

## **- Teilschlussbericht - Leistung legumer Untersaaten in Körnererbse: Unkrautunterdrückung, symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung und N- Vorfruchtwirkung in Systemen differenzierter Grundbodenbearbeitung**

**Performance of legumes as undersown crops in field peas: weed suppression, symbiotic N<sub>2</sub> fixation and preceding crop effect in systems of differentiated tillage**

**FKZ: 08OE146**

**Projektnehmer:**

Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Fakultät Landbau/Landespflege  
Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden  
Tel.: +49 351 462-2761  
Fax: +49 351 462-2167  
E-Mail: [dekanat.pillnitz@htw-dresden.de](mailto:dekanat.pillnitz@htw-dresden.de)  
Internet: <http://www.htw-dresden.de>

**Autoren:**

Stieber, Jette; Schmidtke, Knut

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft (BÖLN)

## Teilprojekt 3

Leistung legumer Untersaaten in Körnererbse: Unkrautunterdrückung,  
symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung und N-Vorfruchtwirkung in Systemen  
differenzierter Grundbodenbearbeitung

Verbundforschungsvorhaben „Entwicklung neuer Strategien zur Mehrung und  
optimierten Nutzung der Bodenfruchtbarkeit“

Förderkennzeichen: 08OE146

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden  
Fakultät Landbau/Landespflege  
Fachgebiet Ökologischer Landbau

Autoren des Abschlussberichtes

Dipl.-Ing. (FH) Jette Stieber & Prof. Dr. agr. Knut Schmidtke

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Material und Methoden	
2.1	Standorteigenschaften und Witterung	3
2.2	Versuchsaufbau	5
2.3	Probennahme und Probenaufarbeitung	9
2.4	Erfassung der N-Rhizodeposition von Erdklee	17
2.5	Deckungsbeiträge	19
2.6	Statistik	20
3.	Ergebnisse	
3.1	Zwischenfrucht	21
3.2	Körnererbse	23
3.3	Winterweizen	42
3.4	<sup>15</sup> N-Anreicherung	60
3.5	N-Rhizodeposition Erdklee	66
3.6	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	67
4.	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	
4.1	Körnererbse	69
4.2	Winterweizen	73
4.3	<sup>15</sup> N-Anreicherung	75
4.4	Rhizodeposition	75
4.5	Betriebswirtschaft	75
5.	Geplante und erreichte Ziele	76
6.	Zusammenfassung	78
7.	Literaturverzeichnis	80
8.	Anhang	83

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Monatliche Niederschlagssummen [mm] im Versuchszeitraumes und langjährigen Mittel an der Wetterstation Salbitz	4
Abb. 2:	Monatsmittel der Lufttemperatur [°C] in 2 m Höhe im Versuchszeitraum und langjährigen Mittel an der Wetterstation Salbitz	5
Abb. 3:	Bodenfeuchte [Gew.-%] in 3 Tiefenstufen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung mit Pflug, Grubber oder Direktsaat (DS) und einer Untersaat (US) an den Messterminen in 2009 und 2010	27
Abb. 4:	Lichttransmission [%] im Erbsenbestand in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung an allen Messterminen im Jahr 2009	29
Abb. 5:	Sprosstrockenmasse der Körnererbse [dt TM ha <sup>-1</sup> ] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat zu den Ernteterminen in 2009 und 2010	31
Abb. 6:	Sprosstrockenmasse des Unkrautes [dt TM ha <sup>-1</sup> ] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat zu den Ernteterminen in 2009 und 2010	33
Abb. 7:	Druschertrag der Körnererbse in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat in den Jahren 2009 und 2010	35
Abb. 8:	Nmin-Menge [kg Nmin ha <sup>-1</sup> ] im Boden in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat an allen Probennahmeterminen 2009 und 2010	39
Abb. 9:	N <sub>2</sub> -Fixierleistung [kg N ha <sup>-1</sup> ] der Körnererbse in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung und einer Untersaat an 3 Terminen in 2009 und 2010	41
Abb. 10:	Bodenfeuchte [Gew.-%] in 3 Tiefenstufen in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung zur Erbse (E) und zum Weizen (W) und einer Untersaat (US) in Erbse an den Probennahmeterminen in 2010 und 2011	45

Abb. 11: Sprosstrockenmasse des Winterweizens [dt TM ha <sup>-1</sup> ] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Körnererbse (BB E) und zum Winterweizen (BB W) und einer Untersaat in Erbse (US) an allen Ernteterminen 2010 und 2011	48
Abb. 12: Sprosstrockenmasse des Unkrautes [dt TM ha <sup>-1</sup> ] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Körnererbse (BB E) und zum Winterweizen (BB W) und einer Untersaat in Erbse (US) zu den Ernteterminen in 2010 und 2011	50
Abb. 13: Kornertrag [dt TM ha <sup>-1</sup> ] des Winterweizens aus dem Kernparzellendrusch in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Erbse (BB E), der Bodenbearbeitung zum Weizen (BB W) und einer Untersaat mit Erdklee in Erbse (US)	52
Abb. 14: N <sub>min</sub> -Menge [kg N <sub>min</sub> ha <sup>-1</sup> ] im Boden in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Körnererbse und Winterweizen und einer Untersaat in Erbse an allen Probennahmeterminen 2009 und 2010	59
Abb. 15: δ <sup>15</sup> N-Werte des Winterweizens zur Druschreife in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Vorfrucht Körnererbse (BB Erbse) und zum Weizen (BB Weizen) zur Druschreife in 2010 und 2011	61

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Prüfglieder des Feldversuches	5
Tab. 2:	Termine der Bodenbearbeitung zur Einsaat der verwendeten Kulturen in beiden Versuchsreihen	7
Tab. 3:	Aussaatstärken, Tausendkornmasse (TKM) und Keimfähigkeit (Kf.) der im Versuch verwendeten Kulturen	8
Tab. 4:	Aussaattermine der verschiedenen Kulturen in beiden Versuchsreihen	9
Tab. 5:	Zeitpunkt der Beerntung der Teilflächen und des Kernparzellendrusches der Körnererbse und des Winterweizens in den Versuchsreihen	11
Tab. 6:	Zeitpunkt der Entnahme von Bodenproben in beiden Versuchsreihen und die Anzahl der beprobten Flächen	12
Tab. 7:	Termine der Anreicherung und Ausbringmengen von Urea- <sup>15</sup> N <sub>2</sub> in den Erdkleebestand in Dresden-Pillnitz	16
Tab. 8:	Sprosstrockenmasse des Hafers, der Sonnenblume und des Unkrautes [dt TM ha <sup>-1</sup> ] und Blattanteil der Zwischenfrucht [%] in den Versuchsreihen	21
Tab. 9.:	C/N-Verhältnis des Hafers und Sonnenblume von Blatt und Stängel in beiden Versuchsreihen	22
Tab. 10:	Mulchbedeckungsgrad [%] an 2 Terminen in 2009 und 2010 in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung	23
Tab. 11	Feldaufgang der Erbse [Pflanzen m <sup>-2</sup> ] in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in den Jahren 2009 und 2010	24
Tab. 12:	Bodentemperatur [°C] in 5 cm Tiefe in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung an 4 Terminen in den Jahren 2009 und 2010	25
Tab. 13:	Lagerungsdichte [g cm <sup>-3</sup> ] des Bodens im Saathorizont in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung	28
Tab. 14:	Ertragsparameter der Körnererbse in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in 2009 und 2010	36

