



# **Erhöhung der Ressourceneffizienz im Weizenanbau durch Standraumoptimierung unter besonderer Berücksichtigung des Herbizideinsatzes (ReiWa)**

## **Abschlussbericht**

Aktenzeichen: 34669/01-34

Projektbeginn: 01.01.2020

Projektende: 31.12.2022

Laufzeit: 3 Jahre

Institution: Julius Kühn-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Erwin-Baur-Str. 27  
06484 Quedlinburg

Kooperationspartner:

Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz (JKI-AT)

Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde (JKI-PB)

Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland (JKI-A)

Verfasser: Daniel Herrmann (JKI-AT)  
Arnd Verschwele (JKI-A)  
Jan-Uwe Niemann (JKI-AT)  
Lorenz Kottmann (JKI-PB)  
Dieter von Hörsten (JKI-AT)

## I. Gliederung Abschlussbericht ReiWa

1. Anlass und Zielsetzung des Projekts.....	1
2. Material und Methoden.....	1
3. Aufbau einer Sämaschine zur Gleichstandsaat.....	3
4. Gesamtdarstellung der Feldversuchsergebnisse.....	4
4.1. Feldversuche im konventionellen Anbau.....	4
4.2. Feldversuche im ökologischen Anbau.....	10
4.3. Freilandversuche in Kleinparzellen (Betonrahmen-Parzellen).....	14
5. Diskussion.....	19
6. Öffentlichkeitsarbeit.....	20
7. Fazit.....	21

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der Saadmuster in Gleichstandsaat a) und Drillsaat b).....	1
Abbildung 2: Versuchsplan Freilandversuch ReiWa.....	2
Abbildung 3: Gleichstandsaat-Sämaschine mit zweibalkigem Aufbau.....	3
Abbildung 4: Variationskoeffizient der unterschiedlichen Aussaatverfahren.....	4
Abbildung 5: Gleichstandsaat-Sämaschine mit einbalkigem Aufbau.....	4
Abbildung 6: Einfluss von Aussaatverfahren und Herbizidaufwand auf die Verunkrautung.....	5
Abbildung 7: Einfluss von Aussaatverfahren und Herbizidaufwand auf den Kornertrag.....	6
Abbildung 8: Aussaat und mechanische Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau.....	10
Abbildung 9: Parzellen mit Verunkrautung des Feldversuchs in Ahlum.....	11
Abbildung 10: Beziehung zwischen Verunkrautung und Ertrag in Abhängigkeit vom Saatverfahren..	11
Abbildung 11: Einfluss von Aussaatverfahren und Striegelintensität auf den Kornertrag.....	13
Abbildung 12: Einfluss von Aussaatverfahren und Striegelintensität auf die Verunkrautung.....	13
Abbildung 13: Betonrahmen-Parzellen im Käfig auf dem JKI-Standort Braunschweig.....	14
Abbildung 14: Kornertrag (g/m <sup>2</sup> ) in Abhängigkeit von Standraum, Weizensorte und Jahr.....	15
Abbildung 15: Kornertrag (g) je ausgesätes Korn in Abhängigkeit von Standraum, Sorte und Jahr.....	16
Abbildung 16: Anzahl Triebe/gesätes Korn in Abhängigkeit von Standraum, Sorte und Jahr.....	17
Abbildung 17: Anteil der ertragsbestimmenden Parameter (%) am Kornertrag.....	17

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ernte-Index in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.....	7
Tabelle 2: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr. .....	7
Tabelle 3: Pflanzendichte ( $n/m^2$ ) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.....	8
Tabelle 4: Feldaufgang (%) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.	8
Tabelle 5: Ährendichte in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.....	8
Tabelle 6: Kornzahl je Ähre in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.	9
Tabelle 7: Tausendkornmasse in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.....	9
Tabelle 8: Unkraut-Trockenmasse ( $g/m^2$ ) in Abhängigkeit vom Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.....	12
Tabelle 9: Kornertrag ( $g/m^2$ ) in Abhängigkeit vom Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.....	12
Tabelle 10: Ernte-Index in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.....	18
Tabelle 11: Ährendichte ( $n/m^2$ ) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr. ...	18
Tabelle 12: Kornzahl je Ähre ( $n/n$ ) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.	19
Tabelle 13: Tausendkornmasse ( $g/1000$ Körner) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.....	19

## 1. Anlass und Zielsetzung des Projekts

Ziel des Projekts war die Anpassung einer Sämaschine für die Gleichstandsaat von Getreide und die Überprüfung der Hypothese, ob in Gleichstandsaat angebautes Getreide eine höhere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aufweist. So ließe sich im Vergleich zur konventionellen Drillsaat der Herbizideinsatz reduzieren und dadurch ein nachhaltigeres und umweltverträglicheres Anbausystem etablieren.

## 2. Material und Methoden

Die Gleichstandsaat unterscheidet sich von herkömmlicher Drillsaat durch ein exakt definiertes Muster der Saatgutablage (Abbildung 1). Aufbauend auf eine Einzelkornsaat ist auch die Position der Einzelpflanzen zwischen den verschiedenen Reihen in einem definierten Abstand bestimmt. So ist eine Aussaat bspw. in einem Quadrat- oder Dreiecksverband möglich. Der Dreiecksverband ermöglicht dabei den maximalen Abstand zwischen allen Einzelpflanzen und ermöglicht somit eine optimale Standraumverteilung.

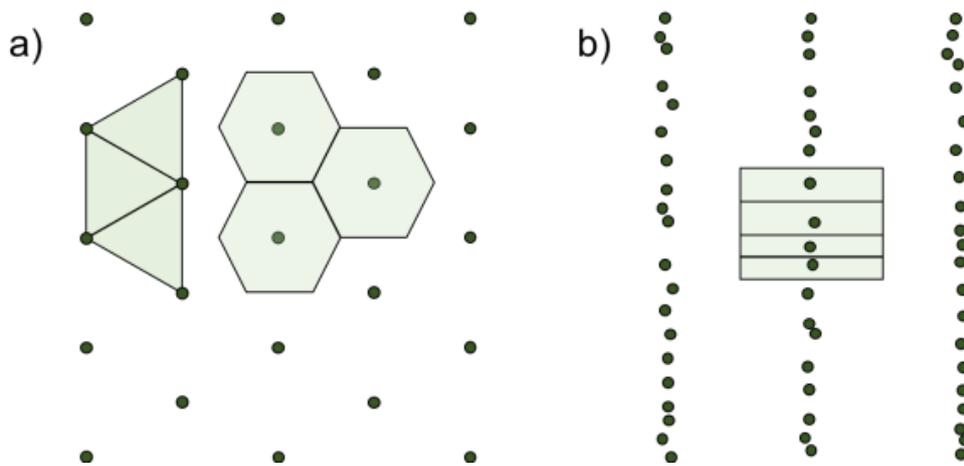


Abbildung 1: Vergleich der Saatkulturen in Gleichstandsaat a) und Drillsaat b)

Die Abstände innerhalb einer Reihe sind bei der Gleichstandsaat homogen, bei der Drillsaat heterogen. Die Anordnung in einem gleichseitigen Dreieck ermöglicht den maximalen Abstand zu allen Nachbarpflanzen.

Zur Überprüfung der Versuchshypothesen waren zweijährige Freilandversuche geplant, in denen folgende Versuchsfaktoren miteinander verglichen worden sind:

1. Aussaattechnik und Standraum-Variante
  - a. Gleichstandsaat im gleichseitigen Dreieck mit einer Seitenlänge von 9 cm, entspricht 150 Körner/m<sup>2</sup>)
  - b. Drillsaat reduziert oder Dünnsaat mit einer Saatstärke von 150 Körner/m<sup>2</sup> und 12,5 cm Reihenabstand
  - c. Drillsaat praxisüblich mit einer Aussaatstärke von 300 Körner/m<sup>2</sup> und 12,5 cm Reihenabstand
2. Genotyp
  - a. Sorte mit geringer Beschattungsleistung/geringer Konkurrenzkraft: Memory
  - b. Sorte mit hoher Beschattungsleistung/hoher Konkurrenzkraft: Eternity
3. Unkrautregulierung
  - a. Volle Aufwandmenge nach regionalem Standard
  - b. Reduzierte Aufwandmenge (50 % der Aufwandmenge aus Variante 3.a.)
  - c. Keine Herbizidanwendung

Die Unkrautregulierung erfolgte in den konventionellen Freilandversuchen mit einer einmaligen Herbizidbehandlung, im ökologischen Anbau mit zwei (3.a.), einer (3.b.) und keiner (3.c) mechanischen Unkrautbekämpfung mit einem Unkrautstriegel.

Der Freilandversuch wurde als Split-Plot Anlage mit 4 Wiederholungen an den JKI Versuchsstandorten Braunschweig-Bundesallee (lehmgiger Sand, 35 Bodenpunkte), Salzdahlum (Lehm, 85 Bodenpunkte) und Ahlum (ökologischer Standort, Lehm, 80 Bodenpunkte) durchgeführt. Die erste Aussaat erfolgte im Herbst 2020. Der Versuchsplan entspricht Abbildung 2 und wurde in beiden Versuchsjahren und an allen drei Standorten umgesetzt. Zusätzlich wurde ein vierter Reserveblock angelegt.

