

## Bodenbearbeitungs- und Bewässerungsversuch am Standort Obersiebenbrunn 2019

### Inhaltsverzeichnis

Versuchsziel.....	1
Klima.....	1
Methode.....	2
Kulturführung.....	3
Versuchsergebnis.....	4
Ertrag in kg/ha.....	4
„Transpirationskoeffizient“.....	7
Ölgehalt.....	9
Proteingehalt:.....	12
Bodenfeuchtefühler.....	15
Vergleich der Bodenfeuchtefühler Plantcare und SM1 in 20 cm Tiefe.....	18
Zusammenfassung.....	20

### Versuchsziel

Erhebung von Ertrag und Qualität von Sojabohnen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Bewässerung in Obersiebenbrunn.

### Klima

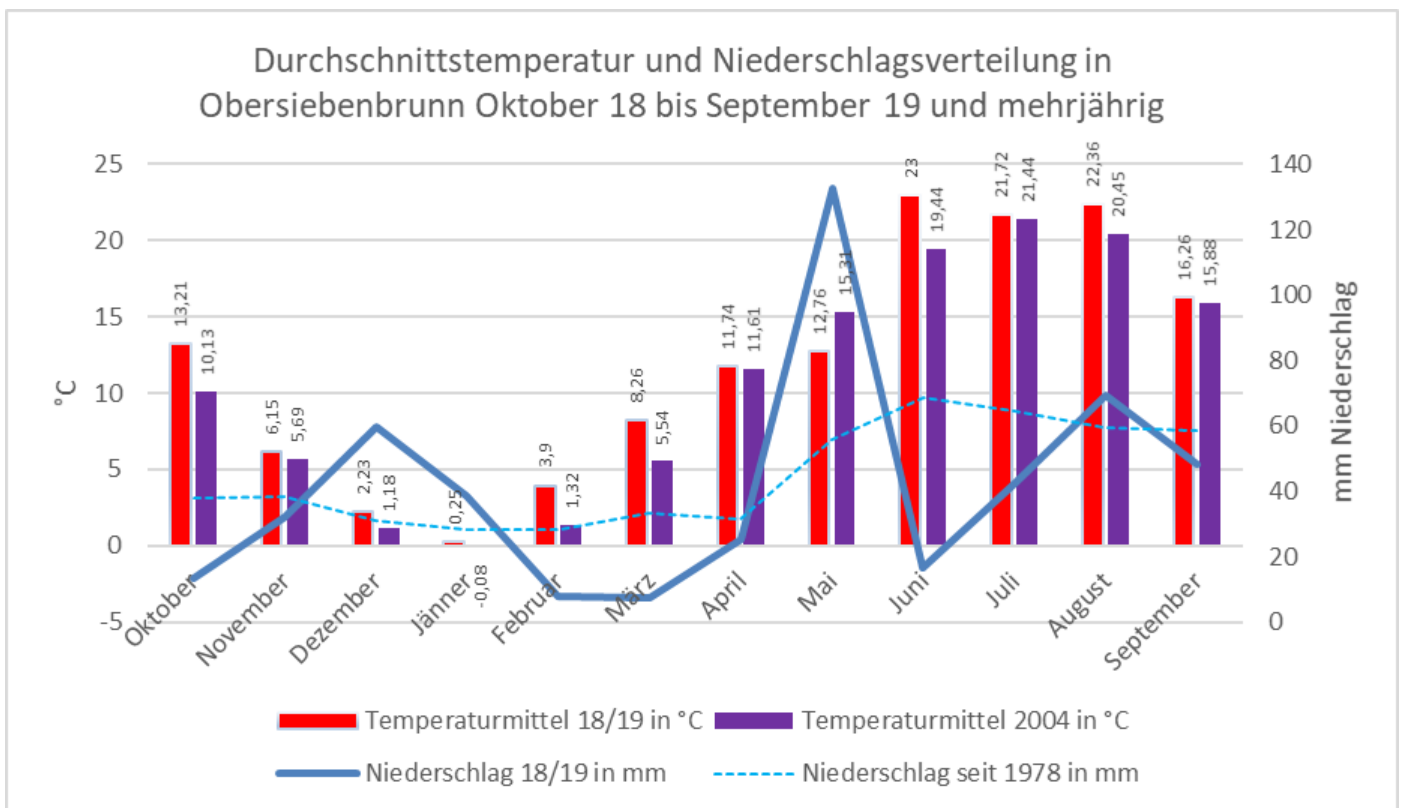


Abbildung 1 zeigt Monatsdurchschnittstemperatur und -niederschlagssumme vom Beginn des Bodenbearbeitungszyklus 2010/8 bis zum Ende des Versuchszeitraumes 2019 und mehrjährig.

Auffallend sind die geringen Niederschläge in den Monaten Oktober 2018, Februar, März und Juni 2019 in Kombination mit höheren Temperaturen in diesen Monaten sowie der kühlere und niederschlagsreichere Mai 2019. Die Tendenz der Klimaerwärmung ist erkennbar.

Die Niederschläge summierten sich von 1. Oktober 2018 bis 30. September 2019 zu 493,6 mm, im Durchschnitt seit 1978 fallen in diesem Zeitraum 535,02 mm. Das sind für die Versuchsperiode minus 41,42 mm.

Die Durchschnittstemperatur lag für den Zeitraum 1. Oktober 2018 bis 30. September bei 11,82 °C, im Durchschnitt seit 1994 bei 10,66 °C. Das sind plus 1,16 °C für die Versuchsperiode.

## Methode

Streifenanlage mit 3 Wiederholungen.

4 Bodenbearbeitungsvarianten (BB1: konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug, BB2: reduzierte Bodenbearbeitung – pfluglos aber 2 Bearbeitungen, BB3: minimierte Bodenbearbeitung – nur eine Bearbeitung, BB4: Direktsaat) werden seit 2006 in 3 Wiederholungen auf einem Feldstück der LFS-Obersiebenbrunn verglichen. Diese Bodenbearbeitungsmaßnahmen werden nach der Himmelsrichtung Nordost-Südwest ausgeführt.

Seit 2018 werden zusätzlich 4 normal auf die Bodenbearbeitung ausgeführte Bewässerungsvarianten verglichen (BW1: Tropfschlauch, BW2: unbewässert, BW3: Rohrnetzbergung, BW4: Auslegerstativ).

Folgende Bezeichnungen werden ebenfalls für diese Varianten verwendet:

Bewässerung mit Tropfschläuchen: Tröpfchenbewässerung

Keine Bewässerung: Kontrollvariante

Rohrnetzbergung: Kleinregner, Sektorregner, Rohrberegnung

Auslegerstativ: Gießwagenbergung

N <b>Bodenbearbeitungs-Langzeitversuch</b>													
mit verschiedenen Bewässerungssystemen													
120 m Gesamtbreite													
1 + 2				3 + 4				4. Auslegerstativ AS 45				10947	60 m
5 + 6		7 + 8		9 + 10		11 + 12							
14 + 34		16 + 15		3. Kleinregner(18x18)				10948				18 m	
18 + 17		20 + 19		22 + 21		23 + 24							
25 + 26		27 + 28		2. keine Bewässerung				10949				27 m	
29 + 30		31 + 32		33 + 35		36+37							
38 + 39		40 + 41		1. Tropfschlauch				10950				17 m	
42 + 43		44 + 45		46 + 47		48+49							
1	2	3	4	3	1	4	2	4	1	3	2	9 m	
10 m breit													

Abbildung 2: Kulturführung Sortenversuch Sojabohnen Obersiebenbrunn 2019

## Kulturführung

<b>Vorfrucht:</b>		Sojabohne
<b>Bodenbearbeitung 1:</b>	31.10.18 12.11.18 07.05.19	Grubber Pflug Egge
<b>Bodenbearbeitung 2:</b>	31.10.18 23.04.19 07.05.19	Grubber Grubber Egge
<b>Bodenbearbeitung 3:</b>	31.10.18 07.05.19	Grubber Egge
<b>Bodenbearbeitung 4:</b>	-	Direktsaat
<b>Anbau:</b>	08.05.19	Sorte Lenka, 4P/ha, 5 cm Anbautiefe, Einzelkorn Kuhn Planter II
<b>Düngung:</b>	04.03.19 18.04.19	154 kg/ha NAC (42 kg N/ha) zu BBCH 13 148 kg NAC (40 kg N) zu BBCH 25
<b>Kulturpflege und Pflanzenschutz:</b>	11.05.19 27.05.19	nur auf BB4 (Direktsaat): Roundup 4 l/ha + 1 l Öl + 0,3 l Netzmittel Pulsar 40 0,5 l/ha + Harmony SX 7,5 g/ha
<b>Tropfbewässerung:</b>	04.07.19 19.07.19 22.07.19 30.07.19	17,7 l/m <sup>2</sup> 17,2 l/m <sup>2</sup> 24,5 l/m <sup>2</sup> 24,5 l/m <sup>2</sup>
<b>Rohrnetzberegung:</b>	04.07.19 22.07.19 02.08.19	32,2 l/m <sup>2</sup> 44 l/m <sup>2</sup> 50,5 l/m <sup>2</sup>
<b>Stativbewässerung</b>	03.07.19 20.07.19 02.08.19	21,9 l/m <sup>2</sup> 21,9 l/m <sup>2</sup> 21,9 l/m <sup>2</sup>
<b>Ernte</b>	03.10.19	mit Parzellendrescher 1,5 x 10 m

**Tabelle 1:** Kulturführung Sortenversuch Sojabohnen Obersiebenbrunn 2019

## Versuchsergebnis

	kg/ha	g/l	l/kg	% Protein	% Öl
BB1BW1	2874	0,790	1282	39,87	22,67
BB2BW1	3406	0,936	1102	40,13	22,53
BB3BW1	2949	0,810	1241	39,63	22,68
BB4BW1	2271	0,624	1717	38,33	23,03
BB1BW2	2124	0,758	1320	40,83	22,90
BB2BW2	2738	0,978	1038	39,30	23,77
BB3BW2	1675	0,598	3470	41,58	22,35
BB4BW2	1057	0,378	3626	40,20	23,50
BB1BW3	3246	0,798	1253	40,07	22,57
BB2BW3	3301	0,812	1242	39,80	22,57
BB3BW3	3033	0,746	1368	40,13	22,33
BB4BW3	2573	0,633	1609	38,97	23,10
BB1BW4	3081	0,920	1088	40,00	22,83
BB2BW4	3359	1,003	997	40,27	22,50
BB3BW4	3001	0,896	1127	40,23	22,63
BB4BW4	2935	0,877	1180	39,63	22,60
<i>MW alle Daten</i>	<i>2722</i>	<i>0,783</i>	<i>1561</i>	<i>39,97</i>	<i>22,76</i>
<i>STABW alle Daten</i>	<i>783,314</i>	<i>0,217</i>	<i>1293,842</i>	<i>1,062</i>	<i>0,678</i>

**Tabelle 2** zeigt für die einzelnen Kombinationen die mittleren Ertragswerte in kg Trockenmasse (TM) pro ha, die Wassereffizienz zur Bildung von TM in g pro Liter Wasser, den „Transpirationskoeffizienten“ in l Wasser pro kg gebildeter TM, den Protein- und Ölgehalt in %.