Tab. 15:	Harvest-Index und N-Harvest-Index der Körnererbse in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in 2009 und 2010	36
Tab. 16:	Anzahl Weizenpflanzen 30.03.2010/07.04.2011 [Pflanzen m <sup>-2</sup> ] nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung zur Erbse und zum Weizen sowie mit und ohne Erdkleeuntersaat (US) in Erbse	43
Tab. 17:	Ertragsstrukturmerkmale des Winterweizens in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Bodenbearbeitung zur Erbse (BB Erbse) und zum Weizen (BB Weizen) und einer Untersaat mit Erdklee in Erbse (US) in 2010 und 2011	53
Tab. 18:	Harvest-Index und N-Harvest-Index des Winterweizens in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Körnererbse und zum Weizen und einer Untersaat in Erbse in 2010 und 2011	55
Tab. 19:	Kornproteingehalt des Winterweizens in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat in 2010 und 2011	56
Tab. 20:	Anteil des Stickstoffes im Spross des Winterweizens [%] der aus der Sprossmasse der Untersaat Erdklee in der VorfruchtKörnererbse stammt in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zu Erbse und Winterweizen	62
Tab. 21:	N-Menge [kg N ha <sup>-1</sup> ] im Spross des Winterweizens der aus der Sprossmasse der Untersaat Erdklee in der Vorfrucht Körnererbse stammt in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zu Erbse und Winterweizen	64
Tab. 22:	N-Verteilung in den Pflanzenteilen des <sup>15</sup> N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung	65
Tab. 23:	<sup>15</sup> N-Anreicherungsgrad von Boden und Wurzel des <sup>15</sup> N-angereicherten Erdklee und Höhe der N-Rhizodeposition im Bodengefäß unter Einfluss einer Strohdüngung	66
Tab. 24:	Deckungsbeiträge [€ ha <sup>-1</sup> ] (ohne Prämie) der Zwischenfrucht, der Körnererbse und des Winterweizens und deren Summe in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung mit Pflug (P), Grubber (G), und Direktsaat (DS)	67

Tab. 25: Zusätzlich im Projekt erhobene Daten und Probennahmen

68



### 1. Einleitung

Nach einer Phase verstärkter N-Immobilisierung im Boden durch nichtlegumen Zwischenfruchtbau vor Körnerleguminose und reduzierter Intensität der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnerleguminose (Arbeiten TP 1 und TP 2) soll durch die Einbringung einer legumen Untersaat in Körnerleguminosen die Mobilisierung von Stickstoff im Boden erhöht werden. So soll auch bei Beibehaltung einer reduzierten Intensität der Bodenbearbeitung Stickstoff für eine nichtlegume Folgefrucht (Winterweizen) in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt werden. Übergeordnetes Ziel ist es deshalb, durch Zwischenfruchtbau und variierte Intensität der Bodenbearbeitung der Phase verstärkter N-Immobilisierung im Boden (zum Anbau der Körnerleguminose, vgl. Untersuchungen TP 2) einen Zeitraum mit erhöhter N-Mineralisierung im Boden folgen zu lassen, um Stickstoff effizienter zu nutzen (TP 3). Es soll darüber hinaus geprüft werden, ob in Systemen unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung durch Einsaat einer legumen Untersaat in Körnererbse das Wachstum von Unkräutern signifikant begrenzt, Stickstoff beim Anbau von Körnererbsen vor Auswaschung bewahrt, der Eintrag an symbiotisch fixierten Stickstoffs deutlich erhöht sowie die Stickstoffaufnahme der Ertrag sowie die Qualität der Nachfrucht Winterweizen entscheidend gesteigert werden kann.

Zur genaueren Quantifizierung der N-Flüsse soll im Feld mittels  $^{15}\text{N}$  der Verbleib des Stickstoffs der legumen Untersaat im Boden und im folgenden Weizen nach Einarbeitung mit dem Pflug (Konventionelle Bodenbearbeitung, KB), nach Saat mit reduzierter Bodenbearbeitung (RB) sowie bei Mulchsaat ohne Bodenbearbeitung (DS) des Weizens bestimmt werden. Über eine  $^{15}\text{N}$ -Markierung des über den Spross der legumen Untersaat eingebrachten Stickstoffs soll herausgearbeitet werden, ob durch die legume Untersaat Stickstoff für die Nachfrucht Winterweizen im Boden verstärkt auch bei Beibehaltung einer reduzierten Intensität der Bodenbearbeitung (reduzierte Bearbeitung / Mulchsaat) verfügbar und zur Ertrags- und Qualitätsbildung des Weizens genutzt wird.

Im Rahmen des durchgeführten Forschungsvorhabens wurden die folgenden Arbeitshypothesen geprüft:

1. Die eingebrachte Untersaat konkurrenziert die Deckfrucht nur so schwach, dass eine signifikante Ertragsminderung der Deckfrucht unterbleibt.
2. Die positive Wirkung der Untersaat Erdklee wie Unkrautunterdrückung, Eintrag symbiotisch fixierten Stickstoffs und ein erhöhter N-Vorfruchtwert steigen mit Rücknahme der Intensität der Bodenbearbeitung.
3. Nichtlegumer Zwischenfruchtbau vor Körnerlegumiosen und eine legume Untersaat in Körnererbsen wirken synergetisch auf die Unkrautunterdrückung und N<sub>2</sub>-Fixierleistung
4. Durch die Rücknahme der Intensität der Bodenbearbeitung zum Weizen wird die Mineralisation von Stickstoff verzögert, so dass bei reduzierter Bodenbearbeitung mehr Stickstoff zur Kornfüllungsphase zur Verfügung steht und so höhere Kornproteingehalte im Weizen erreicht werden können.
5. Die zu erwartende niedrigere Ertragsleistung des Weizens bei geringerer Intensität der Bodenbearbeitung wird durch eine höhere Qualität und geringeren Arbeits- und Energieaufwand kompensiert.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Standorteigenschaften und Witterung

Die Anlage des Versuches erfolgte in Pinkowitz (Gemeinde Klipphausen) 20 km von Dresden entfernt. Pinkowitz liegt am Rande der Lommatzcher Pflege auf ca. 260 m über NN. Die Versuchsfläche weist eine leichte Hangneigung und eine für diese Region geringe Profiltiefe von max. 70 cm auf. Der Bodentyp kann als eine Parabraunerde aus Löss mit vorwiegend sL angesprochen werden (Ap: 0-20 cm, Bv: 20-30 cm, Bt: 30-60 cm, Cv: 60 cm +). Die Fläche wird langjährig ökologisch, nach den Richtlinien des Anbauverbandes Gäa bewirtschaftet.