+	Wdh. 1	2	1	1	2	2	1
	Wdh. 2	1	1	2	1	2	2
	Fahrgasse						
	Wdh. 3	1	2	1	2	2	1
	Wdh. 4	2	2	1	1	1	2
0	Wdh. 1	2	1	1	2	2	1
	Wdh. 2	1	1	2	1	2	2
	Fahrgasse						
	Wdh. 3	1	2	1	2	2	1
	Wdh. 4	2	2	1	1	1	2
-	Wdh. 1	2	1	1	2	2	1
	Wdh. 2	1	1	2	1	2	2
	Fahrgasse						
	Wdh. 3	1	2	1	2	2	1
	Wdh. 4	2	2	1	1	1	2

Gleichstandsaat	+	Volle Aufwandmenge
Drillsaat praxis	0	Keine Applikation
Drillsaat reduziert	-	Reduzierte Aufwandmenge

Abbildung 2: Versuchsplan Freilandversuch ReiWa

### 3. Aufbau einer Sämaschine zur Gleichstandsaat

Die Sämaschine für die Gleichstandsaat wurde im ersten Jahr angepasst und während der folgenden Versuchsjahre weiter optimiert. Als Haupteinflussfaktoren auf die genaue Aussaat im Gleichstand zeigten sich neben der Saatbettbereitung, dass pflanzenbaulich begründete Abweichungen nicht ausgeschlossen werden können. Da der Keimling die Bodenoberfläche nicht immer an der Stelle durchstößt, wo der Samen abgelegt wurde, sind Abweichungen vom idealen Gleichstand nicht zu vermeiden. Die Gleichstandsaat-Sämaschine baut auf einer pneumatischen Einzelkornsämaschine für den Gemüseanbau auf. Dieses Gerät ermöglicht es Saatgut unterschiedlicher geometrischer Formen exakt auszusäen. Da für eine Gleichstandsaat mit 150 Körner/m<sup>2</sup> in Form eines gleichschenkligen Dreiecks ein enger Reihenabstand von 7,8 cm notwendig ist, sind 2 Säeinheiten versetzt hintereinander angeordnet worden (Abbildung 3). Der zweibalkige Aufbau erfordert eine Synchronisation der beiden Säbalken, um einen einheitlichen Saatverband sicherzustellen. Dies erfolgt durch ein Kettengetriebe, das beide Säeinheiten miteinander verbindet.



Abbildung 3: Gleichstandsaat-Sämaschine mit zweibalkigem Aufbau.

Zur Bewertung der horizontalen Gleichmäßigkeit der Saatgutablage wurden die Längsverteilung ausgemessen und der Variationskoeffizient ermittelt (Abbildung 4). Geringere Werte bedeuten eine höhere Verteilgenauigkeit. Dabei zeigt sich, dass die Saatgutverteilung der Gleichstandsaatsämaschine die Drillsaat in allen Varianten deutlich übertrifft. Eine manuelle Aussaat in Betonrahmen-Parzellen oder mittels Saatschablonen ermöglicht jedoch die höchste Genauigkeit der Saatgutablage.

Ein wesentlicher Vorteil des zweibalkigen Aufbaus ist die freie Anordnung der Säeinheiten zueinander und somit eine mögliche Anpassung des Reihenabstands und der Aussaatstärke. Die konstruktiven Nachteile des zweibalkigen Aufbaus sind neben einer vollflächigen Rückverfestigung des Bodens die Beeinflussung der Saatgutablage des ersten Balkens durch die Überfahrt des zweiten Balkens. Aufgrund der Erfahrungen des ersten Versuchsjahres wurde die Gleichstandsaat-Sämaschine auf einen einbalkigen Aufbau mit Doppelscharen umgerüstet. Diese Doppelschare ermöglichen nur eine sehr geringe Anpassung der Aussaatstärke, es wird jedoch eine deutlich bessere Aussaatqualität erreicht (Abbildung 5).

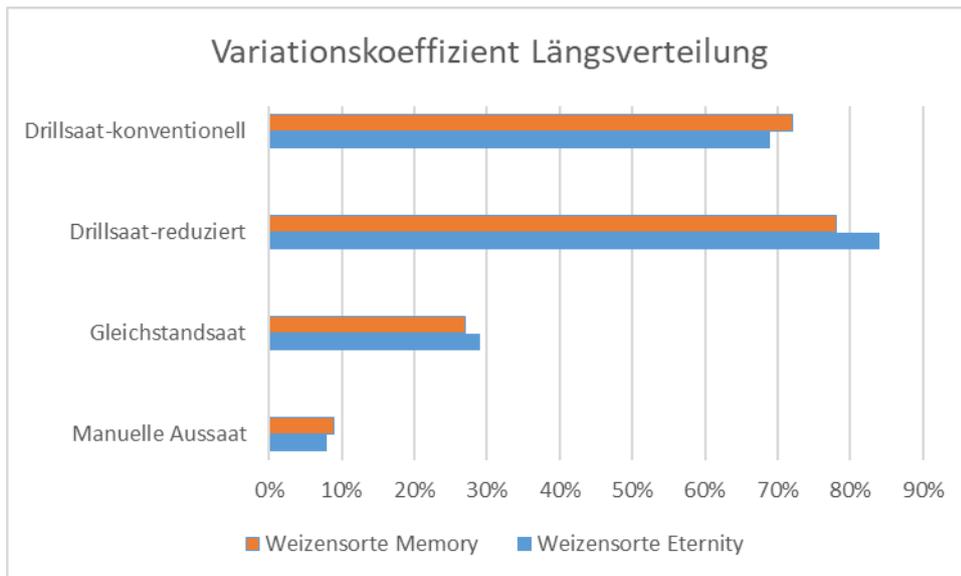


Abbildung 4: Variationskoeffizient der unterschiedlichen Aussaatverfahren.



Abbildung 5: Gleichstandsmaat-Sämaschine mit einbalkigem Aufbau.

## 4. Gesamtdarstellung der Feldversuchsergebnisse

Der Versuchsplan wurde gegenüber der ursprünglichen Planung (4.1) erweitert und auf ökologisch bewirtschaftete Flächen ausgeweitet (4.2). Zusätzlich wurden in Betonrahmen-Parzellen Kleinversuche angelegt (4.3), die eine besonders homogene Aussaat ermöglichen und den Unterschied verschiedener Sätechnik ausblenden. Die Darstellung der Ergebnisse ist für die drei Versuchsansätze separat in den folgenden Unterkapiteln aufgeführt.

### 4.1. Feldversuche im konventionellen Anbau

In insgesamt vier Feldversuchen wurde vorrangig geprüft, ob unter den Bedingungen der Gleichstandsmaat der Herbizideinsatz ohne Ertragsverluste reduziert werden kann. Außerdem wurden die Qualität der Aussaat (Pflanzenverteilung, Feldaufgang) sowie der Kornertrag und die Ertragsparameter untersucht. Die Effekte des Aussaatverfahrens werden nachfolgend nach Jahren getrennt beschrieben und ausgewertet, weil die Sämaschine für die Gleichstandsmaat vor der Aussaat für das zweite Versuchs-

jahr baulich stark verändert worden war (s.o. Umrüstung auf einbalkigen Aufbau). Auch die Ausgangsverunkrautung war in Bezug auf Artenspektrum und Unkrautdichte stark vom Versuchsjahr abhängig.

Erwartungsgemäß nahm der Bekämpfungserfolg mit der Intensität der Herbizidbehandlung zu, weitgehend unabhängig von Aussaatverfahren, Weizensorte, Jahr und Standort. Ohne Herbizidmaßnahmen war die Verunkrautung in der Normalsaat in beiden Versuchsjahren am geringsten (Abbildung 6).

