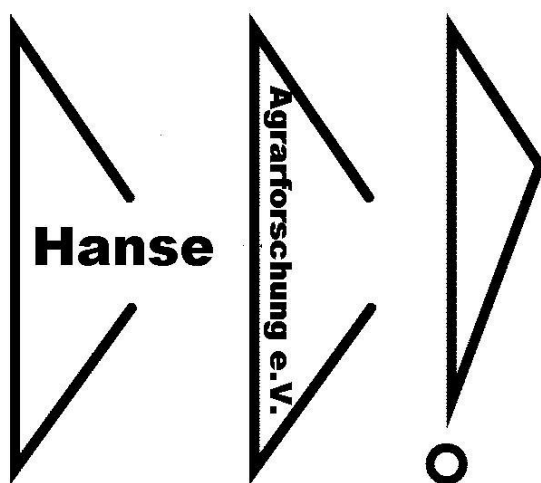




Versuchsbericht

2011/2012



Streifenbearbeitung in Winterraps mit differenter
Unterfußdüngung auf 2 Standorten

Dr. Dominik Gerwers

Daniel Antrack

Hanse Agrar Forschung e.V.

© Hanse Agrarforschung e.V. 2012



Inhalt

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	5
2.1	Vorbemerkung	5
2.2	Versuchspläne und -anlage	5
2.3	Standortbeschreibung.....	9
2.4	Bonituren	14
2.5	Statistische Auswertung.....	14
3	Ergebnisse	15
3.1	Einfluss der Sätechnik bei unterschiedlicher Düngung vor der Saat auf die Entwicklung der Rapspflanzen an zwei Standorten	15
3.1.1	Langer Acker Weferlingen	15
3.1.2	U-Stück Grabau.....	24
3.2	Einfluss der Applikationsart verschiedener Düngemittel bei Striptillage auf die Entwicklung der Rapspflanzen an zwei Standorten	28
3.2.1	Langer Acker Weferlingen	28
3.2.2	U-Stück Grabau.....	36
3.3	Einfluss unterschiedlicher Reihenweiten auf die Entwicklung der Rapspflanzen.....	41
4	Diskussion	47
4.1	Auflaufverhalten und Pflanzenentwicklung im Herbst	47
4.2	Auswirkung der Frostphase auf die Regenerationsfähigkeit der Rapspflanzen.	54
4.3	Einfluss der Bestelltechnik bzw. der Düngerapplikation und –form auf die Ertragsleistung.....	55
5	Fazit:	57

1 Einleitung

Seit ein paar Jahren ist mit dem sogenannten Striptillage ein neues Bodenbearbeitungs- und Saatverfahren nach Deutschland gekommen. Bei diesem Verfahren, das auch als Streifenbodenbearbeitung oder Schlitzsaat bezeichnet werden kann, wird der Boden im Gegensatz zur ganzflächigen Bearbeitung bei Pflug- oder Mulchsaatsystemen nur noch streifenweise bearbeitet. Je nach Hersteller und Bauart sind unterschiedliche Reihenweiten von 33 bis 75 cm möglich. Ursprünglich stammt das Striptillage-Verfahren aus Nordamerika, es ist entwickelt worden, um eine Intensivierung der Bodenbearbeitung auf den Direktsaatflächen zu erreichen. Betrachtet man die Herangehensweise von europäischen Verhältnissen ausgehend, so ist ganz klar zu erkennen, dass mit dem Striptillage-Verfahren eine Extensivierung von Pflug- bzw. Mulchsaatsystemen erwünscht ist. Gleichzeitig wird die Forderung gestellt, dass eine Vielzahl von Kulturen mit dieser Technik bestellt werden können. Es ist jedoch falsch, zu glauben, dass das Striptillage-Verfahren nun für alle Kulturen, zu allen Zeitpunkten und auf jedem Boden anwendbar ist. Striptill wird als kombiniertes Verfahren, also Streifenlockerung mit gekoppelter Saat, oder als absätziges Verfahren mit getrennt vorausgehender Streifenlockerung angewendet. Wird Striptillage als kombiniertes Verfahren aus Bodenbearbeitung mit gleichzeitiger Aussaat angewendet, muss nicht nur die Bodenfeuchte im Saathorizont sondern auch in den tieferen Bodenschichten (20 bis 30 cm) beachtet werden, da bei diesem Verfahren tiefer in den Boden eingegriffen wird, als bei der klassischen Drillsaat. Wird unter feuchten Bedingungen auf eine vorherige Stoppelbearbeitung verzichtet, trocknet der Boden noch langsamer ab. Trifft diese Situation auf nassen Böden mit hohem Tonanteil zusammen, ist der Arbeitseffekt ungenügend bzw. ungünstig. Es wird oft nur ein Schlitz mit verschmierten Wandungen gezogen, der Boden bricht und krümelt nicht, eine exakte Tiefenablage und Einbettung des Saatgutes kann nicht mehr gewährleistet werden. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass der Schlitz oberflächlich zwar verfüllt wird, im Inneren jedoch offene Hohlräume direkt unter dem Saatbett entstehen, wodurch die keimenden Pflanzen in ihrer Wurzelentwicklung stark gehemmt sind. Die schlecht verfüllten und rückverfestigten Schlitz unterliegen starken Setzungsprozessen, was wiederum in Verletzungen der Wurzeln resultiert. Deshalb muss bei der Schlitzsaat dem Faktor Bodenfeuchte eine noch größere Aufmerksamkeit geschenkt werden, als dieser ohnehin schon in der konventionellen Saat hat. Auf tonigen Böden empfiehlt sich somit der An-

satz des absätzigen Striptillage-Verfahrens, dabei wird in einem ersten Arbeitsgang die Krume gelockert und rückverfestigt bevor in einem zweiten Arbeitsgang exakt auf die Schlitze gesät wird. Damit die gelockerten Schlitze zu einem späteren Zeitpunkt wiedergefunden werden, ist der Einsatz von satellitengestützter Navigationstechnik nötig. Die dazu notwendige absolute Genauigkeit im Zentimeter Bereich bieten nur RTK oder D-GPS basierte Lenksysteme. Das kombinierte Verfahren wird vor allem unter trockenen Bedingungen auf leichten, schütffähigen Böden zur Anwendung kommen können. Mit dem Striptillage-Verfahren ist es auch möglich eine gezielte Düngerplatzierung als Unterfuß- (bis 10 cm Tiefe) oder Unterflurdüngung (20 bis 30 cm Tiefe) unmittelbar unter die Saatreihe zu legen. Die Unterfußdüngung mit einem Stickstoff-Phosphordünger (Di-[DAP] oder Monoammonphosphat [MAP]) bei Mais ist gerade auf leichten oder unterversorgten Böden gängige Praxis. Auch bei Winterraps wird nun im Zuge der weiteren Reihenabstände bei Striptillage geforscht, inwiefern sich eine konzentrierte Unterfuß- / Unterflurdüngung mit Stickstoff-Phosphor bzw. Stickstoff-Schwefeldüngern positiv auf die Pflanzenentwicklung im Herbst auswirkt. Dies kann insgesamt bei einer verringerten Herbsdüngung die Stickstoffbilanz bei Winterraps wesentlich verbessern.

Gerade die Aussaat von Winterraps hat in den Jahren 2010 und 2011 gezeigt, wie hoch die Anforderungen an ein gutes Saatbett sind. Bedingt durch die Regenfälle vor der Getreideernte, waren die Flächen erst spät geräumt, das Stroh hatte bereits mit der Zersetzung begonnen und sehr schnell viel Stickstoff gebunden. Diese Stickstoffsperre hat es dem Winterraps schwer gemacht, sich zügig unter den späten und feuchten Bedingungen zu entwickeln. Mit dem Striptillage wird es möglich, die Feldaufgänge zu sichern, da das Keimbett größtenteils von Stroh geräumt ist und so keine Nährstoffkonkurrenz durch den Abbau der Ernterückstände zu erwarten ist. Die Wurzeln können in dem gelockerten Schlitz sehr schnell tief in den Boden eindringen und können so Trockenstresssituationen besser überstehen. Bei der herkömmlichen Drilltechnik bspw. mit Kreiseleggendrillkombinationen, kann ein Verdichtungshorizont durch die Kreiselegge hervorgerufen werden. Dieser Horizont in 5 bis 8 cm Tiefe verhindert, dass die Rapswurzeln mit einer kräftigen Pfahlwurzel in die Tiefe gehen. Vielmehr beginnt die Rapswurzel sich im oberen Krumbereich zu verzweigen und ist so schneller einem Stress bei fehlendem Wasser ausgesetzt.

Wenn möglich sollte jedoch nicht an der Stoppelbearbeitung gespart und nur auf den Einsatz von Totalherbiziden gesetzt werden. Versuche der Hanse Agro GmbH an verschiedenen Standorten belegen, dass der Zugkraft- und Kraftstoffbedarf bei nachfolgen-

den Bodenbearbeitungen durch eine wiederholte Stoppelbearbeitung wesentlich verringert werden kann. Einen wesentlich größeren Beitrag leistet die intensive Stoppelbearbeitung für die Bekämpfung von Unkräutern und Ausfallgetreide sowie Schnecken und Mäusen. Durch eine Stoppelbearbeitung kann weiterhin die Strohrotte erheblich verbessert werden. In besonders feuchten Jahren ermöglicht die Stoppelbearbeitung durch das Öffnen und Einmischen der Strohaufgabe ein leichteres Abtrocknen des Bodens. Des Weiteren kann gerade auf tonigeren Standorten mehr Feinerde hergestellt werden.

Entwickelt und prädestiniert ist das Striptillage-Verfahren für die klassischen Reihenkulturen wie Zuckerrübe und Mais. Auch bei Winterraps zeigen Versuchsergebnisse und praktische Erfahrungen, dass es durchaus möglich ist, die Reihenweite von 12,5 bzw. 15 cm auf 33 bis 45 cm zu steigern, ohne dass Ertragsdepressionen auftreten. Dies kann allerdings nur erreicht werden, wenn die Einzelpflanze ausreichend Platz zur Verfügung hat, um sich kräftig zu verzweigen. Betrachtet man den theoretischen Abstand von Rapspflanzen innerhalb der Saatreihe (Tabelle 1), so wird deutlich, dass bei 40 Pflanzen je Quadratmeter und einer Reihenweite von 12,5 cm der Abstand zur Nachbarpflanze 20 cm beträgt. Wird die Reihenweite nun bedingt durch die Technik des Striptillage erhöht, sinkt bei gleicher Saatstärke der Abstand der Pflanzen innerhalb der Saatreihe. Dies hat zur Folge, dass die Rapspflanzen zu wenig Platz haben, um sich stark zu verzweigen. Um die intraspezifische Konkurrenz zu vermeiden, muss die Saatstärke reduziert werden. Um den gleichen Abstand von Pflanze zu Pflanze bei einer Reihenweite von 45 cm zu erreichen, dürfen theoretisch nur 10 Pflanzen je Quadratmeter stehen.

Tabelle 1 Theoretische Abstände von Pflanzen innerhalb der Saatreihe bei unterschiedlichen Reihenweiten und Aussaatstärken

		Reihenweite (cm)			
		12,5	25	45	75
Pflanzen je m ²	10	80	40	22	13
	25	32	16	9	5
	40	20	10	6	3
	55	15	7	4	2

Eigene Versuche aus den Vorjahren zeigen, dass unter optimalen Bedingungen Winter-
 raps durchaus in der Lage ist, mit 10 Pflanzen bei einer guten Verteilung und einer Rei-
 henweite von 45 cm, den gleichen Ertrag zu erzielen, wie 40 Pflanzen bei einer Rei-
 henweite von 12,5 cm. Dies lässt sich auch schon an der Entwicklung der Einzelpflanze im
 Herbst erkennen. Im Durchschnitt aller bonitierten Pflanzen wurde bei reduzierter Saat-
 stärke durchweg ein Blatt sowie zwei Gramm mehr Trockenmasse je Pflanze gebildet als
 bei hoher Saatstärke. Bei solch einer geringen Bestandesdichte können weitere Pflan-
 zenausfälle, etwa durch Schnecken und Mäuse bzw. Krankheiten oder Auswinterung
 kaum noch kompensiert werden. Um nun einen guten Kompromiss aus zu großer
 intraspezifischer Konkurrenz und Risikominderung zu finden, sollte die Aussaatstärke
 nicht unter 20 Körner je Quadratmeter liegen. Gleichzeitig ist dann auch eine exakte
 Längsverteilung des Saatgutes in der Reihe erforderlich. Dies kann in der beschriebenen
 Konstellation (20 Pflanzen/m² und 45 cm Reihenabstand) nur mit Einzelkornsätechnik
 erreicht werden. Tabelle 1 zeigt auch, dass bei den zuvor genannten Bedingungen eine
 Reihenweite von 45 cm das obere Maximum im Anbau von Winter-
 raps darstellt.

2 Material und Methoden

2.1 Vorbemerkung

Der Verein Hanse Agrarforschung e.V. mit Sitz in Gettorf, Schleswig-Holstein, hat den Versuch durchgeführt. Im Rahmen dieses Versuches wurde in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft eine Bachelor-Thesis von Herrn Antrack mit dem Titel „Strip Tillage zu Raps und Rüben – Pflanzenbauliche und technische Aspekte“ verfasst. Dabei wurde die Herbstentwicklung von Winterraps am Standort Weferlingen betrachtet.

2.2 Versuchspläne und -anlage

Der Versuch auf dem Standort Weferlingen (Landkreis Börde, Sachsen-Anhalt) bestand aus zwölf Varianten, von diesen wurden zehn Varianten auf einem weiteren Standort in Grabau (Landkreis Uelzen, Niedersachsen) angelegt.

In Weferlingen wurde nach der Weizenernte mit dem Lemken Smaragd eine zweimalige Stoppelbearbeitung in 8 bzw. 12 cm Tiefe durchgeführt. In den Varianten der Vorsaat-einarbeitung (VSE) wurde die jeweilige Düngermenge vor der zweiten Stoppelbearbeitung mit einem Rauch Schleuderstreuer aufgebracht. In der Mulchsaatvariante wurde unmittelbar vor der Aussaat mit einer Kreiseleggendrillkombination (Lemken Solitair) eine Grundbodenbearbeitung mit einem Grubber (Horsch Tiger) in einer Tiefe von 28 cm durchgeführt. Die Reihenweite der Mulchsaatdrillmaschine betrug 12,5 cm. Bei den Strip-tillvarianten wurden nach der Weizenernte ebenfalls eine zweimalige Stoppelbearbeitung durchgeführt, die Grundbodenbearbeitung und Aussaat wurde im kombinierten Verfahren mit der Striptillmaschine Master von Köckerling (Abbildung 1) durchgeführt. Die Tiefenlockerung betrug ebenfalls 28 cm. Die Reihenweite der Drillschare betrug 45 cm. Für die Striptillvariante mit Unterfußdüngung (Var.2) wurde der Dünger unmittelbar hinter den Grubberzinken in einer Tiefe von 20-28 cm abgelegt. Die Aussaatstärke in der Mulchsaat betrug 40 keimfähige Körner / m² im Striptillverfahren wurde aufgrund der größeren Reihenweite eine Aussaatstärke von 30 keimfähigen Körnern / m² gewählt. Neben der Tausendkornmasse (TKM) und der Keimfähigkeit wurde für alle Saatverfahren ein Feldaufgang von 85% unterstellt.

In Grabau war die Vorrucht ebenfalls Winterweizen, nach einer Stoppelbearbeitung wurden die Varianten mit dem Master von Köckerling bestellt. Dabei wurde die Maschine als Multifunktionsgerät für den Versuch verwendet. Die Striptillvarianten wurden im kombinierten Verfahren mit einer Lockerungstiefe von 28 cm bestellt. Die Varianten der Vorsaateinrichtung (VSE) wurden mit den angehobenen Gubberzinken mit Düngerauslass oberflächlich gedüngt, bevor die Grundbodenbearbeitung und die Saat dann wiederum im kombinierten Verfahren durchgeführt wurden. Die Mulchsaatvarianten wurden ebenfalls mit dem Master tief bearbeitet, dabei wurde die Bearbeitungsrichtung um 25° zur Drillrichtung gedreht. Die Aussaat übernahm die pneumatische Säschiene des Masters, bei der dann alle Särohre geöffnet wurden und ein Reihenabstand von 15 cm realisiert wurde, die Grubberzinken liefen dabei nur in einer Tiefe von 2-5 cm.



Abbildung 1 Master von Köckerling Striptillmaschine mit Unterfußdüngung und pneumatischer Säschiene

Die Varianten werden anhand der Abbildung 2 erklärt, zunächst kann zwischen dem Block der Striptilltechnik mit Unterflurdüngung (UFlur) mit den Varianten 2 bis 4 und dem Block Striptilltechnik mit Vorsaateinarbeitung (VSE) in den Varianten 5 bis 7 unterschieden werden. Eine weitere Vergleichsmöglichkeit ergibt sich zwischen den Var.1 sowie 5 bis 7 in Striptilltechnik (VSE) und der Mulchsaatechnik (VSE) mit den Varianten 8 bis 11. Mit der Mulchsaatechnik wurde zusätzlich eine Variante (Var.0) mit einem Reihenabstand von 25 cm angelegt. Folglich kann ein dritter Vergleich zwischen den Reihenweiten 12,5 cm (Var.11) und 25 cm (Var.0) in Mulchsaat gemacht werden. In den späteren Abbildungen wird zudem die Striptillvariante 1 mit 45 cm Reihenabstand aufgeführt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Aussaatstärke zwischen den Mulchsaat- und Striptillvarianten nicht gleich war und der Technik entsprechend unterschiedlich bestellt wurde. Bei der Mulchsaatechnik war es technisch nicht möglich, eine UFlur-düngung durchzuführen. Viele Betriebe erhoffen sich, dass sie mit der VSE-düngung gleiche oder ähnliche Effekte erzielen, wie bei einer konzentrierten Unterfuß- bzw. Unterflurdüngung. Dieser Unterschied konnte bei diesem Versuch nur bei der Striptilltechnik zwischen UFlur und VSE überprüft werden. Zur Saat wurden vier Düngungsvarianten verfolgt. Zunächst wurde bei beiden Säetechniken eine „Nullvariante“ angelegt, im Striptillage ist dies die Var.1 und in der Mulchsaat die Var.11. Die ebenfalls vorgeplante Var.12 (Betrieb) wurde letztlich im Herbst analog zur Var.11 geführt. Als Düngemittel kamen 100 kg/ha Diammonphosphat (DAP) in den Var. 2, 5 und 10, 100 kg/ha Schwefelsauresammoniak (SSA) in den Var.3, 6 und 9 sowie eine Mischung der beiden Düngemittel (50 kg/ha DAP + 50 kg/ha SSA) in den Var.4, 7 und 8 zum Einsatz. Die Grundüberlegungen für die gewählten Düngemittel waren dabei folgende. Zunächst ist DAP als Unterfußdünger im Maisanbau sehr verbreitet und weist dort große Vorteile für die Jugendentwicklung von Mais auf. Weiterhin wird vermutet, dass Phosphor eine Lockwirkung auf die Wurzeln ausübt und sie so evtl. verstärkt in tiefere Bodenschichten leiten kann. Winterraps ist jedoch weniger Bedürftig für Phosphor und reagiert vor allem auf leichten Böden bereits im Herbst sehr gut auf eine Düngung mit Schwefel, so dass dies der Grund war, warum SSA zum Einsatz kam. Die letzte Düngungsvariante, die Mischung aus beiden, sollte letztlich die Vorteile beider Düngemittel kombinieren.