Die Witterungsdaten wurden von einer Wetterstation des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) bezogen. Die Wetterstation Salbitz des agrarmeteorologischen Messnetzes liegt ca. 35 km vom Versuchsstandort entfernt. Durchschnittlich fallen in Salbitz 635 mm Niederschlag im Jahr. Im Jahr 2009 lagen die Jahresniederschläge mit 578,8 mm unter dem langjährigen Mittel. Insbesondere in den Monaten April, Juli, August und September waren deutlich geringere Monatsmittelwerte, als im langjährigen Mittel zu verzeichnen. 2010 lag die Jahresniederschlagssumme hingegen mit 711,2 mm über dem Durchschnitt des langjährigen Mittels. Dies wurde vor allem durch hohe Monatsniederschläge im Mai, August und September verursacht. In 2011 fielen ebenfalls bis zu Versuchsende weniger Niederschläge als im Durchschnitt. Hier fielen bis Juni deutlich weniger Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Monatsmittelwert, im Juli hingegen insgesamt 210 % des langjährigen Niederschlages (Abb. 1).

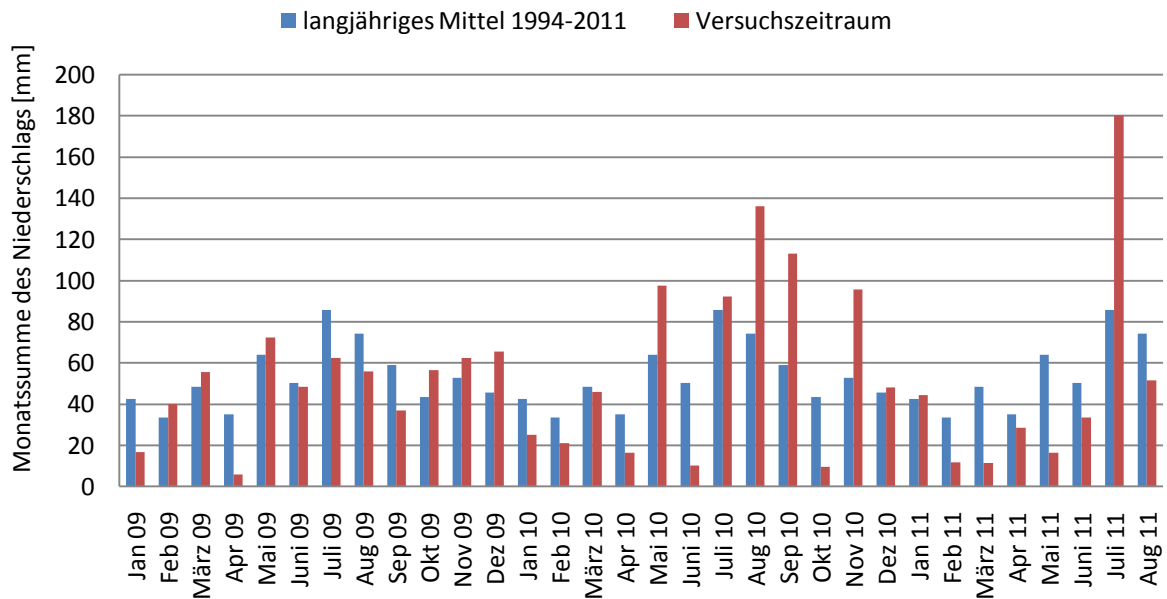


Abb. 1: Monatliche Niederschlagssummen [mm] im Versuchszeitraumes und langjährigen Mittel an der Wetterstation Salbitz

Die Jahresdurchschnittstemperatur des langjährigen Mittels beträgt am Versuchsstandort 9,7 °C. In 2009 und 2011 lagen die Temperaturen im Durchschnitt mit 9,8 °C und 11,0 °C über dem langjährigen Mittel. Das Jahr 2010 war hingegen mit 9,8 °C kühler als der Durchschnitt. Alle im Versuchszeitraum liegende Winter (2008/09, 2009/10 und 2010/11) waren deutlich kälter als im langjährigen Mittel. In den Jahren 2009 und 2011 konnten in den Frühlingsmonaten höhere Temperaturen als im Durchschnitt verzeichnet werden. Im Jahr 2010 war vor allem der Juli deutlich wärmer im Vergleich zum langjährigen Mittel (Abb. 2).

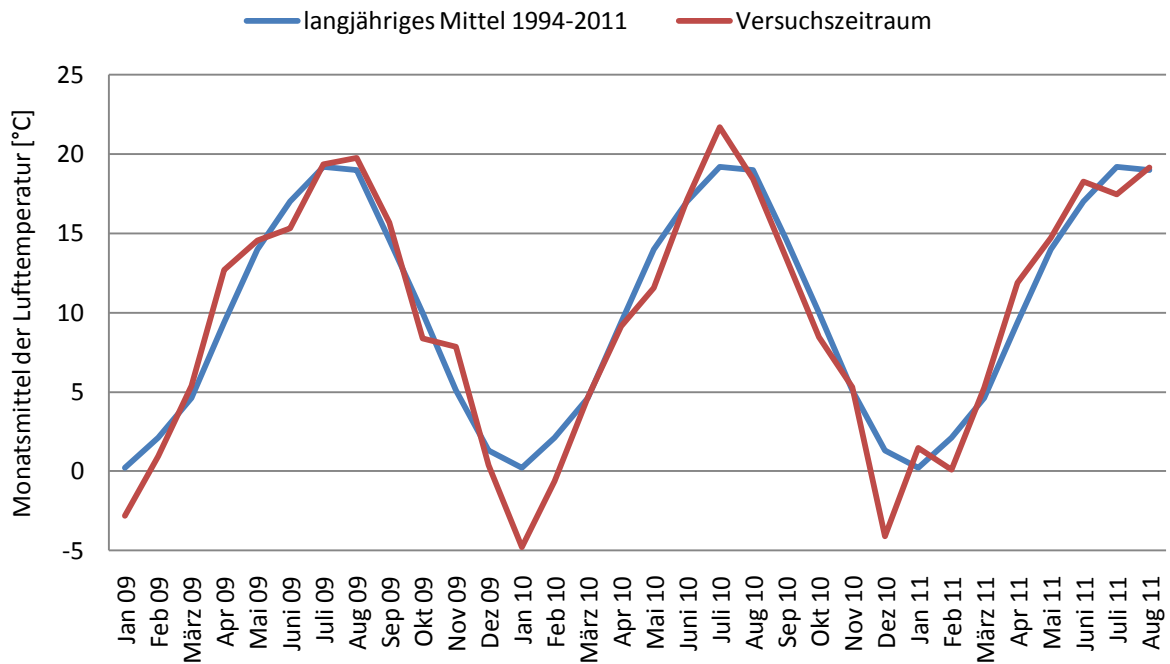


Abb. 2: Monatsmittel der Lufttemperatur [°C] in 2 m Höhe im Versuchszeitraum und langjährigen Mittel an der Wetterstation Salbitz

## 2.2 Versuchsaufbau

### *Varianten*

Die Anzahl der Prüfglieder variiert je nach Kultur in den Versuchsreihen. Im ersten Teil der Versuchsreihen mit der Körnererbse wurden 6 verschiedene Varianten geprüft. Im 2. Teil der Versuchsreihen wurden durch die verschränkte Anlage der Bodenbearbeitung 18 verschiedene Varianten geprüft (Tab. 1).

