böden lS Lö (Löss), SL Lö, sL Lö und L Lö sind Mittelwerte mit den Werten für Schluff (letzte Tabellenzeile) zu bilden

Quelle: Mastel K., 2002: „Beregnung und Bewässerung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen“, Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung, Nr. 24

Wie viel bewässern?

Den Boden bis maximal 80% der nFK im Wurzelraum auffüllen

Erforderliche Bewässerungsmengen bei Überkopfberegnung (Zielfeuchte 80 % nFK) bei verschiedenen Ausgangsfeuchten und Bodentiefen

Bodenverhältnisse nach Reichsbodenschätzung	Bewässerungsmenge mm [2]			
Ausgangsfeuchte (% nFK)	50		60	
Bodentiefe (cm)	10	60	10	30
Sand (S)	2,6	16	1,8	5
anlehmiger Sand (Sl)	4,3	26	2,9	9
lehmiger Sand (lS) [1]	5,3	32	3,5	11
stark lehm. Sand (SL)[1]	5,6	34	3,7	11
sandiger Lehm (sL) [1]	6,3	38	4,2	13
Lehm (L) [1]	5,6	34	3,7	11
schwerer Lehm (LT)	5,0	30	3,3	10
Ton (T)	4,6	28	3,1	9
Schluff	7,9	48	5,3	16

[1]: Für die Böden lS Lö, (Lö = Löss), SL Lö, sL Lö und L Lö sind Mittelwerte mit den Werten für Schluff (letzte Tabellenzeile) zu bilden

[2]: bei 10 % Ausbringungsverlusten

Wurzeltiefe Soja:

bis Blüte: 0,80 – 1,0 m

bis Ernte: 1,3 – 1,9 m

Wurzelwachstum:

bis Blüte 1,25 cm pro Tag

Blüte bis Begin Hülsenansatz: 5,8 cm pro Tag

ab Samenbildung kaum bis kein Wurzelzuwachs

(Wrigth & Lenssen 2013, Ritchie et. al. 1985)

Richtwerte für die Beregnungsintensität bei Hangneigung in Abhängigkeit von der Bodenart

Hangneigung %	Boden-bedeckung	Boden: mittel (Löß) (mm/h)	mittel-leicht (sandiger Lehm) (mm/h)	leicht (lehmiger Sand) (mm/h)	sehr leicht (Sand) (mm/h)
bis 4	gering	8 –18	13 – 25	18 – 35	25 – 50
	gut	10 – 25	18 – 35	25 – 60	35 – 75
4 bis 8	gering	5 – 13	10 – 18	13 – 25	18 – 35
	gut	8 – 18	15 – 25	25 – 35	25 – 60
über 8	gering	4 – 8	8 – 13	10 – 18	13 – 25
	gut	6 - 10	10 - 18	15 – 25	18 - 35

Quelle: Billip 1971, zitiert in Paschold, Kunzelmann 2002: „Umweltschonender und effizienter Bewässerungseinsatz im Gemüsebau“, Herausgeber Hessisches Ministerium für Umwelt- Landwirtschaft und Forsten

Ab welcher Bodenfeuchte ist zu beregnen?

Feingemüse, Beerenobst:	ab ca. **60 % nFK**; ca. 150 - 250 hPa (unabhängig von der Bodenart),
Soja, Getreide, Mais, Zuckerrüben, Hopfen, Kernobst:	ab ca**. 45 % nFK**; ca. 500 - 800 hPa (und mehr) bei mittleren und schweren Böden, ca. 250 - 400 hPa (leichte Böden)

Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte in % nFK und Bodenfeuchte gemessen als Unterdruck im Boden

Bodenart	**Bodenfeuchte = 100 % nFK**		**Bodenfeuchte = 50 % nFK**	
	pflanzenverfügbares Wasser im Boden (mm in 10 cm)	**hPa**	**pflanzenverfügbares Wasser im Boden (mm in 10 cm)**	**hPa**
Sand	~ 9	60	4,5	200
Lehm	~ 25	100	12,5	630
Ton	~ 16	170	8	2300

(Mastel)

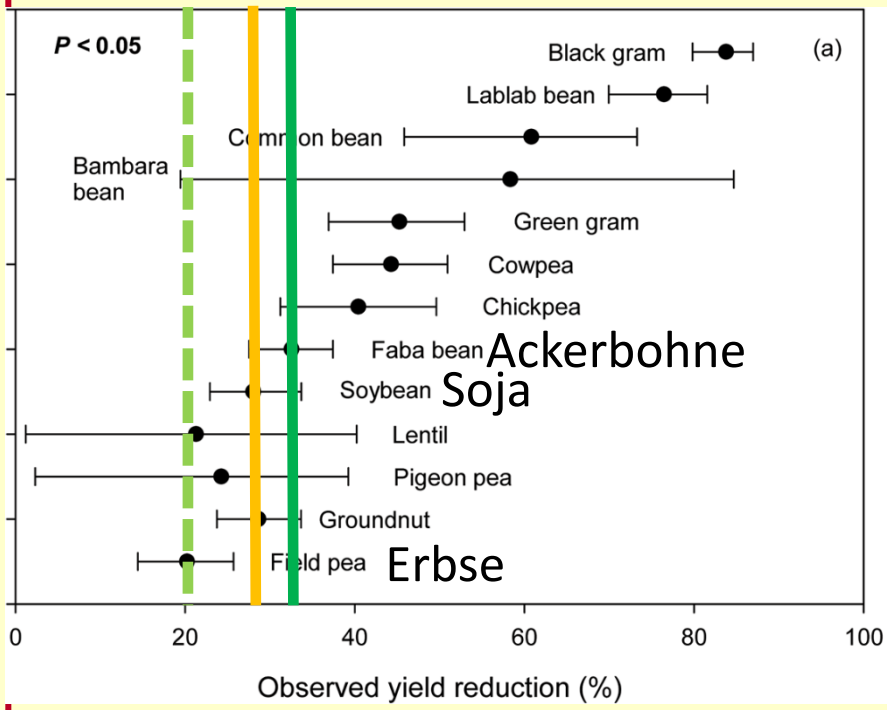
Methoden zur Bestimmung der aktuellen Bodenfeuchte