### Ertrag in kg/ha

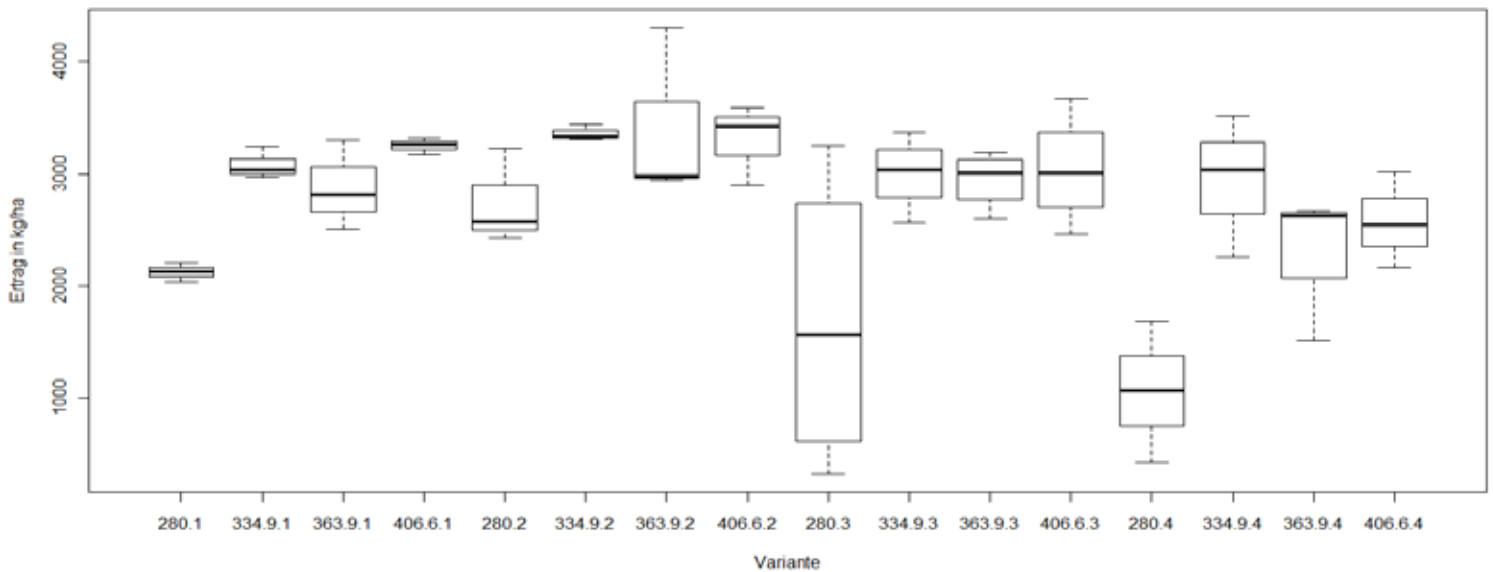
Der höchste Ertrag wurde bei reduzierter Bodenbearbeitung und Tropfberegnung geerntet (BB2BW1: 3.406 kg/ha). Auch ohne Beregnung, mit Rohrnetz oder Gießwagenberegnung führte reduzierte Bodenbearbeitung zum höchsten Ertrag der jeweiligen Bewässerungsvariante. Bei Tropfberegnung folgen minimierte - (2.949 kg/ha), konventionelle Bodenbearbeitung (2.874 kg/ha) und Direktsaat (2.271 kg/ha).

Der Versuchsdurchschnitt von 2.722 kg/ha wurde ohne Beregnung nur bei reduzierter Bodenbearbeitung (2.738 kg/ha) erreicht. Danach folgten konventionelle - (2.124 kg/ha), minimierte Bodenbearbeitung (1.675 kg/ha) und Direktsaat (1.057 kg/ha).

Auch bei Rohrnetzberegnung gab es den höchsten Ertrag bei reduzierter - (3.301 kg/ha), danach konventioneller - (3.246 kg/ha), minimierter Bodenbearbeitung (3.033 kg/ha) und Direktsaat (2.573 kg/ha).

Bei Einsatz des Gießwagens folgen auf reduzierte – (3.359 kg/ha), konventionelle – (3.081 kg/ha), minimierte Bodenbearbeitung (3.001 kg/ha) und Direktsaat (2.935 kg/ha).

TM nach Bodenbearbeitung und Bewässerung 2019



**Abbildung 3** zeigt den Ertrag, geordnet nach Bodenbearbeitung und Wassermenge (280 mm unberechnet, 334,9 mm Auslegerstativ, 363,9 mm Tropfberegnung, 406,6 mm Rohrnetzbergnung) in der Reihenfolge: BB1BW2, BB1BW4, BB1BW1, BB1BW3, BB2BW2, BB2BW4, BB2BW1, BB2BW3, BB3BW2, BB3BW4, BB3BW1, BB3BW3, BB4BW2, BB4BW4, BB4BW1, BB4BW3

*Statistische Analyse des Ertrages: Nullhypothese: Erträge sind normalverteilt.*

*Beim Kruskal-Wallis Rangsummentest stellt man fest, dass die Ergebnisse für den Ertrag, geordnet nach der Wassermenge und nach der Bodenbearbeitung nicht normalverteilt sind. Die Unterschiede sind signifikant.*

*Bewässerung: Kruskal-Wallis chi-squared = 17.058, df = 3, p-value = 0.0006876*

*Bodenbearbeitung Kruskal-Wallis chi-squared = 9.1132, df = 3, p-value = 0.02782*

*Auffallend ist die breite Streuung in der Variante BB3BW2 (minimerte Bodenbearbeitung ohne Beregnung)*

*Nullhypothese: kein Unterschied zwischen den Varianzen, F = 1*

*Beim F-Test zeigt sich dass die Varianzen des Ertrages bei Bewässerungs- und Bodenbearbeitungsvarianten nicht gleich sind.*

*Bewässerung: F = 289.71, num df = 51, denom df = 51, p-value < 2.2e-16*

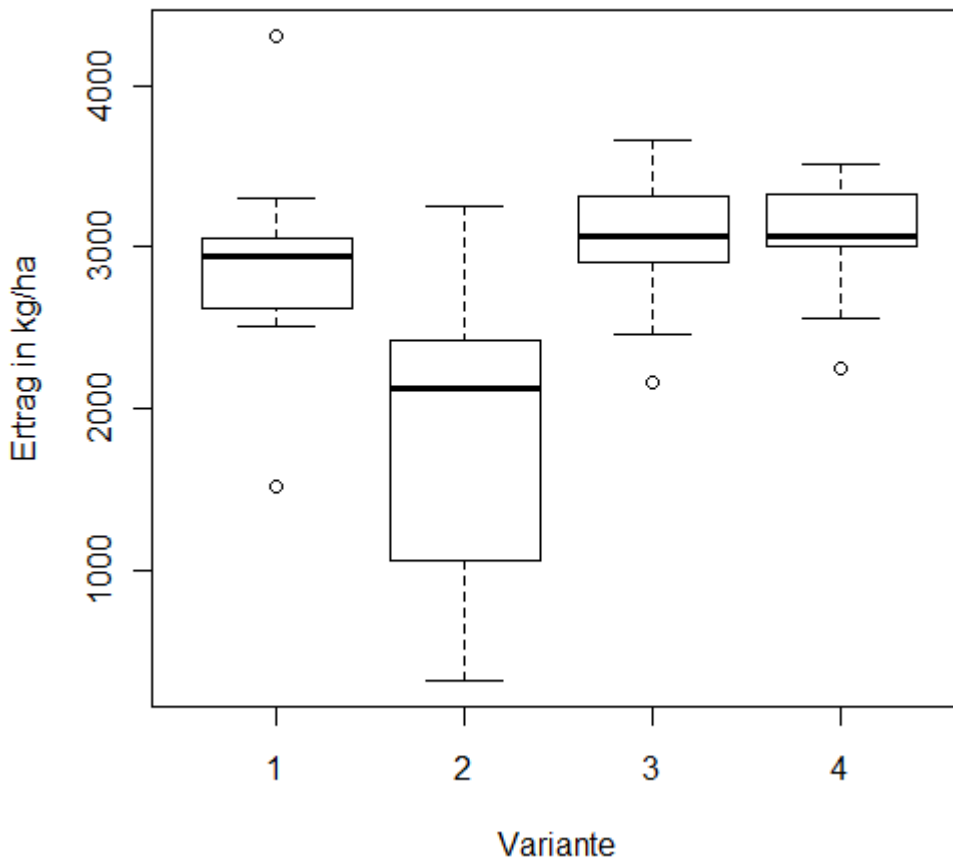
*Bodenbearbeitung: F = 523709, num df = 51, denom df = 51, p-value < 2.2e-16*

*Keine Varianzanalyse zulässig.*

Da weder Normalverteilung, noch Varianzgleichheit vorliegt, kann keine Varianzanalyse durchgeführt werden.

Reiht man den Ertrag pro ha nur nach der Bewässerungstechnik, so errechnet sich mit Rohrnetzberegung bei 3038 kg/ha der höchste Mittelwert, gefolgt von den Parzellen mit Bewässerungsstativ mit 2996 kg/ha, der getropften Variante mit 2881 kg/ha und der unbewässerten Variante mit 1881 kg/ha.

### Ertrag in kg/ha nach Bewässerung 2019

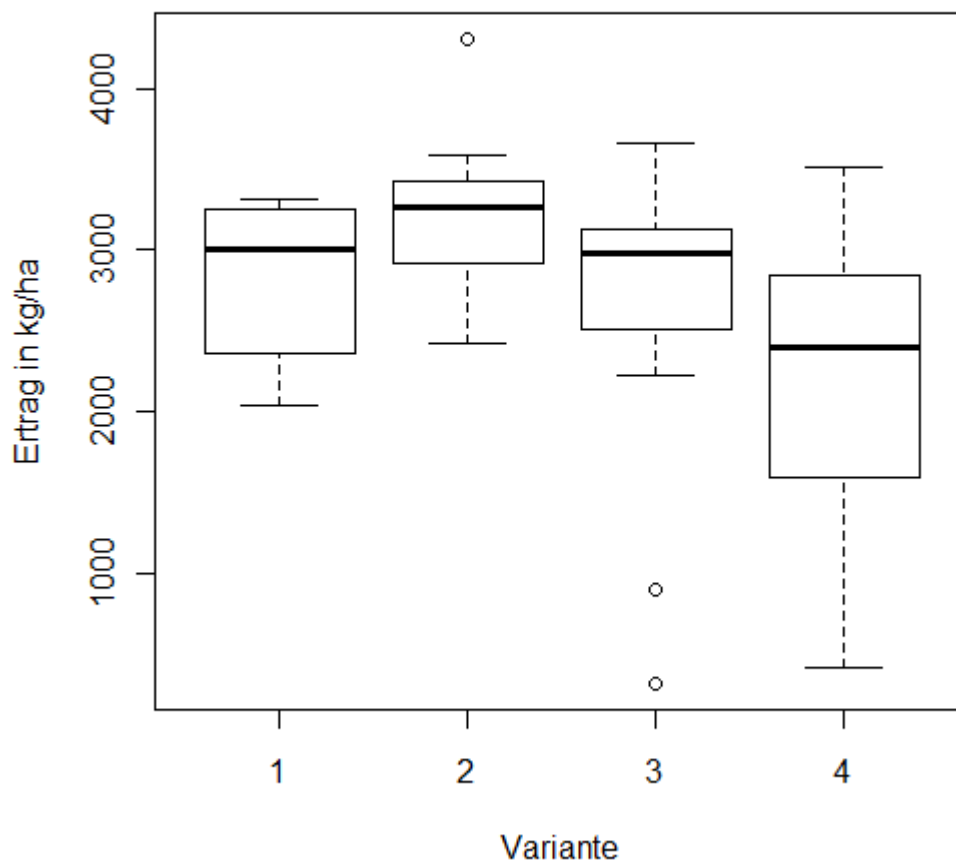


**Abbildung 4** zeigt den Ertrag, geordnet nach Bewässerung in der Reihenfolge: Tropfberegnung, unbewässert, Rohrnetzberegung, Gießwagenberegung

Geordnet nach der Bewässerungsmethode streut die unbewässerte Variante am stärksten, die Gießwagenvariante am geringsten. Die unbewässerte Variante unterscheidet sich signifikant von den Bewässerten, die sich wiederum nicht signifikant unterscheiden.