Tab. 1: Prüfglieder des Feldversuches

	Bodenbearbeitung zur Erbse	Untersaat	Bodenbearbeitung zum Weizen
Versuchsteil „Körnererbse“ (Versuchszeiträume 2009 und 2010)			
1E	Pflug	ohne	
2E	Pflug	mit	
3E	Grubber	ohne	
4E	Grubber	mit	
5E	Direktsaat	ohne	
6E	Direktsaat	mit	

Versuchsteil „Winterweizen“ (Versuchszeiträume 2010 und 2011)			
1W	Pflug	ohne	Pflug
2W	Pflug	ohne	Grubber
3W	Pflug	ohne	Direktsaat
4W	Pflug	mit	Pflug
5W	Pflug	mit	Grubber
6W	Pflug	mit	Direktsaat
7W	Grubber	ohne	Pflug
8W	Grubber	ohne	Grubber
9W	Grubber	ohne	Direktsaat
10W	Grubber	mit	Pflug
11W	Grubber	mit	Grubber
12W	Grubber	mit	Direktsaat
13W	Direktsaat	ohne	Pflug
14W	Direktsaat	ohne	Grubber
15W	Direktsaat	ohne	Direktsaat
16W	Direktsaat	mit	Pflug
17W	Direktsaat	mit	Grubber
18W	Direktsaat	mit	Direktsaat

### *Versuchsanlage*

Die Feldversuche wurden in einer 2 (Körnererbse)- bzw. 3-faktoriellen (Winterweizen) Spaltanlage mit 4 Wiederholungen angelegt (Versuchspläne siehe Anhang). Die Körnererbseparzellen wurden je Wiederholung in 3 Großparzellen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung aufgeteilt. Jede Großparzelle wurde wiederum in 2 Teile geteilt in eine Hälfte ohne Untersaat und eine Hälfte mit der Untersaat Erdklee. Jeder Großparzelle wurden jeweils 3 Referenzparzellen mit Sommergerste zugeordnet. So ergaben sich  $4 \times 3 \times 2 = 24$  Körnererbseparzellen (Größe: 4,5 m x 28 m) und  $4 \times 3 \times 3 = 36$  Referenzparzellen (Größe: 1,5 m x 9 m). Da die Bodenbearbeitung zum Winterweizen quer zur Bodenbearbeitung zur Körnererbse erfolgte, ergaben sich in diesem Teil des Versuches  $4 \times 3 \times 2 \times 3 = 72$  Parzellen (Größe: 9 m x 4,5 m). In der Hälfte der Winterweizenparzellen befand sich noch eine

2,5 m × 2,5 m große Teilfläche für den Versuch mit <sup>15</sup>N-angereicherter Erdkleesprossmasse.

### *Bodenbearbeitung*

Vor der Einsaat der Zwischenfrucht wurde auf der gesamten Versuchsfläche eine Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug (Bearbeitungstiefe: 25 cm) durchgeführt (Tab. 2). Vor der Einsaat der Körnererbse, sowie des Winterweizens wurde in allen Pflug-Varianten eine 25 cm tiefe Bodenbearbeitung mit einem Wendepflug (Lemken Variopal) durchgeführt. Die reduzierte Bodenbearbeitung wurde mit einem Grubber (im Jahr 2009 ausgestattet mit Doppelherzscharen, in den Jahren 2010 und 2011 mit Flügelscharen, Bearbeitungstiefe: 15 cm) ausgeführt. In diesen beiden Varianten der Bodenbearbeitung erfolgte stets eine Saatbettbereitung mit einer Kreiselegge und einer Bearbeitungstiefe von ca. 8 cm (Firma Maschino). In Parzellen in denen das Saatgut in Direktsaat eingebracht wurde erfolgte unmittelbar vor der Saat keine Bodenbearbeitung. Die Direktsaat erfolgte mit der Direktsaatparzellendruckmaschine, ausgestattet mit Cross slot Scharen des Zentrums für Angewandte Forschung an der HTW Dresden (SCHMIDTKE 2011).

Tab. 2: Termine der Bodenbearbeitung zur Einsaat der verwendeten Kulturen in beiden Versuchsreihen

	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe
Zwischenfrucht	06.08.2008	08.08.2009
Körnererbse	09.04.2009	07.04.2010
Winterweizen	26.10.2009	22.10.2010

### *Sorten*

Im Versuch wurden für die Zwischenfrucht die Sorten Husky (Hafer) und Metasol (Sonnenblume) verwendet. Darauf folgend wurden die weißblühende, halbblattlose Körnererbsensorte Santana und als Untersaat Dalkeith (Erdklee) verwendet. Als Referenzfrucht zu den Leguminosen wurden die Sorten Eunova (Sommergerste) und Libor (Spitzwegerich) gewählt. Im letzten Versuchsteil wurde die Winterweizensorte Achat (E-Weizen) genutzt, die für den ökologischen Landbau gut geeignet ist (FUCHS & REHM 2008).

*Saatstärke*

Die ausgebrachten Saatstärken wurden aus der Tausendkornmasse (TKM) sowie der im Keimfähigkeitstest festgestellten Keimfähigkeit (Kf.) des Saatgutes errechnet (Tab. 3).