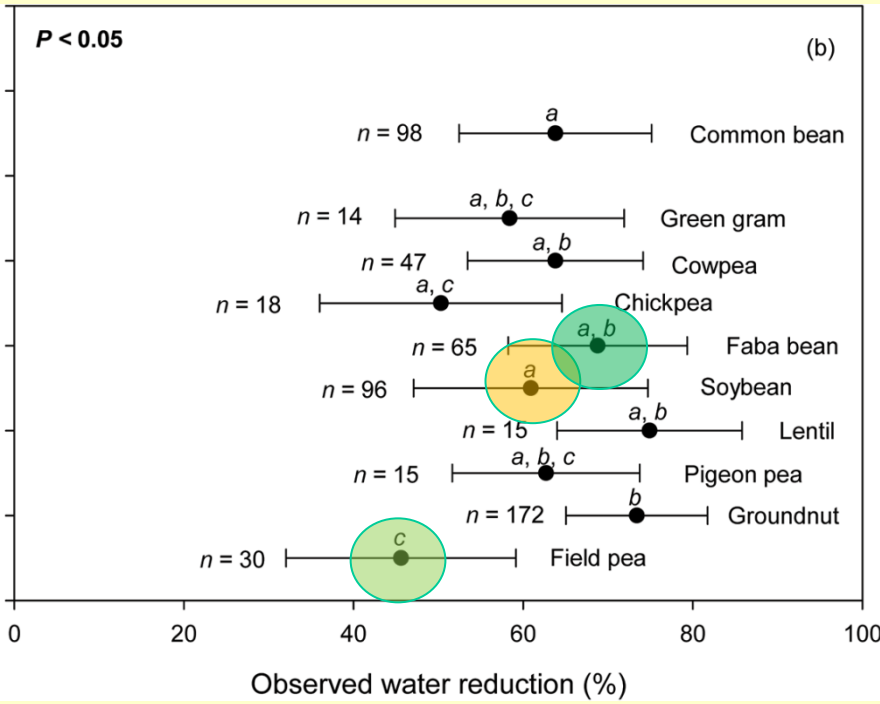
Wasserzustand der Pflanze	Bodenfeuchte	Verdunstung klimatische Wasserbilanz	Gärtnerische Erfahrung
• Wasserpotenzial • Saftstrom • Dendrometer • Blatttemperatur •	• gravimetrisch • Tensiometer • TensioMark • Gipsblock • TDR • Gro-Point • ECH_2O • EnviroScan • Fieldscout • Irrigas •	• Kessel • Lysimeter • Formeln: PENMAN TURC HAUDE	• intuitiv • Spatenprobe
erste Praxiseinsätze	Simulationsmodelle	Geisenheimer Steuerung Agrowetter (DWD) (Bewässerungs-App, ALB Bayern)	

(verändert nach Paschold 2010)

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg

Reaktion von Soja auf Trockenstress im Vergleich





Beobachteter Ertragsverlust (%)

Beobachtete Wasserreduktion (%)

(Daryanto S, Wang L, Jacinthe PA (2015) PLoS ONE 10(6))

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg

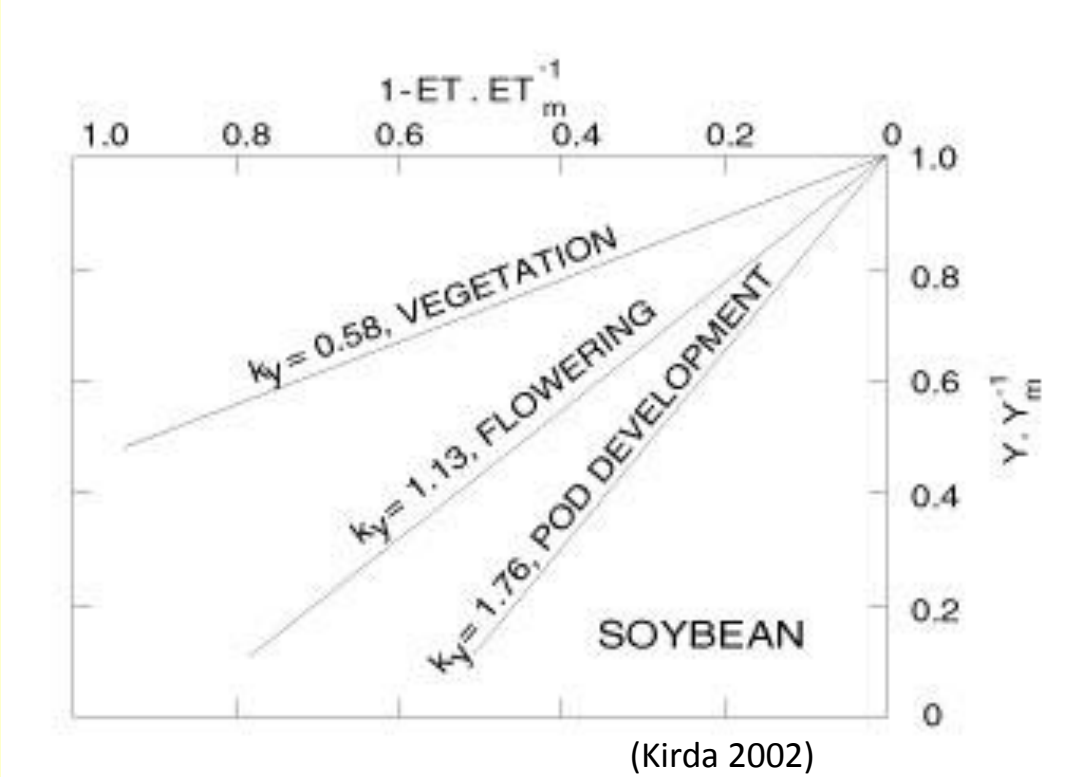
Kritische Entwicklungsstadien bzgl. Ertragsgefährdung bei Wasserstress bei Sojabohnen