Reiht man den Ertrag pro ha nur nach der Bodenbearbeitung, quer über alle Bewässerungsvarianten, so errechnet sich mit 3201 kg/ha bei reduzierter Bodenbearbeitung der höchste Ertragsmittelwert, gefolgt von den Parzellen mit konventioneller Bodenbearbeitung mit 2831 kg/ha, der Minimalbodenbearbeitungsvariante mit 2664 kg/ha und der direkt gesäten Variante mit 2209 kg/ha.

## Ertrag in kg/ha nach Bodenbearbeitung 2019



**Abbildung 5** zeigt den Ertrag als Median, als Box das obere und untere Viertel der Werte, die Antennen und die Ausreißer, geordnet nach Bodenbearbeitung in der Reihenfolge: mit Pflug, 2 x Grubber, 1 x Grubber, Direktsaat

Geordnet nach der Bodenbearbeitungsmethode streut der Ertrag bei der Variante Direktsaat am meisten, bei konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug am wenigsten. Bei allen vier Varianten liegt der Meridian linksschief

### „Transpirationskoeffizient“

Der hier erläuterte „Transpirationskoeffizient“ berücksichtigt weder den Bodenwassergehalt vor der Aussaat noch den nach der Ernte und bezieht sich auf die natürlichen Niederschläge zwischen April und September 2019 sowie auf die über Bewässerung zugeführten Wassermengen.

Gemittelt über alle Bodenbearbeitungsvarianten wurde bei Gießwagenberegnung am wenigsten Wasser pro kg gebildeten Sojabohnen benötigt (1.100 l), danach folgten Tropfberegnung (1.328 l), Rohrnetzberegnung (1.368 l) und die unberegnete Kontrollvariante (1.368 l).

Bei weiterer Berücksichtigung der Bodenbearbeitung ist der geringste Wasserverbrauch pro kg Soja in allen Bewässerungsvarianten bei reduzierter Bodenbearbeitung zu verzeichnen, 997 l bei Gießwagen, 1.038 l ohne Beregnung, 1.102 l bei Tropfberegnung und 1.242 l bei Rohrnetzberegnung. Ebenso liegt der höchste Wasserverbrauch bei allen Bewässerungsvarianten bei der Direktsaat, 1.180 l bei Auslegerstativ, 1.609 l bei Rohrnetzberegnung, 1.717 l bei Tropfberegnung und 3.626 l ohne Beregnung.

Statistische Analyse des Transpirationskoeffizienten:  $H_0$ : Transpirationskoeffizient ist normalverteilt: ablehnen

Bewässerung: Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 12.024$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.007303$

Bodenbearbeitung: Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 13.412$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.003825$

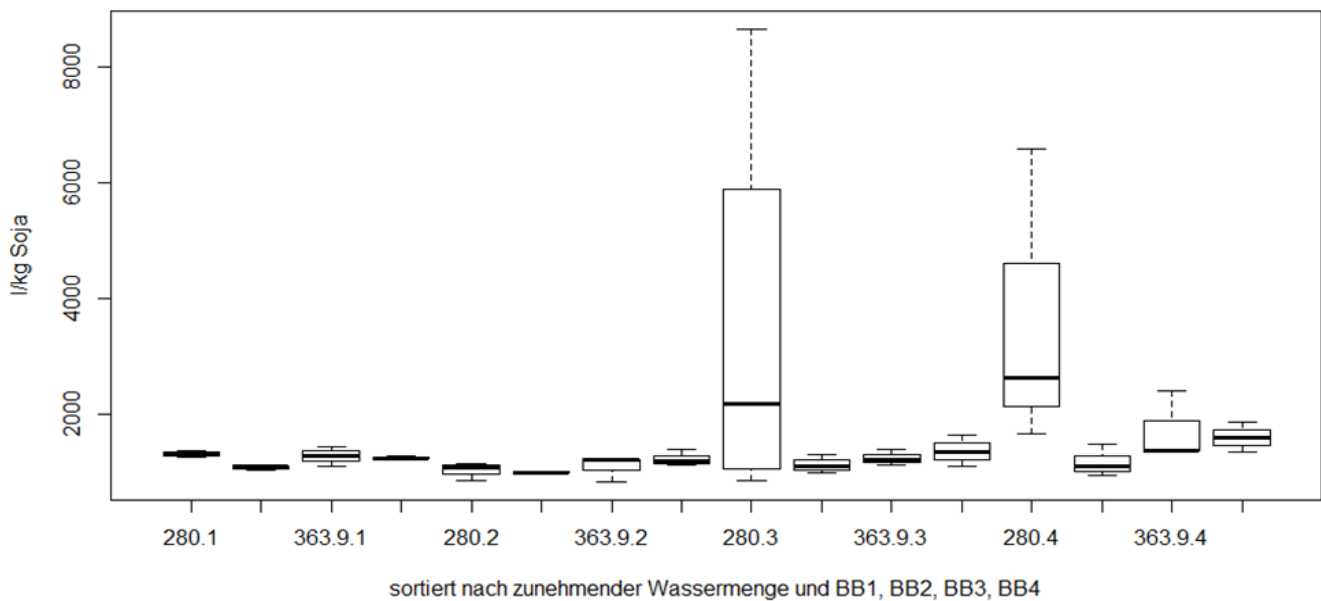
$H_0$ : Varianzen sind gleich: ablehnen

Bewässerung:  $F = 1339328$ ,  $\text{num } df = 51$ ,  $\text{denom } df = 51$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$

Bodenbearbeitung:  $F = 0.15334$ ,  $\text{num } df = 51$ ,  $\text{denom } df = 51$ ,  $p\text{-value} = 3.985e-10$

Keine Varianzanalyse zulässig.

Transpirationskoeffizient nach Wassermenge und Bodenbearbeitung, Obersiebenbrunn 2019



**Abbildung 6** zeigt den Ertrag, geordnet nach Bodenbearbeitung und Wassermenge (280 mm unberegnet, 334,9 mm Auslegerstativ, 363,9 mm Tropfberegnung, 406,6 mm Rohrnetzbergnung) in der Reihenfolge: BB1BW2, BB1BW4, BB1BW1, BB1BW3, BB2BW2, BB2BW4, BB2BW1, BB2BW3, BB3BW2, BB3BW4, BB3BW1, BB3BW3, BB4BW2, BB4BW4, BB4BW1, BB4BW3

Die Varianz des „Transpirationskoeffizienten“ der einzelnen Varianten ist gering. Nur bei minimierter Bodenbearbeitung ohne Bewässerung und bei Direktsaat ohne Bewässerung streut dieser stark.

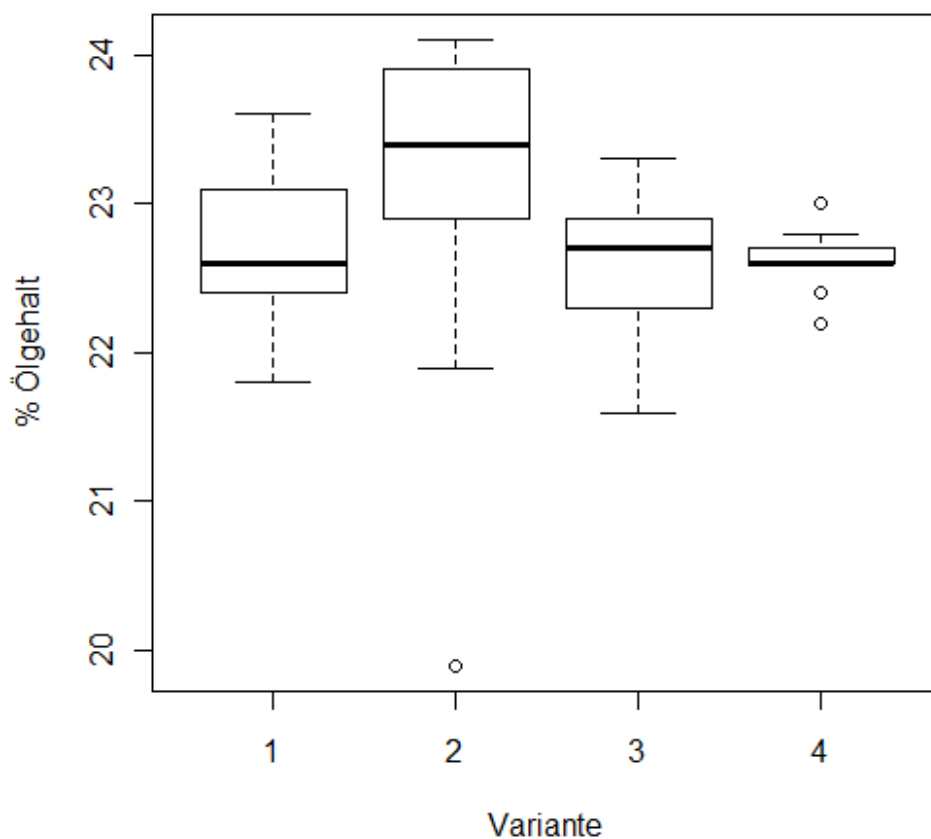


### Ölgehalt

Geordnet nach der Bewässerungsmethode streut die unbewässerte Variante am stärksten, die Gießwagenvariante am geringsten.

Im Durchschnitt wird ohne Zusatzberegnung der höchste Ölgehalt erreicht (23,07 %), der geringste bei Rohrnetzberegnung (22,62). Der Unterschied zu Gießwagenberegnung (22,64) und Tropfberegnung (22,72) ist aber sehr gering.

