

## Vorfrucht- und Fruchtfolgeeffekte auf die Verunkrautung in Zuckerrüben und Winterweizen im Systemversuch Fruchtfolge Harste

*Preceding crop and crop rotational effects on weed infestation in sugar beet and winter wheat in the crop rotation experiment Harste*

**Philipp Götze\*, Heinz-Josef Koch**

Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstr. 77, 37079 Göttingen, Germany

\*Korrespondierender Autor, goetze@ifz-goettingen.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.012



### Zusammenfassung

Im integrierten Pflanzenschutz kommt der Fruchtfolge als vorbeugende Maßnahme zur Kontrolle von Krankheiten und Unkräutern eine hohe Bedeutung zu. Der Wechsel von Halm- und Blattfrüchten bzw. Sommerungen und Winterrungen soll dem Aufbau einseitiger Unkrautpopulationen entgegenwirken. Im Systemversuch Fruchtfolge in Harste sollte daher der Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Verunkrautung in Zuckerrüben (ZR) und Winterweizen (WW) in nachfolgenden Fruchtfolgen geprüft werden (untersuchte Fruchtfolgefelder sind mit\* gekennzeichnet): 1.) ZR\*-WW\*-WW, 2.) WW\*-Monokultur, 3.) Silomais (SM)-WW\*-WW, 4.) Winterraps (WRa)-WW\*-WW, 5.) ZR\*-WW\*-SM und 6.) ZR\*-WW\*-WRa-WW-WW-Körnererbse (KE). Hierzu wurden im Frühjahr 2018 unbehandelte Boniturparzellen angelegt und nach Abschluss der Herbizid-Maßnahmen die artspezifische Abundanz und die oberirdische Trockenmasse bestimmt. In ZR wurde eine signifikant höhere Gesamtunkrautabundanz und -trockenmasse in der Fruchtfolge ZR-WW-WRa-WW-WW-KE gegenüber der Fruchtfolge ZR-WW-WW vorgefunden. In der Fruchtfolge ZR-WW-WRa-WW-WW-KE wurde zudem eine signifikant höhere Abundanz an MATCH und eine signifikant höhere Trockenmasse an STEME nachgewiesen als in der Fruchtfolge ZR-WW-SM. Die Fruchtfolge ZR-WW-SM wies tendenziell den geringsten Shannon-Index der Unkrautabundanz auf, was auf eine Dominanz von ECHCG zurückzuführen ist. Die Fruchtfolge ZR-WW-WRa-WW-WW-KE wies tendenziell das diverseste Unkrautspektrum auf. In WW war die Gesamtunkrautabundanz nach der Vorfrucht WRa signifikant am höchsten. Unterschiede in der Unkrauttrockenmasse und im Shannon-Index waren geringer und nicht signifikant.

**Stichwörter:** Oberirdische Unkrautbiomasse, Shannon-Index, Unkrautabundanz

### Abstract

In integrated pest management, crop rotation is of great importance as a preventive measure for the control of diseases and weeds. The alternation of cereals and leaf crops, and spring and winter crops aims to counteract the development of biased weed populations. In the crop rotation experiment in Harste the influence of different crop rotations on weed infestation in sugar beets (SB) and winter wheat (WW) was determined in subsequent crop rotations (investigated crop rotation fields are marked with \*): 1.) SB\* -WW\* -WW, 2.) WW\* monoculture, 3.) silage maize (SM) -WW\* -WW, 4.) winter oilseed rape (WRa) -WW\* -WW, 5.) SB\* -WW\* -SM and 6.) SB\* -WW\* -WRa-WW-WW-grain pea (GP). For this purpose untreated sub plots were established in spring 2018 and, once the herbicide measures were completed in the treated part of the plots, weed species-specific abundance and above-ground dry matter were determined. In SB, a significantly higher total weed abundance and above-ground dry mass was found in the crop rotation SB-WW-WRa-WW-WW-GP compared to the crop rotation SB-WW-WW. In the crop rotation SB-WW-WRa-WW-WW-GP, a significantly higher abundance of MATCH and a significantly higher dry mass of STEME were detected than in the crop rotation SB-WW-SM. The SB-WW-SM crop rotation tended to have the lowest Shannon index of weed abundance due to the dominance of ECHCG. The crop rotation SB-WW-WRa-WW-WW-GP tended to show the most diverse weed spectrum. In WW, total weed abundance was significantly highest succeeding WRa. Above-ground weed dry matter and Shannon index differences were lower and not significant.