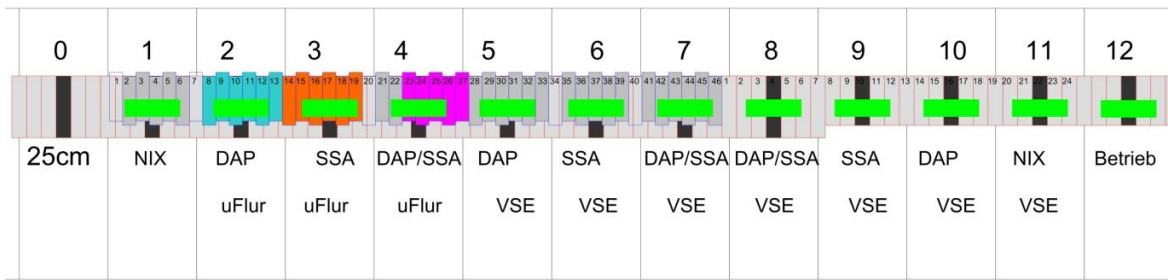


Abbildung 2 Übersicht der Varianten auf dem Schlag „Langer Acker“ in Weferlingen (Legende s. Abbildung 4). Die Zahlen kennzeichnen die Varianten

Die Versuchsfläche „U-Stück“ in Grabau war kleiner als der „Lange Acker“ in Weferlingen, es konnten dort nur 10 Varianten angelegt werden. Die Abfolge der Varianten ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Variantenbezeichnung mittels Nummern entspricht denen des „Langen Ackers“. Die Varianten wurden auf beiden Flächen jeweils auf der vollen „Arbeitsbreite“ von 36 m der Pflanzenschutzspritze angelegt. Die Fahrgassen lagen dabei in der Mitte der Varianten. Die Länge entsprach der Schlaglänge. Diese betrug auf dem Langen Acker immerhin 900 m. Bedingt durch den Technikeinsatz bei der Aussaat und der Möglichkeit, mit precision farming tools (Sensoreinsatz, Ertragskartierung) die Auswertung auszuweiten, war bereits eine große Fläche je Variante gebunden. Eine Wiederholung der einzelnen Varianten wurde nicht angelegt.

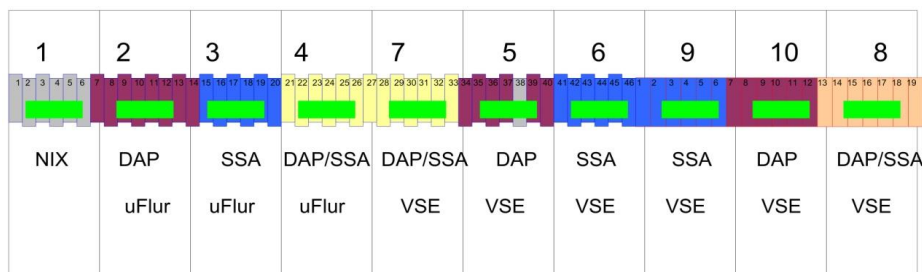


Abbildung 3 Übersicht der Varianten auf dem Schlag „U-Stück“ in Grabau (Legende s. Abbildung 4). Die Zahlen kennzeichnen die Varianten aus Abbildung 2.



Abbildung 4 Legende zu den Variantenplänen

2.3 Standortbeschreibung

Der Boden der Versuchsfläche (Langer Acker) in Weferlingen ist als mittel lehmiger Sand dilluvialer Entstehung (SL2D) mit 45 Bodenpunkten klassifiziert. Die Bodengüte der Fläche U-Stück liegt bei 30 Bodenpunkten, die Bodenart ist schwach lehmiger Sand.

Der Witterungsverlauf für das Jahr 2011/2012 ist für den Standort Bahrdorf in Abbildung 5 dargestellt. Bahrdorf liegt 8 km nordwestlich der Versuchsfläche Langer Acker. Der August 2011 war etwas feucht, dennoch konnte die Rapsaussaat am 21. August erfolgen. Warme Temperaturen im September verhalfen den Pflanzen zu einem guten Wachstum. Die geringen Niederschläge von Mitte September bis Anfang Dezember (45 mm) mit einer sechswöchigen Trockenphase im November sorgten für eine etwas angespannte Situation in Bezug auf die Nährstoffnachlieferung des Bodens. Entspannung trat mit den Niederschlägen im Dezember auf. Das Ausbleiben des Winters bis Ende Januar trieb das Pflanzenwachstum enorm voran. Zum Monatswechsel zwischen Januar und Februar fielen die Tagesmitteltemperaturen für 20 Tage unter 0°C, die Hälfte davon lag unter -8 bis -15°C. Die mit -19°C tiefste Temperatur wurde in der Nacht vom 6. auf 7. Februar gemessen. Es fehlte eine schützende Schneedecke, so dass die Pflanzen den tiefen Temperaturen ungeschützt ausgesetzt waren. Phasenweise Wechselfröste bis Anfang April störten die sich erholenden Pflanzen in ihrer Entwicklung. Die Niederschlagsmenge und -verteilung in den Frühjahrs- und Frühsommermonaten war in Verbindung mit den kühlen Temperaturen gerade ausreichend. Eine Hitzeperiode um den 22. Mai mit maximalen Temperaturen über 30°C hinterließ in einigen Getreideflächen nachhaltige Lücken. Im Raps war es zu dieser Zeit nicht mehr so kritisch. Mit Abkühlung Anfang Juni und den ersten bedeutenden Niederschlägen erholten sich die Pflanzen wieder deutlich. Die Ernte Ende Juli erfolgte unter guten Witterungsbedingungen.

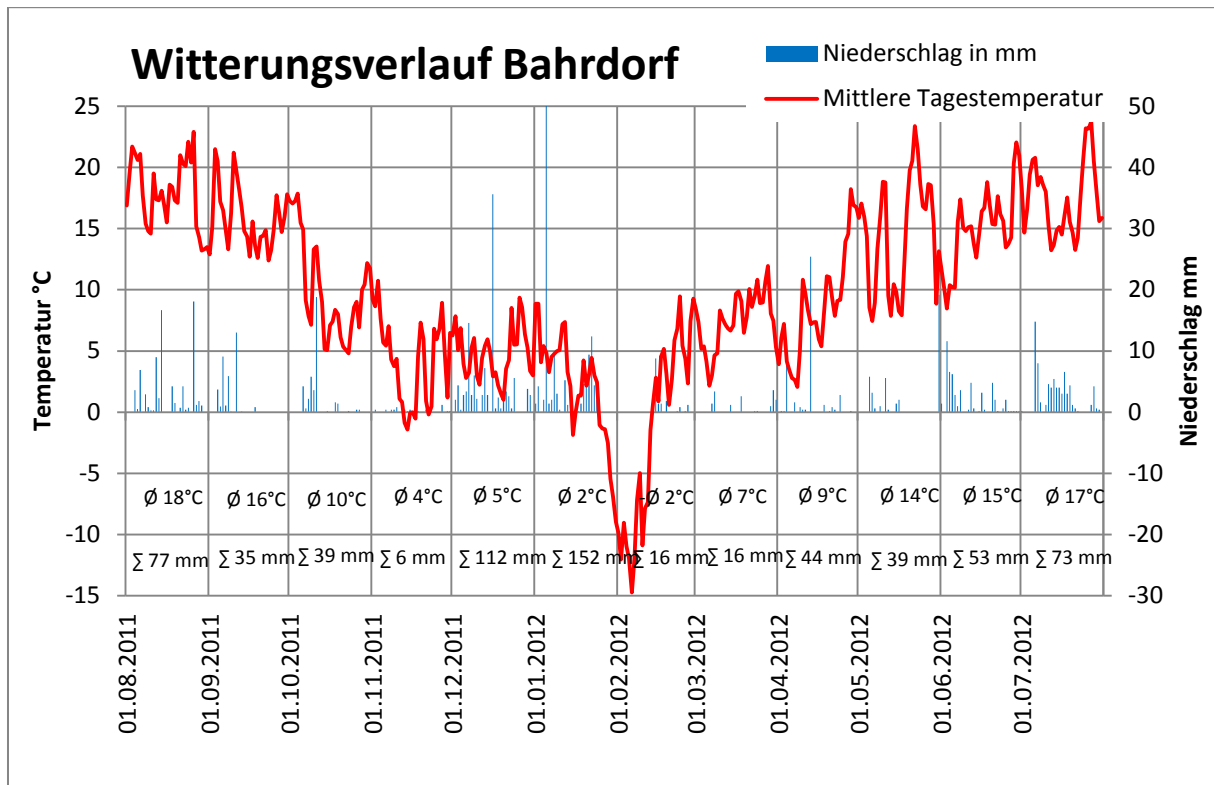


Abbildung 5 Witterung auf dem Versuchsstandort Bahrdorf. Dargestellt sind die Tagesmitteltemperatur in 2 m Höhe in °C (rote Linie) sowie der tägliche Niederschlag in mm (blaue Balken) für den Zeitraum 01. August 2011 bis 31. Juli 2012.

Die Produktionstechnik auf dem Versuchsschlag Langer Acker ist in Tabelle 1 dargestellt. Vor der Saat wurde die Grundnährstoffversorgung mit Kornkali und Hühner trockenkot (HTK) sichergestellt. Es wurde eine zweimalige Kürzung im Herbst mit Folicur bzw. Carax + Folicur durchgeführt. Im Frühjahr wurde ebenfalls eine gesplittete Wachstumsregler-/ Fungizidmaßnahme durchgeführt. Die Stickstoffdüngung im Herbst erfolgte auf der ganzen Fläche vor der Saat mittels HTK und je nach Variante mit verschiedenen zusätzlichen Stickstoffdüngern. Im Frühjahr wurden zunächst 40 kg/ha N in Form von SSA (N1) vorgelegt und anschließend mit Harnstoff (N2) weitergedüngt. Bei der N2 wurde die Düngung nach der unterschiedlichen N-Aufnahme der Varianten im Herbst kalkuliert. Die Mengen zu N2 sind in Tabelle 3 gezeigt. Zur Stärkung und Vitalisierung der durch den Frost stark geschädigten Pflanzen wurde im Frühjahr mehrmals Bor, Mangansulfat, Bittersalz und kleine Mengen N über NTS begleitend mit den Fungizidmaßnahmen appliziert.

Die Summe des im Frühjahr gedüngten Stickstoffs sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 2 Produktionstechnik auf dem Versuchsschlag Langer Acker

Datum	Mittel
15.08.	4 dt/ha Kornkali
19.08.	3 t HTK
20./21.08.	Aussaat
21.08.	0,2 l/ha Centium 1,0 l/ha Fuego
16.09.	0,6 l/ha Folicur 1,0 kg/ha Bor 0,4 l/ha Fuego 0,5 l/ha Targa Super
04.10.	0,5 l/ha Carax 0,3 l/ha Folicur 1,0 kg/ha Bor 1,5 l/ha Mn-fl
21.02.	40 kg/ha N SSA (N1)
15.03.	N2 siehe Tab.3
19.03.	0,4 l/ha Orius 1,5 kg/ha Bor 5,0 kg/ha Bittersalz
25.03.	50 ml/ha Fastac 0,15 kg/ha Plenum 0,4 l/ha Matador
14.04.	0,3 l/ha Biscaya 10 kg/ha N (NTS)
05.05.	0,7 l/ha Cercobin 0,2 l/ha Cantus Gold 75 ml/ha Karate Zeon 1,0 kg/ha Bor 3,0 kg/ha Bittersalz 10 kg/ha N (NTS)

Tabelle 3 Zusammenfassung der im Frühjahr gedüngten Stickstoffmengen in kg/ha N

Variante	N-Düngung Frühjahr in kg/ha N
0	130
1	140
2	145
3	140
4	150
5	145
6	140
7	100
8	120
9	140
10	130
11	160
12	180

Die Versuchsfläche U-Stück liegt 60 km nördlich von Bahrdorf. An diesem Standort war keine Wetterstation vorhanden. Im Großen und Ganzen verlief die Witterung ähnlich wie in Abbildung 5 dargestellt. In der strengen Frostphase fehlte ebenfalls eine schützende Schneedecke. Eine Ausnahme war jedoch gleich zu Beginn des Versuches festzustellen. Aufgrund größerer Niederschläge, erfolgte die Weizenernte spät und die Fläche stand erst eine Woche später am 26.08.2011 zur Aussaat zur Verfügung. Am selben Abend ging ein kräftiger Gewitterschauer mit Starkregen und Hagel über die Fläche in Grabau.

Am 01.09.2011, sechs Tage nach der Saat, wurde eine erste Schadensbegutachtung durchgeführt. Die beiden Aufnahmen in Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die stark verschlammte Fläche. Der freigelegte Rapskeimling in Abbildung 7 schaffte es nicht, die verkrustete Oberfläche zu durchstoßen. Nachdem fünf Tage später immer noch keine Rapspflanzen aufgelaufen waren, wurde der Entschluss getroffen, den Versuch neu zu bestellen. Da alternative Flächen fehlten, wurde dieselbe wieder gewählt. Die zweite Aussaat erfolgte am 16.09.2011, es wurde versucht, die zuvor gelockerten und vor allem gedüngten Streifen wieder zu treffen. Ohne automatischem Lenksystem oder ähnlichem war dies jedoch nicht 100%ig verlässlich. Die betriebsübliche Produktionstechnik ist in Tabelle 4 dargestellt. Da die Pflanzen sehr klein und unterentwickelt waren, wurde im Herbst und Frühjahr ein Schwerpunkt auf die Vitalisierung der Pflanzen gelegt.



Abbildung 6 Versuchsfläche U-Stück in Grabau. Starke Verschlämmung nach Gewitterschauer. Aufnahmedatum 01.09.2011(Gerwers)



Abbildung 7 Detailaufnahme eines freigelegten Rapskeimlings auf der verschlammten Fläche. Aufnahme vom 01.09.2011 (Gerwers)

Tabelle 4 Produktionstechnik auf dem Versuchsschlag U-Stück

Datum	Mittel
15.08.	4 dt/ha Kornkali
19.08.	3 t HTK
28.08.	Aussaat 1
11.09.	4 l/ha Glyphos
16.09.	Aussaat 2
25.09.	1,0 l/ha Butsian Gold
10.10.	0,4 l/ha Folicur 1,0 kg/ha Bor 10 kg N HAS 5 kg Bittersalz 1,5 l/ha Mn-fl
08.03.	160 kg/ha N
26.03.	40 kg/ha N
23.03.	0,15 l/ha Folicur 1,5 kg/ha Bor 0,3 l/ha Decis 10 kg/ha Bittersalz
04.04.	0,5 l/ha Folicur 0,3 l/ha Biscaya
10.05.	0,5 l/ha Cercobin 1,0 l/ha Oritva 75 ml/ha Karate Zeon

2.4 Bonituren

In dem Versuch wurden nach der Aussaat in wachsendem Zeitabstand der Feldaufgang an den immer gleichen Stellen erfasst. Dazu wurden je Variante drei Zählstrecken ausgesteckt, die doppelseitig gezählt wurden. Somit war gewährleistet, dass immer ein und dieselbe Strecke gezählt wurde. Außerdem wurde zu Vegetationsende und Vegetationsbeginn eine ausführliche Bonitur der vegetativen Pflanzenparameter durchgeführt. Hierfür wurden je Beprobungsstelle (n) 10 Pflanzen entnommen. Untersucht wurden die Anzahl der Blätter pro Pflanze und deren Frisch- (FM) und Trockenmasse (TM). Der Wurzelhalsdurchmesser (WHD) wurde ermittelt und die Länge der Pfahlwurzel sowie deren TM gemessen. Die Ernte erfolgte mit dem betriebsüblichen Mähdrescher (Claas Lexion, Vario-Schneidwerk 7,5 m).

Von den 36 m breiten Varianten wurden auf dem Langen Acker jeweils drei Druschspuren (22,5 m) geerntet. Die Erträge wurden zum einen mit der Ertragskartierung des Claas Mähdreschers punktgenau erfasst, zum anderen wurden das Druschergebnis der jeweiligen Variante gewogen. Damit ist eine Aussage über die Güte der Ertragskartierung möglich, bzw. können die einzelnen Punkte der Ertragskartierung korrigiert werden. Auf dem U-Stück wurden nur zwei Schneidwerksbreiten ohne Fahrgasse beerntet, eine Ertragskartierung war auf diesem Standort nicht möglich. Nach der Ernte wurden aliquote Mengen der Varianten gereinigt, der Fremdbesatz sowie das Tausendkornmasse (TKM) und die Kornfeuchte ermittelt.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung des Versuches erfolgte mit SPSS, die graphische Darstellung mit Excel. Es wurden univariate Varianzanalysen mit zwei Faktoren berechnet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p = 0,05$ festgelegt. Multiple Mehrfachvergleiche (posthoc test) wurden nach Tukey B durchgeführt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die arithmetischen Mittelwerte, die Fehlerbalken beschreiben den Standardfehler und geben die durchschnittliche Abweichung des Mittelwerts vom wahren Wert wider. Die Achsenkalibrierung der Abszisse beginnt nicht immer bei „0“ was zu einer Verzerrung führen kann. Treten signifikante Unterschiede in den Merkmalen auf, so sind sie mit Buchstaben kenntlich gemacht.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Sätechnik bei unterschiedlicher Düngung vor der Saat auf die Entwicklung der Rapspflanzen an zwei Standorten

3.1.1 Langer Acker Weferlingen

Zunächst werden Ergebnisse gezeigt, die den Einfluss der Sätechnik (Mulchsaat vs. Striptillage) auf die Entwicklung von Rapspflanzen haben. Dazu wurden die Varianten selektiert, die zur Saat keine zusätzliche Düngung bzw. eine Düngung vor der Saat eingearbeitet (VSE) bekamen. Dem Versuchsplan in Abbildung 2 folgend, waren dies auf der Versuchsfläche Langer Acker die Var.1 sowie 5 bis 7 in Striptillage und die Var.9 bis 11 in der Mulchsaat. Auf der Versuchsfläche U-Stück (Abbildung 3) wurde in der Mulchsaat keine „Nulldüngungsvariante“ angelegt, von daher werden hier die Var.5 bis 7 (Striptillage) und Var.9 bis 10 (Mulchsaat) dargestellt.

Tabelle 5 Übersicht der ausgewählten Varianten

Nr.	Technik	Düngung
1	Striptillage	ohne
5	Striptillage	DAP
6	Striptillage	SSA
7	Striptillage	Mix
8	Mulchsaat	Mix
9	Mulchsaat	SSA
10	Mulchsaat	DAP
11	Mulchsaat	ohne

Auf dem Langer Acker begann die Zählung der Rapspflanzen an den ausgesteckten Zählstrecken sechs Tage nach der Aussaat am 26.08.2011. Bis dahin waren in den Mulchsaatvarianten 22 Pflanzen m^{-2} aufgelaufen, dies entsprach einem Feldaufgang von 54% (Abbildung 8). In den Striptillvarianten konnten 20 Pflanzen m^{-2} gezählt werden, aufgrund der niedrigeren Zielpflanzendichte waren dort aber bereits 2/3 der Pflanzen aufgelaufen. Die zweite Zählung fand am 01.09.2011 statt, zu diesem Zeitpunkt waren in allen Varianten 100% der angestrebten Zielpflanzen aufgelaufen. Die Änderungen über die dritte (05.09.2011) und vierte Zählung (09.09.2011) sind zu vernachlässigen. In der Mulchsaat standen am 09.09.2011 41 Pflanzen m^{-2} und in den Striptillvarianten 31 Pflanzen m^{-2} . Der letzte Zähltermin an den Zählstrecken war gut einen Monat nach der Saat am 26.09.2011. Dabei zeichneten sich bei beiden Sätechniken Pflanzenverluste von jeweils 20% ab. Die absoluten Zahlen betragen 32 bzw. 24 in Mulchsaat bzw. Striptillage. Die Unterschiede der absoluten Pflanzenzahlen ab dem zweiten Zähltermin waren zwischen Mulchsaat und Striptillage signifikant. Bezogen auf die Aussaatstärke resp. den Feldaufgang unterschieden sich die beiden Säverfahren nicht.