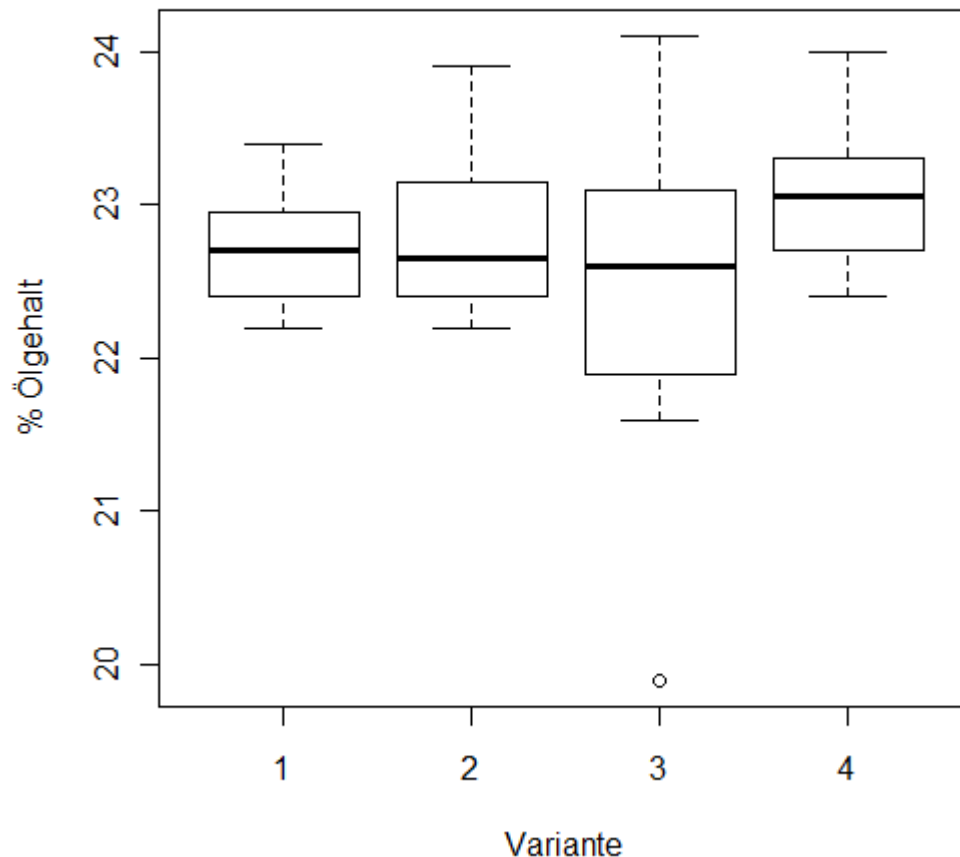
### Ölgehalt in % nach Bewässerung 2019



**Abbildung 7** zeigt den Ölgehalt, geordnet nach Bewässerung in der Reihenfolge: Tropfberegnung, unbewässert, Rohrnetzbergnung, Gießwagenbergnung

Geordnet nach der Bodenbearbeitungsmethode streut der Ölgehalt bei der Variante Minimalbodenbearbeitung am meisten, bei konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug am wenigsten.

### Ölgehalt in % nach Bodenbearbeitung 2019



**Abbildung 8** zeigt den Ölgehalt, geordnet nach Bodenbearbeitung in der Reihenfolge: mit Pflug, 2 x Grubber, 1 x Grubber, Direktsaat

*Statistische Analyse des Ölgehaltes: H0: Ölgehalt ist normalverteilt: annehmen*

*Bodenbearbeitung: Kruskal-Wallis chi-squared = 4.2859, df = 3, p-value = 0.2322*

*Bewässerung: Kruskal-Wallis chi-squared = 7.6262, df = 3, p-value = 0.0544*

*H0: Varianzen sind gleich: ablehnen*

*Bodenbearbeitung: F = 0.39268, num df = 51, denom df = 51, p-value = 0.001098*

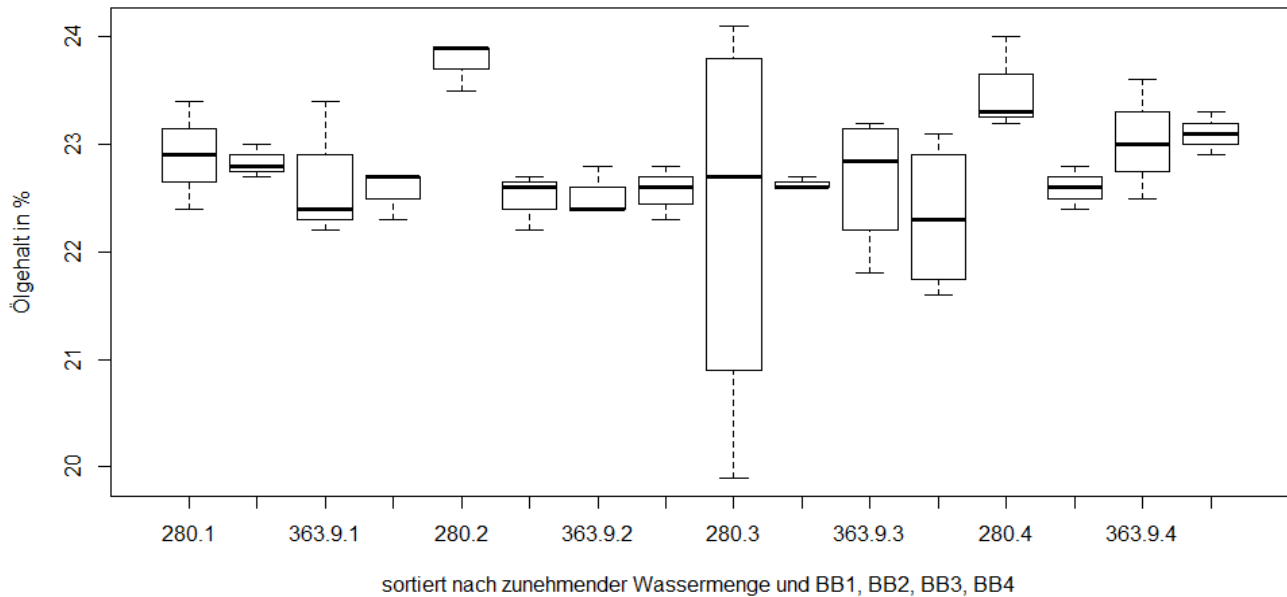
*Bewässerung: F = 0.00021723, num df = 51, denom df = 51, p-value < 2.2e-16*

*Keine Varianzanalyse zulässig.*

Der Ölgehalt, unterteilt nur nach der Bodenbearbeitung, unterscheidet sich auch nur wenig. Der durchschnittlich höchste Wert wurde bei Direktsaat gemessen (23,06 %), der niedrigste bei minimierter Bodenbearbeitung (22,49 %). Die Werte streuen bei minimierter Bodenbearbeitung am stärksten, bei konventioneller Bodenbearbeitung (22,74 %) am wenigsten. Bei reduzierter Bodenbearbeitung werden im Durchschnitt 22,84 % erreicht.

Geordnet nach der Bodenbearbeitungsmethode streut der Ölgehalt bei der Variante Minimalbodenbearbeitung am meisten, bei konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug am wenigsten.

Ölgehalt in % nach Wassermenge und Bodenbearbeitung, Obersiebenbrunn 2019



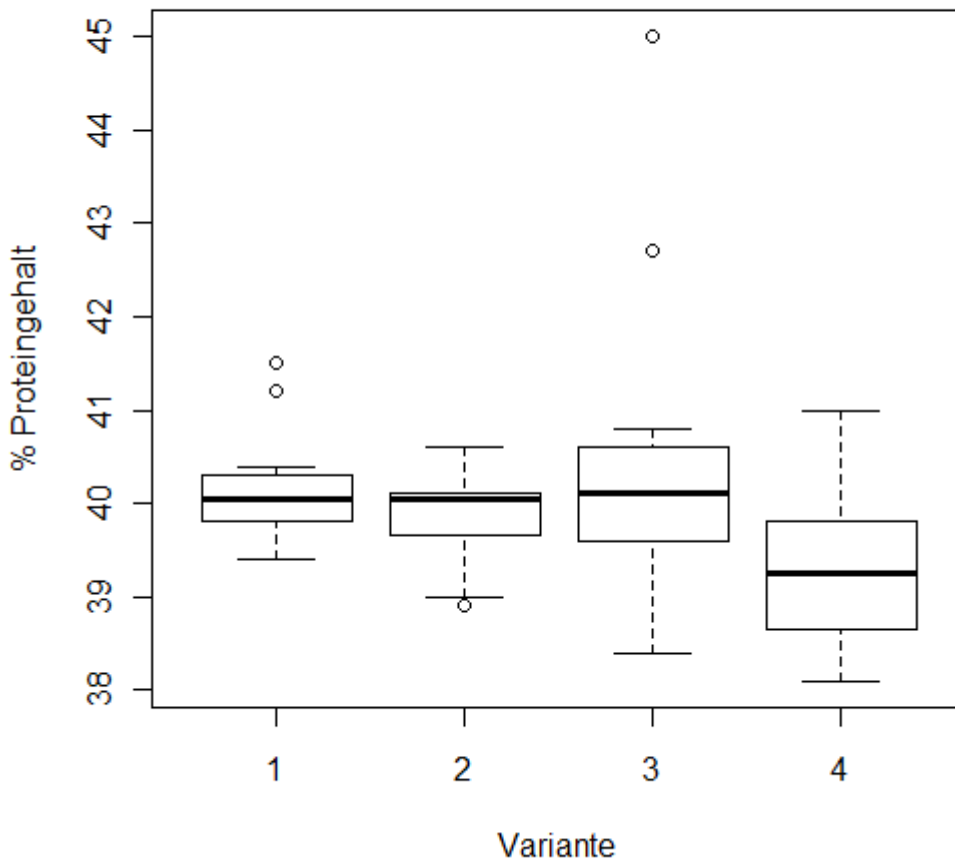
**Abbildung 9:** Ölgehalt in Prozent sortiert nach Bodenbearbeitung und Wassermenge (280 mm unberegnung, 334,9 mm Auslegerstativ, 363,9 mm Tropfberegnung, 406,6 mm Rohrnetzbergnung) in der Reihenfolge: BB1BW2, BB1BW4, BB1BW1, BB1BW3, BB2BW2, BB2BW4, BB2BW1, BB2BW3, BB3BW2, BB3BW4, BB3BW1, BB3BW3, BB4BW2, BB4BW4, BB4BW1, BB4BW3

Der Mittelwert aller Messungen liegt bei 22,76 %. Auffallend ist die breite Streuung in der Variante BB3BW2 (minimierte Bodenbearbeitung ohne Beregnung)

**Proteingehalt:**

Geordnet nach der Bodenbearbeitungsmethode ohne weitere Berücksichtigung der Bewässerung, streut der Proteingehalt bei der Variante mit minimierter Bodenbearbeitung am meisten, bei reduzierter Bodenbearbeitung am wenigsten. Der höchste durchschnittliche Proteingehalt wird mit 40,39 % bei minimierter Bodenbearbeitung gemessen, dann folgen konventionelle Bodenbearbeitung (40,19 %), reduzierte Bodenbearbeitung (39,88 %) und Direktsaat (39,28 %).