**Keywords:** Aboveground weed biomass, Shannon-index, weed abundance

### Einleitung

Im integrierten Pflanzenschutz kommt der Fruchtfolge als vorbeugende Maßnahme zur Kontrolle von Krankheiten und Unkräutern eine hohe Bedeutung zu. Der Wechsel von Halm- und Blattfrüchten bzw. Sommerungen und Winterrungen soll dem Aufbau einseitiger Unkrautpopulationen entgegenwirken. Die Integration von mehrjährigen Kulturarten in die Fruchtfolge reduziert das Auftreten einjähriger Problemunkräuter wie MERAN, POLCO oder CHEAL

(MEISS et al., 2010). Die Zusammensetzung der Segetalflora kann daher über den wechselnden Anbau von Kulturarten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten beeinflusst werden (NICHOLS et al., 2015). Der Anbau von Winterweizen in Monokultur führt z.B. zu einer spezifischen Segetalflora mit geringer Diversität, während der Wechsel zur Zweifelderwirtschaft mit Sommerblatfrüchten wie Zuckerrüben oder Ackerbohnen die Diversität der Segetalflora erhöhen kann (u.a. KOOCHEKI et al., 2009; RUISI et al., 2015). Im folgenden Beitrag soll überprüft werden, ob in einem zwölfjährigen Fruchtfolgeversuch Unterschiede in der Segetalflora in Zuckerrüben und Winterweizen in Abhängigkeit der Fruchtfolgestellung festzustellen sind.

## Material und Methoden

Für die Untersuchungen diente der in 2006 angelegte Systemversuch Fruchtfolge in der Nähe der Ortschaft Harste, Landkreis Göttingen (51°36'23.5"N, 9°51'55.8"E, Höhenlage 142 m ü. NN). Die langjährige (1980-2010), mittlere Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,2 °C und die mittlere Jahresniederschlagssumme 651 mm (DEUTSCHER WETTERDIENST DWD 2019). Bodentypologisch handelt es sich bei der Feldversuchsfläche um eine pseudovergleyte Parabraunerde und die Bodenart in der Ackerkrume ist ein schwach toniger Schluff (Ut2) (AG BODEN, 2005). Der Feldversuch ist als Gitteranlage mit 3 Wiederholungen und 6 unvollständigen Blöcken mit je 4 Parzellen je Block angelegt. Um den Effekt der Fruchtfolge unabhängig des Jahreseinflusses auswerten zu können, werden alle Fruchtfolge-Felder jedes Jahr parallel angebaut (Tab. 1). In den Fruchtfolgen 1, 5 und 6 kann der Effekt unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Verunkrautung in Zuckerrüben geprüft werden. Bei Betrachtung der Fruchtfolgen 1 bis 4 wird der Einfluss der Vorfrucht und Monokultur auf die Verunkrautung in Winterweizen untersucht. In den Fruchtfolgen 1, 5 und 6 wird die Verunkrautung von Winterweizen bei identischer Vorfrucht Zuckerrübe aber unterschiedlicher Anbaukonzentration und Komplementärfrüchten in der Fruchtfolge ausgewertet.

**Tab. 1** Fruchtfolgevarianten des Systemversuch Fruchtfolge Harste. Fruchtfolgefelder, in denen die Verunkrautung bestimmt wurde, sind mit \* gekennzeichnet (WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrübe, SM – Silomais, KE – Körnererbse, WRa - Winterraps).