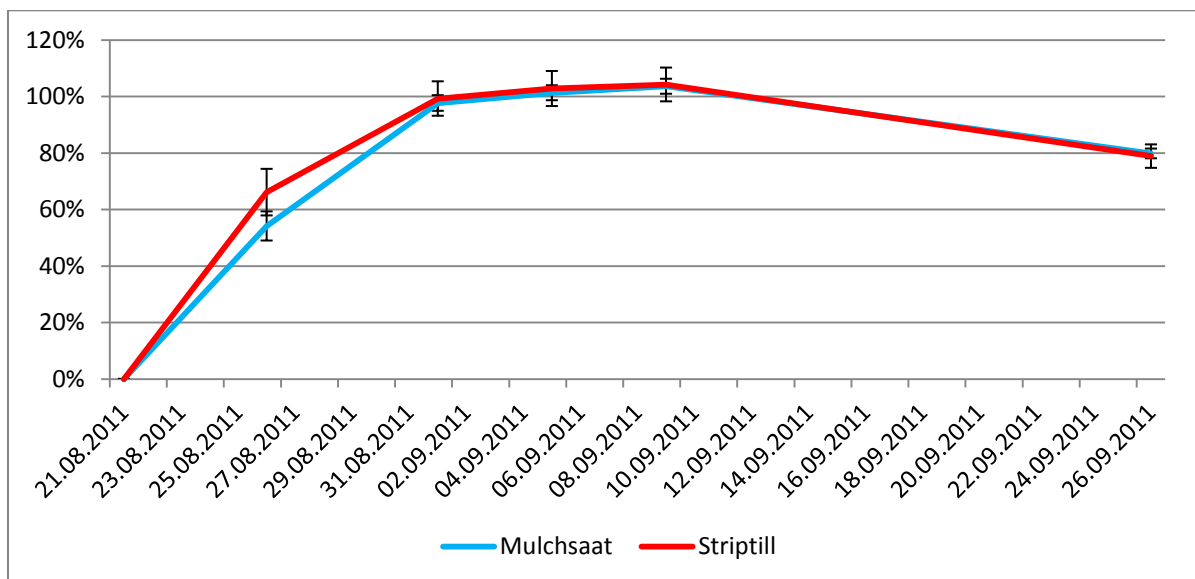


Abbildung 8 Prozentualer Feldaufgang im Mittel der Sätechnikvarianten am Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte jeweils beidseitig von den Zählstrecken. Mulchsaat 100% = 40 Pflanzen m^{-2} ; Striptillage 100% = 30 Pflanzen m^{-2} . Fehlerbalken zeigen den Standardfehler von $n = 40$, * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Mulchsaat und Striptillage.

Ausführliche Bonituren, die die Pflanzenentwicklung beschreiben sollten, wurden am 24.11.2011, dem vermeintlichen Vegetationsende im langjährigen Mittel, sowie dem Vegetationsbeginn am 07.03.2012 durchgeführt. Zunächst ist in Abbildung 9 die Anzahl der Pflanzen m^{-2} gezeigt. Diese Erhebung wurde mittels eines 1m^2 -Zählrahmens an jeweils zwei verschiedenen Stellen der Varianten im Herbst bzw. vier verschiedenen Stellen der Varianten im Frühjahr durchgeführt. Mit den Pflanzen an diesen Stellen wurden dann auch die nachfolgend beschriebenen Parameter erhoben. Am 24.11.2011 wurde auf der Versuchsfläche Langer Acker in den Mulchsaatvarianten durchschnittlich 38 Pflanzen m^{-2} erfasst, während in den Striptillvarianten durchschnittlich 34 Pflanzen gezählt wurden. Damit lag die Pflanzenzahl Ende Herbst in der Mulchsaat bei 95% bzw. im Striptillage bei 113% der geplanten Bestandesdichte. Die Unterschiede zwischen den Technik- bzw. Düngungsvarianten waren nicht signifikant. Im Frühjahr wurden nach dem Vegetationsbeginn am 07.03.2012 in den Striptill- und Mulchsaatvarianten durchschnittlich 25 Pflanzen gezählt. Durch den Frost erfolgte in der Mulchsaat eine Reduktion von $\frac{1}{3}$, die Striptillvarianten verloren lediglich $\frac{1}{4}$ ihrer Pflanzen aus dem Herbst. Im Frühjahr gab es aber ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Technik- bzw. Düngungsvarianten.

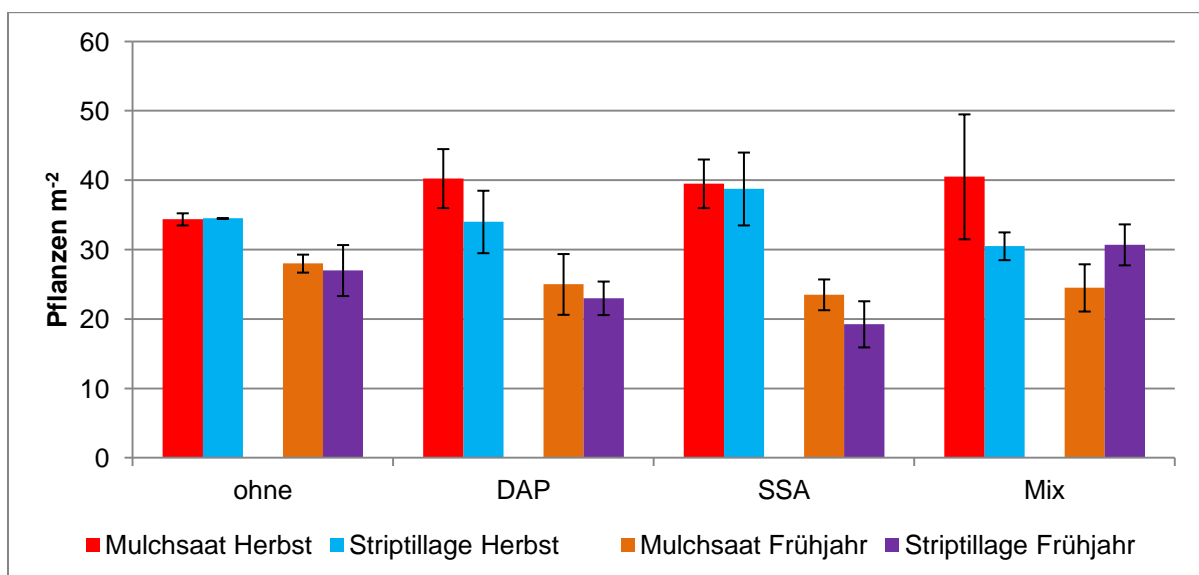


Abbildung 9 Anzahl Pflanzen m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die Pflanzen erzielten auf dem Langer Acker bis Ende November einen oberirdischen Frischmasseaufwuchs (Abbildung 10) von durchschnittlich 3 kg m^{-2} . Dabei lagen die Werte der Pflanzen in der Variante Mulchsaat ohne zusätzliche Düngung bei $1,3 \text{ kg m}^{-2}$ und in der Variante Striptillage mit DAP bei 4 kg m^{-2} . Aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen und der damit verbundenen großen Streuung ergaben sich keine Signifikanzen zwischen den Varianten. Die Frostphase im Februar verringerte die Frischmasse um durchschnittlich 83%. Trotz doppelter Wiederholungsanzahl konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden.

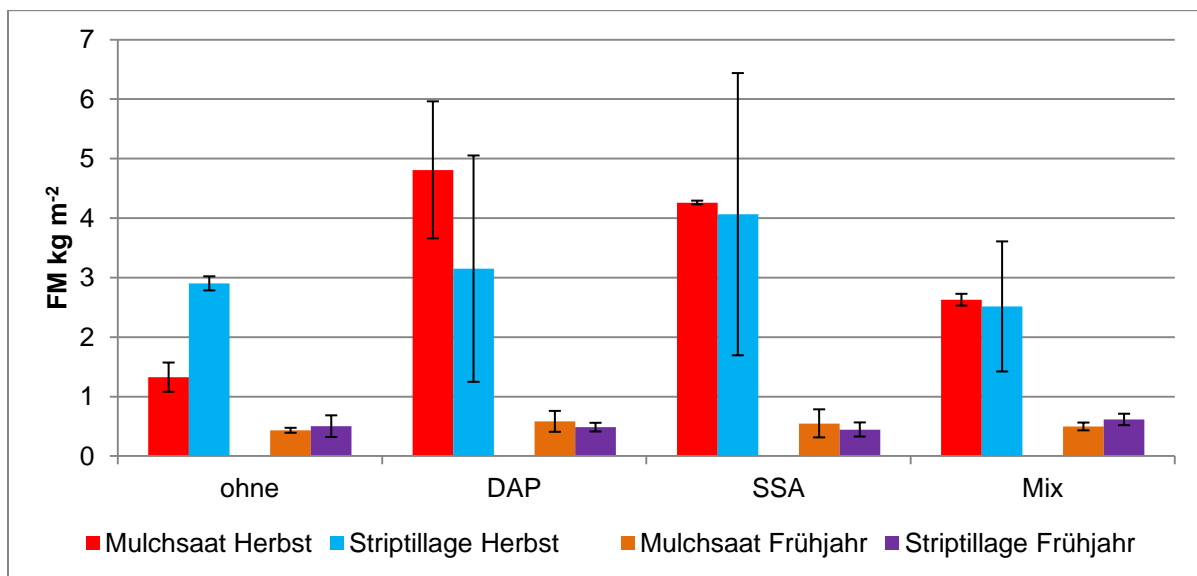


Abbildung 10 Frischmasse in kg m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Den Wurzelhalsdurchmesser (WHD) in mm auf der Fläche Langer Acker zeigt Abbildung 11, bonitiert wurden dabei immer 10 Pflanzen je Messpunkt. Mit einem WHD von durchschnittlich 10,5 in der Mulchsaat und 11,6 mm in Striptillage wiesen die Pflanzen der letzteren Technik tendentiell etwas größere WHD auf, statistisch war dies nicht zu belegen. Zum Frühjahr hin hat weiteres Wachstum der Pflanzen stattgefunden, da die WHD der Pflanzen durchschnittlich um 3 mm in allen Varianten zugenommen hatten. Der größte Zuwachs mit 4,2 mm fand in der Variante Mulchsaat mit SSA Düngung statt. Die Unterschiede im Frühjahr waren aber ebenfalls nicht signifikant.

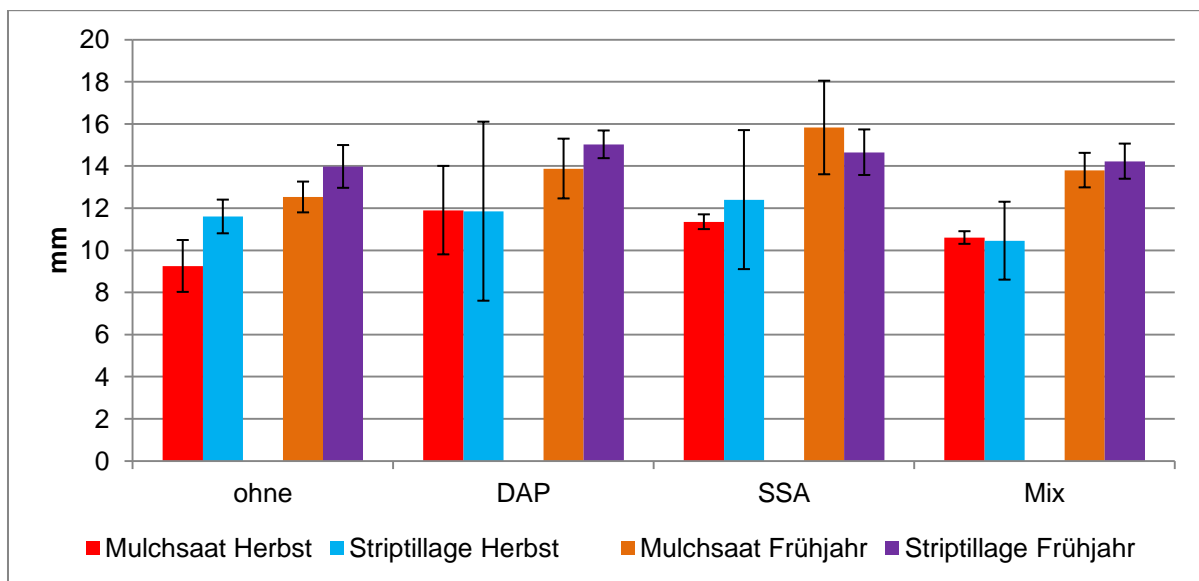


Abbildung 11 WHD zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von n=2 (Herbst) bzw. n=4 (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Unter Zuhilfenahme des Yara-N-Sensors war es möglich zu den Handboniturpunkten auch eine Auswertung der vegetativen Entwicklung über die gesamte Variantenlänge zu machen. Abbildung 12 zeigt die Mittelwerte der Biomasseindices (BI) der einzelnen Düngungsvarianten im Mittel der beiden Saatverfahren des Yara-N-Sensors an je zwei Terminen im Herbst und im Frühjahr. Den höchsten BI im Herbst erreichten die Pflanzen mit einer Mischdüngung aus 50 kg/ha DAP + 50 kg/ha SSA, an zweiter Stelle lagen die Pflanzen, die mit 100 kg/ha SSA gedüngt wurden, gefolgt von denen mit 100kg/ha DAP. Den niedrigsten Wert wiesen die Pflanzen auf, die keine weitere Düngung erhielten. Im Frühjahr kippt die Reihenfolge genau ins Gegenteil. Zum zweiten Messtermin am 25.03.2012 wiesen die ungedüngten Pflanzen bereits wieder den höchsten Wert auf, die Pflanzen mit der Mischdüngung lagen am niedrigsten.

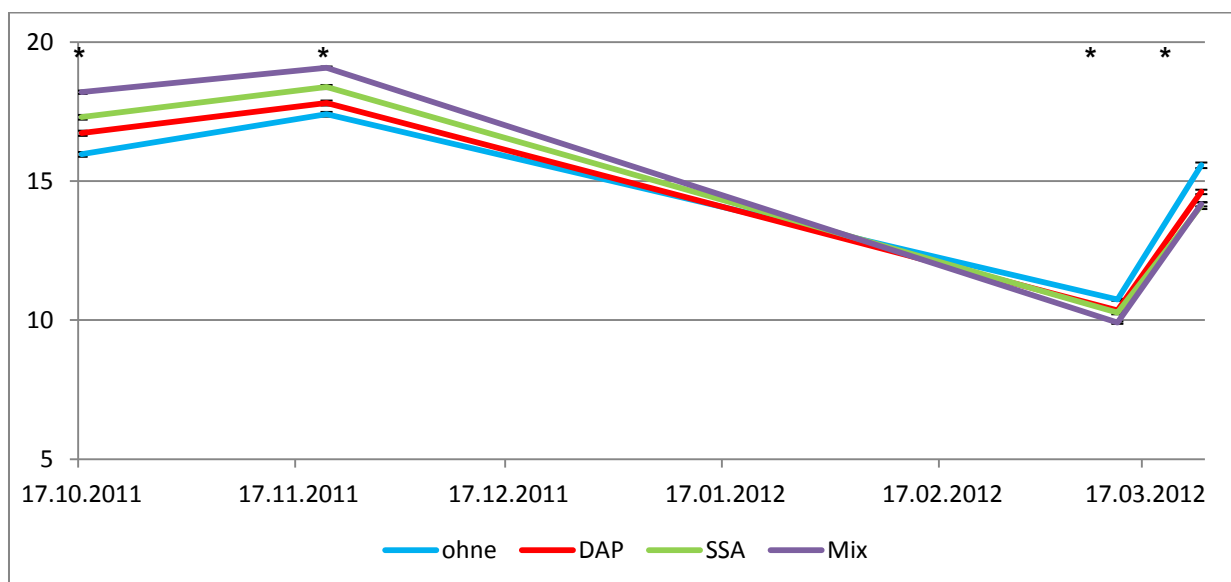


Abbildung 12 Biomasseindices der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Düngungsvarianten. $\bar{n} = 441$ Messpunkte je Variante. * zeigt signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$, Signifikanzklassen in Tabelle 6.

Tabelle 6 Signifikanzklassen der Biomasseindices aus Abbildung 12. Unterschiedliche Buchstaben zu einem Termin kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

	17.10.2011	21.11.2011	13.03.2012	25.03.2012
ohne	a	a	c	d
DAP	b	b	b	c
SSA	c	c	b	b
Mix	d	d	a	a

In der vorherigen Abbildung 12 wurden die BI im Mittel der beiden Technikvarianten dargestellt. Zur Verdeutlichung des Striptillageeinflusses sind in Abbildung 13 die BI der Striptilltechnik heraus selektiert. Besonders zum letzten Messtermin im Frühjahr am 25.03.2012 wurde deutlich, dass sich die Pflanzen die keine zusätzliche Herbstdüngung mit mineralischem Stickstoff erhalten hatten, am besten regeneriert hatten. Auch war der Abfall zwischen dem letzten Herbst- und ersten Frühjahrsmesstermin nicht so drastisch, wie in den anderen drei Düngungsvarianten. Dieser große Unterschied in den BI im Frühjahr trat bei den Pflanzen der Mulchsaat nicht auf (Werte nicht abgebildet). Die Regeneration verlief unabhängig von der Düngung im Herbst.

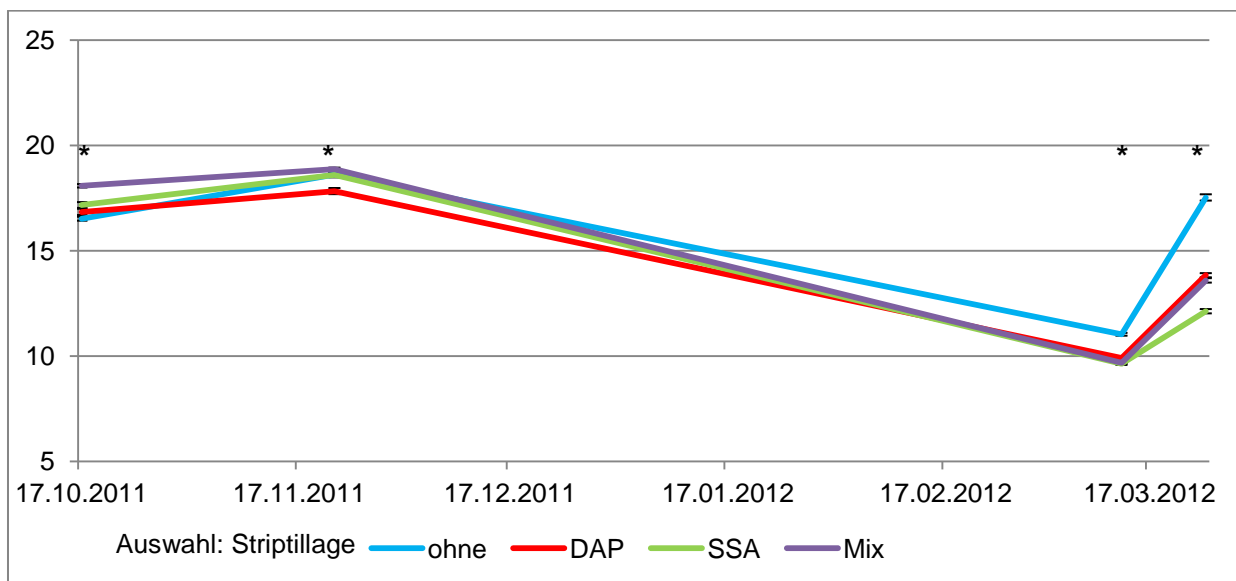


Abbildung 13 Biomasseindices der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Düngungsvarianten im Striptillverfahren. $\bar{n} = 206$ Messpunkte je Variante. * zeigt signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$, Signifikanzklassen in Tabelle 9 .

Tabelle 7 Signifikanzklassen der Biomasseindices aus Abbildung 13. Unterschiedliche Buchstaben zu einem Termin kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

	17.10.2011	21.11.2011	13.03.2012	25.03.2012
Ohne	a	b	c	c
DAP	ab	a	b	b
SSA	b	b	a	a
Mix	c	b	a	b

Der Einfluss der Saattechnik auf die BI ist in Abbildung 14 dargestellt. Zum ersten Messtermin im Herbst (17.10.2011) gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren, der zweite Termin zeigte aber deutlich eine Signifikanz zwischen Mulchsaat und Striptillage. Dieser Zusammenhang dreht sich im Frühjahr ins Gegenteil. Interaktionseffekte zwischen den Faktorstufen Düngemittel und Sätechnik waren keine vorhanden.

