

Unkrautaufkommen und Ertragsleistung beim Anbau von Sommererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer bei flach- und tiefwendender Bodenbearbeitung

ANNKATHRIN GRONLE¹ und HERWART BÖHM¹

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau, annkathrin.gronle@vti.bund.de

Zusammenfassung

In Feldversuchen im Jahr 2009 wurden die Auswirkungen des Anbaus von Sommererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen (Pflug: Bearbeitungstiefe 25-27 cm, tiefwendend; Stoppelhobel: Bearbeitungstiefe 10-12 cm, flachwendend) auf Unkrautaufkommen und Ertragsleistung untersucht. Beim Unkrautaufkommen waren zwischen den angebauten Kulturen signifikante Unterschiede vorhanden. Das Sommererbsen-Hafer-Gemenge bewirkte im Vergleich zur Sommererbsen-Reinsaat eine deutliche Reduzierung des Unkrautwachstums. Die stärkste Unkrautunterdrückung wies die Hafer-Reinsaat auf. Die flachwendende Bodenbearbeitung führte in Abhängigkeit von Kultur und Standort im Vergleich zur tiefwendenden Pflug-Bearbeitung meist zu einem höheren Unkrautwachstum und zu vergleichbaren Erträgen. Die Gesamt-Kornerträge des Gemenges lagen mit 26,1 dt TM ha⁻¹ im Mittel über denen der Sommererbsen-Reinsaat (18,7 dt TM ha⁻¹). Um die Folgen verschiedener Bodenbearbeitungssysteme besser abschätzen zu können, ist weiterer Forschungsbedarf notwendig.

Abstract

Weed infestation and yield performance of spring pea monocropped and intercropped with oat under shallow and deep ploughing

In field trials in 2009 the effects of cultivating spring peas monocropped and intercropped with oat in different tillage systems (deep ploughing: inversion to 25-27 cm; shallow ploughing: inversion to 10-12 cm) on weed infestation and yield performance were investigated. The weed infestation level was significantly affected by culture. Weeds were crowded out in mixed stands to a considerably greater extent in comparison to the monocropped pea stands. Best weed suppression has been observed in the oat monoculture. Shallow ploughing led, dependent on culture and site, mostly to a higher growth of annual weeds and resulted in comparable grain yields to deep ploughing. The intercrop outyielded the monocropped pea stand with respect to averaged total grain yield (intercrop: 2.61 t ha⁻¹, pea monocrop: 1.87 t ha⁻¹). In order to better assess the effects of different tillage systems further research is needed.

Einleitung

Neben der herkömmlichen tiefwendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug gibt es eine Vielzahl von Bodenbearbeitungssystemen, bei denen die Bearbeitungstiefe und/oder die Bearbeitungsintensität reduziert sind. Reduzierte Bodenbearbeitungssysteme haben positive Auswirkungen auf biologische, chemische und physikalische Bodeneigenschaften. Dazu gehören eine höhere mikrobielle Aktivität und ein Anstieg der Humusgehalte im Oberboden (Tebrügge und Düring 1999; Emmerling und Hampl 2002; Kouwenhoven et al. 2002; Emmerling 2007; Berner et al. 2008), eine höhere Abundanz von Regenwürmern (Rasmussen 1999; Berner et al. 2008) und eine Erhöhung der Aggregatstabilität (Wiermann et al. 2000; Vakali et al. 2011). Gleichzeitig wurde bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung ein geringerer Energieaufwand und eine höhere Arbeitsleistung ermittelt (Hernández et al. 1995; Kouwenhoven et al. 2002).

Trotz dieser boden- und ressourcenschonenden Vorteile spielen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau bislang im Gegensatz zum konventionellen Landbau nur eine untergeordnete Rolle. Problematisch bei reduzierten Bodenbearbeitungssystemen ist im Vergleich zur tiefwendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug insbesondere die Zunahme annueller und perennierender Unkräuter (Pekrun et al. 2003; Bakken et al. 2009). Gerade das Problem einer Zunahme von Unkräutern und dadurch befürchtete Ertragsverluste führen nach Angaben von Gruber und Claupein (2009) dazu, dass Landwirte im Ökologischen Landbau herkömmliche tiefwendende Bodenbearbeitungssysteme bevorzugen. Die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auf die Höhe der Erträge und die Ertragsstabilität sind bei bisherigen Untersuchungen nicht eindeutig. Bei Untersuchungen in ökologischen Anbausystemen wird sowohl von geringeren, vergleichbaren als auch von höheren Erträgen im Ver-

gleich zur tiefwendenden Bearbeitung mit dem Pflug berichtet (Pekrun et al. 2003; Berner et al. 2005; Berner et al. 2008; Krauss et al. 2010).

Körnerleguminosen stellen im Ökologischen Landbau ein zentrales Fruchtfolgeglied dar. Ein Anbau in Mischkultur mit Getreide bewirkt, abgesehen von einer Verringerung der Lagergefahr durch die Ausnutzung der Stützfruchtwirkung des Getreides, auch eine bessere Unkrautunterdrückung. Eine optimale Bodenbearbeitung spielt gerade im Ökologischen Landbau eine entscheidende Rolle, da das Pflanzenwachstum aufgrund eines Mangels an externen Eingriffsmöglichkeiten hier stärker von Bodeneigenschaften und einer optimalen Bodengare abhängig ist (Munkholm et al. 2001). Ziel ist es daher, die Auswirkungen einer flach- und einer tiefwendenden Bodenbearbeitung im Anbau von Sommererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer auf Unkrautaufkommen und Ertragsleistung zu untersuchen. Dabei soll insbesondere geprüft werden, ob die bessere Unkraut unterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen das bei reduzierter Bodenbearbeitung zu erwartende höhere Unkrautaufkommen kompensieren kann.