**Tab. 1** Crop rotation variants of the crop rotation experiment Harste. Crop rotation fields marked by \* were included in the investigation of weed infestation (WW – winter wheat, ZR – sugar beet, SM – silage maize, KE – grain pea, WRa – winter oilseed rape, Senf – catch crop mustard, Phacelia – catch crop phacelia).

Fruchtfolge Nr.	Jahr / Fruchtfolgefeld					
	1	2	3	4	5	6
1	Senf_ZR*	WW*	WW			
2	WW*	Monokultur				
3	Senf_SM	WW*	WW			
4	WRa	WW*	WW			
5	ZR*	WW*	Senf_SM			
6	Senf_ZR*	WW*	WRa	WW	WW	Phacelia_KE

Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten in Anlehnung an die regionale fachliche Praxis. Winterweizen wurde einheitlich für alle untersuchten Fruchtfolgefelder am 25.10.2017 gesät (Saatstärke 350 Körner m<sup>-2</sup>), Zuckerrüben am 19.04.2018.

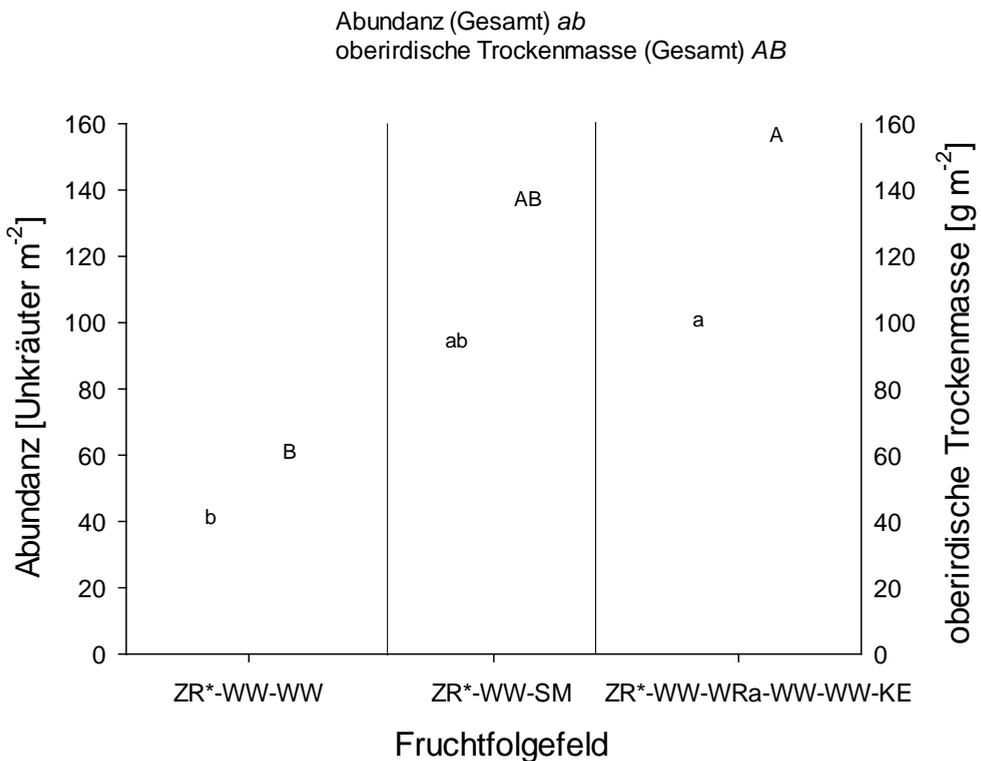
Zur Bestimmung der Verunkrautung wurden je Parzelle 4 Boniturparzellen (45 x 55 cm) angelegt, welche zu den Herbizidbehandlungen abgedeckt wurden. Nach Abschluss der Herbizidmaßnahmen im Frühjahr 2018 wurden die artspezifische Abundanz und die oberirdische Trockenmasse bestimmt sowie der Shannon-Index berechnet (Datum der Probenahme: Winterweizen 19.04., Zuckerrübe 07.06.).