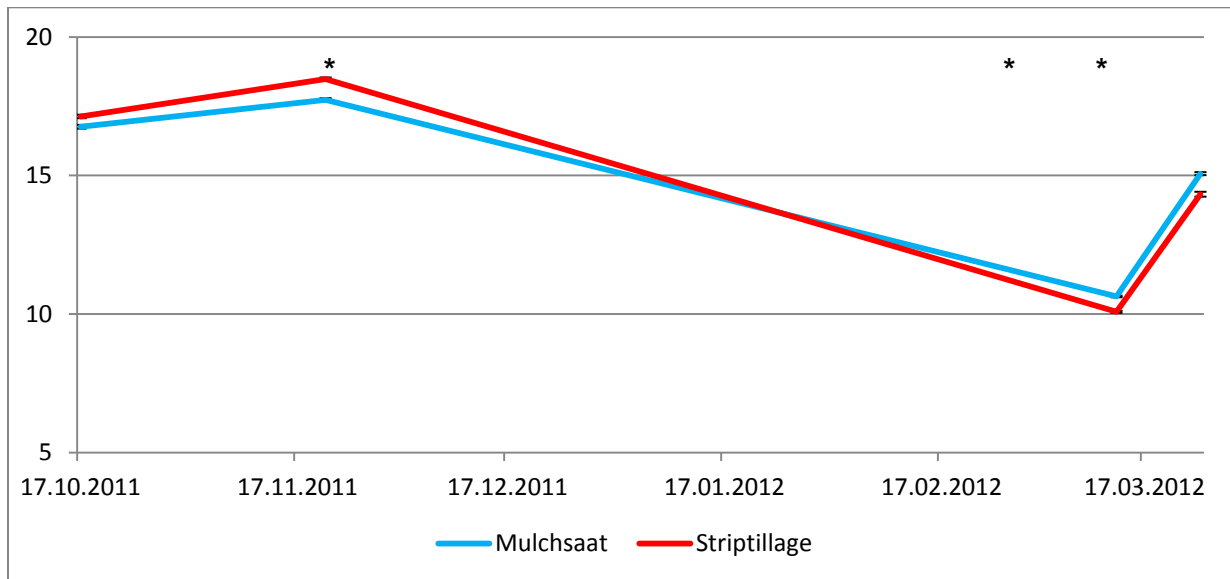


Abbildung 14 Biomasseindices der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Technikvarianten. $\bar{n} = 882$ Messpunkte je Variante. Unterschiedliche Buchstaben einer Schriftart zeigen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die Ernte erfolgte auf dem Langen Acker am 25.08.2012 bei guten Erntebedingungen. Die Erträge wurden auf zwei Wegen erfasst. Zum einen teilflächenspezifisch mittels Mährescherertragskartierung (Abbildung 15) und zum zweiten als gewogenes Ergebnis der gesamten Variante. Der Druschbereich je Variante umfasste drei nebeneinander liegende Schneidwerksbreiten. Je Variante wurden ca. 1,9 ha beerntet. Die Ertragsergebnisse wurden auf 91 % TM korrigiert und auf die Grundfläche von einem Hektar extrapoliert. Die echten Wiegeergebnisse (nicht gezeigt) lagen 10% unter denen der Ertragskartierung. Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergab für den Parameter Ertrag, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Mulchsaat und dem Striptillage gab. Die Düngerarten unterschieden sich signifikant. So wurde in der Variante ohne zusätzliche Herbstdüngung mit $4,44 \text{ t ha}^{-1}$ signifikant das höchste Ergebnis erzielt, während die Pflanzen mit einer zusätzlichen Düngung von 100 kg ha^{-1} SSA mit $4,18 \text{ t ha}^{-1}$ das geringste Ertragsergebnis lieferten.

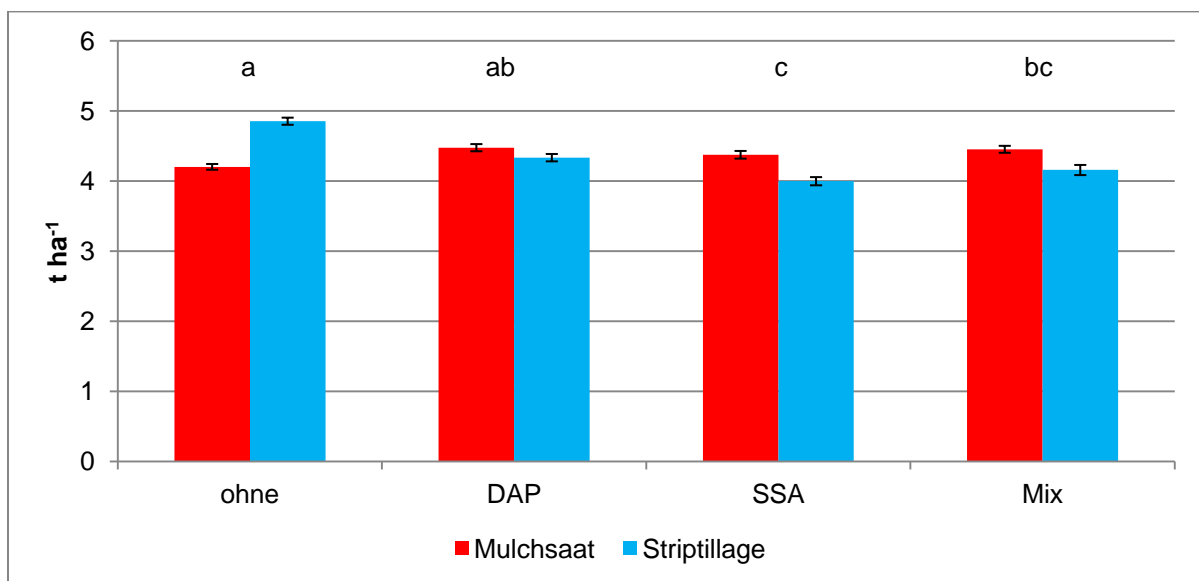


Abbildung 15 Erträge in t ha^{-1} bei 91 % TM der Varianten. Die Balken zeigen die Mittelwerte der Ertragskartierung, abgebildet sind die Mittelwerte der gesamten Variantenlänge. $\bar{n} = 530$ Messpunkte je Variante. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Düngerarten bei $p = 0,05$.

3.1.2 U-Stück Grabau

Auf dem zweiten Versuchsstandort „U-Stück“ in Grabau zeigte sich ein anderes Bild. Bei der Neuansaat am 16.09.2011 wurde in den Striptillvarianten eine Einzelkorndrillmaschine verwendet, die Aussaatstärke wurde auf 20 Pflanzen m^{-2} festgelegt. In der Mulchsaat betrug die Aussaatstärke 30 Zielpflanzen m^{-2} . Die erste Zählung fand fünf Tage nach der Saat am 21.09.2011 statt, dabei waren bei beiden Sätechniken rund 10 Pflanzen aufgelaufen. Bezogen auf die geplante Bestandesdichte zeichneten sich starke Unterschiede ab. In den Striptillvarianten waren 55% der geplanten Pflanzen vorhanden, während in der Mulchsaat nur 31% aufgelaufen waren. Die weiteren Zähltermine differenzieren noch stärker zwischen Mulchsaat (45%) und Striptillage (90%). Die letzte Zählung an den Zählstrecken wurde am 22.11.2011 durchgeführt, dabei wurden in den Mulchsaatvarianten 14 Pflanzen m^{-2} und in den Striptillvarianten 18 Pflanzen m^{-2} erfasst.

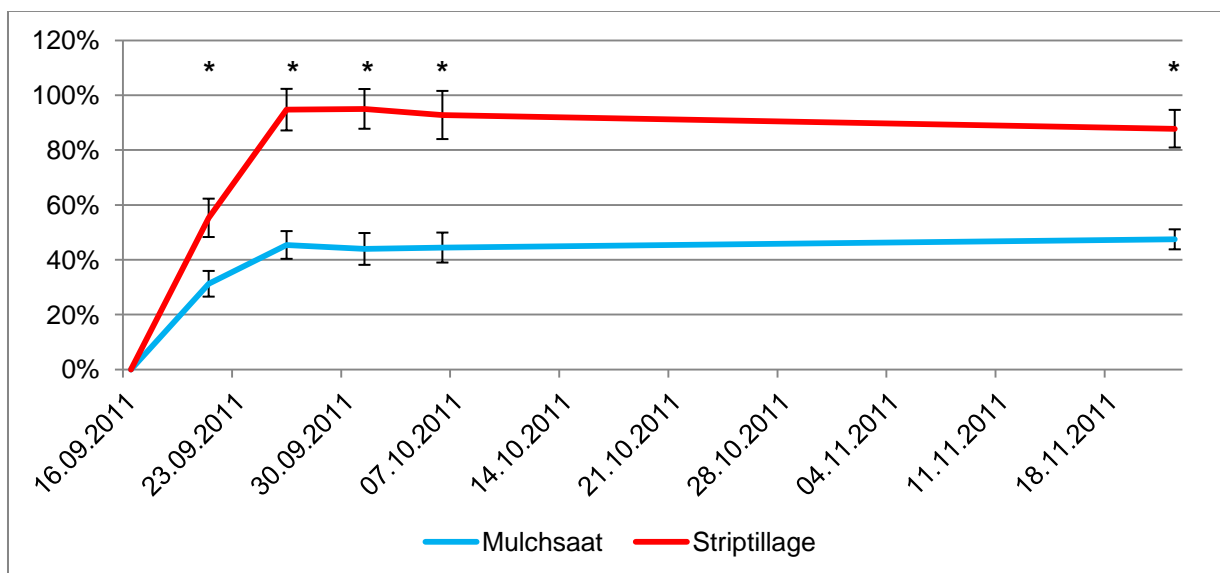


Abbildung 16 Prozentualer Feldaufgang im Mittel der Sätechnikvarianten am Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte jeweils beidseitig von den Zählstrecken. Mulchsaat 100% = 30 Pflanzen m^{-2} ; Striptillage 100% = 20 Pflanzen m^{-2} . Fehlerbalken zeigen den Standardfehler von $n = 18$, * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Mulchsaat und Striptillage.

In Grabau wurden auf dem U-Stück Ende November im Mittel der Mulchsaatvarianten 7 Pflanzen m^{-2} gezählt. In den Striptillvarianten standen 17 Pflanzen m^{-2} . Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten waren nicht signifikant, jedoch war ein signifikanter Unterschied zwischen den Technikvarianten vorhanden. Im Frühjahr standen in den Striptillvarianten 12 Pflanzen m^{-2} in der Variante mit DAP-Düngung bzw. 14 Pflanzen m^{-2} bei der SSA-Düngung, während die DAP/SSA-Mixvariante mit 20 Pflanzen m^{-2} in der signifikant die größte Anzahl Pflanzen aufwies (Abbildung 17). Ähnlich sah das in der Mulchsaat aus. Dort standen mit 24 Pflanzen m^{-2} bei der Düngungsvariante Mix signifikant die meisten, während DAP (15) bzw. SSA (16) die geringsten Bestandesdichten aufwiesen. Auffällig war, dass in der Mulchsaat durchschnittlich 62 % mehr Pflanzen standen, während bei den Striptillvarianten eine Reduktion von 11% im Vergleich zu Ende November auftrat.

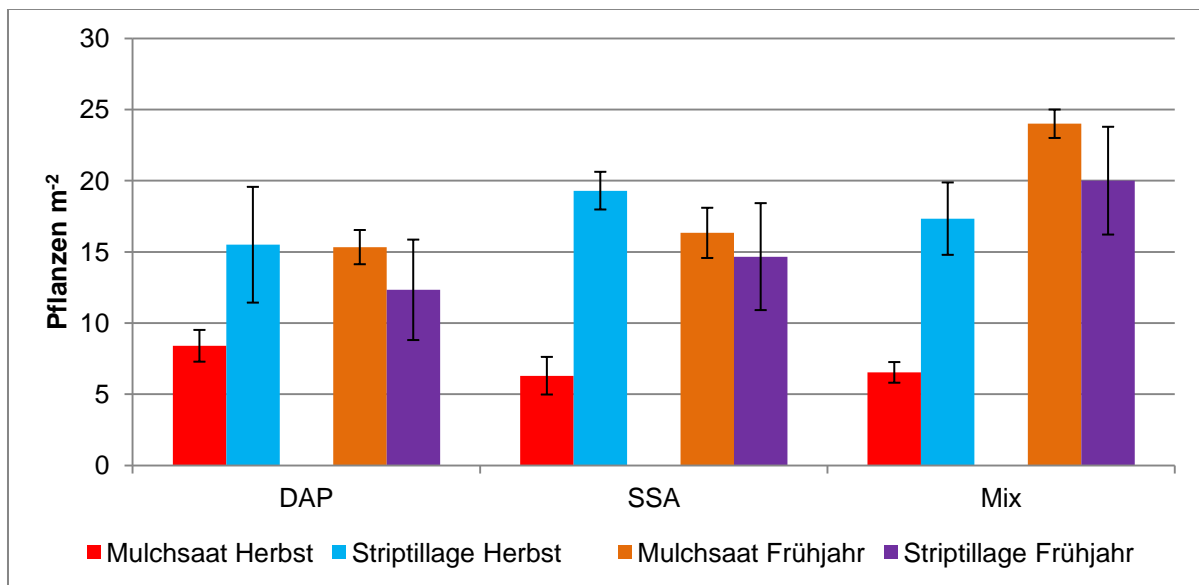


Abbildung 17 Anzahl Pflanzen m^{-2} zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n = 3$. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die späte Aussaat ließ den Pflanzen auf der Fläche U-Stück in Grabau keine Zeit, sich trotz der milden Temperaturen im Oktober und November kräftig zu entwickeln. So erzielten die Pflanzen in den Striptillvarianten mit $0,17 \text{ kg m}^{-2}$ signifikant höhere FM (Abbildung 18) als in der Mulchsaat ($0,06 \text{ kg m}^{-2}$). Im Frühjahr stieg die FM in den Mulchsaatvarianten um durchschnittlich 56% an, während die Pflanzen in den Striptillvarianten 48% verloren. Dadurch waren keine signifikanten Unterschiede zwischen Mulchsaat und Striptillage im Frühjahr vorhanden. Die Düngung hatte bei diesem Parameter weder im Herbst noch im Frühjahr einen signifikanten Einfluss.

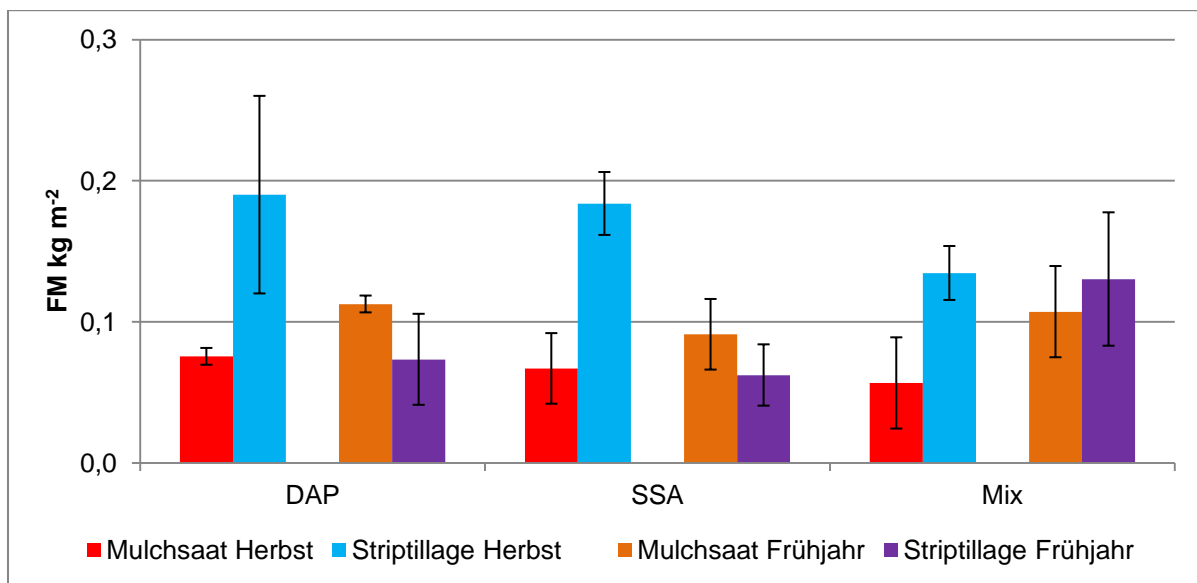


Abbildung 18 Frischmasse in kg m^{-2} zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n = 3$. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Ein deutliches Wachstum zwischen Ende November und Anfang Februar konnte auch auf der Fläche U-Stück gemessen werden. Dort nahm der WHD von 4,8 mm auf 7,2 mm zu (Abbildung 19). Unterschiede zwischen den Düngungs- bzw. Technikvarianten waren zu beiden Zeitpunkten nicht signifikant.

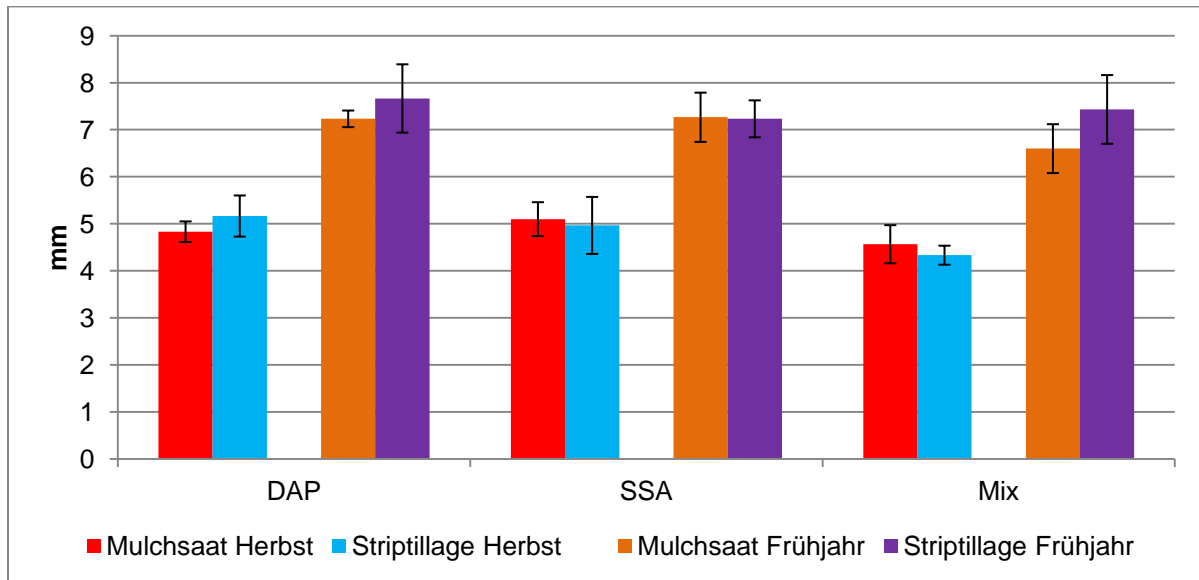


Abbildung 19 WHD zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n = 3$. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die Versuchsfläche U-Stück in Grabau wurde am 26.08.2012 unter optimalen Bedingungen geerntet. Der Druschbereich umfasste dabei zwei Schneidwerksbreiten von je 7,4 m. Fahrgassenspuren wurden nicht mit gedroschen. Auf dem Mähdrescher war keine Ertragskartierung vorhanden, sodass in Abbildung 20 nur die gewogenen Erträge gezeigt sind. In den Striptillvarianten wurde mit durchschnittlich $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ ca. 40% mehr geerntet als in den Mulchsaatvarianten.

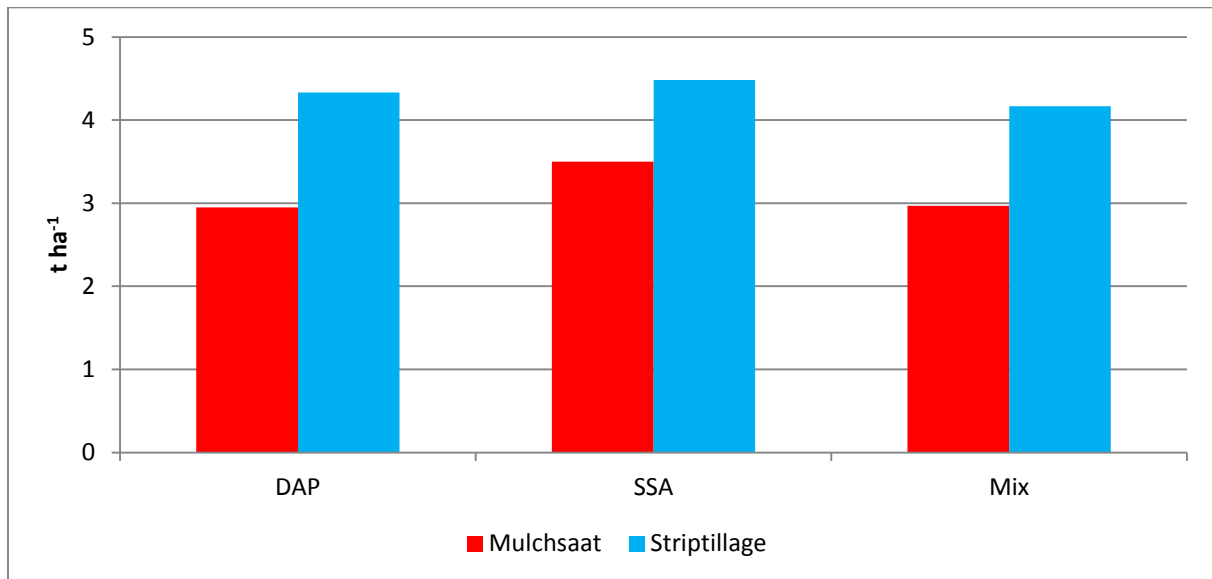


Abbildung 20 Erträge in t ha^{-1} bei 91 % TM der Varianten. Die Balken zeigen die gewogenen Ergebnisse.