Material und Methoden

Um die flach- und tiefwendende Bodenbearbeitung im Anbau von Sommererbsen und Hafer in Rein- und Gemengesaat untersuchen zu können, wurden am Standort Trenthorst (Parabraunerde-Pseudogley, sandiger Lehm, 53 Bodenpunkte, 740 mm Jahresniederschlag, 8,7°C Jahresmitteltemperatur) im Versuchsjahr 2009 zwei Feldversuche durchgeführt. Beide Versuche wurden im Split-Plot-Design in vierfacher Feldwiederholung auf den beiden benachbarten Schlägen Düsternbrook und Neukoppel angelegt, die sich aufgrund ihrer Vorbewirtschaftung hinsichtlich des herrschenden Unkrautdrucks unterscheiden.

Für den Versuchsfaktor Bodenbearbeitung (Großteilstücke, Bearbeitung im Herbst 2008) wurde eine tiefwendende Bearbeitung (Stoppelbearbeitung: Grubber, Grundbodenbearbeitung: Pflug) mit einer flachwendenden Bearbeitung (Stoppel- und Grundbodenbearbeitung: Stoppelhobel) verglichen. Beim Stoppelhobel handelt es sich um eine Art Schälplflug mit verkleinerten Streichblechen und einer kürzeren Bauweise. In der Variante mit Stoppelhobel-Bearbeitung wurde zunächst am 19. September eine flache Bearbeitung mit einer Bearbeitungstiefe von 4-6 cm durchgeführt. Am 25. September erfolgte ein leichtes Einebnen der Fläche mit der Kreiselegge und nach knapp drei Wochen (13. Oktober) wurde dann in einem zweiten Arbeitsgang mit dem Stoppelhobel der Boden bis zu einer Tiefe von 10-12 cm bearbeitet. Die Bearbeitungstiefe in der tiefwendenden Bearbeitungsvariante war beim Grubber 8-10 cm (19. September) und beim Pflug 25-27 cm (13. Oktober).

Für den zweiten Versuchsfaktor Kultur (Kleinteilstücke) wurde eine Sommererbsen-Reinsaat (80 keimfähige Körner m^{-2} , Sorte Santana), eine Hafer-Reinsaat (300 keimfähige Körner m^{-2} , Sorte Dominik) und ein Sommererbsen-Hafer-Gemenge (80 keimfähige Körner Sommererbsen + 60 keimfähige Körner Hafer m^{-2}) angebaut.

Zur Ermittlung des Unkrautaufkommens in den Versuchen wurden als Parameter der Unkrautdeckungsgrad und die oberirdische Unkrautbiomasse erfasst. Die Bestimmung des Unkrautdeckungsgrades wurde Anfang Juni (Erbse: BBCH-Stadium 51, Hafer: BBCH-Stadium 41) in beiden Versuchen an fünf Stellen pro Parzelle in jeweils einem halben Quadratmeter durchgeführt. Zum Erntezeitpunkt wurde an beiden Standorten die Unkrautbiomasse von einem Quadratmeter pro Parzelle beerntet. In beiden Feldversuchen erfolgte keine mechanische Unkrautbekämpfung. Um eine Verfälschung von Daten durch die schon vor Versuchsbeginn vorhandenen Ackerkratzdisteln (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) zu verhindern, wurden diese in regelmäßigen

Abständen von Hand entfernt. Der Kerndrusch der Versuchspartellen zur Ertragsermittlung erfolgte mit Hilfe eines Parzellenmähdreschers, wobei jeweils pro Parzelle eine Fläche von 17,5 m^2 abgeerntet wurde. Vor der Reinigung wurden die Körner auf einer Flächentrocknung nachgetrocknet. Aus den Ertragsdaten wurde der „Relative Yield Total“-Wert (RYT) nach De Witt und van den Bergh (1965) berechnet als:

$$\text{Relative Yield Total (RYT)} = \frac{\text{RY Erbse} + \text{RY Hafer}}{\text{RY Erbse} + \text{RY Hafer}}$$

$$\text{RY} = \frac{\text{Ertrag der Kultur im Gemenge}}{\text{Ertrag derselben Kultur in Reinsaat}}$$

Der RYT gilt als Maß für die Bewertung des Mischfruchtanbaus im Vergleich zum Anbau der Kulturen in Reinsaat. Liegt der RYT-Wert über 1, so ist der Mischfruchtanbau produktiver als der Anbau in Reinsaat.

Die Daten wurden varianzanalytisch mit der Prozedur MIXED mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 9.1 verrechnet. Den Varianzanalysen folgten multiple Mittelwertvergleiche mit Hilfe des Tukey-Kramer-Tests für das Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$.