ab Blüte bis Ende Kornfüllung (BBCH 59 - 79)

besonders Kritisch:

ab Hülsenansatz (BBCH 69) ((Dognet et. al. 2007, Turkey)

Oder ab Samenbildung (BBCH 74 – 81) Karmet et. al. 2005, Libanon)



(Kirda 2002)

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg

Beregnungsversuch Rheinstetten (LTZ)

Prüfung der Wassereffizienz und Bewässerungswürdigkeit verschiedener Kulturen und Sorten

Versuchsaufbau

2009(10) – 2011:

Standort: Rh- Forchheim lS (24-32 AZ) (nFK: 13%; TW: 3%)

Beregnung: unberegnet
optimal beregnet (Agrowetter, ab 40 – 45% nFK)

Bewässerungstechnik: Gießwagen

Kulturpflanzen: 10 Arten mit bis zu 3 Sorten

Wiederholungen: 4

Beregnungsversuch Rheinstetten (LTZ)

Prüfung der Wassereffizienz und Bewässerungswürdigkeit verschiedener Kulturen und Sorten

Versuchsaufbau

2012- 2015

Standort: Rh- Forchheim lS (24-32 AZ) (nFK: 13%; TW: 3%)

Beregnung: unberegnet

reduziert beregnet

(ab 30 nFK , BBCH 59 – 79 (Blüte - Kornfüllung), Agrowetter,)

optimal beregnet (Agrowetter, ab 45% nFK)

Bewässerungstechnik: GPS-Linearberegnung

Wiederholungen: 3

Kulturpflanzen: 9-10 Arten mit 2 Sorten

Versuchsstandort: LTZ Außenstelle: Rheinstetten – Forchheim

ca. 80 ha Ackerland arrondiert, davon 75,5 ha bewässerbar

117 m über NN; ø Jahrestemperatur: 10,1°C, Ø Niederschlag: 742 mm

Bodenklimaraum: 121 Rheinebene und Nebentäler
Vergleichsgebiet 3b – geringere Rheinebene

Boden:
Geologische Formation: eiszeitliche Sedimentablagerung (Hochgestade / Hardt)
Bodentyp: Parabraunerde
Bodenart: anlehmiger bis lehmiger Sand
Ackerzahl: 24 - 32 Bodenpunkte
Nutzbare Feldkapazität: 13% nFK (130 mm bis 1 m Tiefe)
Grundwasserabstand ~7 m unter Flur

Bergungsversuch Rheinstetten: Sorten

Kultur	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Winterraps	Ladoga			Ability*	Artoga		
	Visby			Xenon			
Wintergerste	Campanile			Sandra			
	Fridericus			Hobbit			Meridian
Winterroggen	Conduct			Dukato			
	Visello			Brasetto			
Wintertriticale	SW Talentro						Adverdo
	Grenado			Agostino			
Winterweizen	Mercado						Ferrum
	Cubus			Pamir			
	Hystar						
Sommergerste	Braemar			Grace			
		Quench					
	Marthe						
Erbsen		Gregor					Alvesta
		Respect					
Soja		Primus			Protina	Sultana	
		Cordoba					Solena
		Lissabon					
Körnermais	DK 315			Susann			
	Maxxis						Futurixx
	Marcello						
Körnersorghum		Friggo		Iggloo			
				Artico			Capello

(* Sommerraps)