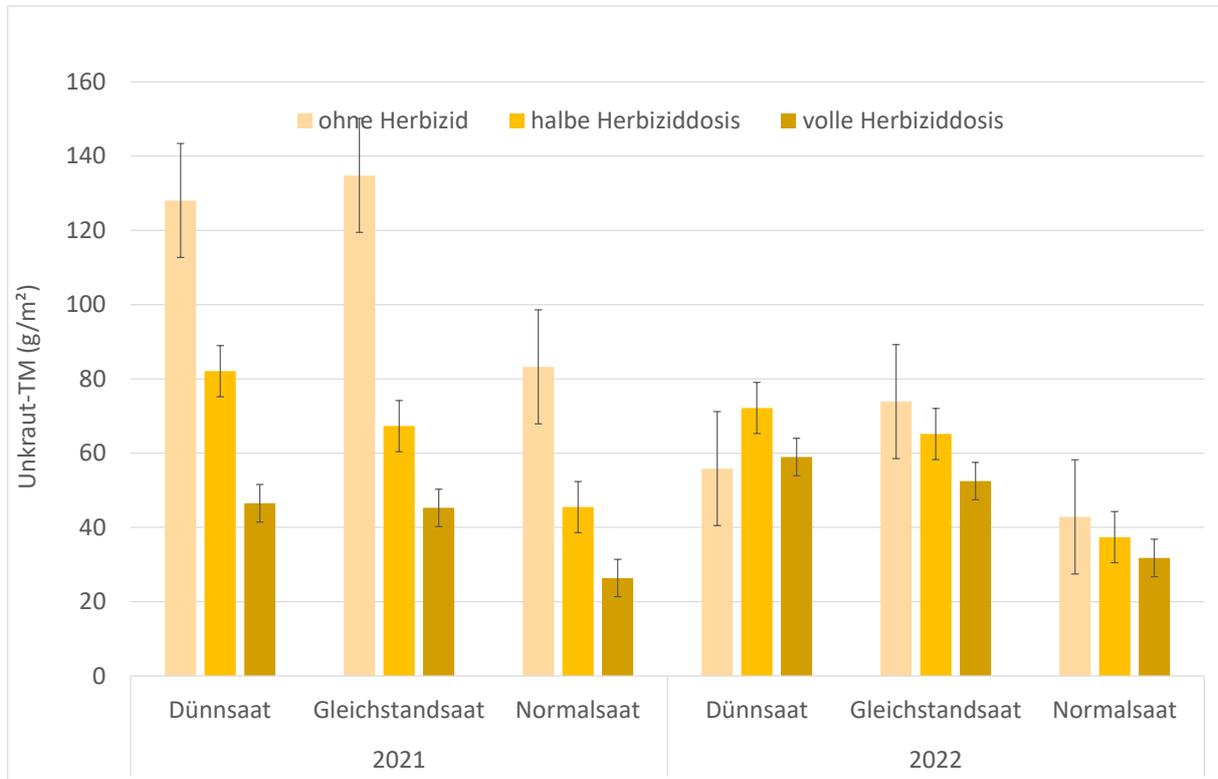


Abbildung 6: Einfluss von Aussaatverfahren und Herbizidaufwand auf die Verunkrautung. Mittelwert und Standardfehler gemittelt über zwei Standorte und zwei Sorten. Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Offensichtlich wirkte sich die höhere Aussaatstärke der Normalsaat zumindest während der frühen Entwicklung förderlich auf die interspezifische Konkurrenzkraft aus. In Bezug auf Unkrautarten und Unkrautdichte waren die Bedingungen schon innerhalb einer Versuchsfläche jedoch sehr heterogen. Die Verunkrautung nach den Herbizidbehandlungen in der Gleichstandsaat entsprach weitgehend der der Dünnsaat. Folglich ließ sich die Hypothese nicht bestätigen, dass bei Gleichstandsaat die Herbiziddosis ohne Wirkungsverlust verringert werden kann. Diese Effekte traten bei beiden Weizensorten trotz ihrer unterschiedlichen phänotypischen Merkmale in gleicher Weise auf. Sowohl die Sorte Eternity als auch Memory wiesen bei der Normalsaat und bei voller Herbiziddosis die geringste Verunkrautung auf.

Der Zusammenhang zwischen Unkraut und Ertrag war insgesamt äußerst schwach: Die Standraumeffekte auf den Ertrag waren ebenfalls schwach (Abbildung 7). Wesentlich stärker war der Jahreseffekt: 2022 führte die differenzierte Herbizidbehandlung in allen Aussaatvarianten zu nahezu identischen Kornerträgen. Im Versuchs- bzw. Erntejahr 2021 gab es auf beiden Standorten jedoch signifikant höhere Kornerträge in der Normalsaat im Vergleich zur Dünn- und Gleichstandsaat. Tendenziell führte die volle Herbiziddosis in allen Standraumvarianten zu den höchsten Kornerträgen, allerdings ließ sich dieser Trend nicht statistisch absichern. Überraschenderweise waren die Ertragseffekte durch den Herbizideinsatz im Jahr 2021 schwächer als 2022, obwohl in diesem Jahr die Ausgangsverunkrautung deutlich höher war. Das unterstützt die Vermutung, dass der Kornertrag in allen Feldversuchen nur wenig durch die Verunkrautung beeinflusst worden ist.

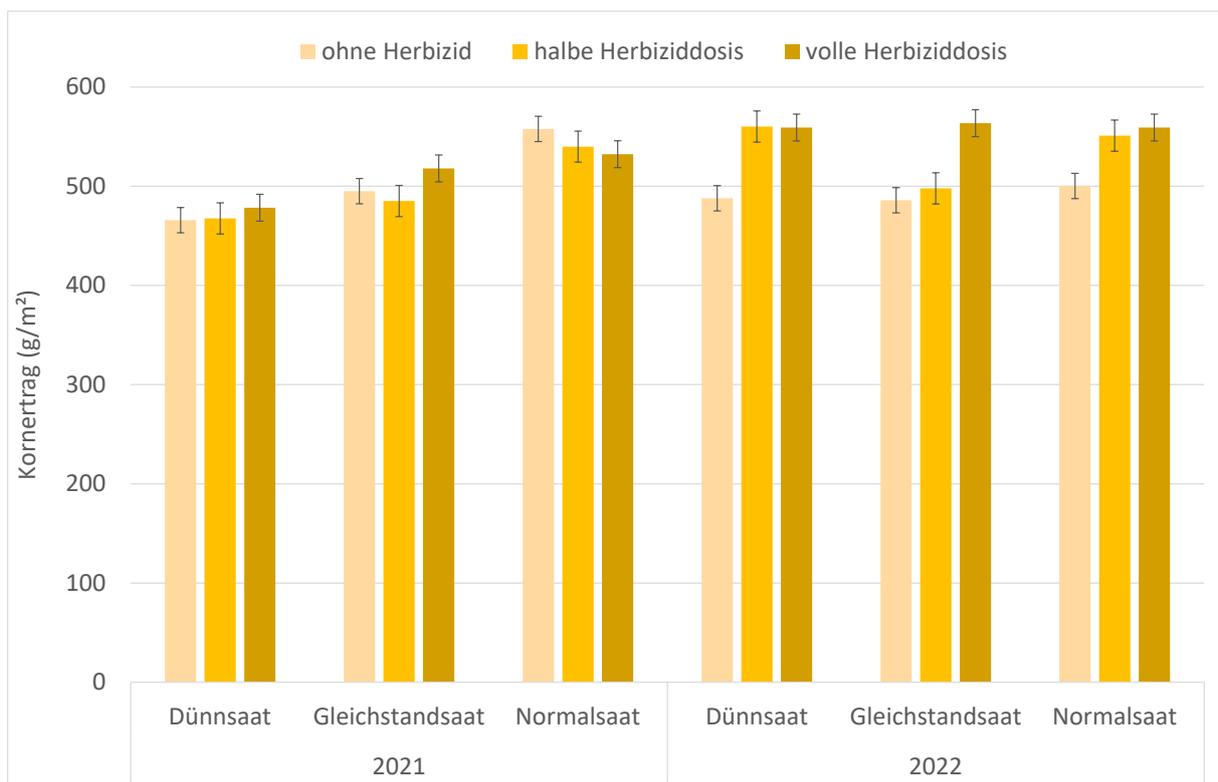


Abbildung 7: Einfluss von Aussaatverfahren und Herbizidaufwand auf den Kornertrag. Mittelwert und Standardfehler gemittelt über zwei Standorte und 2 Sorten. Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Dass in den Dünn- und Gleichstandsaaen trotz der geringen Aussaatstärke ähnlich hohe Erträge wie in der Normalsaat erzielt wurden, lag am höheren Feldaufgang und vor allem an der stärkeren Bestockung der Einzelpflanze, die zu hohen Ährendichten führten. Die Kornzahl je Ähre und die Tausendkorntmasse wurden kaum durch Standraum, Herbiziddosierung und Weizensorte beeinflusst. Der Ernte-Index (Tabelle 1) und der Rohproteingehalt (Tabelle 2) unterschieden sich ebenfalls nicht innerhalb der Standraum- und Herbizidvarianten.

Im Folgenden sind weitere Ergebnisse tabellarisch aufgearbeitet. Beim Rohproteingehalt überwiegt der Jahreseffekt die Wirkungen von Sortenwahl und Aussaatverfahren. Die Pflanzendichte wurde mittels eines 50·50 cm<sup>2</sup> großen Rahmens ermittelt (Tabelle 3)

Durch die ungleichmäßige Saatgutverteilung bei der konventionellen Saattechnik kommt es hierbei zu einem methodischen Fehler, je nach Position des Zählrahmens. Befindet sich ein Saatgutcluster im Zählrahmen ergeben sich rechnerische Bestandsdichten, die über der Aussaatstärke liegen können. Der Feldaufgang (Tabelle 4) wurde im Entwicklungsstadium BBCH 11-12 ermittelt. Da bis zu diesem Zeitpunkt bereits einige Pflanzen aufgelaufen, jedoch wieder eingegangen oder auch von Vogelfraß betroffen waren, sind teilweise deutlich verminderte Feldaufgangsraten zu sehen.