Tab. 3: Aussaatstärken, Tausendkornmasse (TKM) und Keimfähigkeit (Kf.) der im Versuch verwendeten Kulturen

Art	K m <sup>-2</sup>	TKM [g]	Kf. [%]	Saatstärke [kg ha <sup>-1</sup> ]
1. Versuchsreihe				
Sommerhafer	200	36,7	94,7	77,5
Sonnenblume	30	57,3	87,3	19,7
Körnererbse	90	223,5	95,8	210,0
Erdklee	2000	7,5	93,5	160,4
Sommergerste	300	47,3	95,6	148,4
Spitzwegerich	800	2,0	57,3	27,9
Winterweizen	300	49,1	94,7	155,5
2. Versuchsreihe				
Sommerhafer	200	38,4	89,5	85,8
Sonnenblume	30	59,2	62,5	28,4
Körnererbse	90	220,9	95,7	207,7
Erdklee	2000	7,5	92,7	16,2
Sommergerste	300	46,9	95,7	147,0
Spitzwegerich	800	2,0	52,4	30,5
Winterweizen	300	49,2	93,0	158,7

*Aussaattermine*

Die Aussaaten der Zwischenfrüchte in den Jahren 2008 und 2009 erfolgte mit einer Kastendrillmaschine (Fa. Amazone, D9-25). Die Kulturen Sommerkörnererbse, Sommergerste und Winterweizen wurden nach einer Grundbodenbearbeitung mit Pflug bzw. Grubber mit einer Parzellendrillmaschine mit Scheibenscharen (Hege 80) eingebracht (Saattiefe: ca. 4 cm). In den Direktsaatvarianten erfolgte die Saat mit einer Direktsaatparzellendrillmaschine mit Cross slot Säscharen und einer Saattiefe von ebenfalls ca. 4 cm. Die Untersaaten Erdklee und Spitzwegerich wurden in 2009 und 2010 eine Woche nach Einsaat der Körnererbse in allen Varianten mit einer



Parzellendrillmaschine mit Scheibenscharen (Hege 80) eingesät, wobei die Saattiefe 1 cm betrug. Die Aussattermine der Kulturen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Tab.4)

Tab. 4: Aussattermine der verschiedenen Kulturen in beiden Versuchsreihen

Art	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe
Hafer & Sonnenblume	06.08.2008	14.08.2009
Körnererbse & Sommergerste	18./19.04.2009	07./08.04.2010
Erdklee und Spitzwegerich	23.04.2009	16.04.2010
Winterweizen	26.10.2009	23.10.2010

### 2.3 Probennahme und Probenaufarbeitung

#### *Feldaufgang*

Der Feldaufgang der Körnererbse wurde 2009 und 2010 4 Wochen nach der Aussaat auf 3 m<sup>2</sup> erfasst. In den Winterweizenbeständen wurde die Pflanzenanzahl auf 2 m<sup>2</sup> im Frühjahr 2010 und 2011 erfasst, da durch eine starke Verunkrautung mit Ackerquecke (*Elymus repens*) eine sichere Unterscheidung zwischen Kulturpflanze und Ackerquecke im Herbst nicht gewährleistet werden konnte.

#### *Bodentemperatur*

Die Messung der Bodentemperatur erfolgte jeweils im Frühjahr, um die Erwärmung des Bodens abbilden zu können. In der Körnererbse wurden im Zeitraum des Auflaufens 4 Messungen im Abstand von 1 bis 2 Wochen durchgeführt (Termine Tab. A1). Je Parzelle wurde die Temperatur des Bodens 10-mal in 5 cm Tiefe mittels eines digitalen Thermometers (GTH 1160 Greisinger electronic, Genauigkeit  $\pm 0,1$  °C) erfasst.

#### *Lichttransmission*

Die Lichttransmission in den Beständen der Körnererbse wurde mittels eines Lichtmessgerätes mit 64 Photoioden (Sun Scan SS1, Delta-T Devices) an 5 Terminen erfasst (Termine Tab. A2). Je Parzelle wurden 10 Messungen durch Einschieben der Messsonde in einem Winkel von 90° zur Drillrichtung durchgeführt,

so dass die Lichttransmission ca. 3 cm oberhalb der Bodenoberfläche ermittelt wurde. Die erste Messung erfolgte 3 bis 4 Wochen nach der Aussaat. Die letzte Messung erfolgte kurz vor Erreichen der physiologischen Reife der Erbsenbestände.

### *Bodenfeuchte*

Die Bodenfeuchte wurde in 10 cm Schritten gravimetrisch mittels Bodenprobennahme mit 4 Einstichen je Parzelle erfasst. Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgte stets parallel zur Entnahme von Bodenproben zur Erfassung des  $N_{\min}$ -Gehaltes in den Körnererbsen- und Winterweizenparzellen. In den Parzellen mit Winterweizen wurden jeweils nur die Parzellen beprobt, in denen keine Untersaat eingebracht wurde. Nach dem Homogenisieren der Bodenproben wurde je Parzelle und Tiefenstufe eine Teilprobe von ca. 50 g feuchten Boden zur Bestimmung der Bodenfeuchte entnommen und in ein Schraubdeckelgefäß eingefüllt. Das Gewicht der Probe wurde mit einer Analysenwaage erfasst (Denver Instruments, SI-6002,  $\pm 0,01$  g). Anschließend erfolgte die Trocknung in einem Trockenschrank (Heraeus Instruments, UT 6760) für 24 h bei 105 °C. Die Bodenfeuchte wurde nach folgender Formel errechnet:

$$\text{Bodenfeuchte [\%]} = \frac{(\text{Einwaage [g]} - \text{Auswaage [g]})}{\text{Auswaage [g]}} \times 100 \quad (1)$$

### *Lagerungsdichte*

Die Lagerungsdichte des Bodens wurde im Saathorizont, den oberen 0 bis 7 cm, am 15.05.2009 und 09.07.2010 ermittelt. Es wurden in den Körnererbsenbeständen in allen Parzellen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung jeweils 8 Stechzylinderproben (100 cm<sup>3</sup>) entnommen. In Parzellen mit Direktsaat wurden jeweils 8 Proben direkt auf dem Säschlitz und 8 Proben zwischen den Säschlitzten entnommen. Die Trocknung der Proben erfolgte für 24 h bei 105 °C im Trockenschrank (Heraeus Instruments, UT 6760). Im Anschluss wurde das Gewicht der Bodenprobe ohne Stechzylinder erfasst und die Lagerungsdichte mit folgender Formel berechnet:

$$dB [g \text{ cm}^3] = \frac{\text{Gewicht Bodenprobe [g]}}{100 [\text{cm}^3]} \quad (2)$$

*Entnahme Pflanzenproben*

Die Zwischenfrucht aus Hafer und Sonnenblume wurde zu Ende der Vegetationsperiode, nach dem Absterben durch Frosteinwirkung auf 1 m<sup>2</sup> geerntet. Im Frühjahr erfolgte eine Erfassung des Mulchbedeckungsgrades mit Sprossmasse aus der Zwischenfrucht unter Zuhilfenahme eines Fächers der FAL (FAL 2005). Die Beerntung der Teilflächen von Körnererbse und Winterweizen richtete sich nach dem BBCH-Stadium der Kulturpflanzen. Die 3 m<sup>2</sup> großen Teilflächen in den Körnererbse wurden zu BBCH 20, 65 und 89 beerntet (Tab. 5). Dabei wurden die Körnererben, das Unkraut und gegebenenfalls die Untersaat Erdklee getrennt erfasst. In den Referenzparzellen wurden auf 1,5 m<sup>2</sup> die Sommergerste, das Unkraut und die Untersaat erhoben. Zum ersten Erntetermin wurden die Untersaaten nicht erfasst, da zu diesem Zeitpunkt die Höhe des Erdkleebestandes für eine Beerntung noch zu gering war. In den Winterweizenbeständen wurden ebenfalls 3 Ernten auf 2 m<sup>2</sup> großen Teilflächen zu BBCH 39, 59 und 89 durchgeführt. Hierbei wurden ebenfalls Kulturpflanze und Unkraut getrennt erhoben. Zusätzlich wurden aus allen Flächen, in denen im Herbst angereicherter Erdklee aufgebracht wurde, zu jeder Weizenernte jeweils 4-mal 0,5 Reihenmeter Winterweizen geschnitten.