Sojabohnen Rh-Forchheim 27.07.2013

Beregnet: 160 mm

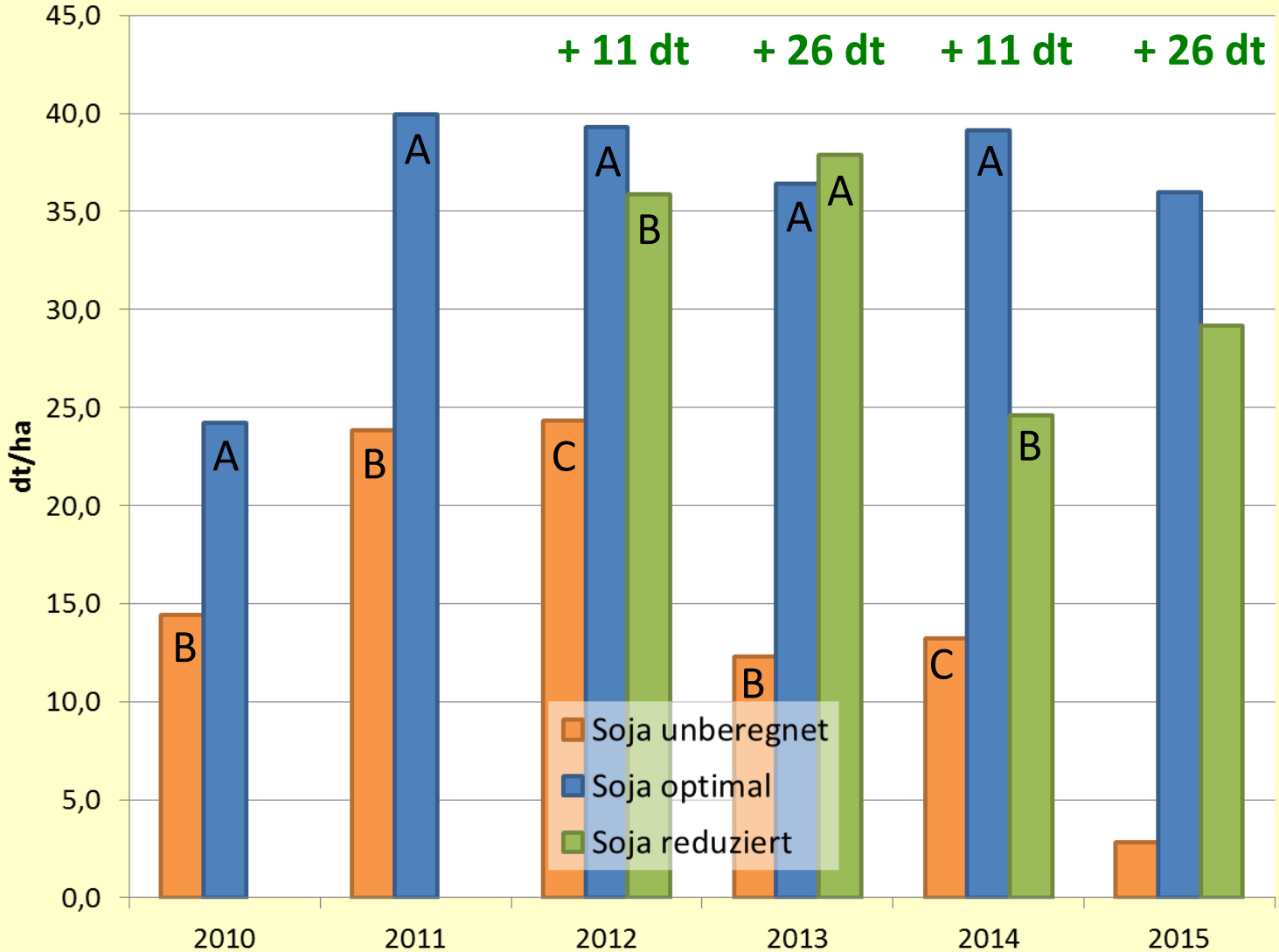
unbewässert

(Beregnungs-) Wassereffizienz von landwirtschaftlichen Kulturen

Erträge Soja (Rh.-Forchheim)

2012 - 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Ø
	+ 10 dt	+ 16 dt	+ 15 dt	+ 24 dt	+ 26 dt	+ 33 dt	Ø + 24 dt
			+ 11 dt	+ 26 dt	+ 11 dt	+ 26 dt	Ø + 19 dt