**Proteingehalt in % nach Bodenbearbeitung 2019**



**Abbildung 10** zeigt den Proteingehalt, geordnet nach Bodenbearbeitung in der Reihenfolge: mit Pflug, reduzierte BB (2 x Grubber), minimierte BB (1 x Grubber), Direktsaat

*Statistische Analyse des Proteingehaltes: H0: Proteingehalt ist normalverteilt: annehmen bei Bewässerung, ablehnen bei Bodenbearbeitung*

*Bewässerung: Kruskal-Wallis chi-squared = 3.9647, df = 3, p-value = 0.2653*

*Bodenbearbeitung: Kruskal-Wallis chi-squared = 10.725, df = 3, p-value = 0.01331*

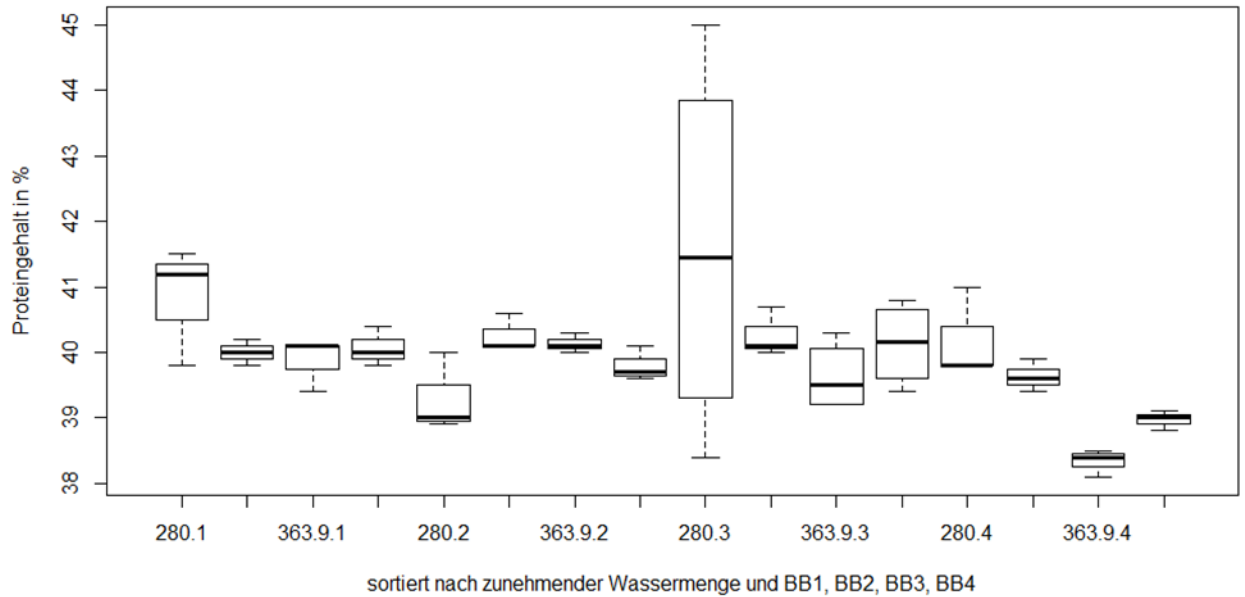
*H0: Varianzen sind gleich: annehmen für Bodenbearbeitung, ablehnen für Bewässerung*

*Bodenbearbeitung: F = 0.96303, num df = 51, denom df = 51, p-value = 0.8935*

*Bewässerung: F = 0.00053274, num df = 51, denom df = 51, p-value < 2.2e-16*

*Keine Varianzanalyse zulässig.*

Proteingehalt in % nach Wassermenge und Bodenbearbeitung, Obersiebenbrunn 2019

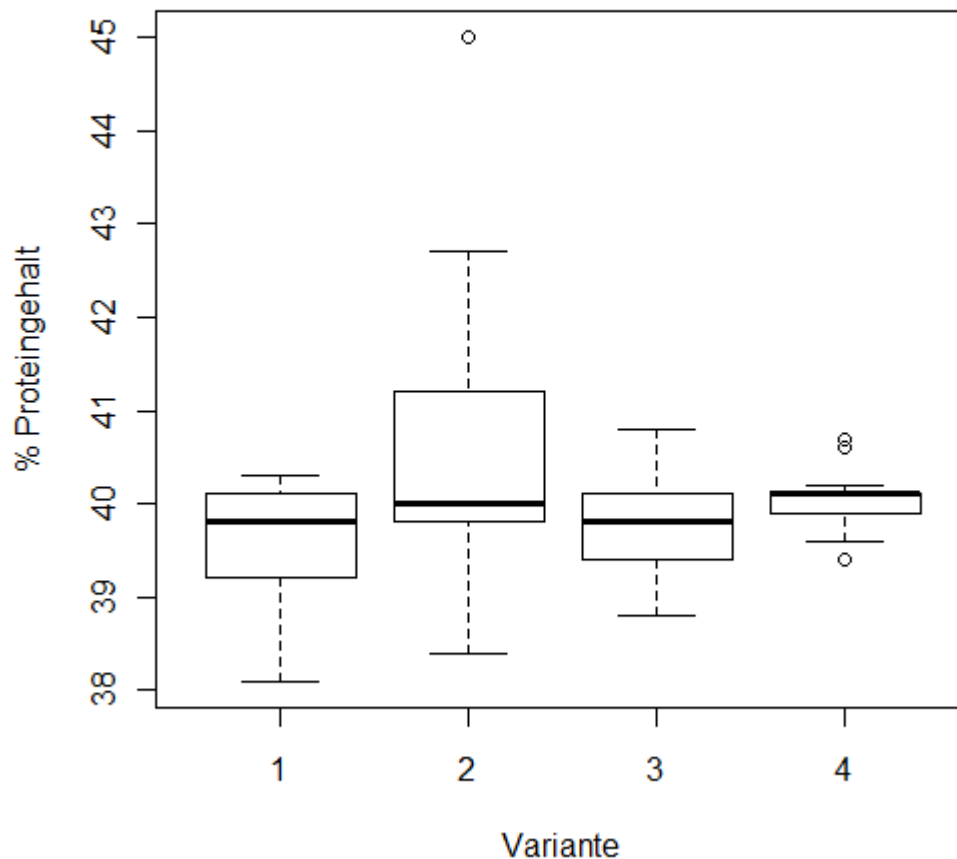


**Abbildung 11:** Proteingehalt in Prozent sortiert nach Bodenbearbeitung und Wassermenge (280 mm unberegnet, 334,9 mm Auslegerstativ, 363,9 mm Tropfberegnung, 406,6 mm Rohrnetzbergnung) in der Reihenfolge: BB1BW2, BB1BW4, BB1BW1, BB1BW3, BB2BW2, BB2BW4, BB2BW1, BB2BW3, BB3BW2, BB3BW4, BB3BW1, BB3BW3, BB4BW2, BB4BW4, BB4BW1, BB4BW3

Der Mittelwert aller Messungen liegt bei einem Proteingehalt von 39,97 %. Der höchste Proteingehalt wird mit 41,58 % bei minimierter Bodenbearbeitung ohne Zusatzbewässerung gemessen, der niedrigste bei Direktsaat und Tropfberegnung (38,33 %). Die Darstellung als Boxplot zeigt die große Streuung, aber auch hohen Werte, der Proteingehalte in der Variante minimierte Bodenbearbeitung ohne Zusatzbewässerung (BB3BW2). Ohne Zusatzbewässerung wurden auch bei konventioneller Bodenbearbeitung und bei Direktsaat die höchsten Proteinwerte gemessen. Bei reduzierter Bodenbearbeitung (BB2) ist die Verteilung der Proteingehalte ausgeglichen.

Der höchste Proteingehalt bei alleiniger Sortierung nach der Zusatzbewässerungsvariante zeigt mit 40,56 % bei der Variante ohne Zusatzbewässerung den höchsten Wert. Dann folgen die Variante mit dem Bewässerungsstativ (40,05 %), die Rohrnetzbergungsvariante (39,77 %) und zuletzt die Variante mit Tropfberegnung (39,5 %).

### Proteingehalt in % nach Bewässerung 2019



**Abbildung 12** zeigt den Proteingehalt, geordnet nach Bewässerung in der Reihenfolge: Tropfberegnung, unbewässert, Rohrnetzbergung, Gießwagenbergung

Geordnet nach der Bewässerungsmethode streut die unbewässerte Variante am stärksten, die Gießwagenvariante am geringsten. Die Varianten unterscheiden sich nicht signifikant.

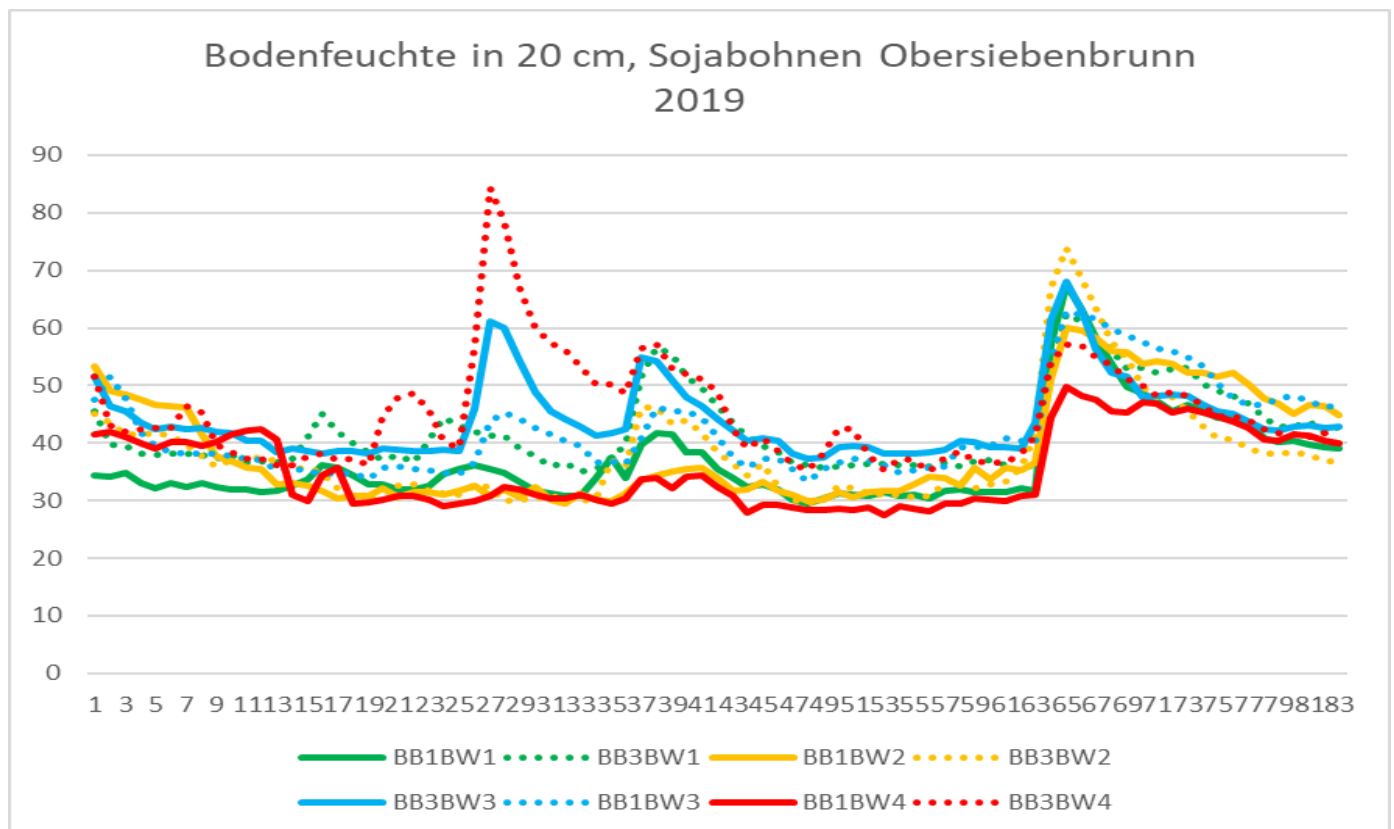
## Bodenfeuchtefühler

Um von jedem Meßpunkt 2 Werte zu haben, wurden 2019 alle konventionellen und minimierten Bodenbearbeitungsvarianten in jeder Bewässerungsvarianten mit 2 Meßfühlern versehen. Diese wurden auf 20 cm Bodentiefe gesteckt.