Tabelle 1: Ernte-Index in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr. Quotient aus Kornertrag und gesamter oberirdischer Biomasse. Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
	Ohne Herbizid	0,446	0,450	0,446	0,447
	Halbe Herbiziddosis	0,446	0,450	0,436	0,444
	Volle Herbiziddosis	0,454	0,463	0,451	0,456
	Mittelwert	0,449 a	0,455 a	0,444 a	0,449
2022					
	Ohne Herbizid	0,489	0,483	0,458	0,477
	Halbe Herbiziddosis	0,481	0,482	0,464	0,476
	Volle Herbiziddosis	0,456	0,491	0,461	0,469
	Mittelwert	0,476 a	0,485 a	0,461 a	0,474

Tabelle 2: Rohproteingehalt in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
	Ohne Herbizid	12,4	12,2	12,4	12,3
	Halbe Herbiziddosis	12,2	12,1	12,2	12,2
	Volle Herbiziddosis	13,0	12,8	12,8	12,8
	Mittelwert	12,5 a	12,4 a	12,4 a	12,4
2022					
	Ohne Herbizid	14,4	14,9	15,1	14,8
	Halbe Herbiziddosis	14,6	14,3	15,0	14,6
	Volle Herbiziddosis	14,7	14,3	14,6	14,5
	Mittelwert	14,6 a	14,5 a	14,9 a	14,7

Tabelle 3: Pflanzendichte (n/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
2021					
	Ohne Herbizid	129	139	257	175
	Halbe Herbiziddosis	176	144	193	171
	Volle Herbiziddosis	109	124	224	153
	Mittelwert	138 a	136 a	225 b	166
2022					
	Ohne Herbizid	141	139	217	165
	Halbe Herbiziddosis	158	124	228	170
	Volle Herbiziddosis	130	118	218	155
	Mittelwert	143 a	127 a	221 b	163

Tabelle 4: Feldaufgang (%) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
2021					
	Ohne Herbizid	86	93	86	88
	Halbe Herbiziddosis	117	96	64	92
	Volle Herbiziddosis	73	83	75	77
	Mittelwert	92 b	90 b	75 a	86
2022					
	Ohne Herbizid	94	93	72	86
	Halbe Herbiziddosis	105	83	76	88
	Volle Herbiziddosis	86	79	73	79
	Mittelwert	95 b	85 ab	74 a	84

Tabelle 5: Ährendichte in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
2021					
	Ohne Herbizid	314	329	396	346
	Halbe Herbiziddosis	334	337	410	360
	Volle Herbiziddosis	337	395	409	380
	Mittelwert	329 a	353 a	405 b	362
2022					
	Ohne Herbizid	273	288	341	301
	Halbe Herbiziddosis	312	289	346	315
	Volle Herbiziddosis	305	320	344	323
	Mittelwert	297 a	299 a	344 a	313

Tabelle 6: Kornzahl je Ähre in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsamt	Normalsaat	
2021					
	Ohne Herbizid	39,7	40,4	39,3	39,8
	Halbe Herbiziddosis	38,9	40,0	37,2	38,7
	Volle Herbiziddosis	40,0	37,8	37,5	38,4
	Mittelwert	39,5 a	39,4 a	38,0 a	39,0
2022					
	Ohne Herbizid	39,2	39,7	33,1	37,3
	Halbe Herbiziddosis	38,8	38,4	35,0	37,4
	Volle Herbiziddosis	36,9	38,1	33,5	36,1
	Mittelwert	38,3 b	38,7 b	33,9 a	37,0

Tabelle 7: Tausendkornmasse in Abhängigkeit von Standraumvariante, Herbiziddosis und Versuchsjahr.

Feldversuche Braunschweig Bundesallee und Ahlum, 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsamt	Normalsaat	
2021					
	Ohne Herbizid	38,6	37,7	37,3	37,8
	Halbe Herbiziddosis	37,3	37,5	37,1	37,3
	Volle Herbiziddosis	37,1	36,7	35,8	36,5
	Mittelwert	37,6 a	37,3 a	36,7 a	37,2
2022					
	Ohne Herbizid	46,5	43,2	44,6	44,7
	Halbe Herbiziddosis	46,1	45,7	45,9	45,9
	Volle Herbiziddosis	47,5	45,7	47,1	46,8
	Mittelwert	46,7 a	44,8 a	45,9 a	45,8

## 4.2. Feldversuche im ökologischen Anbau

In zwei Feldversuchen unter ökologischen Anbaubedingungen wurde 2021 und 2022 analog zu den konventionell geführten Feldversuchen die Unkrautbekämpfung in drei Stufen differenziert durchgeführt. Es erfolgten je nach Stufe ein bis drei Maßnahmen zur mechanischen Unkrautbekämpfung mit einem Striegel, wobei der erste im Nachauflauf im Herbst (Abbildung 8) und die weiteren im Frühjahr zum Zeitpunkt der Bestockung und in Stufe 3 ein dritter Durchgang während des Schossens erfolgte.



Abbildung 8: Aussaat und mechanische Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau. Aussaat am 21.10.2020 (links), Striegeln am 16.11.2020 (rechts oben) und Struktur der Bodenoberfläche nach der mechanischen Unkrautbekämpfung in der Gleichstandsamt (rechts unten). JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum 2021 und 2022.

Der Lössboden am Standort Ahlum neigt zur Verschlammung und Verkrustung, so dass die Bedingungen für das Striegeln häufig ungünstig sind. Wie Abbildung 8 zeigt, ergab sich vor allem bei der Gleichstandsamt im ersten Versuchsjahr der Nachteil, dass schon im Herbst nur wenig krümeliger und schüttfähiger Boden für eine gute Striegelwirkung vorhanden war. Dies begründet sich durch den ursprünglich zweibalkigen Aufbau der Gleichstandsamt-Sämaschine, der zu einer vollflächigen Rückverfestigung nach der Aussaat führt. Um dieses Problem zu vermeiden, ist zum Versuchsjahr 2022 ein einbalkiger Aufbau umgesetzt worden, der die Rückverfestigung halbiert und somit auch bessere Bedingungen für eine mechanische Unkrautbekämpfung ermöglicht. Die streifenartige Verdichtung und Verkrustung führte zu einer verringerten Wirkung durch das Striegeln, die bei Dünn- und Normalsaat gerätebedingt nicht in dem Maße auftrat.

Die Kornerträge auf der Versuchsfläche zum Ökologischen Landbau waren in den beiden Versuchsjahren 2021 und 2022 vergleichsweise hoch, welches vor allem auf die hohe Bodengüte und die Vorfrucht Winterraps zurückzuführen ist. Die Verunkrautung (Abbildung 9) lag ebenfalls auf einem hohen Niveau, hat aber den Kornertrag nur sehr schwach beeinflusst (Abbildung 10). Ähnlich wie in den konventionellen Feldversuchen hatten offensichtlich andere Faktoren wie z.B. Witterung und Krankheitserreger einen größeren Ertragseinfluss.



Abbildung 9: Parzellen mit Verunkrautung des Feldversuchs in Ahlum. Aufnahme vom 21.05.2021. JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum 2021 und 2022.