Ergebnisse und Diskussion

Unkrautaufkommen

In beiden Bodenbearbeitungsvarianten wies die Hafer-Reinsaat einen signifikant geringeren Unkrautdeckungsgrad auf als die Sommererbsen-Reinsaat (Abb. 1). Der Unkrautdeckungsgrad des Sommererbsen-Hafer-Gemenges lag bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten zwischen dem Wert der Reinsaaten, wobei die Unterschiede bei Stoppelhobel-Bearbeitung zu beiden Reinsaaten, im Gegensatz zur Pflug-Bearbeitung, signifikant waren. In der Sommererbsen-Reinsaat ergab sich bei flachwendender Bodenbearbeitung mit 23,1 % ein

signifikant höherer Wert als bei tiefwendender Bearbeitung (13,1 %).

Bei der Bestimmung des Unkrautdeckungsgrades in der Hafer-Reinsaat und im Sommererbsen-Hafer-Gemenge zeigten sich dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen der Pflug- und der Stoppelhobel-Bearbeitung. Während am Standort Düsternbrook bei Stoppelhobel-Bearbeitung ein signifikant höherer Unkrautdeckungsgrad im Vergleich zur Pflug-Bearbeitung (Stoppelhobel: 18,0 %, Pflug: 10,8 %) festzustellen war, war am Standort

Neukoppel kein signifikanter Unterschied (Stoppelhobel: 13,7 %, Pflug: 12,5 %) vorhanden.

Die Ergebnisse der zur Ernte erfassten oberirdischen Unkrautbiomasse in den drei Kulturen zeigen ein zum Unkrautdeckungsgrad vergleichbares Bild (Abb. 2). Während in der Sommererbsen-Reinsaat zur Ernte eine Unkrautbiomasse von 10,8 dt TM ha⁻¹ vorhanden war, waren es im Sommererbsen-Hafer-Gemenge 6,1 dt TM ha⁻¹ und in der Hafer-Reinsaat 1,2 dt TM ha⁻¹. Die beim Unkraut-Deckungsgrad