Insgesamt wurden die 48 Messfühler so auf 24 Standorte verteilt. Pro Kombination aus Bodenbearbeitung und Bewässerung können so 6 Messwerte gekoppelt betrachtet werden.

	mm Wasser	konventionelle Bodenbearbeitung		minimierte Bodenbearbeitung	
		MW	STABW.N	MW	STABW.N
<b>Tropfer</b>	214,4	36,62	11,60	42,07	13,46
<b>unberechnet</b>	148,2	38,51	16,66	38,09	13,28
<b>Rohrnetz</b>	242,7	42,03	16,57	44,07	11,93
<b>Stativ</b>	192,0	35,68	12,06	45,38	18,97

**Tabelle 3** zeigt die Niederschläge und Bewässerungsmengen im Messzeitraum 8. Juli bis 28. September 2019 und die gemittelte Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe gemessen über Plantcaresensoren

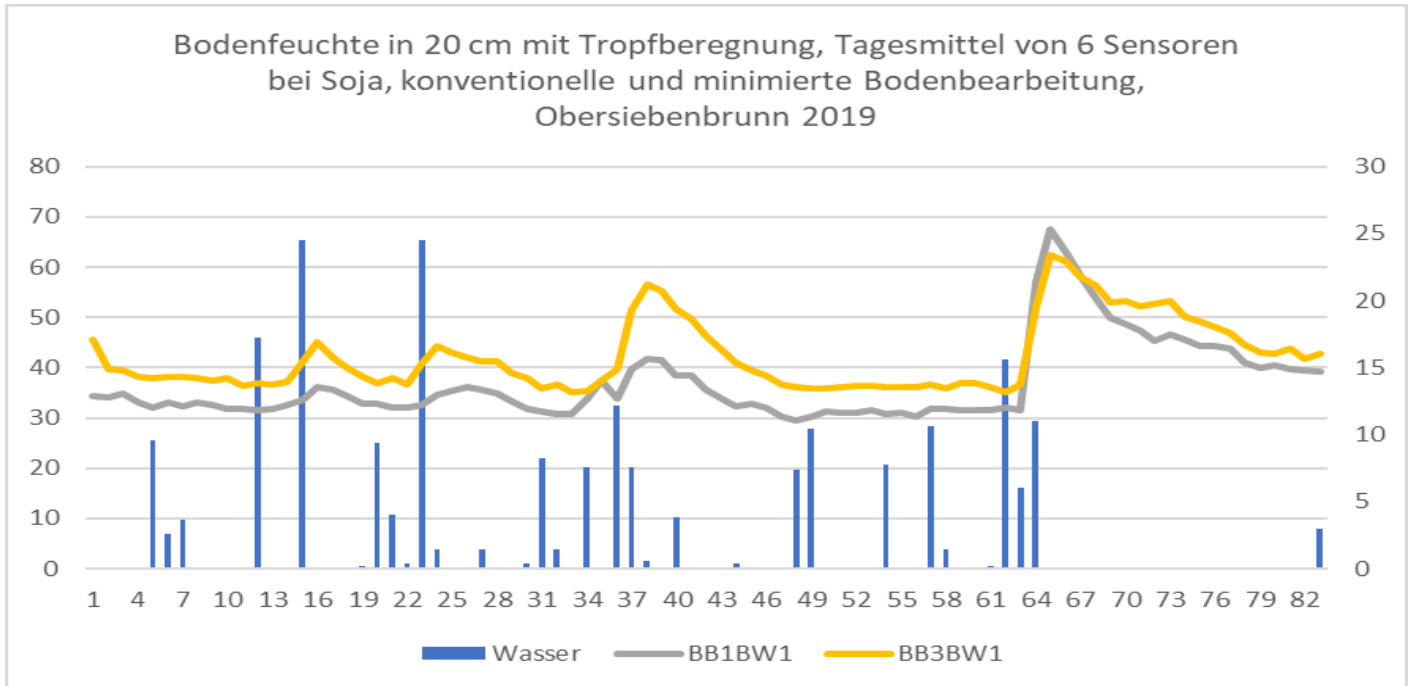


**Abbildung 14** zeigt die Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe im Zeitraum 8.7.-28.9.2019, Daten stellen die Tagesmittelwerte von jeweils 6 Plantcaresensoren in gleicher Bodenbearbeitungs- und Bewässerungsvariante dar

Ohne Zusatzberegnung sind in den 82 Tagen des Beobachtungszeitraumes 148,2 mm Regen gefallen. In 20 cm Bodentiefe ist kein Unterschied zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten zu erkennen.

Bei den Beregnungsvarianten ist die Bodenfeuchte bei minimierter Bodenbearbeitung immer höher als in der konventionellen Bodenbearbeitungsvariante. Der höchste Bodenfeuchtegehalt wurde mit 45 % im Mittel bei Beregnung mit dem Auslegerstativ gemessen. Bei konventioneller

Bodenbearbeitung sank der Feuchtegehalt auf 36 %. Geringer fallen die Unterschiede der Bodenbearbeitung bei der Rohrnetzberegnung aus. 44 % mittlere Bodenfeuchte bei minimierter Bodenbearbeitung stehen 42 % bei konventioneller Bodenbearbeitung gegenüber. Bei Tropfberegnung ist der Boden bei minimierter Bodenbearbeitung mit durchschnittlich 42 %, bei konventioneller Bodenbearbeitung mit 37 % durchfeuchtet.



**Abbildung 15** zeigt die Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe im Zeitraum 8.7.-28.9.2019 bei Tropfberegnung. Die Linien stellen die Tagesmittelwerte von jeweils 6 Plantcaresensoren in gleicher Bodenbearbeitungsvariante dar

Die beiden Kurven zeigen Feuchtigkeitsanstiege bei Beregnung über die Tropfschläuche und bei ergiebigen Niederschlägen. Der Verlauf der Kurven ist gut nachvollziehbar. Konventionelle Bodenbearbeitung führt fast immer zu geringerer Bodenfeuchte als minimierte.

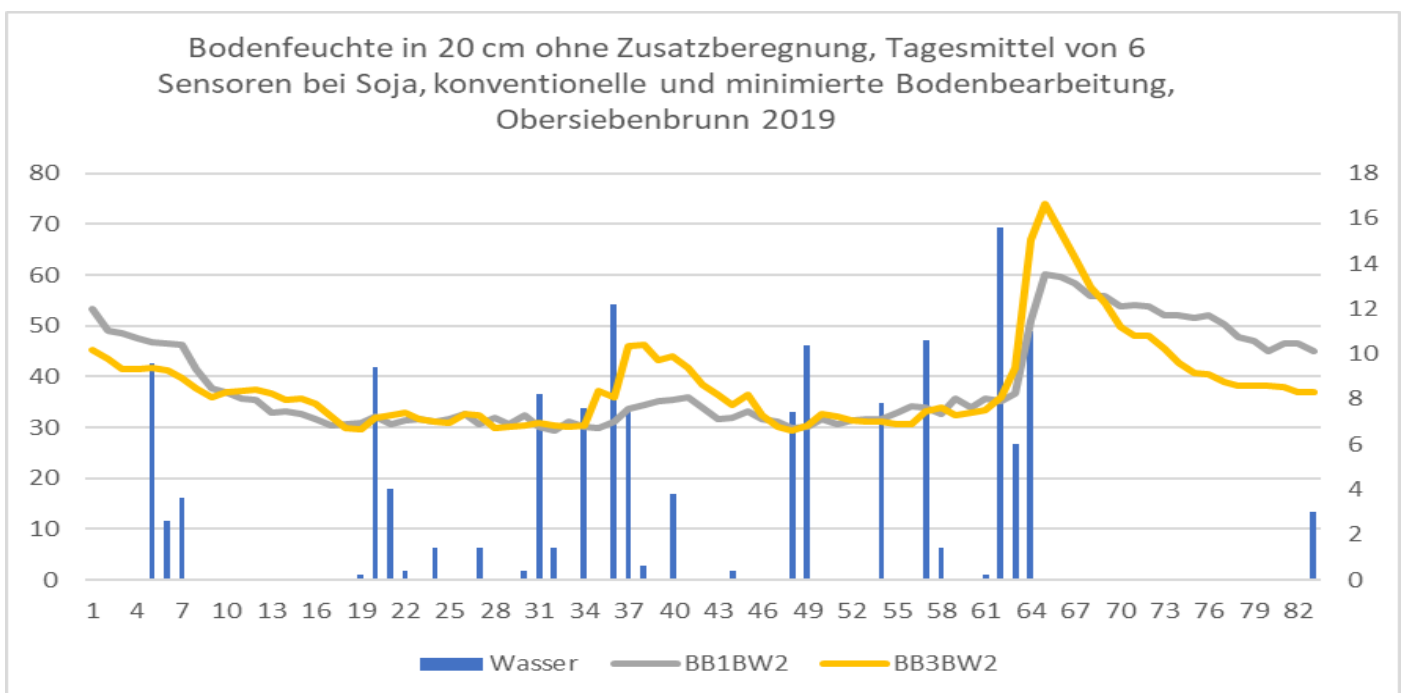




Abbildung 16 zeigt die Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe im Zeitraum 8.7.-28.9.2019 ohne Zusatzberegnung. Die Linien stellen die Tagesmittelwerte von jeweils 6 Plantcaresensoren in gleicher Bodenbearbeitungsvariante dar.

Die beiden Kurven verlaufen vergleichbar, bei ergiebigen Niederschlägen ist das aber bei minimierter- rascher bemerkbar als bei konventioneller Bodenbearbeitung.