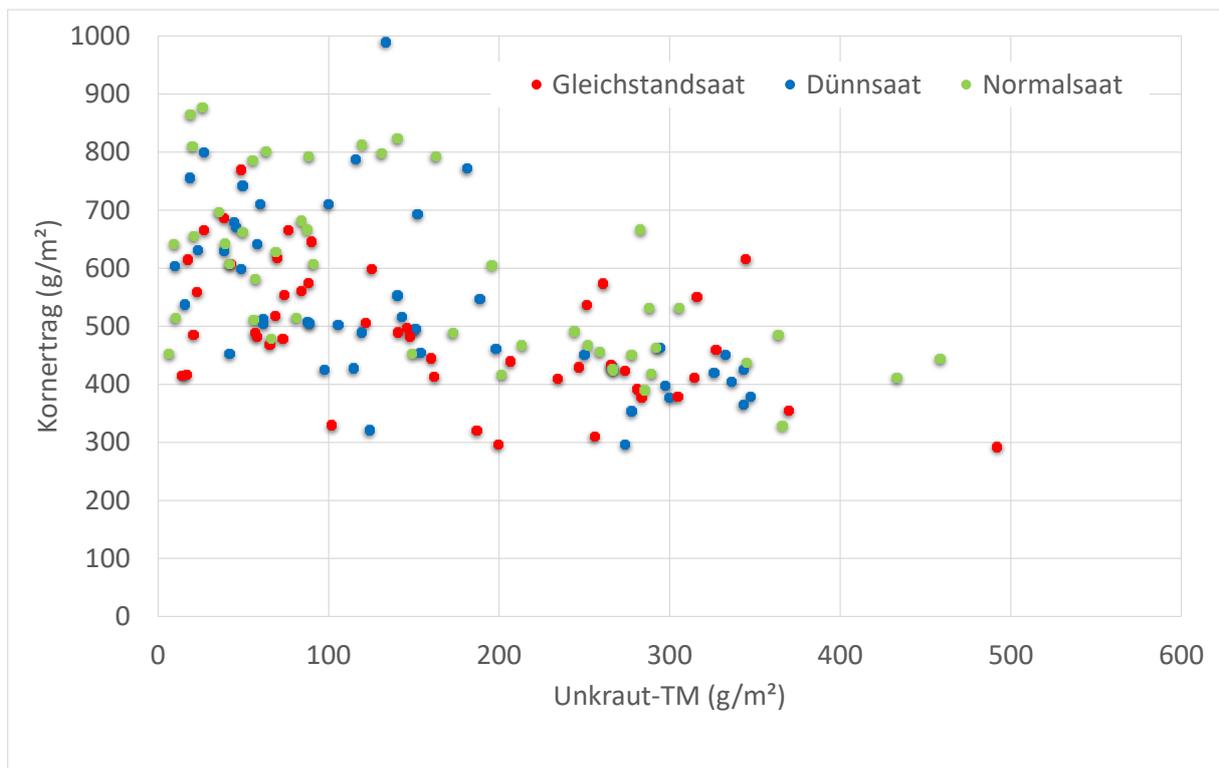


Abbildung 10: Beziehung zwischen Verunkrautung und Ertrag in Abhängigkeit vom Saatverfahren. Sorten Eternity und Memory, JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum 2021 und 2022.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass das Gleichstandsaaatverfahren in Bezug auf die Verunkrautung im Vergleich zu Dünn- und Normalsaat gleichwertig sein kann (Tabelle 8). Beim Kornertrag war die Gleichstandsaaat zumindest im Jahr 2022 signifikant schlechter als die anderen beiden Standraumvarianten. Ob Sorteneigenschaften eine Rolle spielen, war in dem zweijährigen Versuchsprogramm nicht eindeutig zu erkennen. Während die Weizensorte Eternity in den drei Aussaatvarianten ähnlich hohe Kornerträge erreichte, lagen bei Memory die Erträge in der Gleichstandsaaat unter den Werten der Dünn- und Normalsaat (Tabelle 9).

Tabelle 8: Unkraut-Trockenmasse (g/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit vom Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.

JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum, 2021 und 2022.

<b>Jahr</b>	<b>Sorte</b>	<b>Standraum-Variante</b>			<b>Mittelwert</b>
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaaat	Normalsaat	
	Eternity	245	226	228	233
	Memory	276	242	252	257
	Mittelwert	261 b	234 a	240 a	245
2022					
	Eternity	87	81	42	70
	Memory	93	64	82	80
	Mittelwert	90 b	73 ab	62 a	75

Tabelle 9: Kornertrag (g/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit vom Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.

JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum, 2021 und 2022.

<b>Jahr</b>	<b>Sorte</b>	<b>Standraum-Variante</b>			<b>Mittelwert</b>
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaaat	Normalsaat	
	Eternity	419	451	419	430
	Memory	445	425	468	446
	Mittelwert	433 a	438 a	444 a	438
2022					
	Eternity	636	602	614	617
	Memory	696	578	692	655
	Mittelwert	666 b	590 a	653 b	636

Die Striegel-Behandlungen waren in beiden Sorten und in allen drei Aussaatvarianten gleichermaßen erfolgreich. Allerdings konnte die dritte Maßnahme während der Schossphase des Weizens die Verunkrautung nicht weiter zurückdrängen (Abbildung 12) und auch den Kornertrag nicht positiv beeinflussen. Mindestens zwei Striegel-Durchgänge waren bei den geringen Aussaatstärken bei Dünn- und Gleichstandsaaat erforderlich; bei der Normalsaat war der zusätzliche Bekämpfungserfolg durch das intensivere Striegeln eher schwach (Abbildung 11).

Die Erhebungen lassen keine Aussagen darüber zu, inwieweit mögliche Schäden durch das Striegeln an der Kultur den Ertrag beeinträchtigt haben. Die Wahrscheinlichkeit einer Pflanzenschädigung ist zwar bei niedriger Aussaatstärke geringer, allerdings wären die Folgen durch den Verlust von Pflanzen oder Trieben auch stärker. Es ist außerdem nicht auszuschließen, dass eine höhere Restverunkrautung in den Folgejahren den Aufwand für die Unkrautbekämpfung erhöhen wird bzw. sich in zunehmenden Maßen negativ auf den Ertrag auswirken wird.

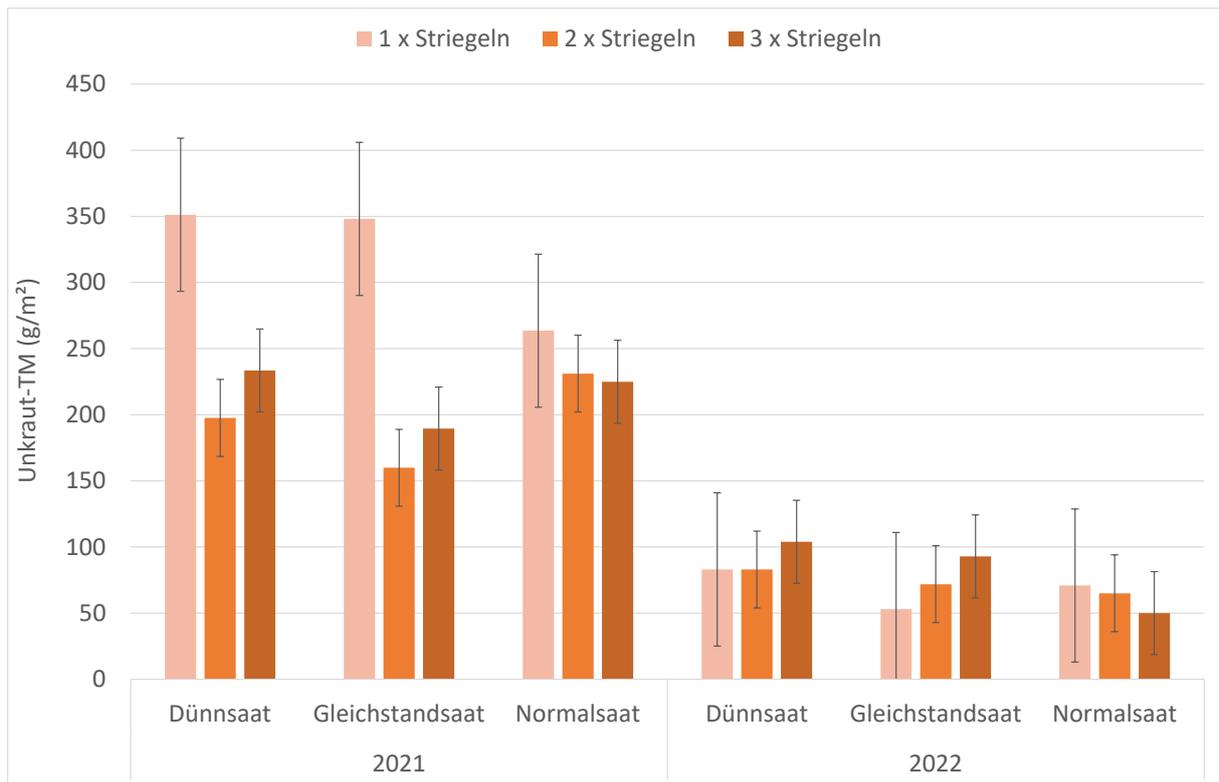


Abbildung 12: Einfluss von Aussaatverfahren und Striegelintensität auf die Verunkrautung. JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum, 2021 und 2022.