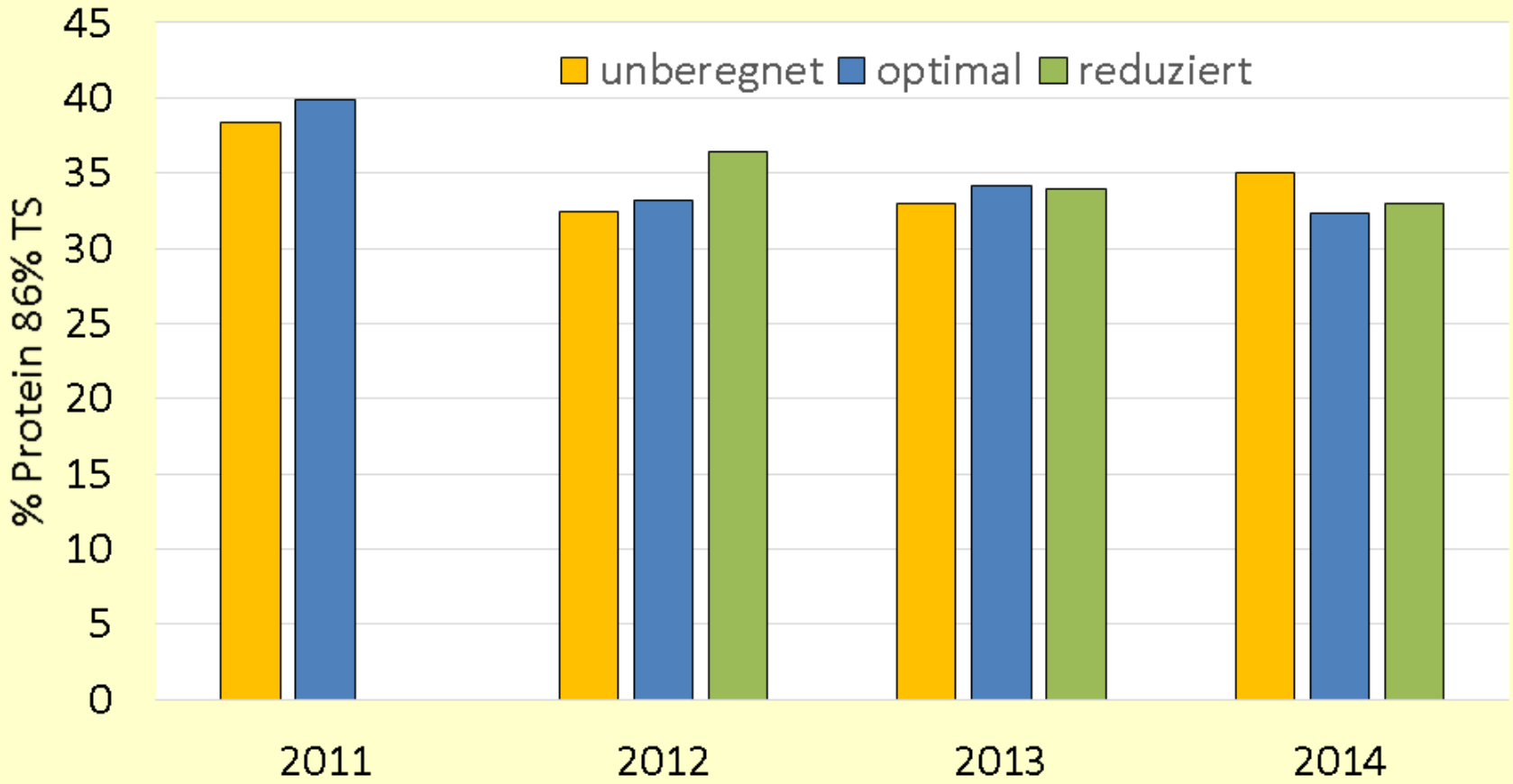
2014: Herbizid-schaden unberegnet u. reduziert

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Optimal	150 mm	75 mm	160 mm	185 mm	115 mm	250 mm
Reduziert			130 mm	145 mm	80 mm	165 mm

(Vorläufige Ergebnisse)

(Beregnungs-) Wassereffizienzversuch Soja (Rh.-Forchheim)

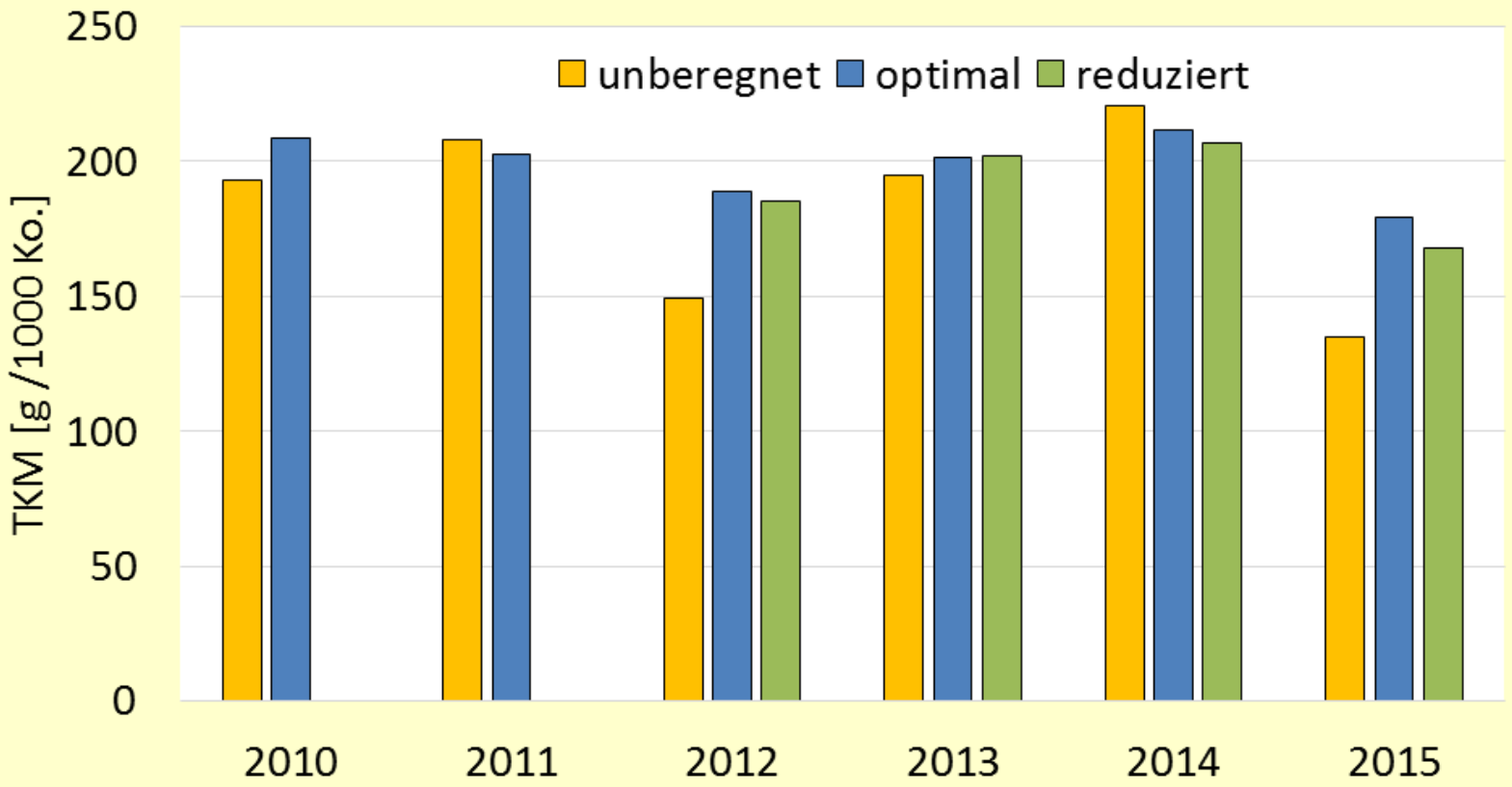
Proteingehalte



(Vorläufige Ergebnisse)