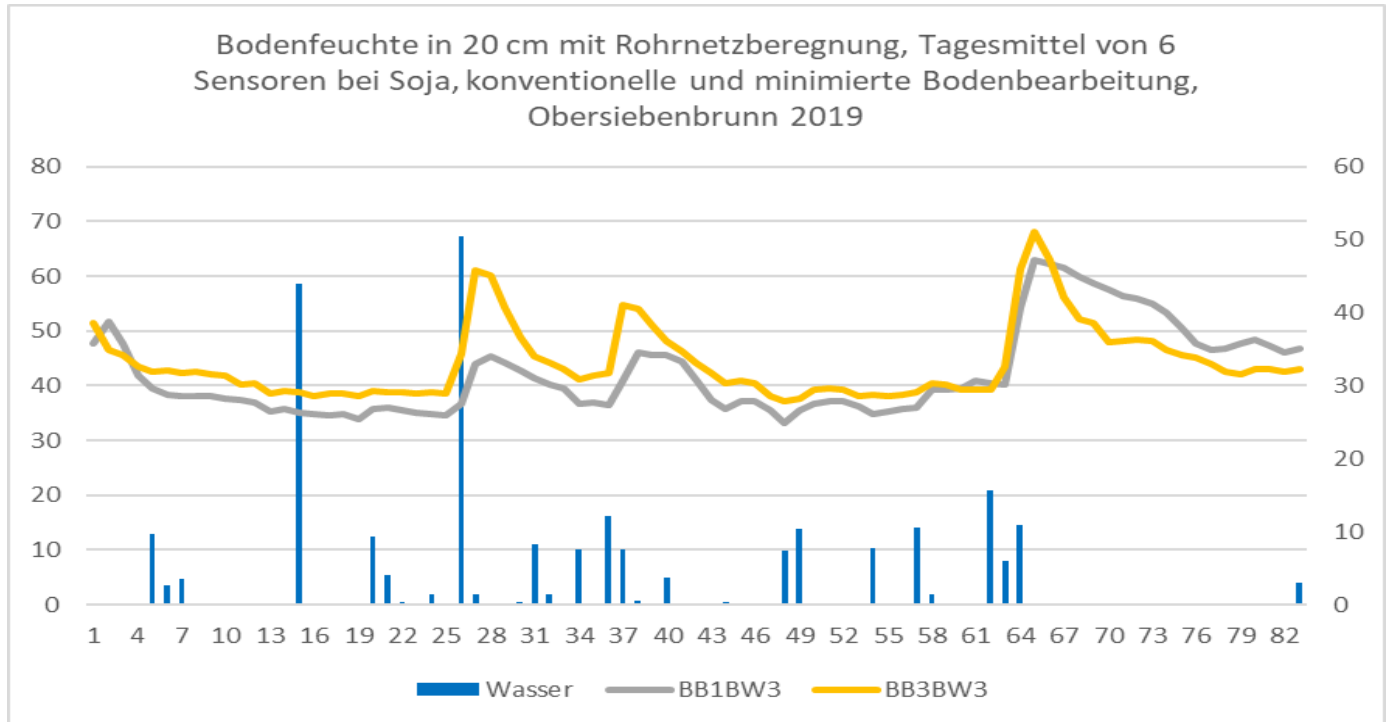


Abbildung 17 zeigt die Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe im Zeitraum 8.7.-28.9.2019 bei Rohrnetzberegnung. Die Linien stellen die Tagesmittelwerte von jeweils 6 Plantcaresensoren in gleicher Bodenbearbeitungsvariante dar.

Bei Rohrnetzberegnung ist bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten ein Anstieg der Bodenfeuchte nach ergiebigen Niederschlägen ablesbar. Minimierte Bodenbearbeitung zeigt bis Anfang September die höheren Bodenfeuchtwerte an.

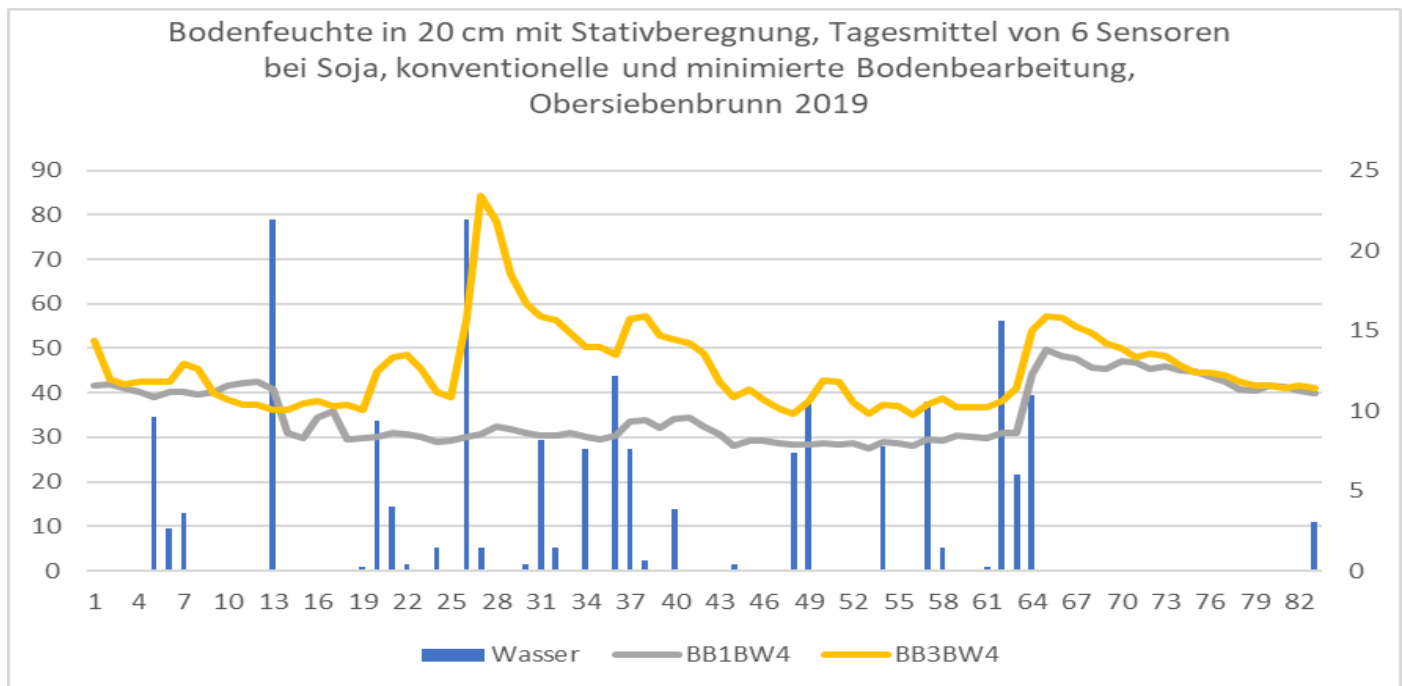


Abbildung 18 zeigt die Bodenfeuchte in 20 cm Bodentiefe im Zeitraum 8.7.-28.9.2019 bei Stativberegnung. Die

Linien stellen die Tagesmittelwerte von jeweils 6 Plantcaresensoren in gleicher Bodenbearbeitungsvariante dar.

Auch bei Verwendung des Auslegerstativs ist der Bodenfeuchtegehalt bei minimierter Bodenbearbeitung fast täglich höher als bei Anwendung der konventionellen Bodenbearbeitung.

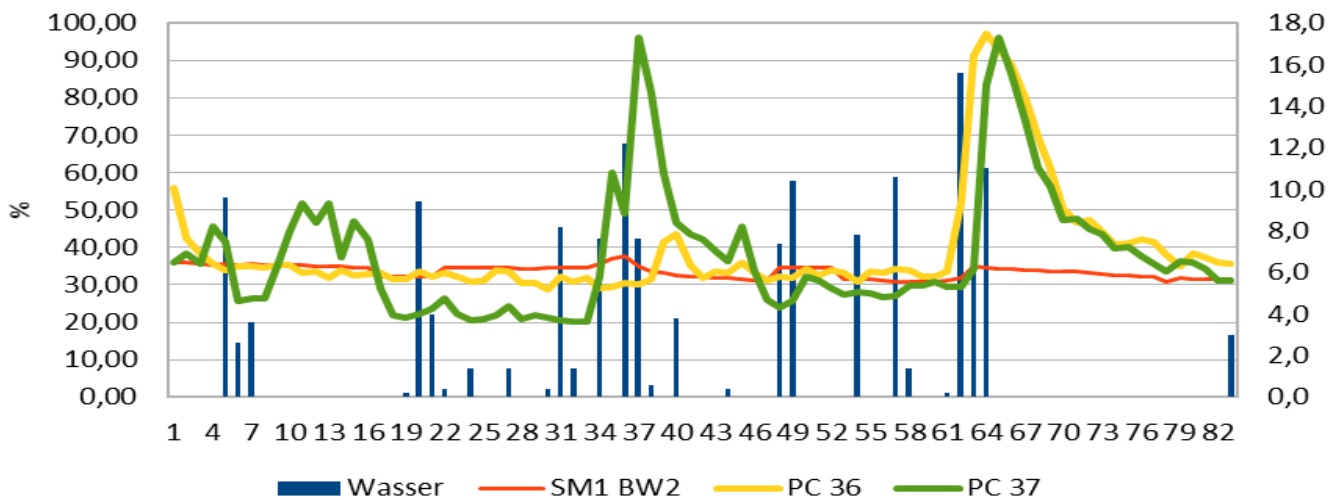
**Vergleich der Bodenfeuchtefühler Plantcare und SM1 in 20 cm Tiefe**

Zusätzlich wurden in der 3. Wiederholung der minimierten Bodenbearbeitungsvariante die Ergebnisse der Plantcare Messfühler mit jenen der SM1 in 20 cm Bodentiefe verglichen.

	Tropfer	unbewässert	Rohrnetz	Stativ
mm Juli - September	214,4	148,2	242,7	192
MW SM1	51,08	33,54	47,62	46,13
MW PC A	39,85	39,28	40,96	40,58
MW PC B	46,56	38,09	43,69	65,26

**Tabelle 4** zeigt die Wassermenge aus Regen und Bewässerung für den Messzeitraum 8. Juli bis 28. September 2019, die mittlere gemessene Bodenfeuchte bei SM1 und 2 Plantcaresensoren (PC A, PC B)

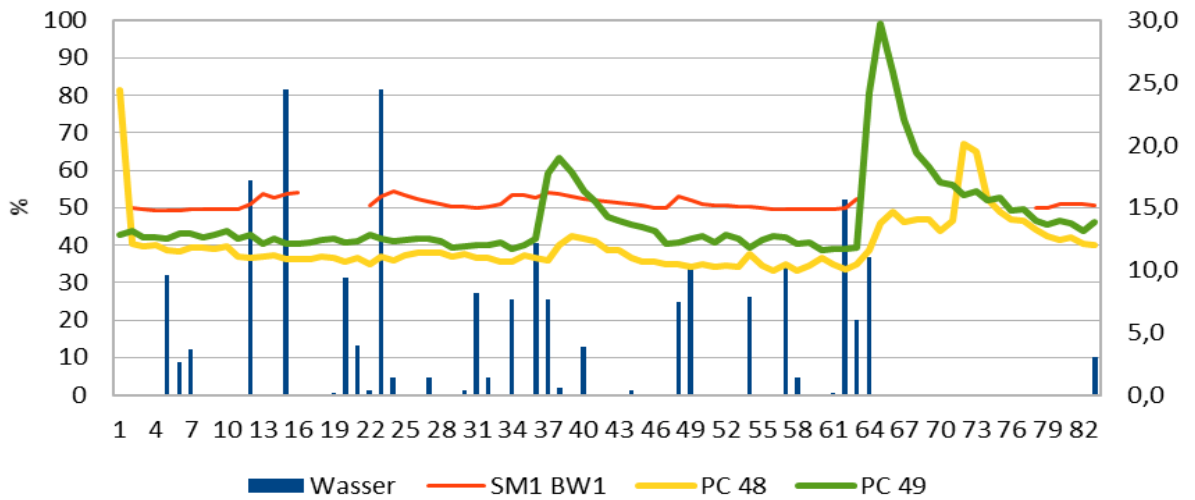
**Feuchte ohne Zusatzberegnung in 20 cm Bodentiefe gemessen mit SM 1 und 2 Plantcaresensoren**



**Abbildung 19** zeigt den Vergleich der Variante ohne Zusatzberegnung. Die blauen Säulen sind natürliche Niederschlagsereignisse und sind auf der rechten y-Achse in mm dargestellt, die Nummerierung von 1 bis 82 auf der x-Achse zeigt den Zeitverlauf

Nicht alle Niederschlagsereignisse werden in 20 cm Bodentiefe registriert. Über den Verlauf der 82 Messtage war der Boden in dieser Variante mit 34 % bei der SM1 und 38, bzw. 39 % bei den Plantcaresensoren sehr trocken. PC37 schlug stärker aus als PC36. SM1 reagiert in 20 cm Tiefe nur wenig auf Niederschläge.