Die statistische Auswertung erfolgte mittels F-Test und anschließendem Mittelwertvergleich (Tukey-Test) bei  $\alpha = 5 \%$  mit der Software SAS und der Proedur mixed nach vorheriger Transformation der Daten (arcsin Winkeltransformation). Dargestellt werden die re-transformierten Werte. Nur sporadisch auftretende Unkräuter werden unter *Weitere* zusammengefasst.

## Ergebnisse

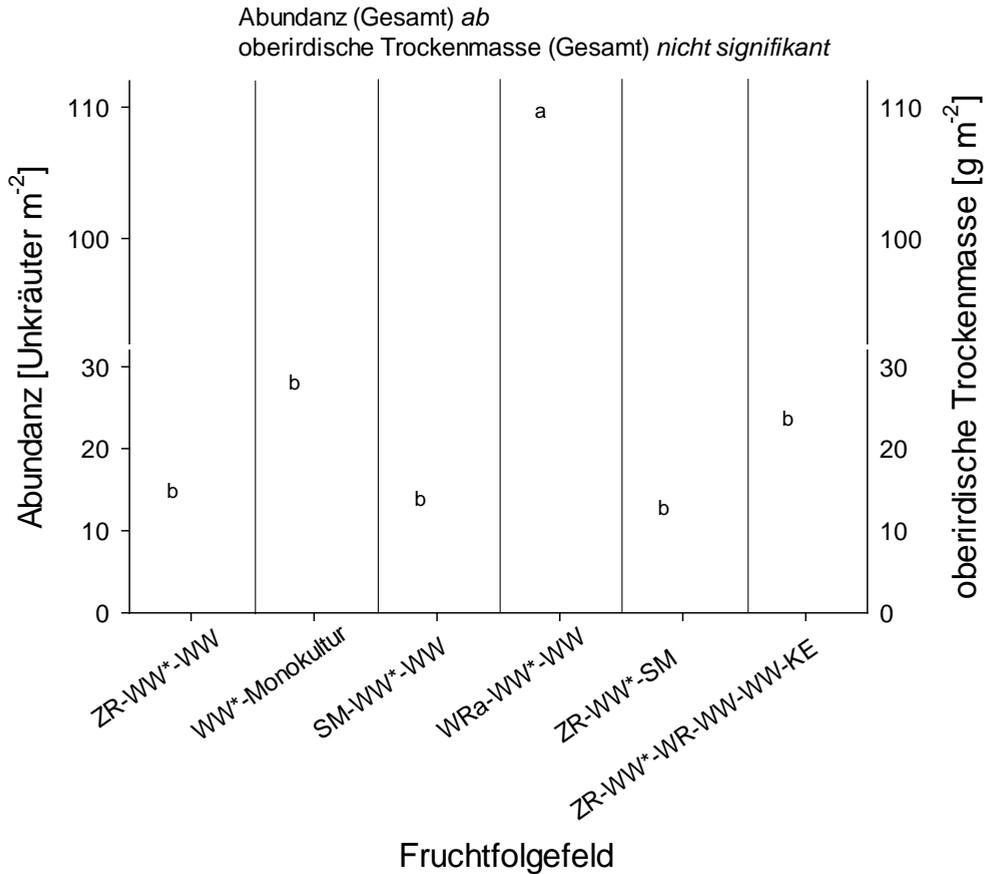
### Verunkrautung in Zuckerrüben

In Zuckerrüben wurde im Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-WW gegenüber den Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-WRa-WW-WW-KE eine signifikant und gegenüber dem Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-SM ein tendenziell geringere Gesamtunkrautabundanz und –trockenmasse festgestellt (Abb. 1). Die Verunkrautung war durch CHEAL, ECHCG und MATCH geprägt, wobei die artspezifische Abundanz und Trockenmasse in Abhängigkeit der Fruchtfolgestellung variierte (Tab. 2). So war die Abundanz und Trockenmasse von ECHCG und POAAN nach Silomais tendenziell höher im Vergleich zu den anderen Varianten, während MATCH und STEME eine signifikant höhere Abundanz im Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-WRa-WW-WW-KE im Vergleich zum Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-SM aufwies. Auch kam GALAP ausschließlich und THLAR tendenziell mit höherer Abundanz im Fruchtfolgefeld ZR\*-WW-WRa-WW-WW-KE vor.