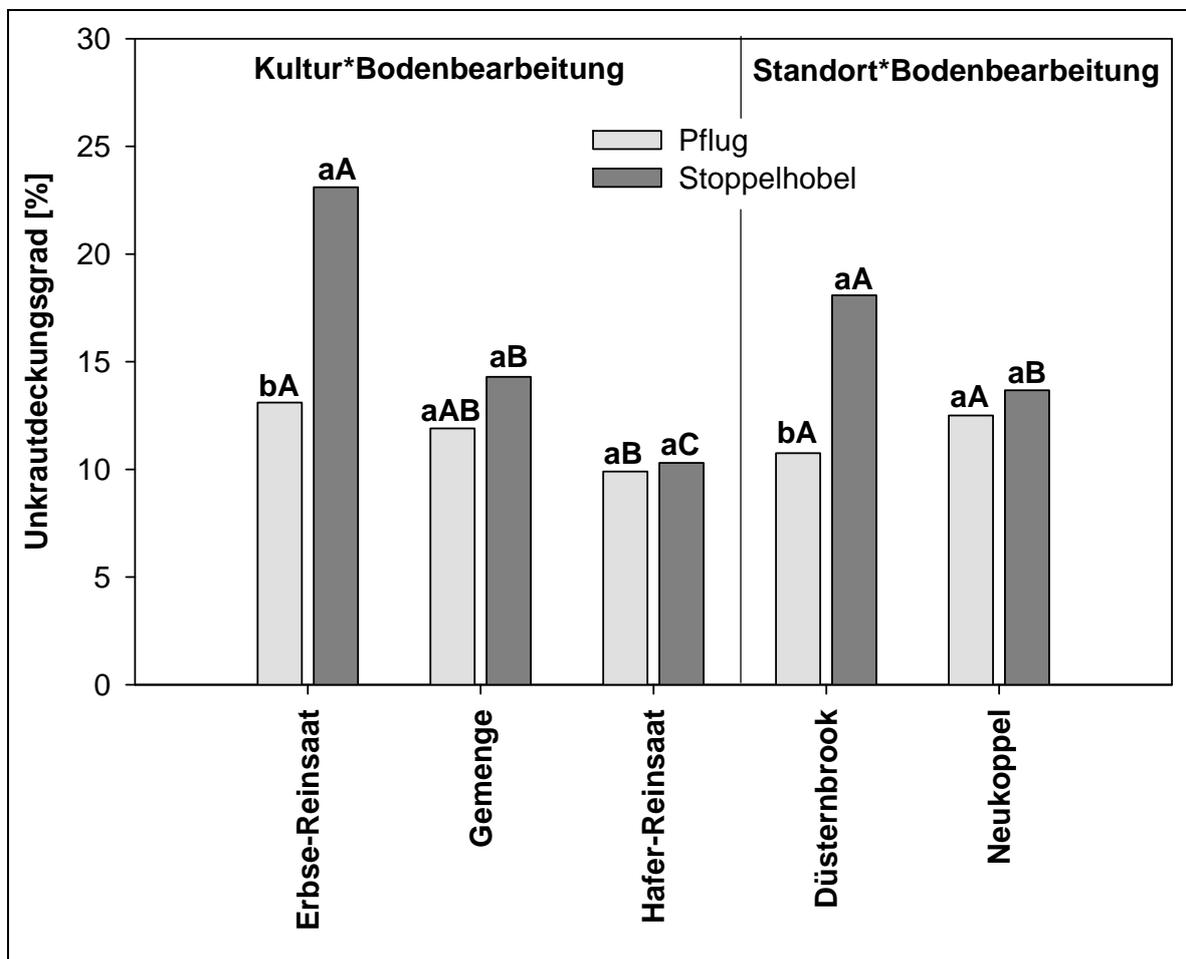


Abbildung 1: Unkrautdeckungsgrad für die Wechselwirkung von Kultur und Bodenbearbeitung (links) sowie Standort und Bodenbearbeitung (rechts). Balken mit gleichen Kleinbuchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied der Bodenbearbeitung innerhalb einer Kultur (links) bzw. eines Standortes (rechts). Balken mit gleichen Großbuchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied der Kulturen (links) bzw. der Standorte (rechts) innerhalb einer Bodenbearbeitung.

ausgewiesene signifikante Wechselwirkung zwischen Kultur und Bodenbearbeitung lag jedoch bei der zur Ernte erfassten Unkrautbiomasse nicht vor. Die in der Stoppelhobel-Bearbeitung geringfügig höhere Unkrautbiomasse ($6,8 \text{ dt TM ha}^{-1}$) war im Vergleich zur Pflug-Bearbeitung ($5,2 \text{ dt TM ha}^{-1}$) nicht signifikant verschieden. Auch zwischen den beiden Standorten konnten keine signifikanten Unterschiede der oberirdischen Unkrautbiomasse festgestellt werden (Düsternbrook: $6,4 \text{ dt TM ha}^{-1}$, Neukoppel: $5,7 \text{ dt TM ha}^{-1}$).

wie die im Vergleich zur Sommererbsen-Reinsaat signifikant geringere Verunkrautung des Sommererbsen-Hafer-Gemenges mit Ergebnissen von Kimpel-Freund et al. (1998). Die gute Unkraut unterdrückende Wirkung des Gemengeanbaus von Sommererbsen mit Getreide im Vergleich zur Erbsen-Reinsaat bestätigen auch die Ergebnisse von Hauggaard-Nielsen et al. (2001), Poggio (2005) und Deveikyte et al. (2009).