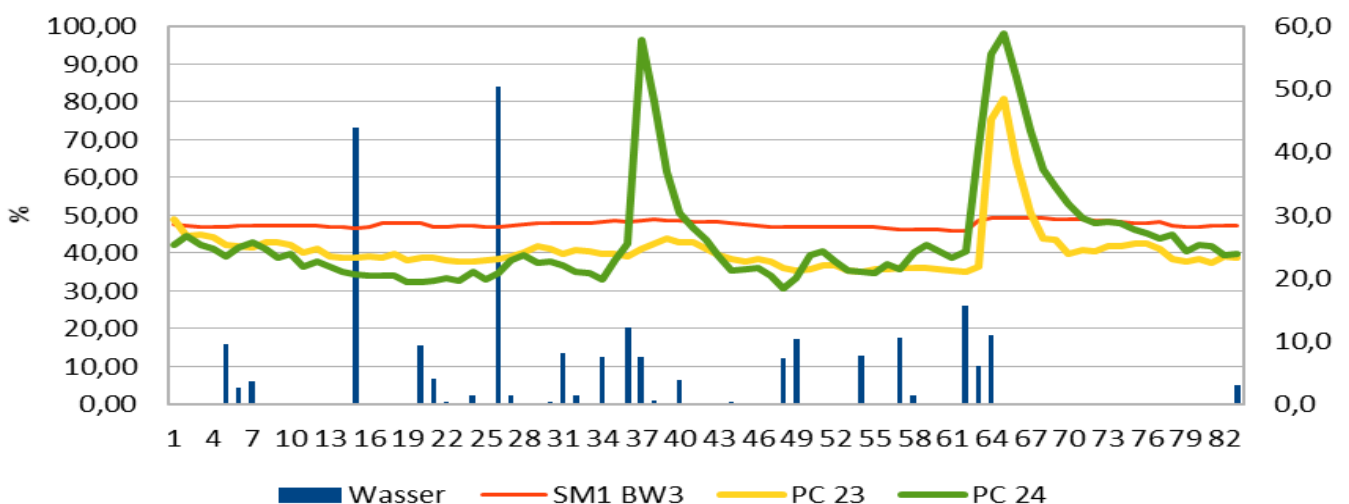
Feuchte bei Tropfberegnung in 20 cm Bodentiefe gemessen mit SM1 und 2 Plantcaresensoren



**Abbildung 20** zeigt den Vergleich der Variante mit Tropfberegnung. Die blauen Säulen sind natürliche Niederschlagsereignisse und die getropften Wassermengen. Sie sind auf der rechten y-Achse in mm dargestellt, die Nummerierung von 1 bis 82 auf der x-Achse zeigt den Zeitverlauf

Nicht alle Niederschlagsereignisse werden in 20 cm Bodentiefe registriert. Über den Verlauf der 82 Messtage war der Boden in dieser Variante mit 51 % bei der SM1 am wenigsten trocken. Die Plantcaresensoren zeigten 40, bzw. 47 % und unterscheiden sich damit nur wenig von jenen bei den anderen hier verglichenen Bewässerungsvarianten bei Wiederholung 3 der minimierten Bodenbearbeitung. PC49 lag fast immer über den Messwerten von PC48. Für die SM1 fehlen zeitweise die Messwerte.

Feuchte bei Rohrnetzbergnung in 20 cm Bodentiefe gemessen mit SM 1 und 2 Plantcaresensoren



**Abbildung 21** zeigt den Vergleich der Variante mit Rohrnetzbergnung. Die blauen Säulen sind natürliche Niederschlagsereignisse und die mit Sektorregnern ausgebrachten Wassermengen. Sie sind auf der rechten y-Achse in mm dargestellt, die Nummerierung von 1 bis 82 auf der x-Achse zeigt den Zeitverlauf

Nicht alle Niederschlagsereignisse und überhaupt nicht die beiden im dargestellten Zeitraum

liegenden Bewässerungseignisse (Tage 15 und 26) werden in 20 cm Bodentiefe registriert. Über den Verlauf der 82 Messtage waren die Feuchtwerte des Bodens in dieser Variante mit 48 % bei der SM1 höher als bei den Plantcaresensoren. Diese zeigten 41, bzw. 44 %.

Feuchte bei Stativberegnung in 20 cm Bodentiefe gemessen mit SM1 und 2 Plantcaresensoren

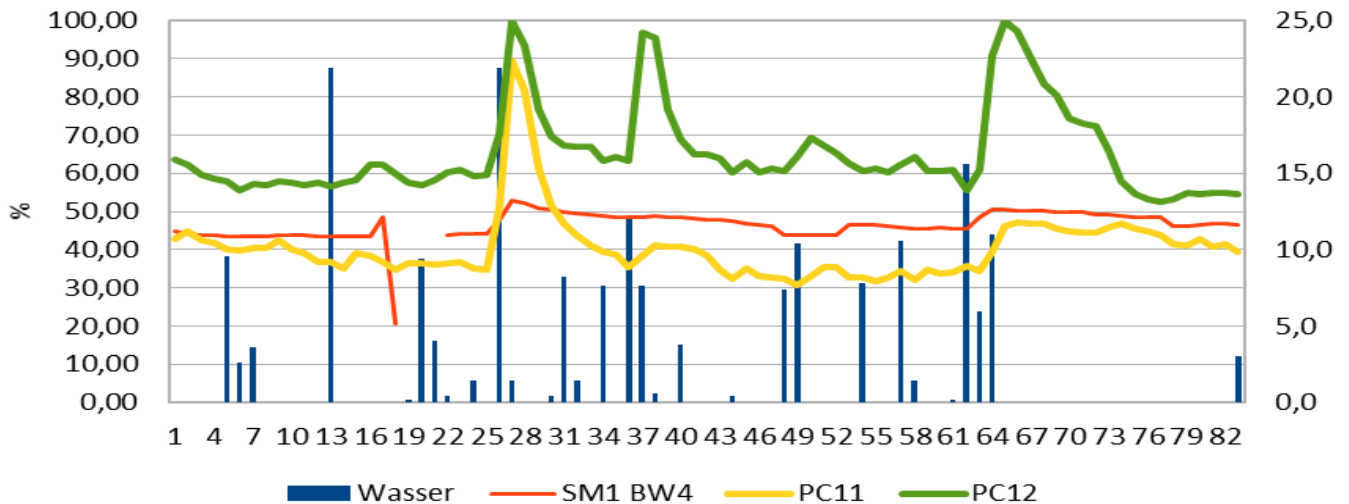


Abbildung 22 zeigt den Vergleich der Variante mit Stativberegnung. Die blauen Säulen sind natürliche Niederschlagsereignisse und die versprühten Wassermengen. Sie sind auf der rechten y-Achse in mm dargestellt, die Nummerierung von 1 bis 82 auf der x-Achse zeigt den Zeitverlauf

Nicht alle Niederschlagsereignisse werden in 20 cm Bodentiefe registriert. Über den Verlauf der 82 Messtage lag die Bodenfeuchte in dieser Variante mit 46 % bei der SM1 zwischen der beiden Plantcaresensoren, die zeigten 41, bzw. 65 % an. Für die SM1 fehlen zeitweise die Messwerte.

## Zusammenfassung

Am Bodenbearbeitungsversuch wurden zum zweiten Mal in Folge Sojabohnen gesät. Die 4 Bodenbearbeitungsvarianten, konventionelle Bodenbearbeitung (BB1), reduzierte Bodenbearbeitung (BB2), minimierte Bodenbearbeitung (BB3) und Direktsaat (BB4), wurden mit 4 Bewässerungsvarianten, Tropfberegnung (BW1), unberegnung (BW2), Rohrnetzbergnung (BW3) und Gießwagenbergnung (BW4) kombiniert. Auch 2019 war die Notwendigkeit der Beregnung zur Ertragsicherung deutlich erkennbar. Eine neuerliche Temperaturzunahme über die meisten Monate des Jahres unterstreicht dies deutlich.

Der höchste Ertrag in kg/ha wurde bei reduzierter Bodenbearbeitung und Tropfberegnung (BB2BW1) geerntet. Am wenigsten wurde bei Direktsaat ohne Bewässerung (BB4BW2) geerntet. Die höchste Wassernutzungseffizienz, somit der geringste Transpirationskoeffizient, wurde bei reduzierter Bodenbearbeitung und Bewässerung mittels Gießwagen (BB2BW4) errechnet. Umgekehrt wurde bei Direktsaat ohne Zusatzbergnung am wenigsten Sojabohnen je Liter Wasser geerntet, bzw. am meisten Wasser benötigt um 1 kg TM zu bilden.

Der höchste Proteingehalt wurde bei minimierter Bodenbearbeitung ohne Bewässerung erreicht, der geringste bei Direktsaat und Tropfberegnung.

Der höchste Ölgehalt wurde bei Direktsaat ohne Bewässerung erreicht, der geringste bei minimierter Bodenbearbeitung und Rohrnetzbergnung.

Da die Voraussetzungen von Normalverteilung und Varianzhomogenität nicht vorliegen, konnte keine Varianzanalyse über Ertragsdaten durchgeführt werden.

Die Messung der Bodenfeuchte wurde 2019 fortgesetzt. Um größere Sicherheit und Vergleichbarkeit der Bodenfeuchtemesswerte zu erreichen, wurden je 2 Plantcaresensoren in den Bodenbearbeitungsvarianten BB1, konventionelle Bodenbearbeitung und BB3, minimierte Bodenbearbeitung auf 20 cm Bodentiefe gesteckt. Die Bodenbearbeitungsvarianten BB2, reduzierte Bodenbearbeitung und BB4, Direktsaat, konnten dadurch nicht untersucht werden. Zusätzlich wurden in einem Streifen der minimierten Bodenbearbeitung, BB3, weitere Messfühler zur Erhebung der Bodenfeuchte eingebaut. Die Messwerte dieser Messinstrumente werden von der Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft von Dr. Reinhard Nolz und Angela Morales bearbeitet.

Nur ergiebige Niederschläge oder Beregnungsgaben werden in 20 cm Bodentiefe registriert. Aus einem Vergleich der Messfühler SM1 in 20 cm Bodentiefe mit in einem Abstand von 1 m links und rechts davon stationiertem Plantcaresensoren ergeben sich schwer erklärbare Unterschiede in der gemessenen Bodenfeuchte. Allgemein messen die Plantcaresensoren deutlichere Feuchtigkeitsveränderungen als die SM1-Sensoren, dabei weichen einzelne Sensoren aber stark voneinander ab. Die Sinnhaftigkeit des unveränderten Einsatzes der Plantcaresensoren in diesem Versuch ist zu hinterfragen.

Der Versuch wird 2020 zunächst mit Winterweizen als Fruchtart fortgesetzt. Anschließend wird eine zu bewässernde Blattfrucht gesät werden.