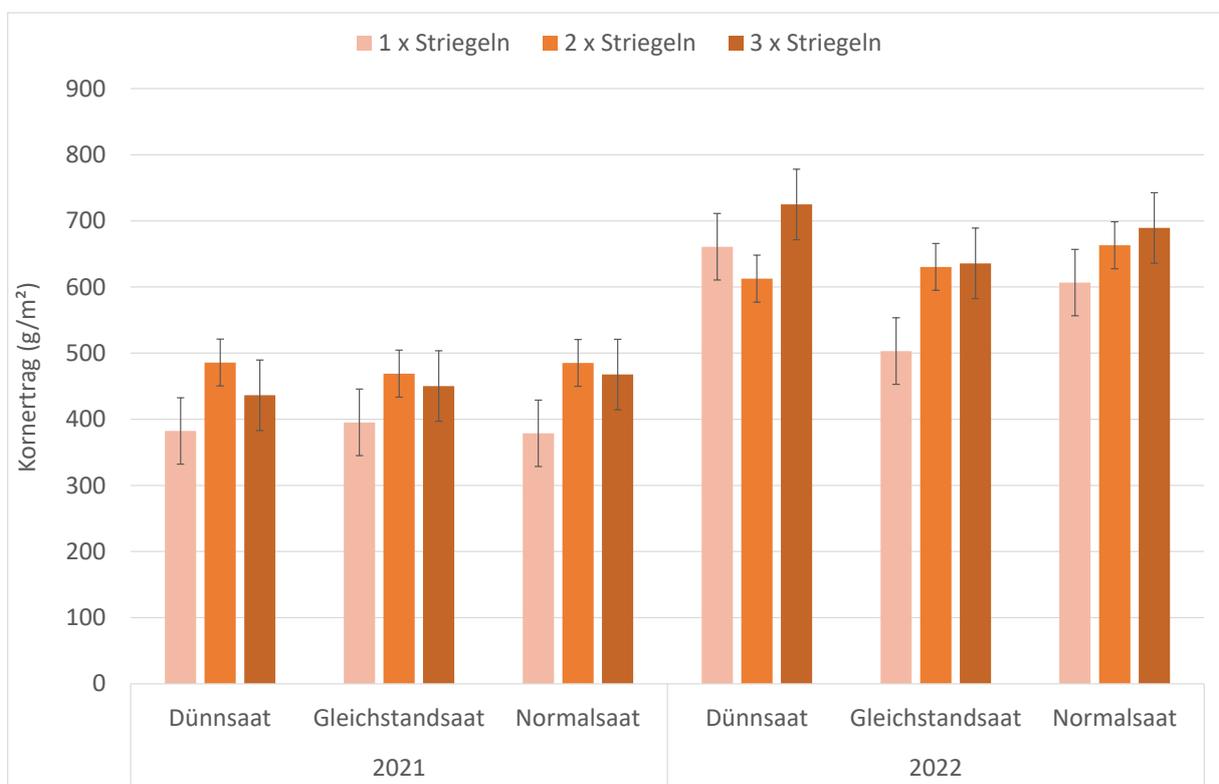


Abbildung 11: Einfluss von Aussaatverfahren und Striegelintensität auf den Kornertrag. JKI-Versuchsfläche Ökologischer Landbau Ahlum, 2021 und 2022.

### 4.3. Freilandversuche in Kleinparzellen (Betonrahmen-Parzellen)

In den Jahren 2021 und 2022 wurden zusätzlich zu den großen Feldversuchen zweifaktorielle Freilandversuche mit 3 Wiederholungen in einer stationären Streifenanlage angelegt. Ähnlich zu den Feldversuchen gab es 3 Standraumvarianten: (a) Dünnsaat mit 150 Körnern je m<sup>2</sup> in Reihen (12 cm), (b) Normalsaat mit 300 Körnern je m<sup>2</sup> in Reihen (12 cm) und (c) Gleichstandsaat mit 150 Körnern je m<sup>2</sup> in Abständen von 9 cm (entsprechend Reihen von 7,8 cm). Folgende 3 Winterweizensorten wurden in beiden Jahren ausgesät: Eternity, Bernstein, Memory.



Abbildung 13: Betonrahmen-Parzellen im Käfig auf dem JKI-Standort Braunschweig.

Die stationäre Anlage auf dem JKI-Gelände in Braunschweig besteht aus 30 Kleinparzellen mit einer Fläche von jeweils 2 m<sup>2</sup> (1 m x 2 m), die streifenartig in Betonrahmen angeordnet sind und durch einen Käfig geschützt sind (Abbildung 13). Bei Bedarf wurden die Parzellen beregnet. Die Parzellen sind mit Boden der Bodenart sandiger Lehm gefüllt. Aussaat, Dünge- und Pflegemaßnahmen erfolgten unter weitgehend unkrautfreien Bedingungen manuell und praxisüblich. Im Gegensatz zu den Feldversuchen wurden allerdings nicht gekeimte oder nicht aufgelaufene Pflanzen zeitnah nachpikiert, so dass die Bestände homogener als in den Feldversuchen waren. Kleinere Bestandslücken und partielle Wuchsverzögerungen ließen sich dadurch jedoch nicht vollständig verhindern.

Folgende phänologischen Parameter wurden erhoben:

- Pflanzendichte bzw. Feldaufgang,
- Entwicklungsstadium,
- Bestandshöhe,
- Triebe je Pflanze,

- Beschattung (PAR).

Zum Zeitpunkt der Vollreife wurden folgende Merkmale erhoben:

- Kornertrag,
- Ährendichte,
- Körner je Ähre,
- Einzelkorngewicht,
- Rohproteingehalt,
- Gesamt-Sprossmasse,
- Ernte-Index.

Im Vergleich zu den Feldversuchen waren die Bestände in dieser Versuchsanlage vor allem in Bezug auf den Feldaufgang homogener. Mögliche Störungen, die durch die Saatechnik verursacht werden könnten, werden hier durch Handaussaat ausgeschlossen. Die eigentlichen Standraumeffekte lassen sich so gezielter erfassen. Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf den ertragsbildenden Merkmalen und dem Gesamtkornertrag.

In beiden Versuchsjahren hatte der Standraum keinen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag. Überlagert wurden diese Effekte von den Jahres- und Sorteneffekten (Abbildung 14).

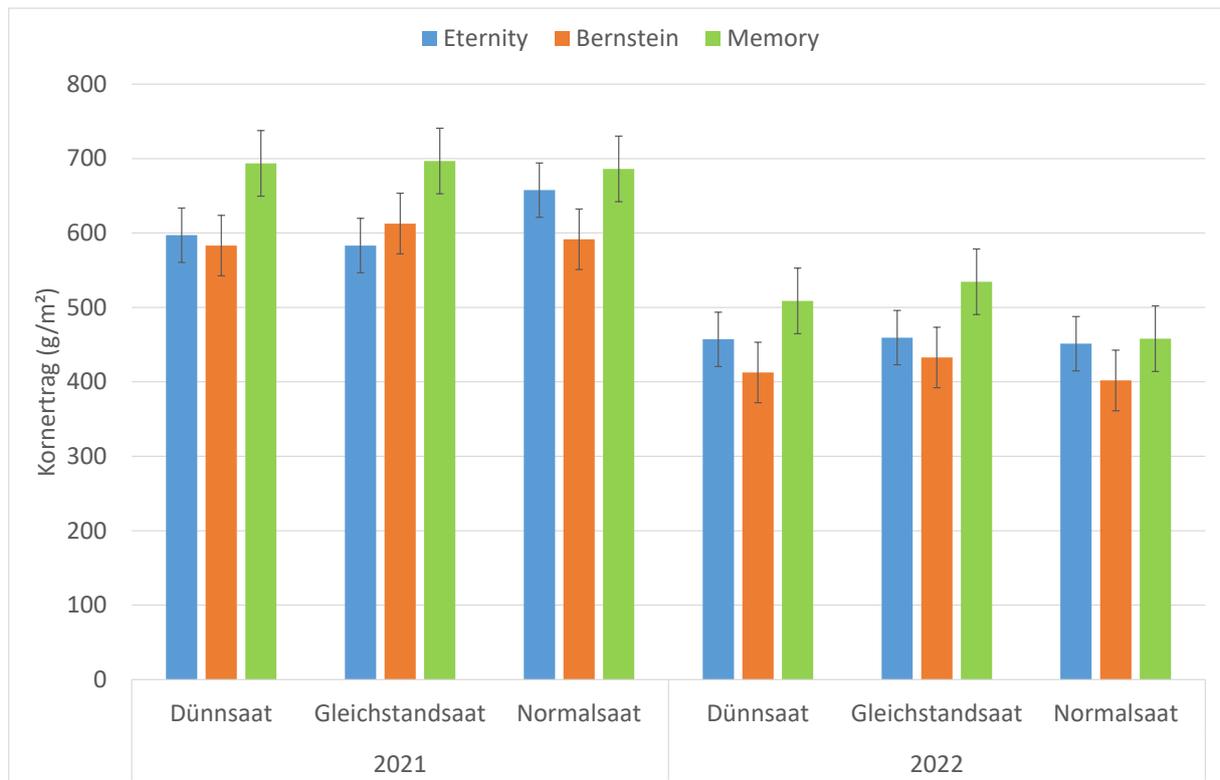


Abbildung 14: Kornertrag (g/m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit von Standraum, Weizensorte und Jahr. Mittelwert und Standardfehler. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Dennoch ist bemerkenswert, dass alle drei geprüften Weizensorten in der Lage waren, die geringen Aussaatstärken von 150 Körnern je m<sup>2</sup> in Bezug auf den Kornertrag zu kompensieren (Abbildung 15). Trotz der halben Aussaatstärke bei Dünn- und Gleichstandsaat waren die Kornerträge ähnlich hoch wie bei der Normalsaat, d.h. bezogen auf das ausgesäte Korn war das Korngewicht annähernd doppelt so hoch.



Abbildung 15: Kornertrag (g) je ausgesätes Korn in Abhängigkeit von Standraum, Sorte und Jahr. Mittelwert und Standardfehler. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Diese Kompensation erfolgte vorrangig über die Bestockungsfähigkeit (Abbildung 16), die bei Eternity allerdings schwach ausgebildet war. Die deutlichsten Unterschiede traten beim Merkmal Kornzahl je Ähre auf (Tabelle 12). Das Tausendkorngewicht scheint stärker sortenspezifisch zu sein und wurde kaum durch Saatstärke oder Standraum beeinflusst. Diese Erkenntnisse decken sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen der Feldversuche, auch wenn hier Unkraut und Herbizidbehandlung ebenfalls die Ertragsbildung beeinflussen. Hervorzuheben sind die vergleichsweise geringen Kornerträge, die vor allem im Jahr 2022 durch extreme Hitze und Trockenphasen verursacht worden waren. Mit 6,34 und 4,57 t/ha lagen die Kornerträge im Jahr 2021 bzw. 2022 auf ähnlich niedrigem Niveau wie in den Feldversuchen. Die Rohproteingehalte im Korn lagen zwischen 11,3 und 12,8 % und wurden weder vom Standraum noch von der Sorte signifikant beeinflusst.