3.2 Einfluss der Applikationsart verschiedener Düngemittel bei Striptillage auf die Entwicklung der Rapspflanzen an zwei Standorten

3.2.1 Langer Acker Weferlingen

Im Folgenden werden die Ergebnisse gezeigt, die den Einfluss der Düngemittelapplikation bei Striptillage beschreiben. Aus den Versuchsplänen Abbildung 2 und Abbildung 3 werden dabei die Striptillvarianten mit Unterflurdüngung mit den Striptillvarianten Vorsaateinarbeitung (VSE) und den jeweiligen Düngern SSA, DAP, SSA+DAP verglichen. Auf der Versuchsfläche Langer Acker waren bis zum ersten Zähltermin am 26.08.2011 bereits 80% der Pflanzen in den Varianten VSE aufgelaufen (Abbildung 21), während bei der Unterflurdüngung nur 45% aufgelaufen waren. Dieser Unterschied war signifikant. Im weiteren Verlauf verbesserte sich der Feldaufgang in den Unterflurvarianten, lag jedoch tendentiell mit 10%-Punkten immer unter den VSE Varianten.

Tabelle 8 Überblick der ausgewählten Varianten des Striptillverfahrens mit unterschiedlichen Düngerarten und Applikationstechniken

Nr.	Applikation	Düngung
2	UFlur	DAP
3	UFlur	SSA
4	UFlur	Mix
5	VSE	DAP
6	VSE	SSA
7	VSE	Mix

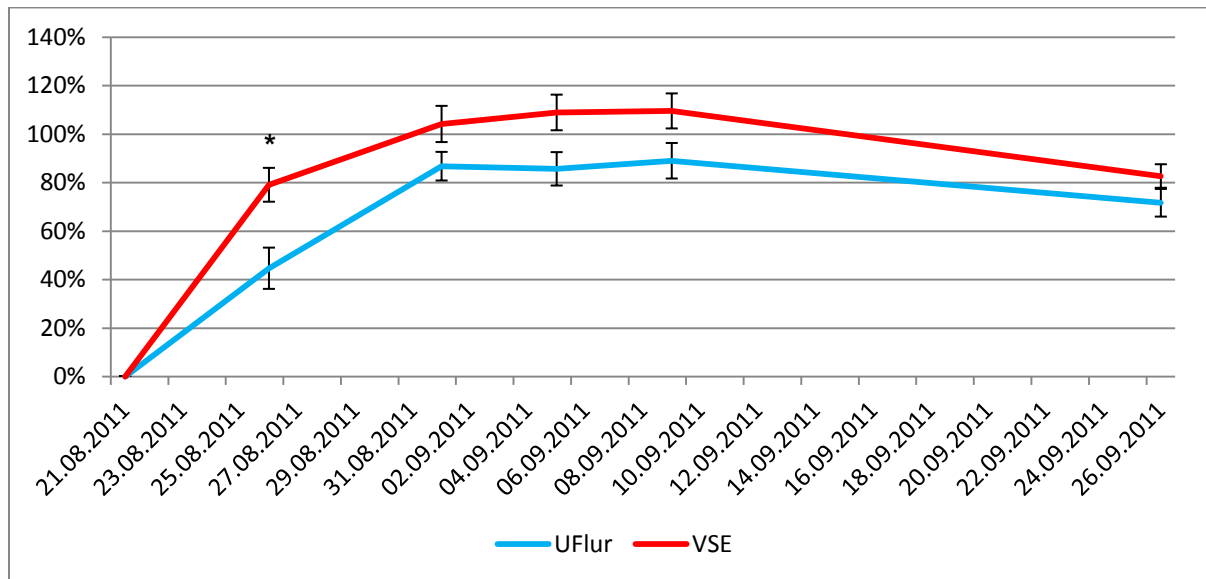


Abbildung 21 Prozentualer Feldaufgang im Mittel der Applikationsvarianten am Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte jeweils beidseitig von den Zählstreifen. Striptillage 100% = 30 Pflanzen m⁻². Fehlerbalken zeigen den Standardfehler von n = 24, * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen UFlur und VSE.

Eine ausführliche Bonitur zu „Vegetationsende“ und –beginn wurde Ende November bzw. Anfang März durchgeführt. Die Anzahl der Pflanzen m^{-2} auf dem Langer Acker zeigt Abbildung 22. Ende November wurden durchschnittlich 31 Pflanzen m^{-2} gezählt, die Unterschiede zwischen der Düngerapplikation und der Düngerart sind nicht signifikant. Durch den Frost Anfang Februar gingen ca. 17% der Pflanzen verloren. Unterschiede waren auch zu diesem Zeitpunkt nicht signifikant. Mit 50% Pflanzenverlusten sticht die Variante SSA VSE heraus. Die Pflanzenverluste im Mittel der VSE-Varianten lagen mit knapp 30% deutlich über den UFlur-Varianten (-2%).

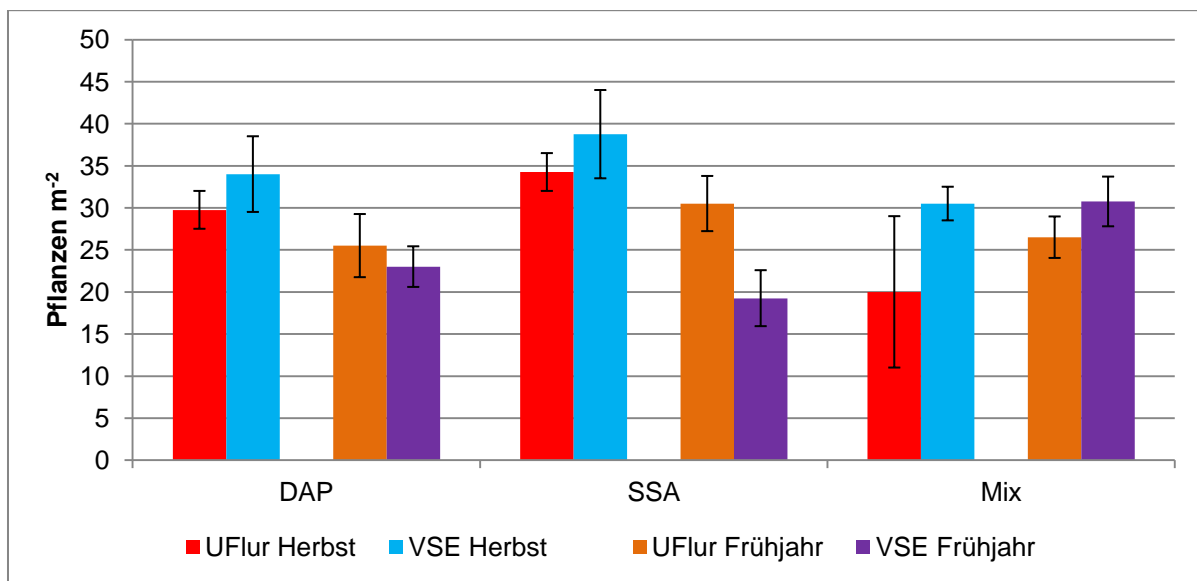


Abbildung 22 Anzahl Pflanzen m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die Pflanzen in den Striptillvarianten VSE erreichten bis Ende November auf dem Langer Acker eine Frischmasse von $3,2 \text{ kg FM m}^{-2}$, während die unterflurgedüngten Pflanzen nur eine FM von $2,5 \text{ kg m}^{-2}$ hervorbrachten (Abbildung 23). Aufgrund der großen Streuung konnten im Herbst keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Tendenziell fiel jedoch auf, dass die UFlur-Varianten mit SSA bzw. dem Mix weniger FM gebildeten hatten, als bei der Düngung mit DAP. Die Düngung VSE brachte bezogen auf die verwendeten Düngemittel ein vergleichbares Ergebnis. Die Verluste an FM durch den Frost betragen im Durchschnitt 80%, dabei traten bei der Applikation UFlur nur 70% Verluste auf und bei der Variante UFlur-Mix sogar nur 40%. Die größten Verluste waren mit 85% in der Variante VSE-DAP zu verzeichnen. Die Unterschiede im Frühjahr sind zwischen Düngerart bzw. Applikationsform nicht signifikant.

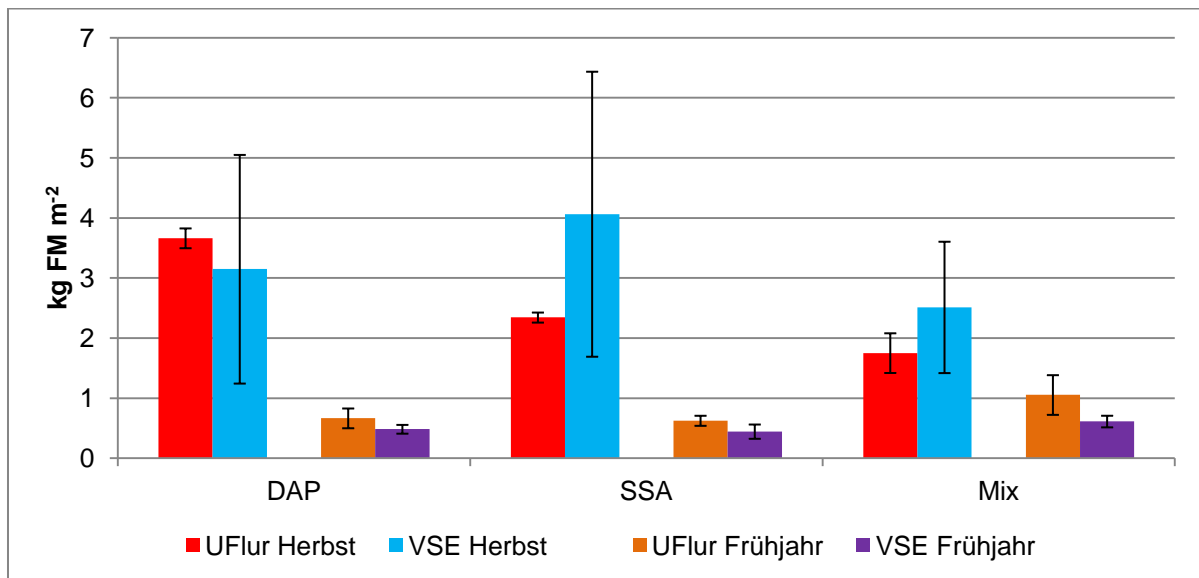


Abbildung 23 Frischmasse in kg m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

In Abbildung 24 ist der WHD der Pflanzen Ende November und Anfang März dargestellt. Im Herbst konnten die Pflanzen einen durchschnittlichen WHD von 11,6 mm ausbilden. Ein signifikanter Unterschied konnte weder bei der Düngerart noch bei der Applikation gefunden werden. Tendentiell lag der WHD durch eine Düngung mit DAP über dem von SSA und der Mischung aus beiden. Ein Wachstum in den Monaten Dezember und Januar sowie im Februar nach der Frostphase war zu erkennen, da die WHD in allen Varianten im Vergleich zu Ende November um fast 3 mm zu nahmen. Die Varianten mit einer DAP-Düngung haben im März immer noch tendentiell einen größeren WHD.

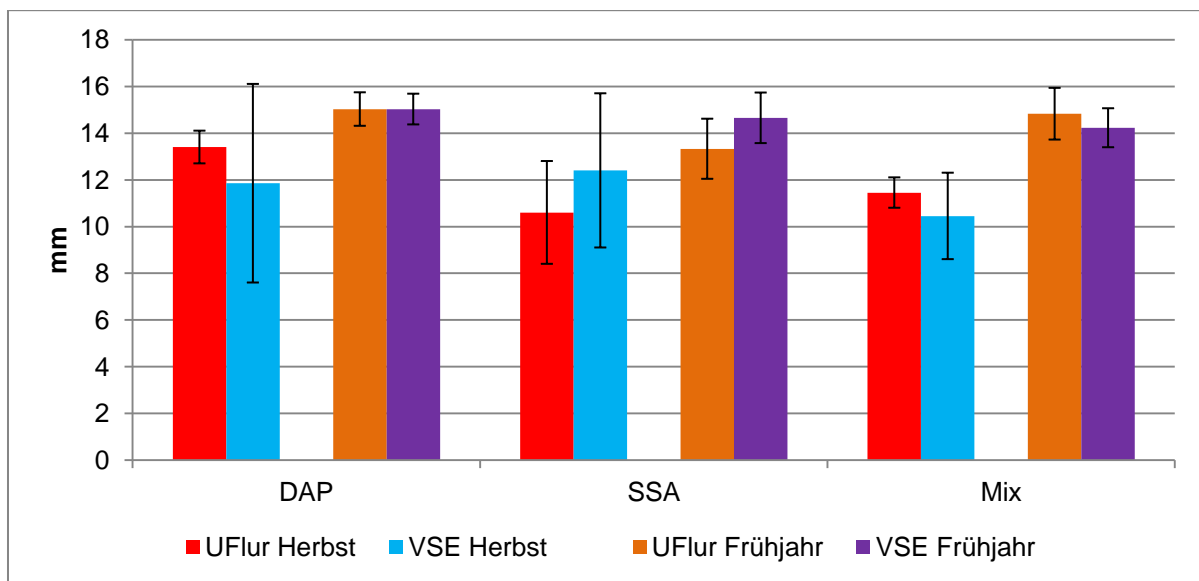


Abbildung 24 WHD zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von n=2 (Herbst) bzw. n=4 (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die bisher gezeigten Handboniturparameter des Langen Ackers wurden auch bei diesen Varianten mittels Reflexionsmessungen durch den Yara-N-Sensor zu vier Zeitpunkten unterstützt. Abbildung 25 zeigt dabei den Einfluss der Düngerarten auf die Entwicklung des BI. Am ersten Messdatum (17.10.2011) war kein signifikanter Unterschied zwischen den verwendeten Düngern zu erkennen, die BI lagen bei 17. Gut einen Monat später am 21.11.2011 differenzierte sich die Wirkung der Düngemittel auf einem Signifikanzniveau von 5%. DAP wies dabei signifikant niedrigere Werte auf als SSA, der Einfluss des Mischdüngers unterschied sich nicht von den beiden erstgenannten. Im Frühjahr traten zu den beiden Messterminen wiederum signifikante Unterschiede zwischen den Düngemitteln auf, jedoch drehte sich der Verlauf um. Am 25.03.2012 wiesen die Pflanzen, die mit DAP gedüngt wurden signifikant höhere BI auf als die Pflanzen der beiden anderen Düngerarten (vgl. Tabelle 9).

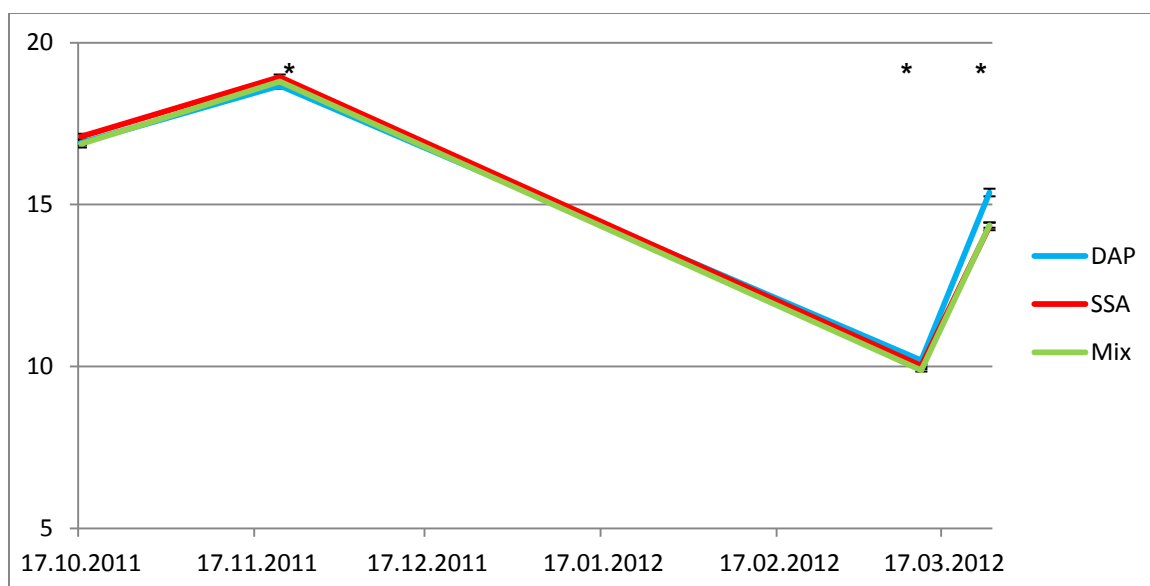


Abbildung 25 Biomasseindizes der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Düngungsvarianten. $\emptyset n = 404$ Messpunkte je Variante. * zeigt signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$, Signifikanzklassen in Tabelle 9.

Tabelle 9 Signifikanzklassen der Biomasseindizes aus Abbildung 25. Unterschiedliche Buchstaben zu einem Termin kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

	17.10.2011	21.11.2011	13.03.2012	25.03.2012
DAP	ns	a	b	b
SSA	ns	b	a	a
Mix	ns	ab	a	a

Bei Betrachtung der Applikationsform Unterflurdüngung (UFlur) bzw. Vorsaatbearbeitung (VSE), lagen zur ersten Messung die BI bei VSE signifikant über denen der UFlur-Varianten. Zum zweiten Messtermin im Herbst lagen die VSE-Varianten signifikant unter denen der UFlur-düngung. Bis zum zweiten Frühjahrsmesstermin blieb dieser Zusammenhang bestehen. Auffällig war, dass am 25.03.2012 die BI der UFlur-Varianten um 3 Punkte höher lagen. Interaktionseffekte zwischen den Faktorstufen Düngemittel und Applikationsart traten nicht auf.

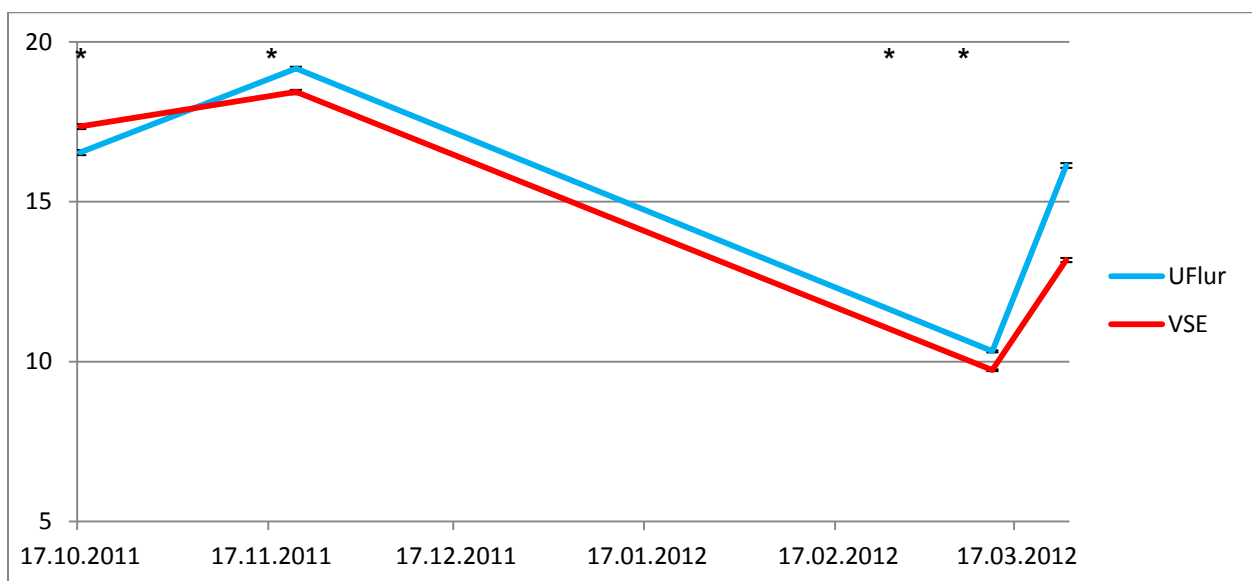


Abbildung 26 Biomasseindices der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Technikvarianten. $\bar{n} = 455$ Messpunkte je Variante. * zeigt signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Die Ertragsergebnisse des Langen Ackers zeigt Abbildung 27. Im Durchschnitt der Applikationsvarianten wurde durch die Unterflurdüngung mit $4,8 \text{ t ha}^{-1}$ signifikant mehr geerntet als von den Pflanzen der VSE-Varianten ($4,1 \text{ t ha}^{-1}$). Bei den verwendeten Düngern im Herbst wurde in den Varianten mit DAP signifikant mehr geerntet als in den beiden anderen. Der höchste Ertrag laut Mähderscherkartierung wurde mit $5,2 \text{ t ha}^{-1}$ in der Variante UFlur-DAP erzielt.