Ursächlich für das unterschiedliche Unkrautunterdrückungs-Potential der Kul-

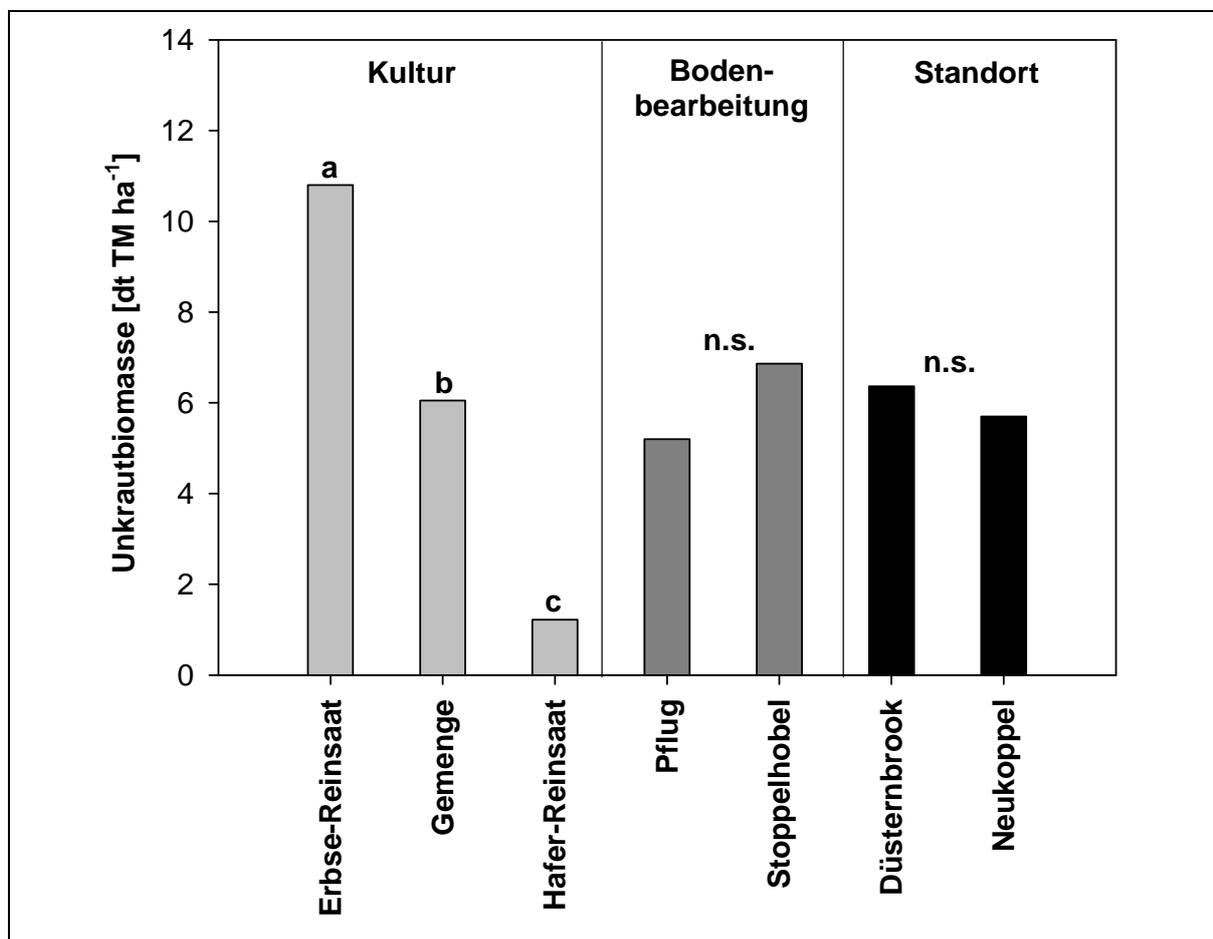


Abbildung 2: Einfluss der Hauptfaktoren Kultur, Bodenbearbeitung und Standort auf die zur Ernte erfasste Unkrautbiomasse. Balken mit gleichen Kleinbuchstaben sind nicht signifikant verschieden. Abkürzungen: n.s. = nicht signifikant.

Die dargestellten Ergebnisse der Unkrautdeckungsgrad-Bonitur und der zur Ernte erfassten oberirdischen Unkrautbiomasse zeigen, dass die Hafer-Reinsaat die stärkste Unkrautunterdrückung der drei angebauten Kulturen aufwies. Dies deckt sich ebenso

turen können Konkurrenz um Wachstumsfaktoren wie etwa um Licht oder Nährstoffe sowie allelopathische Interaktionen sein. Insbesondere zu Beginn der Vegetationsperiode kann ein Unterschied in der Pflanzenentwicklung von Sommer-

erbsen und Getreide das Unkrautwachstum beeinflussen. Kimpel-Freund et al. (1998) konnten zeigen, dass eine geringere Lichttransmission in der Anfangsentwicklung des Gemenges im Vergleich zur Sommererbsen-Reinsaat und eine höhere Lichttransmission im Vergleich zur Hafer-Reinsaat eine Ursache für das gegenüber der Sommererbsen-Reinsaat und der Hafer-Reinsaat geringere bzw. höhere Unkrautwachstum im Gemenge ist. Auch Hauggaard-Nielsen et al. (2001) stellten beim Mischfruchtanbau von Sommererbsen und Gerste fest, dass der Getreidepartner Gerste verglichen mit der Sommererbsen den Boden schneller und zu einem höheren Ausmaß bedeckt. Die im Vergleich zur Sommererbsen beim Getreidepartner vorhandene höhere Wachstumsrate führt im Gemenge im Vergleich zur Sommererbsen-Reinsaat zu einer stärkeren Beschattung der Bodenoberfläche, wodurch Unkräuter schon in einem frühen Entwicklungsstadium in ihrem Wachstum gehemmt werden.

Ein abweichendes Konkurrenzvermögen um bodenbürtigen Stickstoff kann ebenfalls eine Ursache für das unterschiedliche Unkrautunterdrückungsvermögen von Sommererbsen-Reinsaat, Sommererbsen-Getreide-Gemengen und Getreide-Reinsaat sein. Mit zunehmender Pflanzenentwicklung könnte dies, ebenso wie die Konkurrenz um Wasser, eine zunehmende Rolle spielen (Kimpel-Freund et al. 1998). Nach Neumann et al. (2007) hat Hafer ein höheres Konkurrenzvermögen um bodenbürtigen Stickstoff als Sommererbsen. Auch Jensen (1996), Hauggaard-Nielsen et al. (2001) und Poggio (2005) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass der Getreidepartner in Reinsaat und im Gemenge mit Sommererbsen ein höheres Aneignungsvermögen für Bodenstickstoff hat. Als Ursachen für das stärkere Konkurrenzvermögen des Getreides um bodenbürtigen Stickstoff, verglichen mit Leguminosen, kommen nach Angaben von Corre-Hellou et al. (2006) der höhere Bedarf und die schnellere Wurzelentwicklung des Getreides in Frage. Durch das daraus resultieren-

de höhere N-Aufnahmevermögen des Getreides steht den Unkräutern weniger bodenbürtiger Stickstoff zur Verfügung, was ein geringeres Unkrautwachstum bedingt.

Eine wichtige Rolle bei der Unkrautunterdrückung in Hafer-Reinsaat und Sommererbsen-Hafer-Gemenge könnte auch die Abgabe von wachstumshemmenden Substanzen über Wurzelexsudate beim Hafer spielen (Katonoguchi et al. 1994).