Wie schon in den Feldversuchen zeigte sich in den Kleinparzellenversuchen in Bezug auf den Kornertrag und Proteingehalt kein Vorteil der Gleichstandsaat gegenüber Dünn- und Normalsaat.

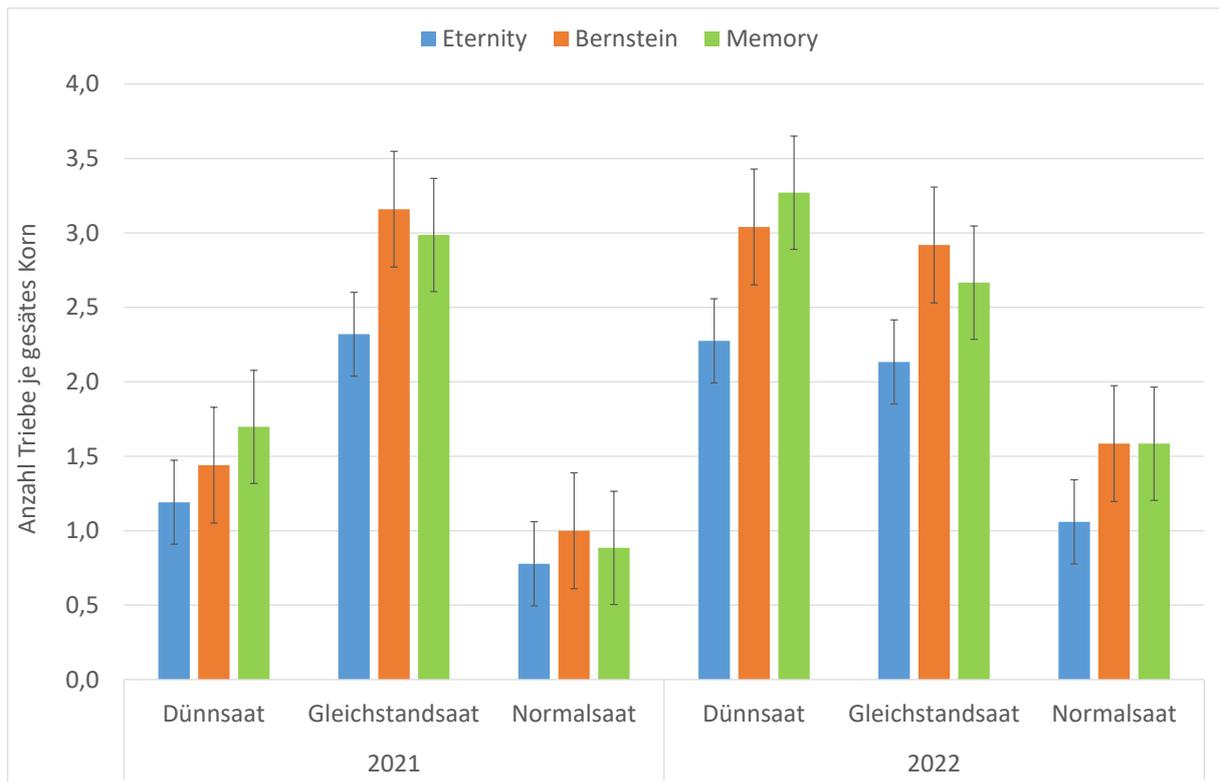


Abbildung 16: Anzahl Triebe/gesätes Korn in Abhängigkeit von Standraum, Sorte und Jahr. Mittelwert und Standardfehler. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

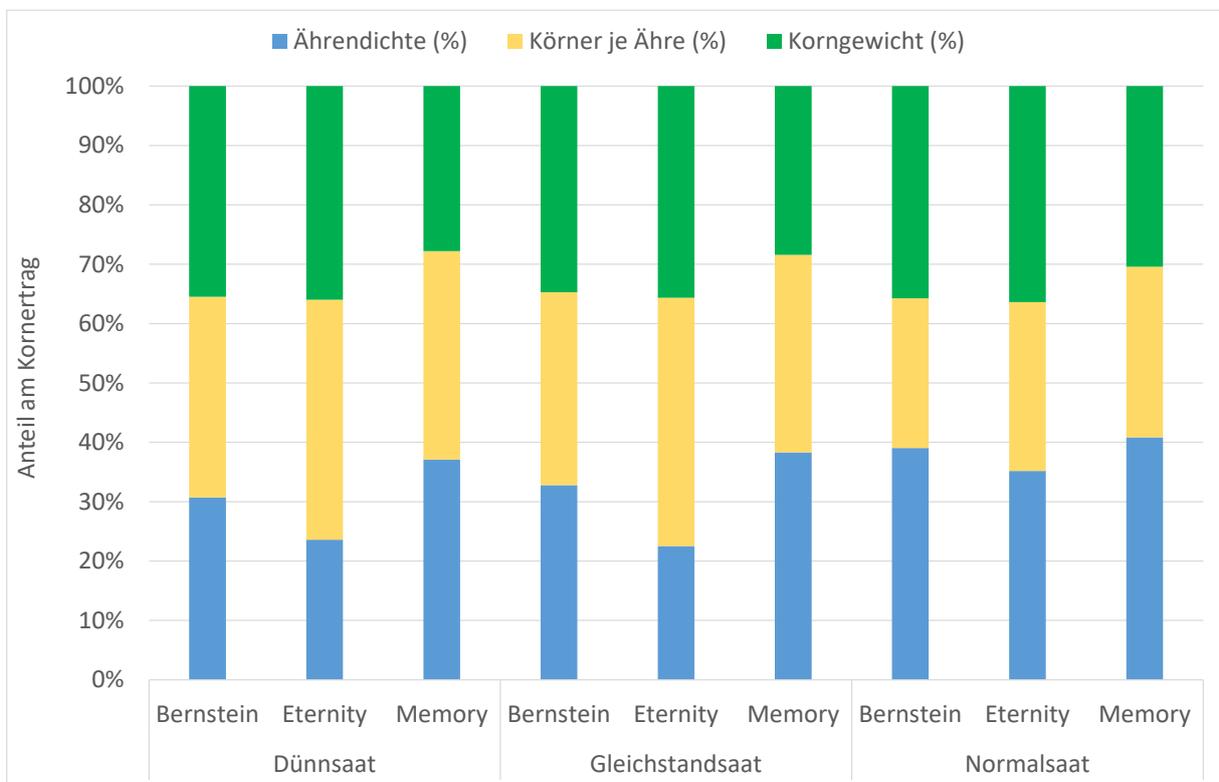


Abbildung 17: Anteil der ertragsbestimmenden Parameter (%) am Kornertrag. In Abhängigkeit von Sorte und Standraum. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Die drei Weizensorten waren so ausgewählt worden, dass unterschiedliche Ertragstypen im Versuchsprogramm vertreten waren. Allerdings unterschieden sich die Sorten in ihren ertragsbestimmenden Parametern nicht so deutlich wie angenommen. Auffällig war jedoch, dass die Sorte Memory, nach Züchterbeschreibung ein sogenannter Bestandesdichte-Typ, auch bei den geringen Aussaatstärken in Dünn- und Gleichstandsamt ähnlich hohe Ährendichten erzielte wie in den Normalsaat-Varianten. Den Sorten Bernstein und vor allem Eternity gelang dies nicht, so dass sie signifikant geringere Ährendichten und Erträge erreichten als Memory. Welchen Effekt Sorte und Standraum auf die drei bestimmenden Ertragsparameter haben, lässt sich als Abweichung vom Mittelwert über alle Einzelwerte darstellen (Abbildung 17).

Ob andere Weizensorten aus der Gruppe der Bestandesdichte-Typen ähnlich wie Memory reagieren, lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Versuchsergebnisse nicht abschließend sagen. Offensichtlich reagierten die geprüften Weizensorten sehr variabel auf die unterschiedlichen Aussaat- und Auflaufbedingungen. Es ist daher unter den gewählten methodischen Bedingungen nicht belegt, dass eine gleichmäßigere Aussaat bzw. homogene Pflanzenverteilung tatsächlich zu höheren Kornerträgen führt.