(Beregnungs-) Wassereffizienzversuch Soja (Rh.-Forchheim)

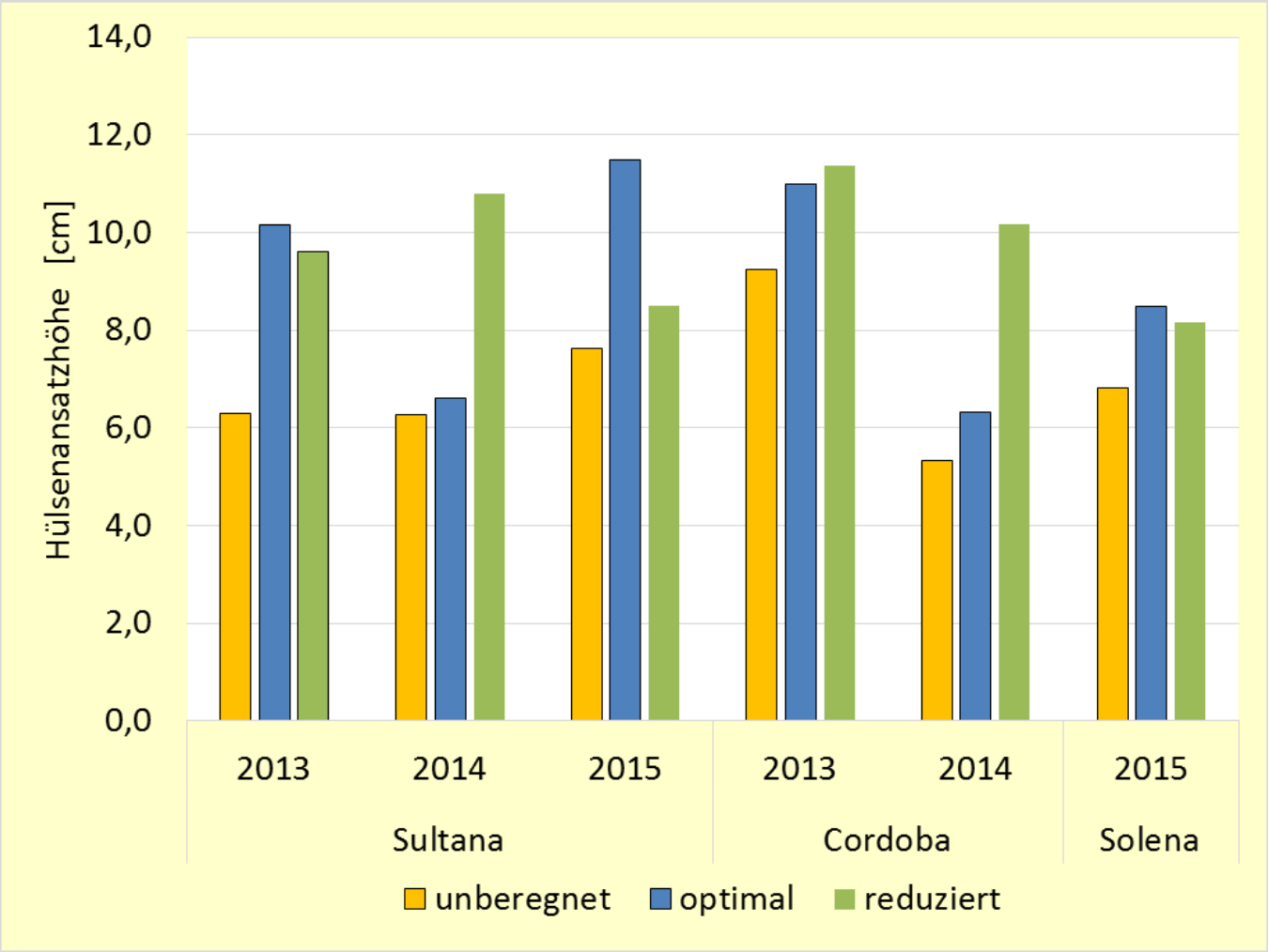
Tausendkorngewicht



(Vorläufige Ergebnisse)

(Beregnungs-) Wassereffizienzversuch Soja (Rh.-Forchheim)

Hülsenansatzhöhe



(Vorläufige Ergebnisse)

In allen Jahren konnten durch Beregnung Ertragssteigerungen bei Soja erzielt werden

Über alle Sorten und Jahre konnte im Median ein Mehrertrag von 68% (optimal 2010 - 2014), 196% (optimal 2012 - 2015), bzw. 147 % (reduziert, 2012 - 2015) erzielt werden.

In den Jahren 2013, 2014 und 2015 konnten die Erträge durch Beregnung z.T. mehr als verdoppelt werden.