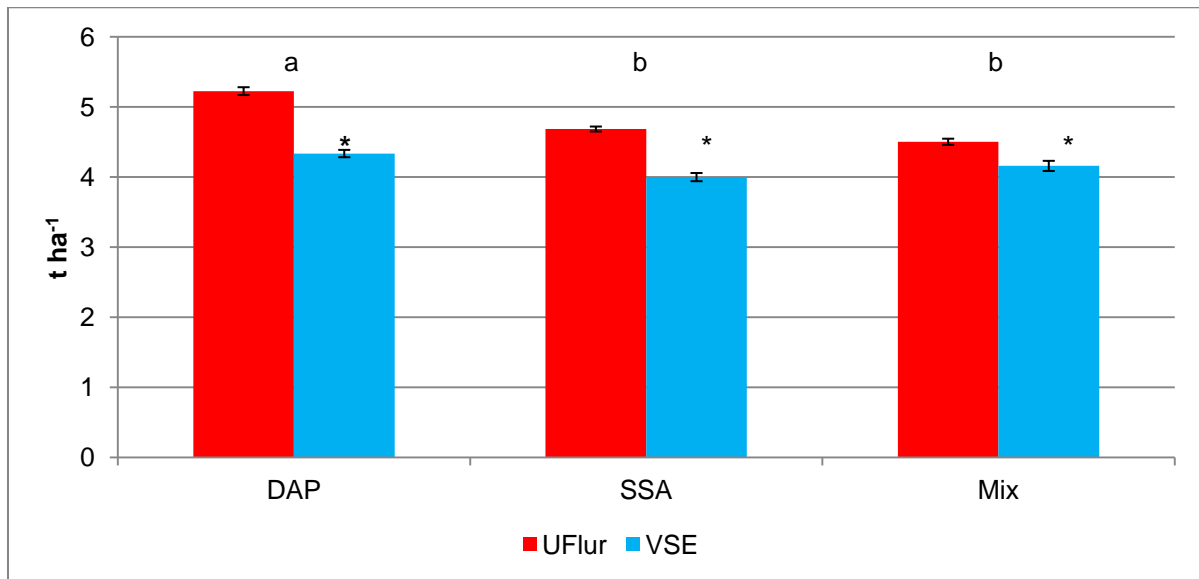


Abbildung 27 Erträge in t ha^{-1} bei 91 % TM der Varianten. Die Balken zeigen die Mittelwerte der Ertragskartierung, abgebildet sind die Mittelwerte der gesamten Variantenlänge. $\bar{n} = 570$ Messpunkte je Variante. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Düngerarten; * zeigt signifikante Unterschiede zwischen der Applikationsform bei $p = 0,05$.

3.2.2 U-Stück Grabau

Auf der zweiten Versuchsfläche U-Stück, lag der Feldaufgang fünf Tage nach der erneuten Aussaat in der VSE-Variante bei 55% (Abbildung 28), der Unterschied zur Unterflurvariante (32%) konnte statistisch abgesichert werden. Der geringere Feldaufgang in den Unterflurvarianten blieb bis zur letzten Zählung am 22.11.2011 erhalten.

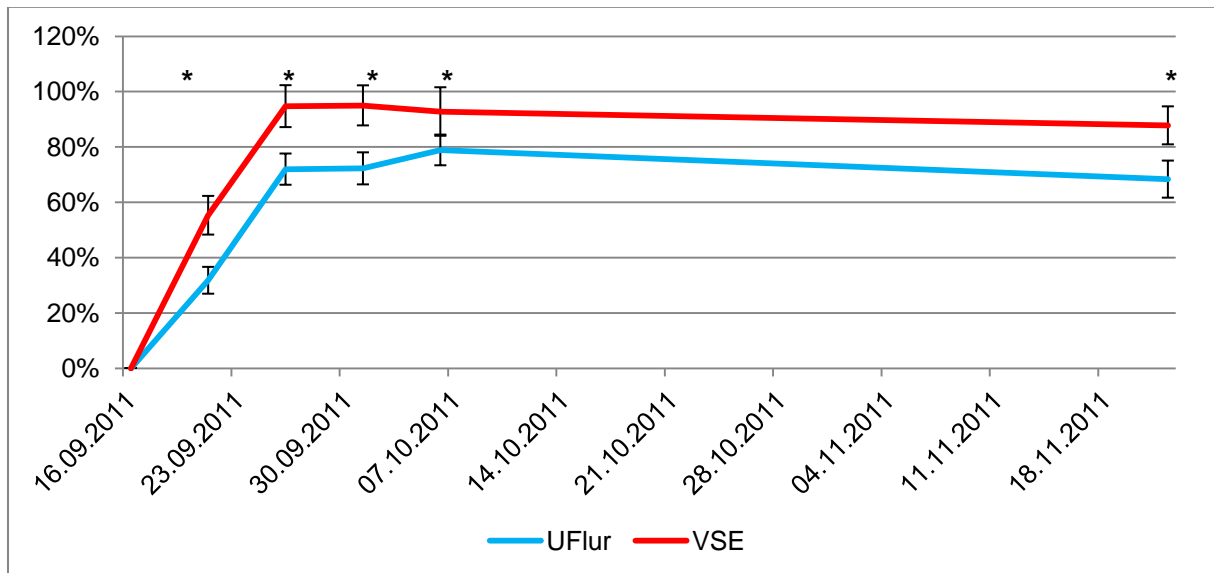


Abbildung 28 Prozentualer Feldaufgang im Mittel der Applikationsvarianten am Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte jeweils beidseitig von den Zählstreifen. Striptillage 100% = 20 Pflanzen m². Fehlerbalken zeigen den Standardfehler von n = 18, * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Mulchsaat und Striptillage.

In Grabau lagen die Pflanzenzahlen im Durchschnitt der Varianten bei 15 (s. Abbildung 29), diese erhöhten sich zum Frühjahr um 3%. Der größte Anstieg mit 20% konnte dabei in den UFlur-Varianten erkannt werden. Die Pflanzen in den VSE-Varianten verloren durchschnittlich 10%. Die Unterschiede zwischen den Düngerarten und den – applikationen waren im Frühjahr ebenfalls nicht signifikant.

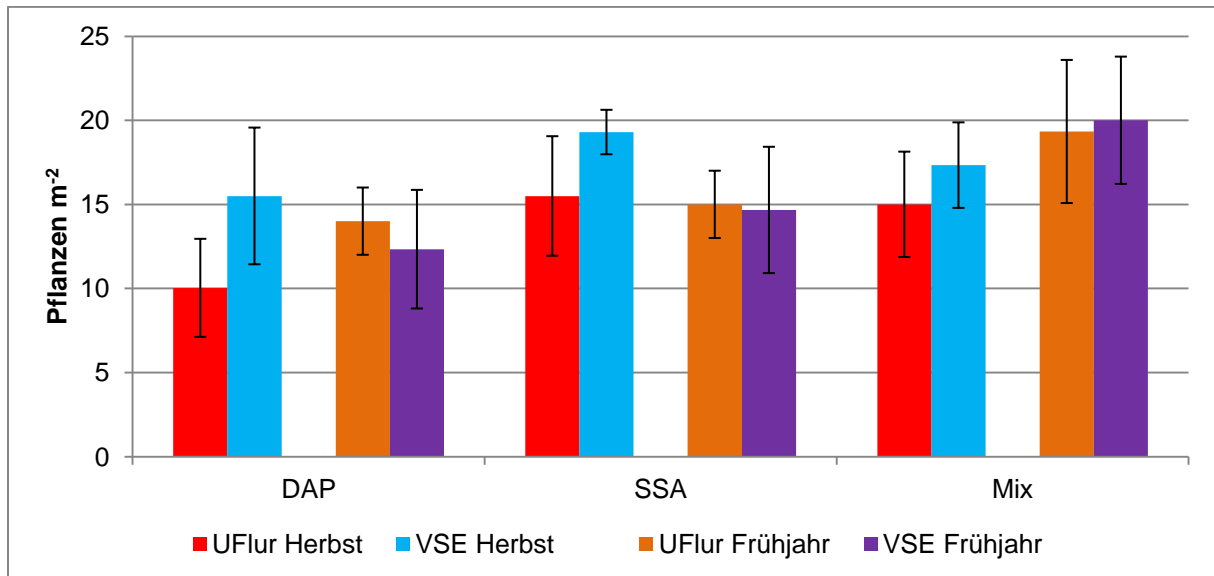


Abbildung 29 Anzahl Pflanzen m⁻² zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von n = 3. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei p = 0,05.

Wie in Abbildung 30 dargestellt, konnten die Pflanzen auf dem Standort U-Stück im Herbst nur durchschnittlich $0,15 \text{ kg FM m}^{-2}$ ausbilden. Tendenziell war dabei die Applikationsart VSE mit $0,17 \text{ kg FM m}^{-2}$ besser als die UFlur-Düngung ($0,12 \text{ kg FM m}^{-2}$). Die Unterschiede zwischen Düngerart bzw. Applikation waren nicht signifikant. Die Verluste an FM bis März betragen 42%. Die geringsten Verluste waren auch auf diesem Standort in der UFlur-Variante zu beobachten, die Variante DAP-UFlur konnte sogar einen Zuwachs von 19% verzeichnen.

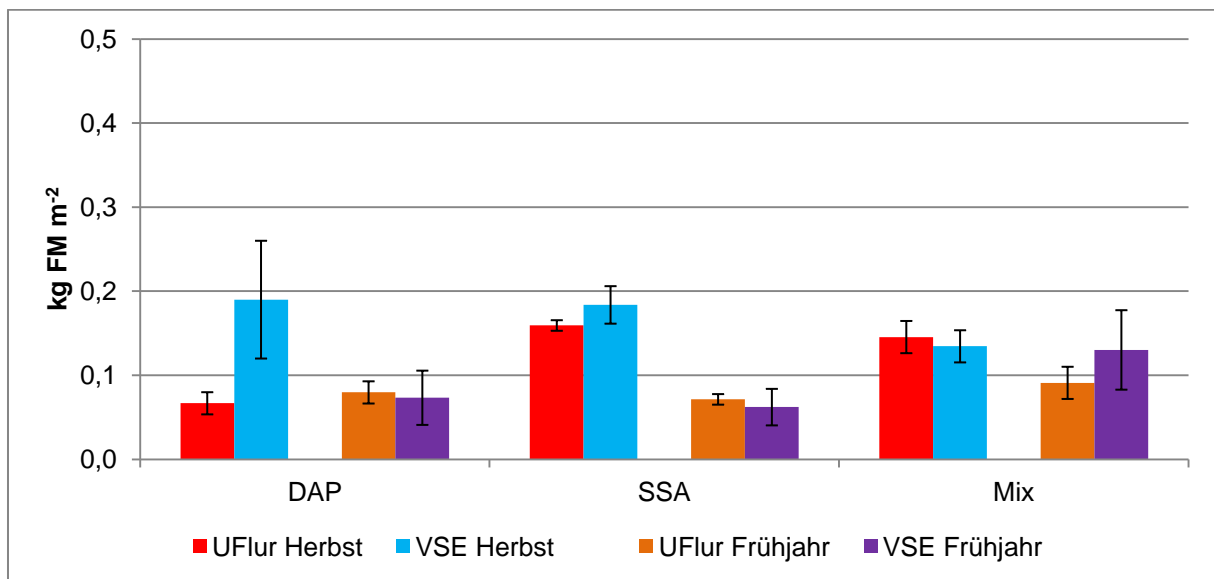


Abbildung 30 Frischmasse in kg m^{-2} zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n = 3$. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Der WHD der Pflanzen in Grabau auf dem U-Stück ist in Abbildung 31 gezeigt. Im Herbst konnten die Pflanzen einen WHD von 4,5 mm aufbauen, dabei konnte bei DAP in der VSE Applikation ein leicht größere Tendenz erkannt werden, signifikante Unterschiede gab es jedoch weder zwischen den Düngerarten noch in der Applikation. Zum Frühjahr hin war auch auf diesem Standort ein Wachstum des WHD von durchschnittlich 3 mm zu erkennen. Dabei wiesen die Pflanzen mit einer VSE-Düngung etwas größere WHD auf als durch die Unterflurdüngung, bezogen auf die verwendeten Düngemittel, wiesen die Pflanzen mit einer DAP-Düngung tendentiell größere WHD auf. Die Unterschiede zwischen Düngerart bzw. Applikation waren auch bei diesem Parameter nicht signifikant.

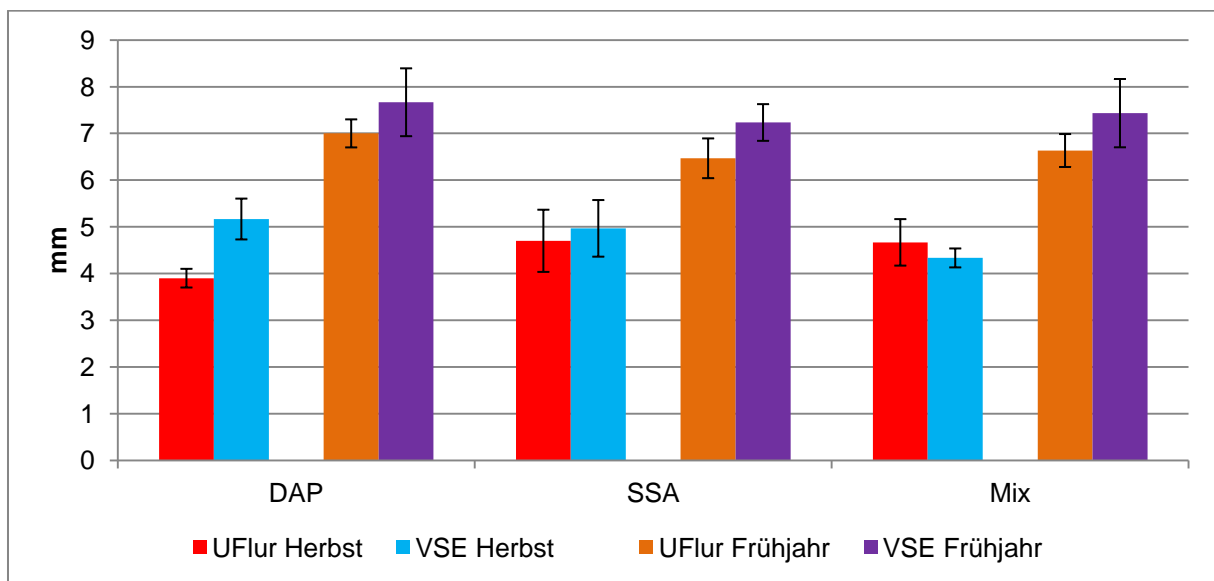


Abbildung 31 WHD zu „Vegetationsende“ (22.11.2011) und Vegetationsbeginn (06.03.2012) Standort **U-Stück**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n = 3$. Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Der Standort U-Stück in Grabau lieferte in der Striptillvariante im Durchschnitt $4,1 \text{ t ha}^{-1}$. Dabei haben die UFlur-Varianten im Vergleich zu den VSE-Varianten einen um $0,4 \text{ t ha}^{-1}$ niedrigeren Ertrag erbracht. Mit $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ konnte in der Variante SSA-VSE der höchste Ertrag der Varianten erbracht werden. Eine statistische Verrechnung war aufgrund des jeweils einzelnen Wiegeergebnisses pro Variante nicht möglich.

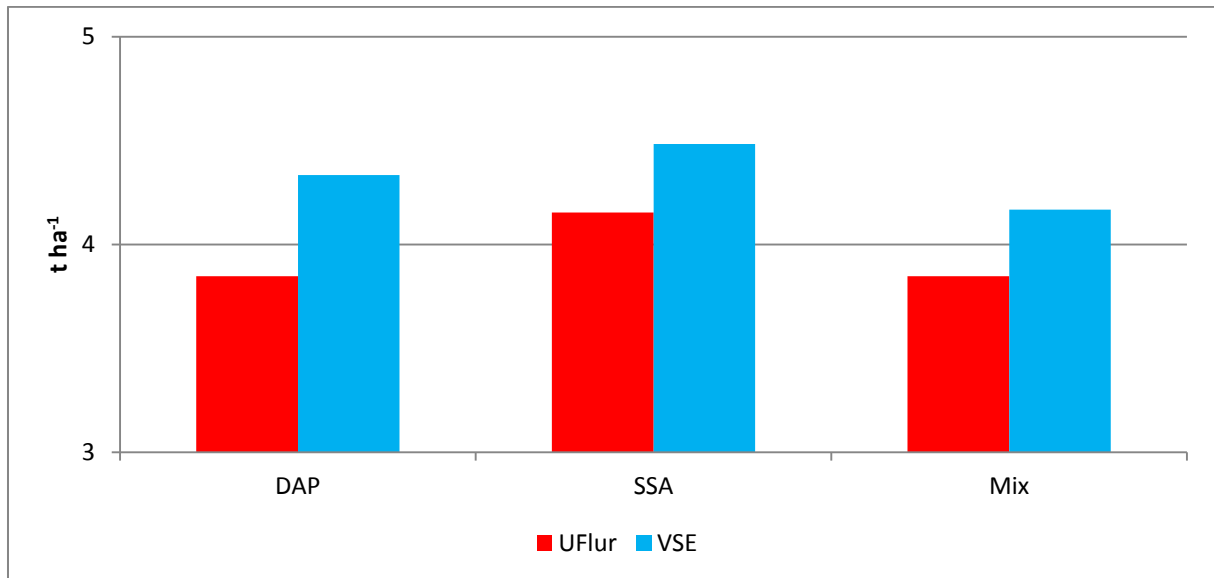


Abbildung 32 Erträge in t ha^{-1} bei 91 % TM der Varianten. Die Balken zeigen die gewogenen Ergebnisse.

3.3 Einfluss unterschiedlicher Reihenweiten auf die Entwicklung der Rapspflanzen

Auf dem Versuchsstandort Langer Acker wurde neben der betriebsüblichen Mulchsaatreihenweite von 12,5 cm in einer Variante der Reihenabstand auf 25 cm verdoppelt. Zusammen mit dem Reihenabstand der Striptillmaschine von 45 cm könnte so ein vorsichtiger Vergleich in Bezug auf die Entwicklung der Rapspflanzen bei unterschiedlichen Reihenweiten gemacht werden. Zwischen den beiden Reihenabständen in der Mulchsaat stellt dies kein Problem dar, jedoch muss bei den 45 cm bedacht werden, dass eine komplett andere Technik zum Einsatz kam. Treten in den folgenden Darstellungen signifikante Unterschiede zwischen 12,5 cm bzw. 25 cm und 45 cm auf, so werden diese nur in Klammern angegeben. Der Feldaufgang dargestellt in Abbildung 33, weißt zu den fünf Zählterminen im Herbst 2011 keine signifikanten Unterschiede zwischen der Variante 12,5 cm und 25 cm auf, tendentiell ist der Feldaufgang bei dem weiteren Reihenabstand etwas besser. Verglichen mit dem Reihenabstand von 45 cm in der Striptilltechnik treten nur zum ersten Zähltermin signifikante Unterschiede auf. Danach ist der Feldaufgang in allen drei Reihenweiten gleich.