**Abb. 1** Gesamtverunkrautung (Abundanz und oberirdische Trockenmasse) in Zuckerrüben bei unterschiedlicher Fruchtfolgestellung (markiert mit \*) im Systemversuch Fruchtfolge Harste in 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen bei  $p \leq 0,05$  (Tukey-Test) für Abundanz (Kleinbuchstaben) und oberirdische Trockenmasse (Großbuchstaben) (WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrübe, SM – Silomais, KE – Körnererbse, WRa – Wintererbsen).

**Fig. 1** Total weed infestation (abundance and aboveground dry matter) in sugar beet at varying position in the crop rotation (marked by \*) in the crop rotation experiment Harste 2018. Different letters indicate significant differences at  $p \leq 0,05$  (Tukey-test) for abundance (lower-case letters) and aboveground dry matter (upper-case letters) (WW – winter wheat, ZR – sugar beet, SM – silage maize, KE – grain pea, WRa – winter oilseed rape).



**Abb. 2** Gesamtverunkrautung (Abundanz und oberirdische Trockenmasse) in Winterweizen bei unterschiedlicher Fruchtfolgestellung (markiert mit \*) im Systemversuch Fruchtfolge Harste 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen der Abundanz bei  $p \leq 0,05$  (Tukey-Test) (WW – Winterweizen, ZR - Zuckerrübe, SM - Silomais, KE - Körnererbse, WRa - Wintererbsen).

**Fig. 2** Total weed infestation (abundance and aboveground dry matter) in winter-wheat at varying position in the crop rotation (marked by \*) in the crop rotation experiment Harste 2018. Different letters indicate significant differences for abundance at  $p \leq 0,05$  (Tukey-test) (WW – winter wheat, ZR – sugar beet, SM – silage maize, KE – grain pea, WRa – winter oilseed rape).

**Tab. 2** Auftreten von Unkrautarten (Abundanz und oberirdische Trockenmasse) in Zuckerrübe bei unterschiedlicher Fruchtfolgestellung (markiert mit \*) im Systemversuch Fruchtfolge Harste 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb einer Unkrautart bei  $p \leq 0,05$  (Tukey-Test) (WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrübe, SM – Silomais, KE – Körnererbse, WRa Winterraps).

**Tab. 2** Weed species infestation (abundance and aboveground dry matter) in sugar beet at varying position in the crop rotation (marked by \*) in the crop rotation experiment Harste 2018. Different letters indicate significant differences for each weed species at  $p \leq 0,05$  (Tukey-test) (WW – winter wheat, ZR – sugar beet, SM – silage maize, KE – grain pea, WRa – winter oilseed rape).

Unkrautart (Code)	Fruchtfolgefild		
	ZR*-WW-WW	ZR*-WW-SM	ZR*-WW-WRa-WW-WW-KE
	Abundanz [Unkräuter m <sup>-2</sup> ]		
CHEAL	2,31	6,98	10,96
ECHCG	8,62	54,07	18,61
GALAP	0,00	0,00	5,14
LAMAM	1,83	0,44	1,30
LAMPU	1,10	1,00	1,66
MATCH	3,11 ab	0,11 b	12,50 a
POAAN	0,33	7,48	0,83
STEME	2,80 ab	0,00 b	7,64 a
THLAR	4,28	1,99	7,94
VIOAR	0,00	0,11	4,53
Weitere	0,56	3,78	0,44
Shannon Index	5.01	3.50	5.71
	Trockenmasse [g m <sup>-2</sup> ]		
CHEAL	12,68	24,35	42,35
ECHCG	12,69	92,82	30,71
GALAP	0,00	0,00	4,39
LAMAM	1,34	0,13	1,19
LAMPU	1,47	0,40	1,97
MATCH	6,39	0,02	13,72
POAAN	0,07	0,37	0,01
STEME	1,36	0,00	4,72
THLAR	4,08	1,52	16,55
VIOAR	0,00	< 0,01	1,37
Weitere	0,79	2,20	0,38