Wirtschaftlichkeit der Beregnung

Bewässerungswürdigkeit liegt dann vor, wenn die **Mehrkosten der Bewässerung** durch **die Mehrerlöse gedeckt** werden.

+ Einnahmen der Mehrproduktion (inkl. Qualitätszuschläge)

- variable Kosten der Zusatzwasserversorgung
  (Wasserbereitstellung u. -verteilung, Energie, Instandhaltung, Personal...)

- mehrertragsabhängige Kosten
  (insbesondere Düngung, Ernte, Transport, Trocknung)

- fixe Kosten der Zusatzwasserversorgung
  (Abschreibung, Zinssatz...)

Wirtschaftlichkeit der Bewässerung

Datengrundlage der ökonomischen Berechnungen

Mehrproduktion durch Bewässerung

- Erträge und Wasserbedarf aus den Versuchen 2009 - 2014
- Mittlere Marktpreise der jeweiligen Versuchsjahre BW (LEL)

Kosten der Zusatzwasserversorgung

- KTBL 2013

mehrertragsabhängige Kosten:

- Preise u. Kosten der Versuchsjahre (LEL)

Zusätzlich Szenario Soja für Tofu:

- Erzeugerpreise der Firma Life Food GmbH für öko. Tofusoja der jeweiligen Versuchsjahre
- Alle weiteren Annahmen wie oben

Kosten Beregnung

Wasserbereitstellung

20 m Flachbrunnen, Saugmotor 12 bar, 50 m³/h, 10 ha pro Brunnen

	Dieselmotor 35 kW
Investitionskosten	26.900
Fix Kosten €/ha	209,80
Variable Kosten	
€/ha (Reparaturen)	5,00
Wasser: €/m³	0,134
€/mm/ha	1,34

Wasserverteilung

Mobile Beregnungsmaschine mit Einzelregner 400 m, 100 mm, 54 m Wurfweite, 48 m³/h
25 ha/a, 2 ha Schlag

	Mobile Beregnungsmaschine
Investitionskosten	22.200
Fix Kosten €/ha	95,84
Variable Kosten	
pro Wassergabe €/ha	14,68
€/mm	0,20 (Reparaturkosten)

Mehrerlös €/ha durch Beregnung

Fruchtart	optimal (Agrowetter)						Reduziert				Optimal	Reduziert
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012-2015	2012-2015
Soja	383	643	718	1012	1038	1125	553	1074	456	896	973	745
Soja Tofu öko.	716	1270	1227	2097	2387	2799	944	2226	2387	2385	1956	1323

(Vorläufige Ergebnisse)

Variable Bewässerungskosten €/ha

Mobile Beregnungsmaschine mit Einzelregner
20 m Flachbrunnen, Saugmotor mit Dieselmotor; 2 ha Schlag

	optimal						Reduziert				Optimal	Reduziert
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012-2015	2012-2015
Variable Bew.-Kosten	340	214	386	486	335	654	329	400	222	443	465	348

Grenzmehrertrag zur Deckung der variablen Bew.- Kosten:

Fruchtart	optimal (Agrowetter)						Reduziert				Optimal	Reduziert
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012-2015	2012-2015
Soja	9	5	8	12	8	19	7	10	6	13	12	9
Soja Tofu öko.	5	3	5	6	4	7	4	5	3	5	5	4

(Vorläufige Ergebnisse)

Bewässerungswürdigkeit I €/ha

Mehrerlös – variable Bewässerungskosten

Mobile Beregnungsmaschine mit Einzelregner

20 m Flachbrunnen, Saugmotor mit Dieselmotor; 2 ha Schlag

	optimal						Reduziert				Optimal	Reduziert	Optimal	Reduziert
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012-2015	2012-2015	Grenzpreis[1] (2012-2015)	
Soja	42	429	332	526	703	472	224	675	234	453	508	396	20	20
Soja Tofu öko.	376	1056	841	1611	2052	2145	615	1826	2165	1942	1662	1637		

[1] Mindest-Erzeugerpreis zur Deckung der variablen Mehrkosten durch die Mehrerträge durch Bewässerung

(Vorläufige Ergebnisse)

Bewässerungswürdigkeit II €/ha

Mehrerlös – variable u. fixe Bewässerungskosten

Mobile Beregnungsmaschine mit Einzelregner
20 m Flachbrunnen, Saugmotor mit Dieselmotor; 2 ha Schlag

	optimal						Reduziert				Optimal	Reduziert	Optimal	Reduziert
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015	2012-2015	2012-2015	Grenzpreis[1]	(2012-2015
Soja	-263	124	27	221	397	166	-82	369	-72	147	203	91	25	24
Soja Tofu öko.	70	750	535	1305	1746	1839	309	1520	1859	1636	1356	1331		

[1] Mindest-Erzeugerpreis zur Deckung der variablen und festen Bewässerungskosten durch die Mehrerträge durch Bewässerung

(Vorläufige Ergebnisse)

Bewässerungswürdigkeit I €/ha

Mehrerlös – variable Bewässerungskosten

Mobile Beregnungsmaschine mit Einzelregner
20 m Flachbrunnen, Saugmotor mit Dieselmotor; 2 ha Schlag