Die flachwendende Bearbeitung mit dem Stoppelhobel förderte das Wachstum annueller Unkräuter stärker als die tiefwendende Bearbeitung mit dem Pflug. Eine Ursache hierfür könnte die verstärkte Ansammlung von Unkrautsamen in der oberen Bodenschicht nach flachwendender Bodenbearbeitung sein (Kouwenhoven et al. 2002). Während in der Sommererbsen-Reinsaat in der Stoppelhobel-Bearbeitung ein um 10 % höherer Unkraut-Deckungsgrad als in der Pflug-Bearbeitung ermittelt wurde, waren im Gemenge und in der Hafer-Reinsaat bei der flachwendenden Bodenbearbeitung nur geringfügig und nicht signifikant höhere Werte festzustellen. Daraus kann geschlossen werden, dass der beim Anbau von Sommererbsen im Gemenge mit Hafer vorhandene Unkrautunterdrückende Effekt eine durch eine flachwendende Bodenbearbeitung bedingte höhere Verunkrautung ausgleichen kann. Bei der zur Ernte erfassten Unkrautbiomasse war keine signifikante Wechselwirkung zwischen Bodenbearbeitung und Kultur vorhanden. Dies könnte daran liegen, dass die Deckungsgrad-Bonitur zu einem Zeitpunkt durchgeführt wurde, an dem die halbblattlosen Sommererbsen noch eine geringe Pflanzenhöhe aufwiesen und der Bestand noch nicht vollständig geschlossen war. Infolgedessen waren die Sommererbsen zu diesem Zeitpunkt noch relativ konkurrenzschwach gegenüber Unkräutern, was sich bei einer höheren Ausgangsverunkrautung stärker auswirkt. Der nicht signifikante Unterschied der annuellen Unkrautbiomasse zur Ernte in der flach- und der tiefwendenden Bodenbearbeitung kann auch Folge der erst einmalig variiert-

ten Bodenbearbeitung nach langjähriger Pflug-Bearbeitung sein.

Anfangsentwicklung an beiden Standorten kein Unterschied zu erkennen. Im weiteren Vegetationsverlauf konnte dann ein abwei-

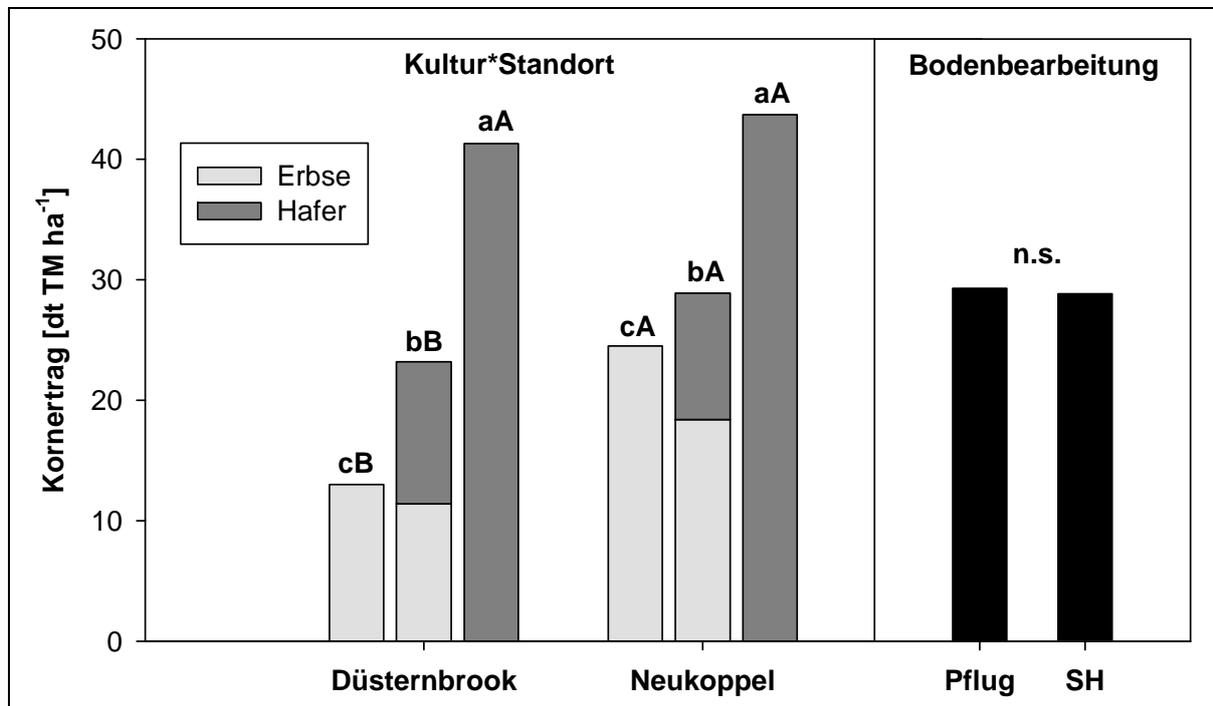


Abbildung 3: Ertragsleistung der Wechselwirkung zwischen Kultur und Standort (links) und des Hauptfaktors Bodenbearbeitung (rechts). Balken mit gleichen Kleinbuchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied des Gesamtertrags der Kulturen innerhalb eines Standorts. Balken mit gleichen Großbuchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied des Gesamtertrags der Standorte innerhalb einer Kultur. Abkürzungen: n.s. = nicht signifikant; SH = Stoppelhobel.