### Verunkrautung in Winterweizen

In Winterweizen war die Gesamtunkrautabundanz nach der Vorfrucht Winterraps signifikant höher als in anderer Fruchtfolgestellung. Signifikante Unterschiede in der Gesamtunkrauttrockenmasse waren nicht vorhanden (Abb. 2). Tendenziell war nach den Vorfrüchten Zuckerrüben und Silomais eine geringere Gesamtunkrauttrockenmasse festzustellen als nach Winterraps und in Winterweizen-Monokultur. Das Unkrautspektrum bestand standorttypisch hauptsächlich aus THLAR, STEME, MATCH, LAMPU und POAAN (Tab. 3). Im Fruchtfolgefild WRa-WW\*-WW wurde eine höhere Abundanz an PAPH festgestellt als in Fruchtfolgen ohne Winterraps und die Abundanz von STEME war signifikant höher als im Fruchtfolgefild ZR-WW\*-WRa-WW-WW-KE. Ebenso kam THLAR fast ausschließlich in Parzellen nach Winterraps vor und GALAP kam ausschließlich in Fruchtfolgen mit Winterraps vor. Bei Betrachtung der artspezifischen Trockenmasse zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fruchtfolgefildvarianten. Vergleicht man z. B. die Trockenmasse und Abundanz von STEME in Winterweizen-Monokultur und im Fruchtfolgefild WRa-WW\*-WW, so ist eine variantenabhängige unterschiedliche Einzelpflanzentrockenmasse offensichtlich (nicht dargestellt), welche eine geringere Abundanz kompensiert.

**Tab. 3** Auftreten von Unkrautarten (Abundanz und oberirdische Trockenmasse) in Winterweizen bei unterschiedlicher Fruchtfolgestellung (markiert mit \*) im Systemversuch Fruchtfolge Harste 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb einer Unkrautart bei  $p \leq 0,05$  (Tukey-Test) (WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrübe, SM – Silomais, KE – Körnererbse, WRa – Winterraps).

**Tab. 3** Weed species infestation (abundance and aboveground dry matter) in winter-wheat at varying position in the crop rotation (marked by \*) in the crop rotation experiment Harste 2018. Different letters indicate significant differences for each weed species at  $p \leq 0,05$  (Tukey-test) (WW – winter wheat, ZR – sugar beet, SM – silage maize, KE – grain pea, WRa – winter oilseed rape).

Unkrautart (Code)	Fruchtfolgefeld		SM-WW* WW	WRa-WW* WW	ZR- WW*-SM	ZR-WW* WRa-WW- WW-KE
	ZR-WW* WW	WW* Mono- kultur				
	Abundanz [Unkräuter m <sup>-2</sup> ]					
CHEAL	0,11	0,22	0,89	0,11	0,11	0,00
GALAP	0,00	0,00	0,00	1,16	0,00	7,25
LAMPU	0,11	0,44	1,00	0,22	0,44	0,11
MATCH	3,66	4,13	2,95	2,07	1,33	1,75
PAPRH	0,11 b	0,33 b	0,44 b	34,1 a	0,00 b	3,65 ab
POAAN	0,83	3,05	0,44	0,11	0,65	1,10
POLAV	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
STEME	5,04 ab	14,54 ab	3,65 ab	24,58 a	6,5 ab	2,17 b
THLAR	0,11	0,00	0,00	21,28	0,00	0,00
Weitere	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Shannon Index	3,29	2,78	3,46	2,95	2,56	2,64
	Trockenmasse [g m <sup>-2</sup> ]					
CHEAL	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,00
GALAP	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	3,2
LAMPU	< 0,01	0,09	0,04	< 0,01	0,08	0,12
MATCH	0,02	0,15	0,09	< 0,01	0,07	0,09
PAPRH	< 0,01	0,10	< 0,01	4,49	0 b	0,08
POAAN	0,09	0,13	< 0,01	< 0,01	0,04	0,13
POLAV	< 0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
STEME	3,56	11,13	1,02	8,34	1,9	0,53
THLAR	< 0,01	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00
Weitere	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## Diskussion