Im Folgenden sind weitere Ergebnisse aus den Betonrahmen-Parzellen tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 10: Ernte-Index in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr. Quotient aus Kornertrag und gesamter oberirdischer Biomasse. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsamt	Normalsaat	
2021					
	Bernstein	0,40	0,41	0,43	0,41
	Eternity	0,47	0,47	0,47	0,47
	Memory	0,49	0,48	0,47	0,48
	Mittelwert	0,45 a	0,45 a	0,45 a	0,45
2022					
	Bernstein	0,46	0,46	0,42	0,45
	Eternity	0,51	0,51	0,48	0,50
	Memory	0,51	0,52	0,50	0,51
	Mittelwert	0,49 b	0,50 b	0,46 a	0,48

Tabelle 11: Ährendichte ( $n/m^2$ ) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
		Dünnsaat	Gleichstandsamt	Normalsaat	
2021					
	Bernstein	334	314	355	334
	Eternity	258	240	314	270
	Memory	390	360	463	404
	Mittelwert	328 a	304 a	377 b	336
2022					
	Bernstein	252	273	321	282
	Eternity	204	198	299	234
	Memory	328	344	351	341
	Mittelwert	262 a	272 a	324 b	286

Tabelle 12: Kornzahl je Ähre (n/n) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr. Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
	Bernstein	30	32	28	30
	Eternity	39	42	32	38
	Memory	26	28	22	25
	Mittelwert	31 b	34 c	27a	31
2022					
	Bernstein	34	34	26	31
	Eternity	43	45	30	40
	Memory	39	37	31	35
	Mittelwert	39 b	39 b	29 a	35

Tabelle 13: Tausendkornmasse (g/1000 Körner) in Abhängigkeit von Standraumvariante, Sorte und Versuchsjahr.

Betonrahmen-Parzellen, JKI-Braunschweig 2021 und 2022.

Jahr	Sorte	Standraum-Variante			Mittelwert
2021		Dünnsaat	Gleichstandsaat	Normalsaat	
	Bernstein	38	44	46	43
	Eternity	40	41	44	42
	Memory	37	44	37	40
	Mittelwert	38 a	43 b	43 b	41
2022					
	Bernstein	48	47	48	48
	Eternity	51	51	51	51
	Memory	40	42	43	42
	Mittelwert	46 a	47 a	47 a	47

## 5. Diskussion

Die Gleichstandsaat in Getreide ist ein Saatverfahren, das hohe Anforderungen an die Technik stellt und bisher nicht praxistauglich umgesetzt wurde. Eine optimale Standraumverteilung, bei der jeder Einzelpflanze die gleiche Fläche zur Verfügung steht charakterisiert eine Gleichstandsaat und ermöglicht eine sehr homogene Bestandsentwicklung, in der es ober- und unterirdisch zu minimaler intraspezifischer Konkurrenz kommt. Bei Kulturen mit geringer Saatstärke wie Zuckerrüben oder Mais ist dieses Saatverfahren praxisreif und ermöglicht weitere Vorteile, beispielsweise eine mechanische Unkrautbekämpfung im Verband quer zur Aussaatrichtung.

Die hohen Aussaatstärken bei Getreide erfordern deutlich engere Reihenabstände, als dies bei der konventionellen Drillsaat mit 12,5 oder 15 cm üblich ist. Bei der im Projekt untersuchten Aussaatstärke von 150 Körner/m<sup>2</sup> ergibt sich ein rechnerischer Reihenabstand von 7,8 cm bei einem Abstand zwischen den Einzelpflanzen von 9 cm. Dieser deutlich verringerte Reihenabstand ermöglicht einen frühzeitigen Bestandsschluss. Die Versuchshypothese, dass dadurch eine verbesserte Unkrautunterdrückung und eine möglich Herbizideinsparung möglich ist, konnte jedoch nicht bestätigt werden. Das

Unkrautaufkommen steht viel mehr in direkter Konkurrenz zur Anzahl ausgesäter Kulturpflanzen (Abbildung 6). Der Jahreseffekt mitsamt der Witterung überwiegt dabei sowohl die sortenspezifischen als auch durch das Saatverfahren begründete Unterschiede.

Die Aussagekraft ist durch folgende Faktoren begrenzt: Aus methodischen Gründen waren weder die Anzahl der Standraumvarianten noch die Anzahl geprüfter Winterweizensorten ausreichend, um die Vorteile der Gleichstandsart in Bezug auf Kornertrag und Unkrautregulierung abschließend untersuchen zu können. In diesem Zusammenhang stellt es sich als Nachteil heraus, dass eine einmal gewählte Aussaatstärke einen definierten Dreiecksverband erfordert, der sich nicht variabel an der Sämaschine einstellen lässt. Die geringe Aussaatstärke von nur 150 Körnern /m<sup>2</sup> war für die ungünstigen Feldbedingungen (Verdichtung, Trockenheit, Pflanzenverlust durch Vögel) zu gering.

Ähnlich wie bei der chemischen Unkrautbekämpfung war auch der Bekämpfungserfolg durch das Striegeln in der Gleichstandsart nicht höher als bei der Normalsaat. Hier wirkte sich die hohe Ausgangsverunkrautung nachteilig aus. Um die schwache Unkrautunterdrückung bei geringen Aussaatstärken zu kompensieren, sind daher weitere vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautregulierung erforderlich, wie z.B. das Falsche-Saatbettverfahren, eine intensivere Bodenbearbeitung oder auch eine spätere Aussaat des Winterweizens.

Positiv hervorzuheben ist aber, dass sich eine Gleichstandsart technisch weitgehend realisieren lässt und dass es offensichtlich Weizensorten gibt, die ein hohes Kompensationsvermögen aufweisen. Für weitere Untersuchungen wäre es ratsam, zunächst die pflanzenbaulichen Vorteile der Gleichstandsart intensiver zu untersuchen und darauf aufbauend die Sätechnik zu konzipieren und zu optimieren. In Verbindung mit präziser mechanischer Unkrautbekämpfung, z.B. durch einen sensorgesteuerten Einsatz von Hackrobotern könnte die Gleichstandsart zu deutlich besseren Ergebnissen führen.

Aus den drei Feldversuchen lässt sich nicht abschließend ableiten, dass sich durch die Gleichstandsart der Herbizidaufwand reduzieren lässt. Auf Basis der vorliegenden Daten könnte dieses Anbauverfahren langfristig zu einer höheren Verunkrautung und folglich auch zu stärkerem Herbizideinsatz führen. Die Aussaatstärke, sowie die Auswahl der Weizensorte und der Herbizidwirkstoffe haben ebenfalls einen Einfluss, der hier nicht ausreichend untersucht werden konnte. Dennoch lässt sich positiv hervorheben, dass die Kornerträge der Standraumvarianten vergleichbar sind und in den Dünn- und Gleichstandsarten die Kornausbildung je Pflanze bzw. je ausgesätes Korn höher waren als in der Normalsaat, sodass eine deutliche Einsparung an Saatgut und im konventionellen Anbau an Beizmitteln erzielt werden kann.

Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob diese Erkenntnisse auch gelten, wenn die Ertragspotenziale höher sind und die Technik der Gleichstandsart, verbunden mit höheren Aussaatstärken, noch verbessert werden. Unter den Bedingungen der Gleichstandsart sind hohe Feldaufgänge unerlässlich, um auch unter ungünstigen Witterungs- und Bodenbedingungen konkurrenzstarke und homogene Bestände zu realisieren.

## 6. Öffentlichkeitsarbeit

Der Projektstart wurde auf der Intranetseite des Julius Kühn-Institut öffentlich bekannt gemacht. Darüber hinaus ist über den Versuchsfortschritt in den Projekttreffen der AG Neue Pflanzenbausysteme am 25.08.2020, 03.12.2021, 02.03.2022 und 01.11.2022 berichtet worden. Neben Kolleginnen und Kollegen aus den verschiedensten Instituten des Julius Kühn-Instituts waren unterschiedliche Vertreter aus Landtechnik, Züchtung und Universitäten anwesend.

Die Hypothese der verbesserten Unkrautunterdrückung durch Gleichstandsaat ist in einem Übersichtsartikel zu den Arbeiten des Julius Kühn-Instituts mit Getreide in Gleichstandsaat im Getreidemagazin, Heft 3 in 2022 veröffentlicht worden. Der vollständige Titel lautet: „Im Dreiecksverband – Gleichstandsaat in Getreide zur optimalen Nutzung von Fläche und Ressourcen.“

## 7. Fazit

Die maschinelle Aussaat von Getreide in Gleichstandsaat ist mit hinreichender Genauigkeit möglich. Dies stellt jedoch hohe Anforderungen an das Saatgut und die Saabettbereitung. Getreide in Gleichstandsaat mit deutlich reduzierten Saatstärken ist dabei ertragsmäßig konventionellen Aussaatstärken ebenbürtig. Die Hypothese, dass der Gleichstandsaatverband mit einer Aussaatstärke von 150 Körner/m<sup>2</sup> zu einer verbesserten Unkrautunterdrückung und somit Herbizideinsparung beiträgt, konnte nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die Aussaatstärke hierfür zu niedrig gewählt wurde, um in einem frühen Entwicklungsstadium eine ausreichende Bodenbedeckung und folglich eine hohe Unkrautunterdrückung zu erreichen.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die halbe Herbizidaufwandmenge für einen Behandlungserfolg ausreichend ist. Weitere Untersuchungen mit einer feineren Abstufung sind jedoch notwendig, um eine generelle Aussage treffen zu können. Die reduzierte Aussaatstärke bei vergleichbaren Erträgen ermöglicht es langfristig Betriebsmittel einzusparen und den Eintrag von Beizmitteln in den Naturhaushalt zu reduzieren.