Ertragsleistung

Die Höhe der Erbsenerträge in Reinsaat und im Gemenge war an den Standorten Düsternbrook und Neukoppel signifikant verschieden. Während am Standort Düsternbrook in Reinsaat 13,0 dt TM ha⁻¹ geerntet wurden, war es mit 24,5 dt TM ha⁻¹ auf Neukoppel eine annähernd doppelt so hohe Erntemenge (Abb. 3). Sowohl der Erbsenertrag im Gemenge als auch der Gesamtertrag des Gemenges war auf Neukoppel um 7,0 dt TM ha⁻¹ bzw. 5,7 dt TM ha⁻¹ höher als am Standort Düsternbrook. Dagegen war das Ertragsniveau des Hafers in Reinsaat und im Gemenge an beiden Standorten vergleichbar. Beim Biomasseaufwuchs der Erbsen war während der

chendes Pflanzenwachstum festgestellt werden. Daten einer Probenahme Ende Juni (Erbse: BBCH-Stadium 67) belegen, dass die Erbsen am Standort Düsternbrook im Vergleich zum Standort Neukoppel eine um 55 % geringere oberirdische Biomasse aufwiesen. Ein Erklärungsansatz für die Unterschiede des Biomasseaufwuchses, insbesondere mit zunehmender Vegetationszeit, sowie der Ertragsleistung der Sommererbsen an beiden Standorten könnte ein höherer Befall der Sommererbsen mit Fußkrankheiten am Standort Düsternbrook gewesen sein.

Im Mittel der Kulturen und der Standorte lag der Kornertrag bei Pflug-Bearbeitung mit 29,3 dt TM ha⁻¹ nicht signifikant über

dem der Stoppelhobel-Variante (28,9 dt TM ha⁻¹) (Abb. 3). Auch die unter ökologischen Anbaubedingungen durchgeführten Untersuchungen von Kouwenhoven et al. (2002) und Bakken et al. (2009) haben trotz Veränderungen von physikalischen und biologischen Bodenparametern in den meisten Fällen keinen gesicherten Zusammenhang zwischen einer flach- bzw. tiefwendenden Bodenbearbeitung und der Höhe der Erträge ergeben.

Das Sommererbsen-Hafer-Gemenge erbrachte an beiden Standorten gegenüber der Sommererbsen-Reinsaat signifikant höhere Gesamt-Kornerträge. Im Gemenge bildete die Erbse bei gleicher Saatstärke geringere Kornerträge im Verhältnis zur Reinsaat, was auf ein geringeres Konkurrenzvermögen der Sommererbsen im Vergleich zum Hafer im Gemenge hindeutet.

Die Berechnung des „Relative Yield Total“-Wertes als Maß für die Produktivität des Sommererbsen-Hafer-Gemenges im Vergleich zu den Reinsaaten ergab weder für den Versuchsfaktor Bodenbearbeitung noch für den Standort signifikante Unter-

schiede (Abb. 4). Jedoch erwies sich der Anbau eines Sommererbsen-Hafer-Gemenges bei Pflug-Bearbeitung (RYT = 1,19) in der Tendenz als produktiver im Vergleich zur Variante mit Stoppelhobel-Bearbeitung (RYT = 1,04). Der Unterschied bei der Bodenbearbeitung kommt durch einen Unterschied im Ertrag der Erbse zustande. Der RYT-Wert lag am Standort Düsternbrook mit 1,22 über dem Wert des Standortes Neukoppel (RYT = 1,01). Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Sommererbsenerträge auf Düsternbrook auf einem niedrigen Niveau befanden und kein signifikanter Unterschied zwischen dem Ertrag in Rein- und Gemengesaat festzustellen war. Im Durchschnitt der Standorte und der Bodenbearbeitungen war das Sommererbsen-Hafer-Gemenge den Reinsaaten im Ertrag überlegen (RYT = 1,11).

Schlussfolgerungen

Der Anbau eines Sommererbsen-Hafer-Gemenges hat sich im Vergleich zum Anbau von Sommererbsen in Reinsaat unter ökologischen Anbaubedingungen aufgrund der Unkraut unterdrückenden Wirkung und der Überlegenheit im Ertrag als positiv erwiesen.

Zwischen den beiden Bodenbearbeitungen haben sich nach der einmalig differenzierten Bodenbearbeitung nur geringfügige Unterschiede bei Verunkrautung und Ertragsleistung gezeigt. Eine verlässliche Aussage über die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung kann jedoch erst nach mehrjähriger differenzierter Bodenbearbeitung getroffen werden.

Der Anbau von Sommererbsen im Gemenge mit Hafer bei gleichzeitig reduzierter Bodenbearbeitung hat sich insbesondere wegen des geringeren Un-

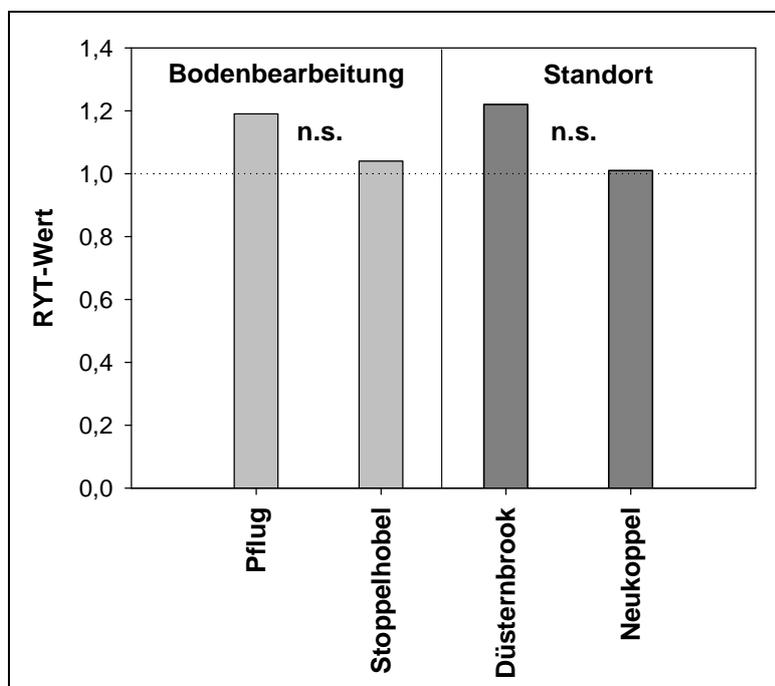


Abbildung 4: Relative Yield Total-Wert für die Hauptfaktoren Bodenbearbeitung und Standort. Abkürzungen: n.s. = nicht signifikant.