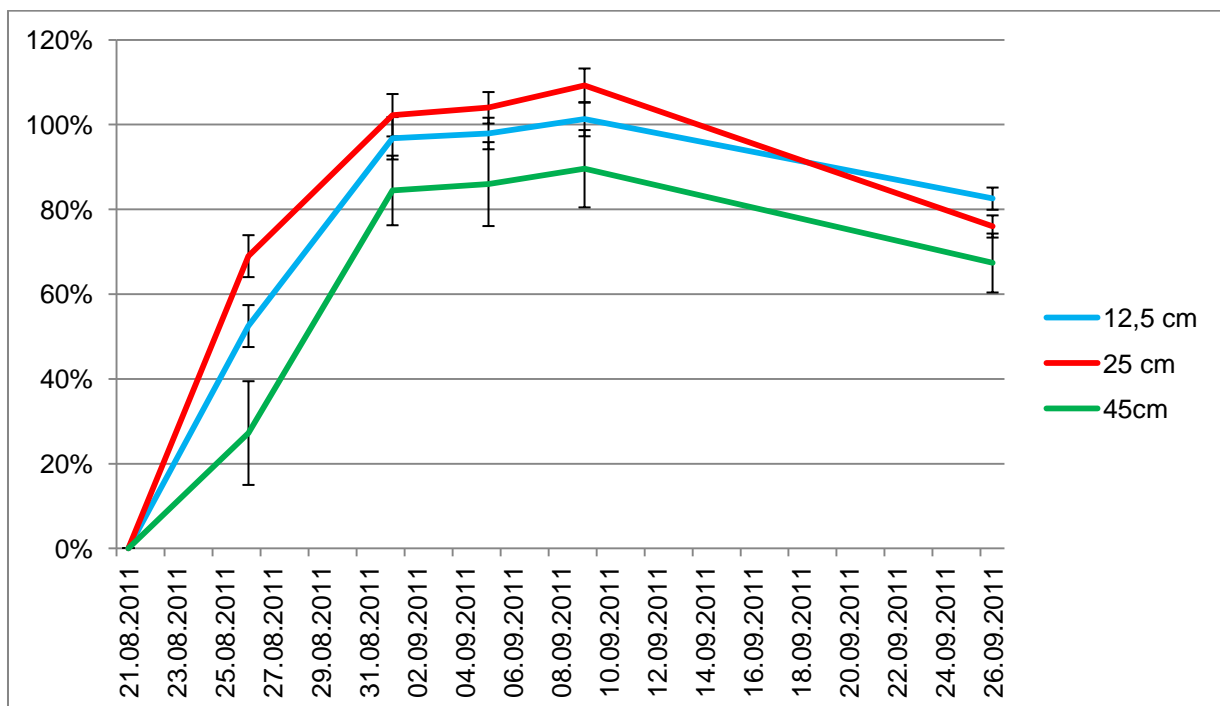


Abbildung 33 Prozentualer Feldaufgang der ungedüngten Varianten mit unterschiedlicher Reihenweite am Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte jeweils beidseitig von den Zählstrecken. Mulchsaat 100% = 40 Pflanzen m⁻²; Striptillage 100% = 30 Pflanzen m⁻². Fehlerbalken zeigen den Standardfehler von n = 8, * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen UFlur und VSE.

Zu „Vegetationsende“ am 24.11.2011 standen in der Mulchsaatvariante bei 25 cm Reihenabstand mit 41 Pflanzen m^{-1} signifikant die meisten Pflanzen. Die Aussaatstärke in der Mulchsaat betrug bei beiden Reihenweiten 40 Pflanzen m^{-2} in der Striptillvariante mit 45 cm Reihenabstand wurden 30 keimfähige Körner m^{-2} ausgedrillt. Im Frühjahr waren mit durchschnittlich 29 Pflanzen m^{-1} keine Unterschiede nachweisbar.

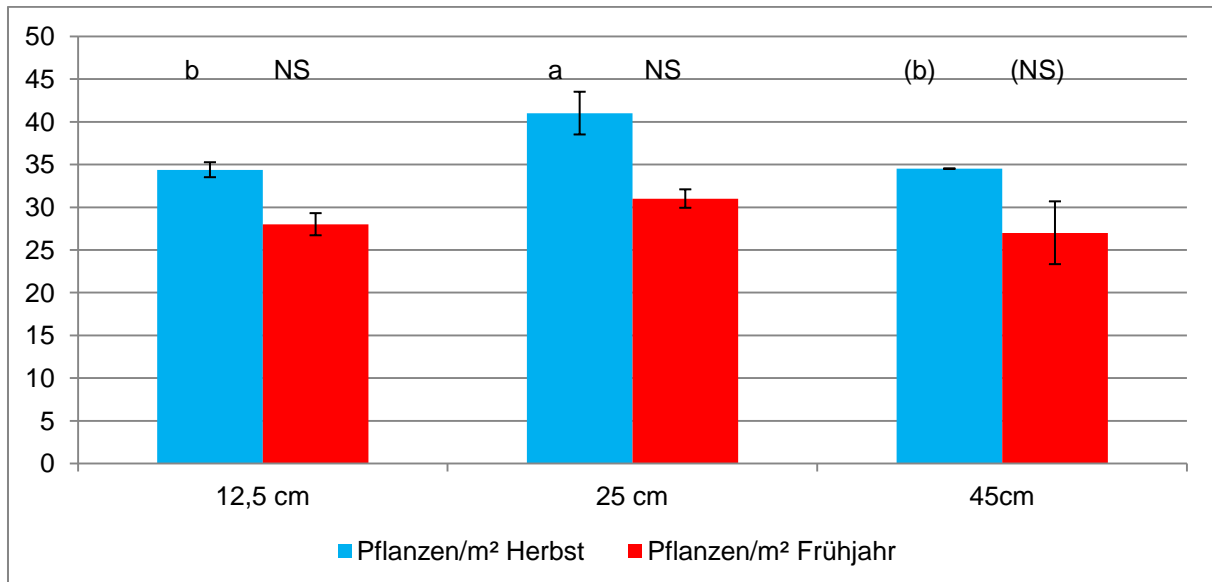


Abbildung 34 Anzahl Pflanzen m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$; NS = nicht signifikant.

Die Pflanzen in der Mulchsaatvariante mit einem Reihenabstand von 25 cm hatten im Herbst mit 3,8 kg die meiste Frischmasse m^{-2} ausgebildet, auf dem gleichen Signifikanzniveau lagen die Pflanzen bei einem Reihenabstand von 45 cm in dem Striptillverfahren. Die Pflanzen in der Mulchsaat mit einem engen Reihenabstand von 12,5 cm konnten nur 1,5 kg FM m^{-2} ausbilden. Nach der Frostphase wiesen alle Pflanzen der drei Varianten die gleiche FM auf. Die mit 80% größten Verluste traten dabei bei einem Reihenabstand von 25 cm und 45 cm auf. Bei dem engen Reihenabstand war ein Verlust von 67% zu verzeichnen.

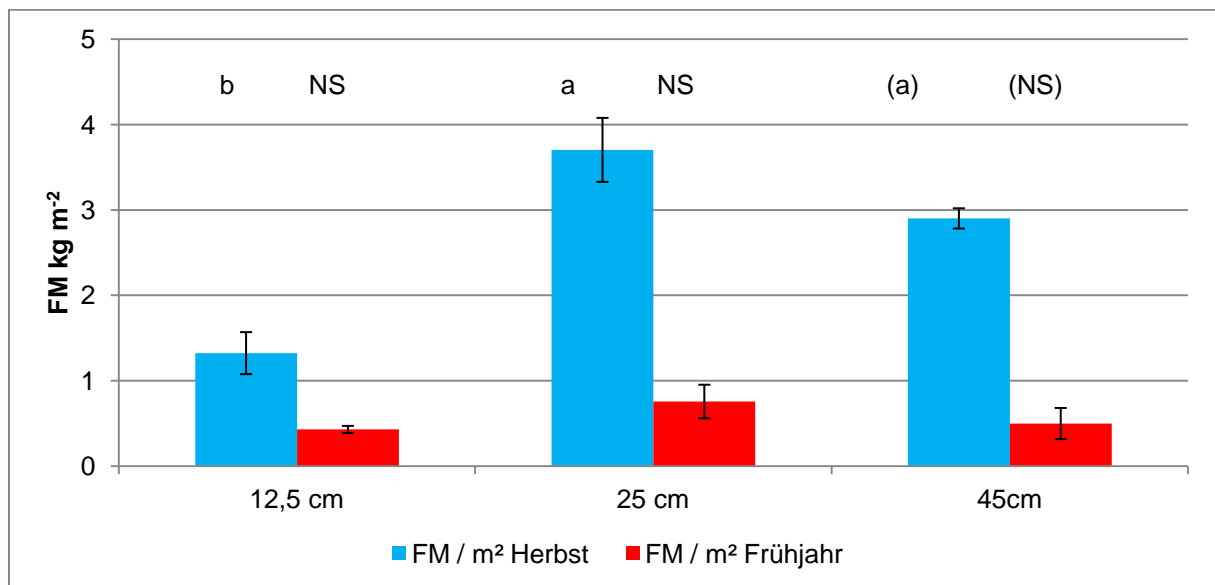


Abbildung 35 Frischmasse in kg m^{-2} zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von $n=2$ (Herbst) bzw. $n=4$ (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler.

Der WHD der Pflanzen lag im Herbst durchschnittlich bei 11 mm. Tendentiell bildeten die Pflanzen in den weiteren Reihenabständen eine größeren WHD aus als bei einem Reihenabstand von 12,5 cm, diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Über die Wintermonate konnten die Pflanzen ihren WHD durchschnittlich um 30% vergrößern. Die Unterschiede zwischen den Reihenweiten waren zur Frühjahrsbonitur ebenfalls nicht signifikant.

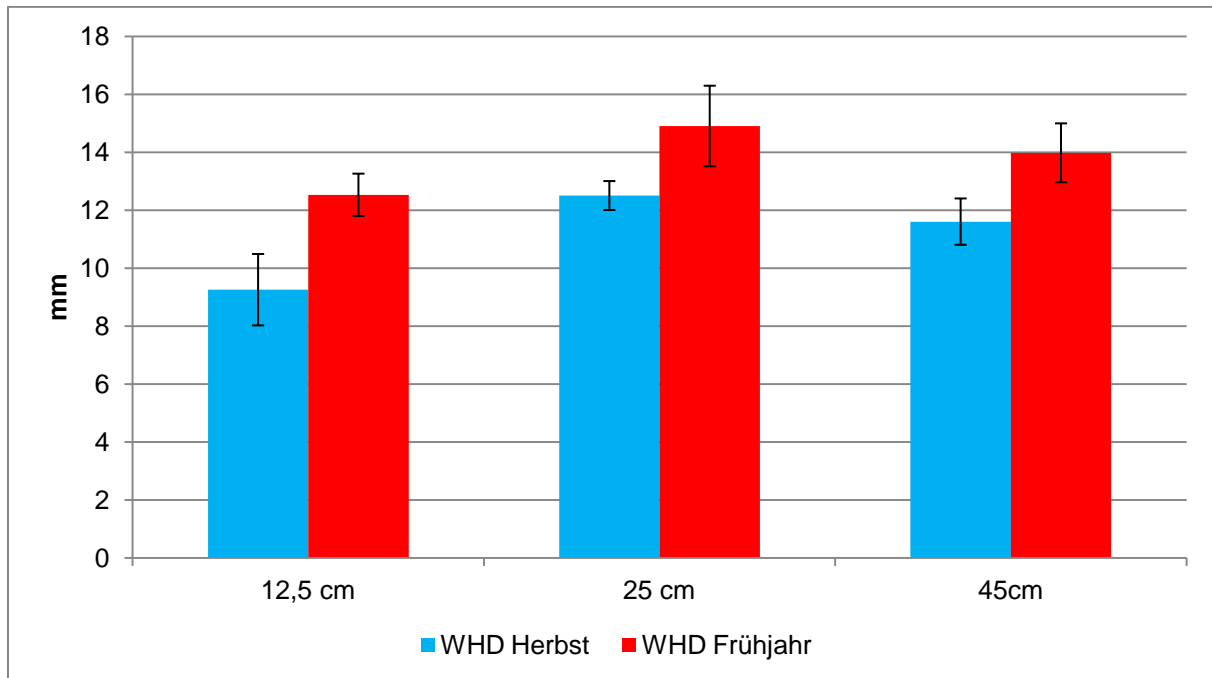


Abbildung 36 WHD zu „Vegetationsende“ (24.11.2011) und Vegetationsbeginn (07.03.2012) Standort **Langer Acker**. Abgebildet sind die Mittelwerte von n=2 (Herbst) bzw. n=4 (Frühjahr). Fehlerbalken zeigen den Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

Den Verlauf der vegetativen Entwicklung, die mittels Reflexionsmessungen zu vier Terminen erfasst wurde, zeigt Abbildung 37. Zu allen Zeitpunkten traten signifikante Unterschiede auf. Die Verteilung der Signifikanzklassen ist in Tabelle 10 dargestellt. Die Pflanzen bei einem Saatreihenabstand von 12,5 cm wiesen durchweg die niedrigsten BI auf. In der Herbstentwicklung lagen die BI der Pflanzen bei der Striptillreihenweite über denen der Mulchsaaten. Im Frühjahr zum zweiten Messtermin wiesen die Pflanzen in der Mulchsaat bei 25 cm Reihenabstand den höchsten BI auf.

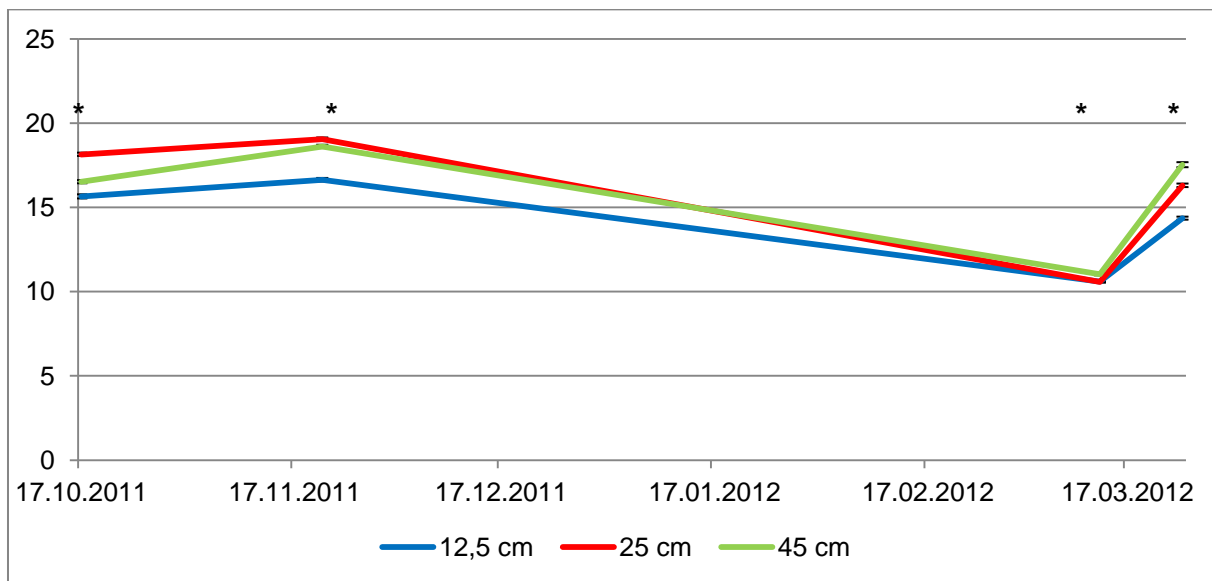


Abbildung 37 Biomasseindizes der Rapspflanzen zu vier Terminen. Erfasst mittels passivem Yara-N-Sensor. Abgebildet sind die Mittelwerte der Düngungsvarianten. $\bar{n} = 270$ Messpunkte je Variante. * zeigt signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$, Signifikanzklassen in Tabelle 10.

Tabelle 10 Signifikanzklassen der Biomasseindizes aus Abbildung 37. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $p = 0,05$.

	17.10.2011	21.11.2011	13.03.2012	25.03.2012
12,5cm	a	a	a	a
25 cm	c	c	a	b
45 cm	(b)	(b)	(b)	(c)

Die Pflanzen im Vergleich der Saatreihenweite erbrachten folgende Erträge (s. Abbildung 38). Mit $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ haben die Pflanzen in der engen Reihenweite von $12,5 \text{ cm}$ signifikant den niedrigsten Ertrag erbracht. Bei einem Reihenweitenabstand von 25 cm konnten die Pflanzen in der Mulchsaat einen Kornertrag von $4,8 \text{ dt ha}^{-1}$ erzielen. Auf demselben Niveau lagen die Pflanzen der Striptillvariante mit 45 cm Reihenabstand.

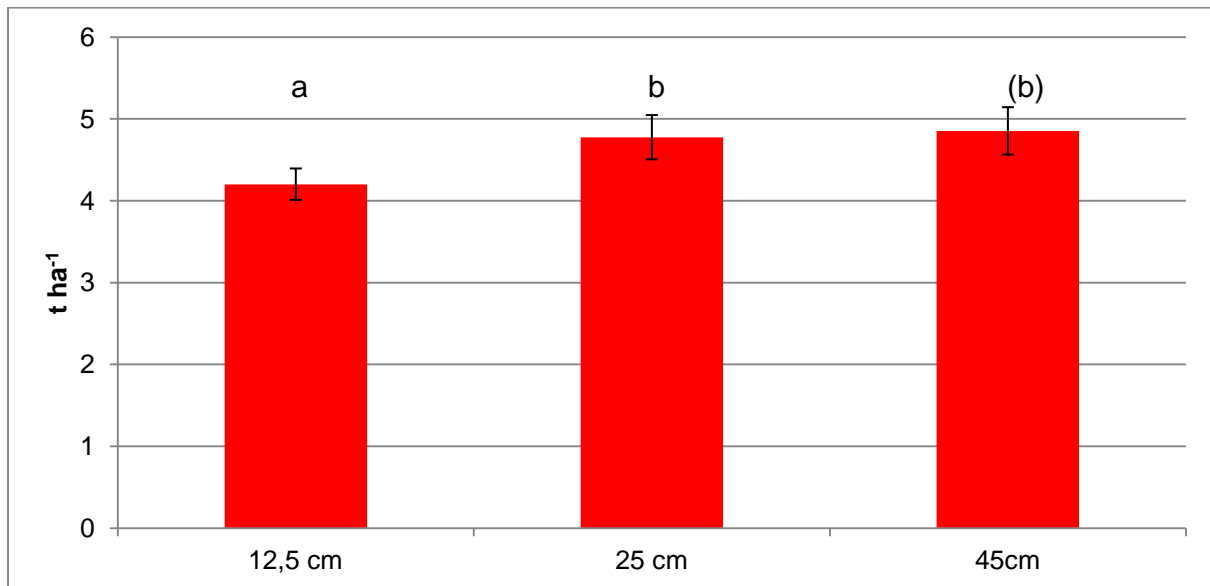


Abbildung 38 Erträge in t ha^{-1} bei 91% TM der Varianten. Die Balken zeigen die Mittelwerte der Ertragskartierung. Abgebildet sind die Mittelwerte der gesamten Variantenlänge. $\text{Ø}n = 360$ Messpunkte je Variante. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Reihenabständen bei $p = 0,5$.