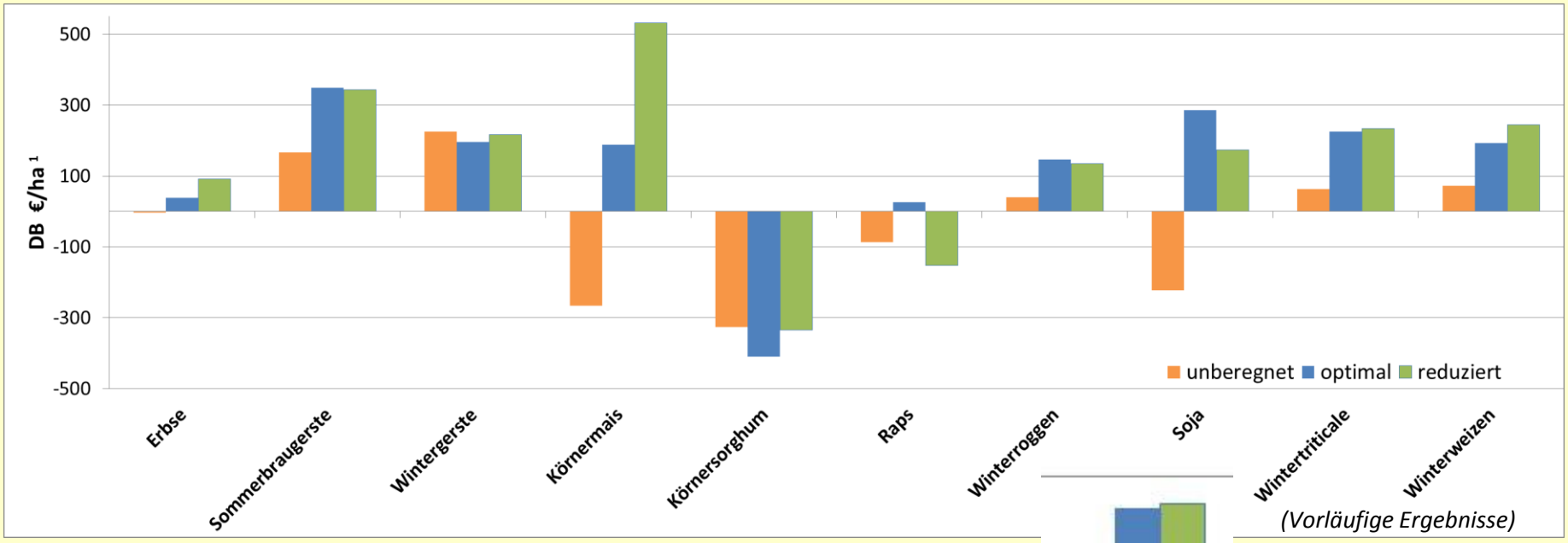
	optimal							Reduziert				Optimal 2012-2015	Reduziert 2012-2015	Opt. Grenzpreis[1] (2012-2015)	Red. Grenzpreis[1] (2012-2015)
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015				
Erbse		38	185	-172	184	-36	191	-56	176	87	172	**42**	**95**	15	21
Sommergerste	-111	-108	359	124	81	279	246	117	42	378	173	**182**	**178**	14	14
Wintergerste	-78	-258	321	56	1	-116	-61	52	5	-75	-18	**-30**	**-9**	20	19
Körnermais	-169	378	68	873	438	21	487	1226	888	187	892	**455**	**798**	11	5
Körnersorghum		295	-25	35	-12	-126	-233	119	81	-93	-143	**-84**	**-9**	23	15
Raps	-45	-207	891	-247	-37	-88		-142	-5	-114		**-124**	**-87**		
Winterroggen	-57	70	223	58	-18	226	159	126	-24	171	109	**107**	**95**	12	11
Soja		42	429	332	526	703	472	224	675	234	453	**508**	**396**	20	20
Wintertriticale	-22	72	279	67	72	201	307	121	81	201	282	**162**	**171**	11	9
Winterweizen		115	375	37	-6	105	351	130	-11	166	405	**122**	**173**	15	12

[1] Mindest-Erzeugerpreis zur Deckung der variablen Mehrkosten durch die Mehrerträge durch Bewässerung

(Vorläufige Ergebnisse)

Deckungsbeiträge[1] ohne, optimaler und reduzierter Beregnung

Beregnungsversuch Forchheim, 2012 - 2015



(1) ohne Prämie und Zinssatzansatz, auf Basis der mittlerer Variablenkosten (Versuchsdaten intensive Bestandesführung) und Bewässerungswürdigkeit

Bewässerung bei Sojabohnen auf einem Trockenstandort in Gunstlage (Rheinebene) führt zu deutlichen Ertragszuwächsen und insbesondere bei hohen Sojapreisen zu einem z.T. deutlichen Mehrerlös nach Abzug der Bewässerungskosten.

Nach Körnermais ist Soja die bewässerungswürdigste Kultur im Ackerbau (ohne Sonderkulturen und Kartoffeln).

Falls das Preisniveau bei Soja hoch ist bzw. bei öko Lebensmittelsoja, könnte sich eine Investition (Mobile Beregnung mit Einzelregner) für Soja (und K-Mais) rechnen.

Bei Zusatzauslastung vorhandener Technik (nur variabler Kostenansatz) ist eine Bewässerung, bei Soja mit einer mobilen Beregnungsmaschine rentabel.

Dr. Andreas Butz

Landwirtschaftliches Technologie Zentrum Augustenberg

Außenstelle Rheinstetten – Forchheim

Kutschenweg 20 76287 Rheinstetten

Tel. 0721/9518 -211 Fax. -202

Email: andreas.butz@ltz.bwl.de