krautdeckungsgrades zu Beginn der Pflanzenentwicklung bewährt. Hier konnte die durch reduzierte Bearbeitung bedingte höhere Verunkrautung durch den Gemengeanbau ausgeglichen werden. Allerdings sind diesbezüglich langfristige Untersuchungen notwendig, um feststellen zu können, wie sich eine mehrjährige Anwendung reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auswirkt.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes "Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit" durchgeführt, das durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert wird (FKZ 08OE009).

Literatur

- Bakken AK, Brandsæter LO, Eltun R, Hansen S, Mangerud K, Pommeresche R, Riley H (2009) Effect of tractor weight, depth of ploughing and wheel placement during ploughing in an organic cereal rotation on contrasting soils. *Soil & Tillage Research* 103(2):433-441
- Berner A, Frei R, Mäder P (2005) Entwicklung von pfluglosen Anbauverfahren im ökologischen Landbau unter Anwendung verschiedener Hofdüngerformen und biologisch-dynamischer Präparate. In: Heß, J und Rahmann, G (eds.), Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1-4. März, Kassel. Verlag kassel university press GmbH, 259-260
- Berner A, Hildermann I, Fließbach A, Pfiffner L, Niggli U, Mäder P (2008) Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil & Tillage Research* 101(1-2):89-96
- Corre-Hellou G, Fustec J, Crozat Y (2006) Interspecific competition for soil N and its interaction with N₂ fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* 282(1-2):195-208
- De Witt CT, van den Bergh JP (1965) Competition between herbage plants. *Netherland J Agric Sci* 13:212-221
- Deveikyte I, Kadziuliene Z, Sarunaite L (2009) Weed suppression ability of spring cereal crops and peas in pure and mixed stands. *Agronomy Research* 7(Sp. Iss. 1):239-244
- Emmerling C (2007) Reduced and conservation tillage effects on soil ecological properties in an organic farming system. *Biological Agriculture & Horticulture* 24(4):363-377
- Emmerling C, Hampl U (2002) Wie sich reduzierte Bodenbearbeitung auswirkt. *Ökologie & Landbau* 124(4):19-23
- Gruber S, Claupein W (2009) Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research* 105(1):104-111
- Hauggaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen ES (2001) Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research* 70(2):101-109
- Hernández JL, Girón VS, Cerisola C (1995) Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research* 35(4):183-198
- Jensen ES (1996) Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* 182(1):25-38
- Kato-Noguchi H, Mizutani J, Hasegawa K (1994) Allelopathy of Oats. 2. Allelochemical Effect of L-Tryptophan and Its Concentration in Oat Root Exudates. *Journal of Chemical Ecology* 20(2):315-319
- Kimpel-Freund H, Schmidtke K, Rauber R (1998) Einfluss von Erbsen (*Pisum sativum* L.) mit unterschiedlichen morphologischen Merkmalen in Reinsaat und Gemenge mit Hafer (*Avena sativa* L.) auf die Konkurrenz gegenüber Unkräutern. *Pflanzenbauwissenschaften* 2(1):25-36
- Kouwenhoven JK, Perdok UD, Boer J, Oomen GJM (2002) Soil management by shallow mouldboard ploughing in The Netherlands. *Soil & Tillage Research* 65(2):125-139
- Krauss M, Berner A, Burger D, Wiemken A, Niggli U, Mäder P (2010) Reduced tillage in temperate organic farming: implications for crop management and forage production. *Soil Use and Management* 26(1):12-20
- Munkholm LJ, Schjønning P, Rasmussen KJ (2001) Non-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. *Soil & Tillage Research* 62(1-2):1-14

- Neumann A, Schmidtke K, Rauber R (2007) Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. *Field Crops Research* 100(2-3):285-293
- Pekrun C, Schneider N, Wüst C, Jauss F, Claupein W (2003) Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Unkrautdynamik und Regenwurmpopulationen im Ökologischen Landbau. In: Freyer B (ed), *Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 24-26. Februar, Wien. Universität für Bodenkultur, 21-24
- Poggio SL (2005) Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems & Environment* 109(1-2):48-58
- Rasmussen KJ (1999) Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53(1): 3-14
- Tebrügge F, Düring RA (1999) Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research* 53(1): 15-28
- Vakali C, Zaller JG, Köpke U (2011) Reduced tillage effects on soil properties and growth of cereals and associated weeds under organic farming. *Soil and Tillage Research* 111(2): 133-141
- Wiermann C, Werner D, Horn R, Rostek J, Werner B (2000) Stress/strain processes in a structured unsaturated silty loam Luvisol under different tillage treatments in Germany. *Soil & Tillage Research* 53(2):117-128