Da die Ergebnisse an unbehandelten Parzellen erhoben wurden, geben diese Hinweise auf das Unkrautsamenpotential bzw. das Verunkrautungspotential. Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in 2018 sind nicht möglich. Allerdings ist ein Einfluss der Wirksamkeiten der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen der Vorjahre auf das Unkrautsamenpotential wahrscheinlich. Eine retrospektive Betrachtung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf die vorliegenden Ergebnisse ist nicht Inhalt dieses Beitrags, soll aber nach Auswertung weiterer Versuchsjahre zur Interpretation der Ergebnisse erfolgen.

Die Ergebnisse bestätigen Angaben aus der Literatur, dass die Segetalflora durch die Fruchtfolge beeinflusst wird (NICHOLS et al., 2015). Aufgrund der Versuchsstruktur lassen sich die ursächlichen Beziehungen aber nicht eindeutig zuordnen. Die höhere Verunkrautung in Zuckerrüben in den Fruchtfolgen ZR\*-WW-SM und ZR\*-WW-WRa-WW-WW-KE im Vergleich zur Fruchtfolge ZR\*-WW-WW kann zum einen auf einen unterlassenen Wechsel von Winterrungen/Sommerungen bzw. Halm-/Blattfrüchten (SM als Intensiv-Blattfrucht nach ANDREAE, 1959) zurückgeführt werden. Allerdings deutet die unterschiedliche Unkrautartenzusammensetzung in den Fruchtfolgen ZR\*-WW-SM und ZR\*-WW-WRa-WW-WW-KE auch auf einen Einfluss Vorfrucht bzw. der innerhalb der Fruchtfolge angebauten Kulturarten hin. Die im Winterweizen beobachtete Unkrautabundanz kann ebenso so nicht eindeutig in dem Anbau von Sommerungen/Winterrungen bzw. Halm-/Blattfrucht als

Vorfrucht begründet werden, sondern ist vermutlich auf den Anbau von Wintertraps zurückzuführen. Hervorzuheben ist, dass eine Häufung von einjährigen Ungräsern bei Anbau von Winterweizen in Monokultur, wie von KOOCHKEI et al. (2009) berichtet, vermutlich standortbedingt nicht bestätigt wurde. Die Untersuchungen sollen in weiteren Jahren wiederholt werden um gesicherte Hinweise zur Fruchtfolgegestaltung als vorbeugende Maßnahme im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes geben zu können.

### **Danksagung**

Die Autoren bedanken sich bei Julia Kroos und Simon Marx für die Unterstützung bei der Datenerhebung.

### **Literatur**

- ANDREAE, B., 1959: Wirtschaftslehre des Ackerbaus. Stuttgart 1959.
- AG BODEN, 2005: Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- DEUTSCHER WETTERDIENST DWD, 2019: [ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations\\_germany/climate/multi\\_annual/mean\\_81-10/](ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/multi_annual/mean_81-10/), zuletzt geprüft am 31.05.2019.
- KOOCHKEI, A., M. NASSIRI, L. ALIMORADI, R. GHORBANI, 2009: Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agron. Sustain. Dev.* **29**, 401–408.
- MEISS, H., S. MÉDIÈNE, R. WALDHARDT, J. CANEILL, N. MUNIER-JOLAIN, 2010: Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: Implications for integrated weed management. *Agronomy for Sustainable Development* **30**, 657–666.
- NICHOLS, V., N. VERHULST, R. COX, B. GOVAERTS, 2015: Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crop Res.* **183**, 56–68.
- RUISI, P., B. FRANGIPANE, G. AMATO, G. BADAGLIACCA, G. DI MICELI, A. PLAIA, D. GIAMBALVO, A. DAVIS, 2015: Weed seedbank size and composition in a long-term tillage and crop sequence experiment. *Weed Res.* **55**, 320–328.