Tab. 5: Zeitpunkt der Beerntung der Teilflächen und des Kernparzellendrusches der Körnererbse und des Winterweizens in den Versuchsreihen

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	Drusch
	1. Versuchsreihe			
Zwischenfrucht	08.11.2008			
Körnererbse	26.05.2009	15.06.2009	27.07.2009	07.08.2009
Winterweizen	26.05.2010	14.06.2010	12.08.2010	20.08.2010
	2. Versuchsreihe			
Zwischenfrucht	30.11.2009			
Körnererbse	20.05.2010	24.06.2010	28.07.2010	20.08.2010
Winterweizen	18.05.2011	14.06.2011	28.07.2011	12.08.2011

Nach der Beerntung der Teilflächen zur physiologischen Reife per Hand wurde zusätzlich ein Kernparzellendrusch (Typ Wintersteiger Classic) durchgeführt, um den maschinell erntbaren Korntrug unter Druschbedingungen zu erfassen. Im Körnererbsebestand wurden zwischen 39 und 42 m<sup>2</sup>, im Winterweizenbestand 6,75 m<sup>2</sup> je Parzelle gedroschen.

### *Entnahme Bodenproben*

Die Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung des  $N_{\min}$ -Vorrates im Boden erfolgte jeweils zu Beginn jeder Versuchsreihe, in der Körnererbse zu jedem Erntetermin und im Winterweizen zu Beginn der Vegetationsperiode sowie nach dem Drusch des Weizens (Tab. 6). Die Anzahl der beprobten Parzellen variierte, zu Versuchsbeginn wurden vier Wiederholungen beprobt, zur Einsaat der Erbse 12 Großparzellen mit unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung, in der Körnererbse 24 Erbsenparzellen und 12 Referenzparzellen und im Winterweizen 72 Parzellen.

Tab. 6: Zeitpunkt der Entnahme von Bodenproben in beiden Versuchsreihen und die Anzahl der beprobten Flächen

	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe	Parzellen
Einsaat Zwischenfrucht	06.08.2008	26.08.2009	4 Großparzellen.
Einsaat Körnererbse	25.04.2009	01.04.2010	12 Großparzellen
1. Ernte Körnererbse	27.05.2009	19.05.2010	36 Parzellen
2. Ernte Körnererbse	17.06.2009	01.07.2010	36 Parzellen
Drusch Körnererbse	29.07.2009	30.07.2010	36 Parzellen
Einsaat Winterweizen	20.10.2009	13.10.2010	36 Parzellen
Vegetationsbeginn	16.04.2010	29.03.2011	72 Parzellen
Drusch Winterweizen	02.09.2010	18.08.2011	72 Parzellen

Der  $N_{\min}$ -Vorrat im Boden wurde in 3 Tiefenstufen bis 60 cm erfasst (0 bis 10 cm, 10 bis 30 cm, 30 bis 60 cm). Eine tiefer liegende Beprobung fand nicht statt, da ab ca. 70 cm Festgestein anstand. Die  $N_{\min}$ -Probenahme erfolgte mittels eines Schlaghammers und Pürckhauer-Bohrstöcken. Je Parzelle wurden 4 Proben entnommen, zusammengefasst, homogenisiert und anschließend bei  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren.

### *Aufarbeitung Pflanzenproben*

Die Frischmassen des geschnittenen Sprossmaterials der Kulturpflanzen, des Unkrautes und, sofern vorhanden, der Untersaat wurden erfasst (Denver Instruments, SI-6002,  $\pm 0,01\text{ g}$ ). Bei der 3. Ernte wurden zusätzlich die Hülsen der Erbsen bzw. Ähren des Weizens entfernt und gezählt, um anschließend die Ertragsparameter berechnen zu können. Die entfernten Hülsen und Ähren wurden

mit einem Standdrescher (Baumann Saatzucht, Saatmeister) ausgedroschen und die Spelzen des Weizens bzw. Hülsen der Körnererbse wurden der Strohfraktion zugeführt. Die Frischmassen der ausgedroschenen Körner sowie des Strohs wurde einzeln erfasst. Es wurde eine Teilprobe der Gesamtfrischmasse aller Bestandekomponenten eingewogen und bei 60 °C für 48 h in einem Trockenschrank (Heraeus Instruments, UT 6760) getrocknet. Zur Bestimmung der Sprosstrockenmasse wurde ein Teil des bereits bei 60 °C getrockneten Pflanzenmaterials im Anschluss noch einmal 24 h bei 105 °C getrocknet. Aus dem Anteil der Körner der Erbse und des Weizens, die bei 105 °C getrocknet wurden, wurde durch auszählen von 8-mal je 100 Körner die Tausendkornmasse ermittelt. Die bei 60 °C getrockneten Pflanzenproben wurden in einer Ultra-Zentrifugalmühle (Firma Retsch ZM 200) auf  $\leq 0,2$  mm vermahlen, um sie anschließend auf den C/N-Gehalt zu untersuchen. Die Proben, bei denen zusätzlich der  $^{15}\text{N}$ -Gehalt ermittelt wurde, wurden auf einer Feinwaage (Mettler Toledo XA 105 Dual Range) in Zinnkapseln eingewogen. Die C/N-Gehalte der Proben wurden im Labor der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft in Leipzig analysiert. Die Analyse zum Gehalt der stabilen Stickstoff-Isotope  $^{15}\text{N}$  und  $^{14}\text{N}$  erfolgte im Labor UC Davis Stable Isotope Facility (PDZ Europa ANCA-GSL Elementanalyser in Verbindung mit PDZ Europa 20-20 Isotopen-Massenspektrometer) in den USA.

Die aus dem Parzellendrusch gewonnen Proben wurden mittels eines Siebes von Unkrautsamen gereinigt und anschließend die Frischmasse, sowie die absolute Trockenmasse nach Trocknung bei 105 °C für 48 h bestimmt.