4 Diskussion

4.1 Auflaufverhalten und Pflanzenentwicklung im Herbst

Der Versuch auf dem Langen Acker in Weferlingen konnte im August 2011 zu besten Bedingungen angelegt werden. Auf dem zweiten Standort U-Stück in Grabau war nach einem Starkregenereignis unmittelbar nach der Aussaat eine zweite Aussaat erforderlich. Die nachfolgende milde Witterung verhalf den Pflanzen auf dem Langen Acker zu einem ausreichenden bis übermäßigem Wachstum. Die eingesetzte Technik hatte in Bezug auf das Auflaufverhalten der Saatkörner am Standort Langer Acker keinen Einfluss, denn der Vergleich zwischen Mulchsaat und Striptillage zeigte keinen signifikanten Unterschied. Bei Betrachtung der Striptillagevarianten mit Unterflurdüngung (UF) lag zum ersten Zähltermin der Feldaufgang signifikant niedriger als bei der Düngung, die vor der Saat eingearbeitet wurde (VSE). Ab dem zweiten Termin traten keine signifikanten Unterschiede mehr auf, tendentiell lag der Feldaufgang bei UF um 10%-Punkte niedriger. Es trat hierbei schon eine Tendenz auf, die auf eine Wirkung der Düngerverteilung und –konzentration schließen ließ. Der zweite Standort U-Stück wies bei dem Feldaufgang einen deutlichen Vorteil der verwendeten Sätechnik zu Gunsten des Striptillverfahrens auf. Der Feldaufgang war fünf Tage nach der Saat in den Striptillvarianten bereits bei 55% der geplanten Aussaatstärke, während in den Mulchsaatvarianten nur 31% aufgelaufen waren. Dies zog sich über alle weiteren Zähltermine durch, ab dem zweiten Termin lag der Feldaufgang bei dem Striptillverfahren bei 90% und in der Mulchsaat waren nur 45% aufgelaufen. Die Begründung, warum der Feldaufgang in dem Striptillverfahren so viel besser gewesen ist als in der Mulchsaat, ist in der Drilltechnik begründet. Auf dem Langen Acker kam bei beiden Techniken eine pneumatische Sämaschine zum Einsatz. Auf dem U-Stück wurde nur in der Mulchsaat eine pneumatische Sämaschine verwendet, in den Striptillvarianten wurde eine Einzelkorndrillmaschine genutzt. Den größten Einfluss auf den guten Feldaufgang in den Striptillvarianten hatte aber der Effekt, dass die Saatreihe nicht mit Erde bedeckt wurde, sondern offen gelassen wurde. Die beiden Bilder in Abbildung 39 und vor allem in der Detailansicht in Abbildung 40 zeigen die Fläche U-Stück am 21.09.2011. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Saatkörner in den Striptillvarianten offen in der Saatreihe lagen und dennoch keimen konnten. Die Feuchtigkeit reichte aus, dass die Saatreihe nicht komplett austrocknete. Niederschläge über die Wintermonate ließen die offene Saatreihe erst zusammenfallen. Bedingt durch den

späten Saattermin am 16.09.2011 hatten die Pflanzen in den Striptillvarianten durch die offenen Saatreihe einen enormen Entwicklungsvorsprung gegenüber den Pflanzen in der Mulchsaat, der sich bis zur Ernte durchzog. Trotz des milden Herbstes und Winters, mit langer Vegetationsphase, konnten die Pflanzen in der Mulchsaat diesen Rückstand nicht kompensieren. Immerhin erhöhte sich die Bestandesdichte zwischen den beiden Boniturterminen am 22.11.2011 und 06.03.2012 in der Mulchsaat noch knapp um 2/3.



Abbildung 39 Versuchsfeld U-Stück nach der zweiten Aussaat. Links die Striptillvarianten, rechts die Mulchsaat. Aufnahme vom 21.09.2011. Foto Gerwers



Abbildung 40 Detailansicht der Striptillvariante auf der Versuchsfläche U-Stück nach der zweiten Aussaat. Offene Saatreihe mit Rapskorn. Aufnahme vom 21.09.2011. Foto Gerwers

Trotz intensivem Wachstumsreglereinsatz im Herbst hatten die Pflanzen bis Ende November im Mittel der Varianten auf dem Langen Acker 145 kg N ha^{-1} aufgenommen und dabei einen WHD von 12 mm und eine Blattanzahl pro Pflanze von 11 erreicht. Vergleicht man dies mit der gewünschten Vorwinterentwicklung von 50 kg ha^{-1} aufgenommenem Stickstoff, einem WHD von 8-10 mm und einer Blattanzahl von 8-10, so waren die Rapspflanzen deutlich überentwickelt. Auch die Pflanzen ohne zusätzliche Düngung hatten im Mittel der Technikvarianten bereits 90 kg N ha^{-1} aufgenommen. Dabei sind zwei Punkte zu berücksichtigen. Zum einen weist der Lange Acker mit 45 Bodenpunkten eine relativ gute Bodengüte auf, die zum zweiten durch den Einsatz von 3 t ha^{-1} HTK (76 kg N ha^{-1} insgesamt verfügbar) vor der Saat deutlich aufgewertet wurde. In Abbildung 41 ist der Rapsbestand am 20.09.2011, also einen Monat nach der Saat gezeigt. Deutlich ist der Reihenabstand von 45 cm der Striptillvariante im Vergleich zu den 12,5 cm der Mulchsaatvariante zu erkennen. Einen weiteren Monat später konnte kein visueller Unterschied zwischen den Bestelltechniken nachvollzogen werden. Auf dem zweiten Standort U-Stück waren die Pflanzen aufgrund des späten Saattermines im

Stripptillverfahren nur in der Lage $0,16 \text{ kg FM m}^{-2}$ zu bilden, die Mulchsaat brachte es aufgrund des sehr geringen Pflanzenbestandes nur auf $0,07 \text{ kg FM m}^{-2}$.



Abbildung 41 Rapsbestand am 20.09.2011 auf dem Langen Acker. Links Stripptill mit 45 cm Reihenabstand, rechts Mulchsaat mit 12,5 cm Reihenabstand. Aussaat 20.08.2011. Aufnahme Gerwers.

Die eingesetzten Düngemittel DAP, SSA und eine Mischung aus beiden hatten auf beiden Versuchsflächen, die Frischmassebildung an den Boniturstellen im Herbst betreffend, keinen signifikanten Einfluss. Tendenziell wiesen die Pflanzen mit VSE-Düngung etwas höhere FM auf, als die der UF-Varianten. Auf dem Standort U-Stück muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der späten Aussaat die Wurzelentwicklung der Rapspflanzen unzureichend war und damit vermutlich kaum eine effektive Nutzung des UF-Depots stattgefunden haben kann, zum zweiten, wurde aufgrund fehlender Flächenalternativen bei der zweiten Aussaat versucht, die zuvor UF gedüngten Streifen wieder zu treffen. Ohne exakte Spurführung mittels RTK oder D-GPS war dies nicht 100% möglich. Zudem dürfte der Starkniederschlag direkt nach dem ersten Saattermin sowie weitere

Niederschlagsereignisse bis zum zweiten Saattermin aufgrund der Bodenart mit schwacher Bonität (30 Bodenpunkte) die Nährstoffe in tiefere Bodenschichten verlagert haben. Mit Hilfe der spektralreflektorischen Messungen mit dem Yara-N-Sensor war es auf dem Langen Acker möglich, die Varianten auf kompletter Länge und nicht nur an wenigen Boniturstellen zu erfassen. Dabei zeigte sich anhand der BI, dass die Düngung mit der Mischung die signifikant höchsten Werte hervorbrachte, während die Werte jeweils signifikant in der Reihenfolge SSA, DAP und ohne zusätzliche Düngung abnahmen. Neben der Art des verwendeten Düngemittels konnten auch signifikante Unterschiede in der Applikationsart und der Drilltechnik nachgewiesen werden. In den Striptillvarianten wiesen die Pflanzen der breitflächig verteilten VSE-Düngung zum ersten Scantermin am 17.10.2011 zunächst einen signifikant höheren BI auf, als die UF-Varianten. Einen Monat später (21.11.2011) drehte sich dieser Zusammenhang um und die Pflanzen der UF-Varianten wiesen nunmal signifikant höhere BI auf als die VSE-Varianten. Dies deutet darauf hin, dass die Stickstoffmenge der UF-Düngung, die in einer Tiefe von 20-28 cm abgelegt wurde, den Pflanzen erst später bei ausreichendem Wurzeltiefgang und -entwicklung zur Verfügung stand. Im Vergleich der Technik konnte durch den N-Sensor gezeigt werden, dass bei der VSE-Düngung die Pflanzen im Striptillverfahren signifikant höhere BI aufwiesen als in der Mulchsaat. Dies könnte durch eine bessere Wurzelentwicklung im Striptillageverfahren begründet sein.

Winterraps hat sehr hohe Anforderungen an ein gutes Saatbett. Mit dem Striptillage wird es möglich, die Feldaufgänge zu sichern, da das Keimbett größtenteils von Stroh geräumt ist und so keine Nährstoffkonkurrenz durch den Abbau der Ernterückstände zu erwarten ist. Trotz der zweimaligen Stoppelbearbeitung lag der Feldaufgang zum ersten Boniturtermin am 26.08.2011 in der Mulchsaat nur bei 54% während bei Striptillage der Feldaufgang bereits bei über 66% lag. Die Wurzeln können in dem gelockerten Schlitz sehr schnell tief in den Boden eindringen und können so Trockenstresssituationen besser überstehen. Bei der herkömmlichen Drilltechnik bspw. mit Kreiseleggendrillkombinationen, kann ein Verdichtungshorizont durch die Kreiselegge hervorgerufen werden. Dieser Horizont in 5 bis 8 cm Tiefe verhindert, dass die Rapswurzeln mit einer kräftigen Pfahlwurzel in die Tiefe gehen. Vielmehr begann die Rapswurzel sich im oberen Krümmenbereich zu verzweigen und ist so schneller einem Stress bei fehlendem Wasser ausgesetzt bzw. kann die Nährstoffvorräte im Boden nicht so leicht erschließen. Auf der Fläche Langer Acker (vgl. Abbildung 41) wurde am 16.03.2012 ein Wurzelprofil von Winterraps in Mulchsaat und Striptillage freigelegt. Auf dem Foto in Abbildung 43 sind die

Wurzeln in Striptillage gezeigt. Deutlich zu sehen ist, dass die Wurzel als kräftige gerade Pfahlwurzel mit ein paar Seitenwurzeln in die Tiefe eingedrungen war. Freigelegt wurde eine Tiefe von 34 cm und das Ende der kräftigen Pfahlwurzel ist nicht erreicht worden. Anders verhielt es sich in der Mulchsaat (Abbildung 42). Dort wurde im Bereich der Saatbettbereitung mit der Kreiselegge offensichtlich ein Verdichtungshorizont in einer Tiefe von 5 bis 8 cm geschaffen, der als Störfaktor die Pfahlwurzelbildung deutlich gehemmt hatte.



Abbildung 42 Wurzelwachstum am 16.03.2012 Mulchsaat Sorte Dimension (benachbarte Versuchsfläche). Aufnahme Andrack.



Abbildung 43 Wurzelwachstum am 16.03.2012 Striptillvariante Sorte Dimension (benachbarte Versuchsfäche). Aufnahme Andrack.

4.2 Auswirkung der Frostphase auf die Regenerationsfähigkeit der Rapspflanzen

Durch die späte und schnell einsetzende strenge Frostphase ohne Schneeauflage im Februar 2012 (Abbildung 5), traten mit 80% Reduktion der FM enorme Verluste auf der Versuchsfläche Langer Acker auf. Die Verluste in der Anzahl der Blätter sind durch den Frost zunächst mit 100% in allen Varianten zu bezeichnen. Einen Eindruck über das Ausmaß des Frostes zeigt Abbildung 44. In der Aufnahme am 05.03.2012 sind links die Pflanzen der Mulchsaat und rechts die des Striptillage zu erkennen. Die Aufnahme erfolgte einen Monat nach den kältesten Temperaturen und zwei Wochen nach Ende der Frostphase auf einer diesem Versuch unmittelbar benachbarten Fläche, die mit derselben Technik bestellt wurde.



Abbildung 44 Rapsbestand am 05.03.2012. Links Avator in Mulchsaat (Var.1), rechts in Striptill mit Unterfußdüngung (Var.2). Aufnahme Gerwers

Die Parameter der Vegetationsanfangsbonitur vom 07.03.2012 standen noch deutlich unter dem Einfluss der Frostphase. Dass zwischen Ende November und der Frostphase ein weiteres Wachstum möglich war, kann zum einen durch die milden Temperaturen (Abbildung 5) vermutet, aber auch anhand der Entwicklung des WHD bestätigt werden. Die günstige Witterung über die Wintermonate verhalf auch den Rapspflanzen auf der

Versuchsfläche U-Stück zu einem weiteren Wachstum. So konnte ein Zuwachs des WHD dort ebenfalls beobachtet werden sowie eine Zunahme an Pflanzen und FM m⁻² in den Mulchsaatvarianten.

Die Rapspflanzen auf dem Langen Acker waren im Herbst viel zu stark entwickelt. Bei Betrachtung der bisher erwähnten Parameter wird der Verdacht deutlich, dass jedes kg N, welches im Herbst zu viel gegeben und zu früh zur Verfügung stand, einen negativen Einfluss auf die Auswinterung bzw. die Regeneration im Frühjahr hatte. Dies kann mit den BI zu dem zweiten Frühjahrstermin belegt werden. Bei den verwendeten Düngern drehte sich das Verhältnis zwischen der letzten Herbstmessung und der ersten und viel mehr zur zweiten Frühjahrmessung komplett um. Die Pflanzen ohne zusätzliche N-Düngung wiesen am 25.03.2012 bereits wieder die höchsten BI auf. Danach folgten die Pflanzen mit einer DAP-Düngung. SSA und die Mischung aus beiden wiesen jeweils signifikant abgestuft niedrigere BI auf. Die Pflanzen in Mulchsaat hatten offensichtlich bereits im Herbst ein etwas schlechteres Wurzelsystem und wurden damit in ihrer Entwicklung etwas gehemmt, so dass sie vor Winter signifikant niedrigere BI aufwiesen. Je größer die Pflanzen im Herbst waren, umso größer war der schädigende Einfluss während der Frostphase. Die Regeneration im Frühjahr war bei kleineren Pflanzen deutlich besser.

4.3 Einfluss der Bestelltechnik bzw. der Düngerapplikation und -form auf die Ertragsleistung

Das Frühjahr und die Frühsommerzeit führten aufgrund der kühlen Witterung zu einer gemächlichen guten Entwicklung der Rapspflanzen. Die Niederschläge waren gering jedoch gut verteilt und bei einer geringen Evapotranspiration gerade ausreichend. Die Ernte erfolgte unter optimalen Bedingungen am 25.07.2012 auf dem Langen Acker und am 26.07.2012 auf dem U-Stück. Die in den vorigen Kapiteln aufgestellt Hypothese, dass jedes kg N, welches im Herbst zu viel gegeben und zu früh zur Verfügung stand, in diesem Versuchsjahr auf dem Standort Langer Acker negative Auswirkungen auf die Pflanzen hatte, kann auch an den Erträgen verifiziert werden. Im Vergleich der Düngerformen bei der VSE-Applikation war bei den Erträgen (Abbildung 15) ein ähnlicher Verlauf wie in den BI zum zweiten Messtermin im Frühjahr (Abbildung 12) zu erkennen. Die Pflanzen der nicht zusätzlich gedüngten Variante wies mit 4,44 t ha⁻¹ im Mittel der beiden Techniken signifikant den höchsten Ertrag auf. Der geringste Ertrag wurde mit 4,18 t ha⁻¹ von den Pflanzen mit einer SSA-Düngung erzielt. Beim Vergleich der Sätechniken bezo-

gen auf den Ertrag fällt in Abbildung 15 auf, dass bei der im Herbst nicht zusätzlich gedüngten Varianten, die Pflanzen der Striptilltechnik einen Ertrag von 4,8 t/ha erzielen konnten, während die Pflanzen der Mulchsaat nur 4,2 t/ha erreichten. Bei der genaueren Betrachtung der BI im Striptillverfahren (Abbildung 13) zeigt sich ein geringerer Abfall der Werte zwischen der letzten Herbst und ersten Frühjahrmessung sowie eine deutlich bessere Regeneration zwischen der ersten und zweiten Frühjahrmessung in der im Herbst nicht zusätzlich gedüngten Variante. Dies kann ein Indiz dafür sein, dass durch den Einsatz der Striptilltechnik etwas bessere Erträge erzielt werden könnten. Darüber hinaus erhielten die Pflanzen in der Striptillvariante ohne zusätzliche Herbstdüngung im Frühjahr 20 kg N / ha weniger als die der Mulchsaat (Tabelle 3). Aufgrund der in diesem Versuchsjahr eher schädigenden Wirkung der Stickstoffdüngung im Herbst konnte die evtl. Mehrleistung der Striptilltechnik nicht in den anderen Düngungsvarianten herausgearbeitet werden. Da die Varianten jeweils ohne randomisierte Wiederholung als Streifen angelegt wurden, kann jedoch ein Effekt des Bodens auf den Ertrag nicht komplett ausgeschlossen werden.

Es sah so aus, als sei DAP im Vergleich mit SSA ein etwas langsamer wirkender Dünger. Die Art der Applikation bestätigt ebenfalls die Hypothese, da mit der Düngung UF der Stickstoff später zur Verfügung stand als bei der VSE-Düngung und die Entwicklung im Herbst etwas geringer war. Die langsamere Entwicklung wirkte sich auf geringere Auswinterungsverluste und eine bessere Regeneration im Frühjahr und letztlich auf den Ertrag aus. Das beste Ertragsergebnis brachten mit $5,1 \text{ t ha}^{-1}$ die Pflanzen der DAP-UF-Variante. Zwischen der Mulchsaat und dem Striptillage konnten auf dem Langen Acker keine signifikanten Ertragsunterschiede ermittelt werden. Ein anderes Bild ergab sich auf dem U-Stück, dort wurde in dem Verfahren Striptillage mit Einzelkorntechnik und offener Saatreihe gut 1 t ha^{-1} mehr geerntet als in der Mulchsaat mit pneumatischer Säschiene und geschlossener Saatreihe. An diesem Standort profitierten die Pflanzen von einer Düngung, die den Pflanzen im Herbst zügig Stickstoff zur Verfügung stellte. Zur Bestätigung obiger Hypothese zeigen die Pflanzen in der Mulchsaat mit einer SSA Düngung etwas höhere Erträge als die mit DAP oder der Mischung gedüngten. Der Vergleich der Applikation VSE oder UF, die beide in Striptillage erfolgten, wiesen die Pflanzen auf dem U-Stück mit einer VSE-Düngung höhere Erträge auf.

5 Fazit:

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsteile zeigen auf, dass die Striptillvarianten hinsichtlich der Ertragsleistung mit den Mulchsaatvarianten, sofern die gleiche Drilltechnik genutzt wurde, gleichzustellen sind. Das Striptillverfahren führt zu einer besseren Wurzelentwicklung, da keine Verdichtungshorizonte unterhalb des Keimhorizontes geschaffen werden. Der weite Reihenabstand von 45 cm kann bei Striptillage von den Rapspflanzen, aufgrund guter Verzweigung kompensiert werden, allerdings muss dann die Saatstärke deutlich reduziert werden, um eine kräftige Einzelpflanzenentwicklung zu gewährleisten. Erwartungsgemäß, hat die Düngung, egal wie sie platziert wurde oder welches Düngemittel verwendet wurde keinen Einfluss auf die frühe Phase des Feldaufganges, die Wirkung der Düngung zeigte sich je nach Tiefenplatzierung erst zu späteren Zeitpunkten in der Herbstentwicklung.

Das Ausbringen von Düngemitteln vor der Saat birgt die Gefahr, dass dabei bereits früh eine Menge ausgebracht wird, die ohne Kenntnis der weiteren Entwicklung der Rapspflanzen im späteren Herbst erfolgt. Wird das Düngemittel vor der Saat breitflächig verteilt und eingearbeitet ist eine schlechtere Wirkung zu erwarten, als bei einer platzierten Düngung. Bei der platzierten Düngung stellt sich die Frage nach der optimalen Tiefe. Die Versuche zeigen aufgrund unterschiedlicher Startbedingungen klar zwei gegenläufige Richtungen. Bei guten Aussaatbedingungen zu einem frühen bis mittleren Zeitpunkt und der Erwartung einer milden Folgewitterung muss der Dünger möglichst tief eingebracht werden, da ansonsten wie im Fall der VSE auf dem Lagen Acker die Pflanzen zu früh den Stickstoff aufnehmen und sich damit zu stark entwickeln. Die Aufnahmen des Yara-N-Sensors zeigten, dass der Stickstoff der Unterflur gedüngten Varianten erste Mitte November zur Wirkung gekommen war. Ist die Aussaat spät, wie auf der Versuchsfläche U-Stück und wird eine ungünstige Witterung unterstellt, müsste der Stickstoff möglichst flach an den Keimhorizont gebracht werden, damit eine zügige Pflanzenentwicklung gewährleistet werden kann.