### *Aufarbeitung Bodenproben*

Zur Bestimmung des Gehalts an pflanzenverfügbarem Stickstoff ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) im Boden wurden 100 g ( $\pm 0,05$  g) des tiefgefrorenen Bodens aus jeder Parzelle und Tiefenstufe in 500 ml Weithalsflaschen eingewogen. Im Anschluss wurden zu jeder Probe 250 ml 0,01 molare Calciumchloridlösung ( $\text{CaCl}_2$ ) hinzugegeben und die Proben für 1 h im Schüttler geschüttelt. Danach wurde ein Filtrat jeder Probe hergestellt, in ein Reagenzglas abgefüllt und bei -18 °C tiefgefroren. Die Analyse des Filtrats erfolgte in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Leipzig. Mit den Konzentrationen an  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$  und der dazu

bestimmte Bodenfeuchte konnte der N-Gehalt an Nitrat- und Ammonium-N mit folgender Gleichung (3) ermittelt werden.

$$N_{\min} [\text{kg ha}^{-1}] = c_L \times d \times \frac{dB}{TS} \times f \times S \quad (3)$$

$c_L$  =  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$  -Konzentration in der Messlösung [ $\text{mg l}^{-1}$ ]

$d$  = Mächtigkeit der beprobten Schicht [dm]

$dB$  = Lagerungsdichte der beprobten Schicht [ $\text{g cm}^{-3}$ ]

$TS$  = Trockensubstanzgehalt des Bodens [%]

$f$  = Ausschüttelungsverhältnis (Extraktionsmittel [ml]/ Bodeneinwaage [g])

$S$  = Steingehalt [%]

### Bilanzierung

Aus den mit den Boden- und Pflanzenprobennahmen erhobenen Daten wurden verschiedene Kennwerte erhoben, um die Leistungsfähigkeit der geprüften Varianten vergleichen zu können. Aus den, in den Handernten der Körnererbse, erhobenen Trockenmasseerträgen, den dazugehörigen N-Gehalten und dem  $N_{\min}$ -Vorrat im Boden wurde mittels erweiterter Differenzmethode die  $\text{N}_2$ -Fixierleistung der Erbse berechnet (STÜLPNAGEL 1982). Die Fixierleistung konnte nicht mittels  $^{15}\text{N}$  natural abundance Methode errechnet werden, da hierfür die  $^{15}\text{N}$ -Werte der Nichtleguminosen zu gering waren, diese wiesen einen Gehalt zwischen 0,26 bis 1,49 atom% auf.

$$N_2 \text{fix} [\text{kg ha}^{-1}] = (N_{SL} + N_{SUKL}) - (N_{SR} + N_{SUKR}) - (N_{\min L} - N_{\min R}) \quad (4)$$

$N_{SL}$  = N-Menge im Spross der Leguminose [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

$N_{SUKL}$  = N-Menge im Spross des Unkrautes in der Leguminose [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

$N_{SR}$  = N-Menge im Spross der Referenzpflanze [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

$N_{SUKR}$  = N-Menge im Spross des Unkrautes in der Referenzpflanze [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

$N_{\min L}$  =  $N_{\min}$ -Vorrat im Boden unter der Leguminose [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

$N_{\min R}$  =  $N_{\min}$ -Vorrat im Boden unter der Referenzfrucht [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

In Körnererbsenparzellen in denen eine Untersaat etabliert wurde, wurde die Gleichung noch erweitert.

$$N_2fix [kg ha^{-1}] = \left( N_{SL} + N_{SUKL} + N_{SU} \right) - \left( N_{SR} + N_{SUKR} + N_{SUR} \right) + \left( N_{minL} - N_{minR} \right) \quad (5)$$

$N_{SU}$  = N-Menge im Spross der Untersaat [ $kg ha^{-1}$ ]

$N_{SUR}$  = N-Menge im Spross der Untersaat in der Referenzparzelle [ $kg ha^{-1}$ ]

Aus den Verhältnissen von Korntrockenmasse zu Gesamt-Trockenmasse und Korn-N zu Gesamt-Spross-N wurden Harvest- und N-Harvest-Index berechnet.

$$Harvest-Index = \frac{Korn-TM [dt ha^{-1}]}{Gesamt-Spross-TM [dt ha^{-1}]} \quad (6)$$

$$N-Harvest-Index = \frac{Korn-N [kg ha^{-1}]}{N_{SL} [kg ha^{-1}]} \quad (7)$$

#### *Anreicherung Erdklee und Winterweizen*

Um den Anteil des eingebrachten Stickstoffes aus der Untersaat zur N-Aufnahme des Weizens zu quantifizieren, wurde in Dresden-Pillnitz eine Fläche von 280 m<sup>2</sup> mit Erdklee eingesät (cv. Dalkeith, 1000 keimfähige Körner m<sup>-2</sup>). Die Aussaat erfolgte am 07.07.2009 bzw. 27.07.2010 nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug und anschließender Saatbettbereitung mit einer Kreiselegge (Firma Maschino), mit einer Parzellendrillmaschine mit Scheibenscharen (Hege 80). Im Verlauf des Wachstums wurde an jeweils 3 Terminen (Tab. 7) <sup>15</sup>N angereicherter Stickstoff (Urea-<sup>15</sup>N, 10 atom%) mit einer Pflanzenschutzspritze ausgebracht, um so eine großflächige, jedoch geringe Anreicherung mit <sup>15</sup>N<sub>2</sub> zu erreichen.

Tab. 7: Termine der Anreicherung und Ausbringmengen von Urea-<sup>15</sup>N<sub>2</sub> in den Erdkleebestand in Dresden-Pillnitz

	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe	Ausbringmenge
1. Anreicherung	11.08.2009	25.08.2010	25,00 g
2. Anreicherung	01.09.2009	21.09.2010	50,00 g
3. Anreicherung	24.09.2009	08.10.2010	17,21 g

Vor der Einsaat des Winterweizens in die Versuchsanlage wurde in jeder Parzelle mit Untersaat Erdklee 3-mal eine 2,5 m × 2,5 m große Fläche der Erdkleeaufwuchs mit einer Motorsense abgeschnitten und das Schnittgut entfernt. Angereichertes Schnittgut des Erdkleees in Dresden-Pillnitz wurde mittels eines Einachstraktors mit Balkenmähwerk am 21.10.2009 bzw. 15.10.2010. geerntet. Das Schnittgut wurde geborgen und anschließend zu Portionen von 0,3 kg TM m<sup>-2</sup> bzw. 0,22 kg TM m<sup>-2</sup> eingewogen und zur Versuchsanlage transportiert. In Pinkowitz wurde der Erdklee auf den zuvor freigeschnittenen Flächen aufgebracht und gleichmäßig verteilt. Die Kennzeichnung der Flächen, auf die angereicherter Erdklee aufgetragen wurde, erfolgte mittels Magneten, die 30 cm tief in den Boden eingebracht wurden. Anschließend konnte die Grundbodenbearbeitung durchgeführt werden, ohne dass die Lage der Magneten verändert wurde. Im darauf folgenden Frühjahr wurde die Lage der Magnete mit einem Suchgerät ermittelt und die Flächen mit Markierungsstäben versehen. An allen Terminen der Sprossprobennahme im Winterweizen wurden die Flächen in denen angereicherter Erdklee aufgebracht wurden beprobt.

Der Anteil des Stickstoffes im Spross des Winterweizens, der aus dem Spross der Untersaat Erdklee in Körnererbse stammt wurde wie folgt berechnet.

$${}^{15}\text{N excess} \left[ \text{atom}^{15}\text{N} \right] = \left( \frac{WW_a - WW_{na}}{EK_a - WW_{na}} \right) * 100 \quad (8)$$

$WW_a$  = Anreicherungsgrad <sup>15</sup>N angereicherter Winterweizen [atom% <sup>15</sup>N]

$WW_{na}$  = Anreicherungsgrad nicht angereicherter Winterweizen [atom% <sup>15</sup>N]

$EK_a$  = Anreicherungsgrad <sup>15</sup>N angereicherter Erdklee [atom% <sup>15</sup>N]



Anschließend wurde mit aus der Sprossstrockenmasse des Weizens, deren N-Gehalt und den <sup>15</sup>Nexcess-Werten berechnet welche N-Menge im Spross des Winterweizens aus dem Spross der Untersaat Erdklee in der Vorfrucht Körnererbse stammt.

$$Spross N_{EK} \left[ g ha^{-1} \right] = Spross-TM_{WW} * \% N Spross_{WW} * \left( \frac{{}^{15}N excess}{100} \right) \quad (9)$$

Der Anteil des Stickstoffes aus dem Spross des Erdklee der im Winterweizen verfügbar wurde, wurde mittels folgender Formel berechnet.

$$Spross N_{WW} \left[ g ha^{-1} \right] = \left( \frac{Spross N_{EK} * 100}{Spross-TM_{EK} * \% N Spross_{EK}} \right) \quad (10)$$

#### 2.4 Erfassung der N-Rhizodeposition des Erdklee

Der Gefäßversuch zur Quantifizierung der N-Rhizodeposition von Erdklee (*Trifolium subterraneum* L.) fand unter teilkontrollierten Bedingungen im Gewächshaus der HTW in Dresden-Pillnitz statt. Die Versuchsanlage wurde als randomisierte Blockanlage mit fünf Wiederholungen angelegt. Die Aussaat der Leguminosen in Keimschalen erfolgte am 08.10.09. ca. 20 Tage später wurden die Pflanzen mit einem geteilten Wurzelsystem über zwei Pflanzgefäße getopft. Nach weiteren 20 Tagen wurde mit der kontinuierlichen <sup>15</sup>N-Anreicherung der Leguminosen begonnen. Das Split-root-Experiment wurde nach 60 Tagen kontinuierlicher <sup>15</sup>N-Markierung der Erdkleepflanzen zum Zeitpunkt der Blüte beendet und die Pflanzgefäße der Versuchsanlage entnommen. Der Versuchsboden wurde dem Ap-Horizont (sL3; pH-Wert 5,8; N<sub>t</sub> 0,1 %; C<sub>t</sub> 0,97 %) des Versuchsfeldes der HTW Dresden-Pillnitz entnommen. Als Pflanzgefäße dienten Polypropylen-Töpfe (12 cm x 12 cm x 20 cm). Für die Verwendung im Split-root-Experiment wurden jeweils zwei Pflanzgefäße mittels Tesaband an einer Topfkante miteinander verbunden. Ein Teil dieses Split-root-Gefäßes wurde mit Versuchsboden (2200 g TM) gefüllt und das zweite Gefäß mit Vermiculit (Körnung 1 – 2 mm). Um den Einfluss einer Strohdüngung auf die Höhe der N-Rhizodeposition zu testen, wurde in einer Variante dem Versuchsboden

Roggenstroh beigemengt (28,8 g Gefäß<sup>-1</sup>; 0,5 mm Vermahlungsgrad) und in der zweiten Variante der Versuchsboden ohne eine Strohdüngung verwendet. Pro Pflanzgefäß wurden 3 Erdkleepflanzen (cv. Dalkeith) geprüft, bei denen sich je eine Hälfte der Wurzelsystems im Bodengefäß befand und die andere Hälfte des Pflanzensystems im Vermiculitgefäß. Das mit Boden gefüllte Gefäß wurde im Versuchszeitraum mit einer N-freien Nährlösung und entionisiertem Wasser nach Bedarf versorgt. Die kontinuierliche <sup>15</sup>N-Anreicherung der Leguminosenwurzel im Vermiculitgefäß erfolgte durch Zugabe einer 10 at.% <sup>15</sup>N-Kaliumnitratlösung. Das mit Vermiculit gefüllte Gefäß erhielt in 12 Gaben innerhalb der 60 Tage <sup>15</sup>N-Anreicherungsdauer insgesamt 0,2806 g N in Form einer KNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Düngelösung mit 10 at.% <sup>15</sup>N. Als Referenzpflanze wurde Spitzwegerich (*Plantago Lanceolata* L., cv. Arterner) in einem mit Versuchsboden gefüllten Gefäß ohne ein geteiltes Wurzelsystem verwendet. Die Referenzpflanzen erhielten N-freie Nährlösung und entionisiertes Wasser nach Bedarf. Den Pflanzgefäßen wurden zum Erntezeitpunkt folgende Einzelproben entnommen: Spross, Wurzel des Bodengefäßes, Wurzel des Vermiculitgefäßes und der Boden, in dem die Leguminose bzw. die Referenzpflanze gewachsen ist. Aus dem Boden wurden alle sichtbaren Wurzeln mit Hilfe einer Pinzette herausgesammelt und für einige Sekunden in ca. 150 ml entionisiertem Wasser gespült, um anhaftenden Boden an den Wurzeln zu entfernen. Diese Lösung wurde der Bodenprobe zugegeben.

Pflanz- und Bodenproben wurden bei 60 °C im Trockenschrank getrocknet und anschließend vermahlen (Pflanzproben Leguminosen: Analysenmühle A10 IKA Labortechnik; Bodenproben Leguminosen: Retsch Planeten-Kugelmühle PM 100; Pflanzproben Referenzpflanzen: Retsch Ultra-Zentrifugalmühle ZM 200; Bodenproben Referenzpflanzen: Handmörser). Die Wurzelproben aus dem Vermiculitgefäß und die Sprossproben wurden auf N-Gehalt und C-Gehalt analysiert. Die Wurzelproben aus dem Bodengefäß und die Bodenproben wurden auf Gesamt-N-Gehalt und <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N-Verhältnis analysiert (PDZ Europa ANCA-GSL Elementanalyser in Verbindung mit PDZ Europa 20-20 Isotopen-Massenspektrometer).

Für die Berechnung der N-Rhizodeposition wurden folgende Formeln verwendet (SCHMIDTKE 2005a, SCHMIDTKE 2005b):

$$P_{NdfR} = \frac{at.\% \text{ } ^{15}\text{N Soil}_L N - at.\% \text{ } ^{15}\text{N Soil}_R N}{at.\% \text{ } ^{15}\text{N Root}_{Soil} N - at.\% \text{ } ^{15}\text{N Soil}_R N} \quad (11)$$

$at.\% \text{ } ^{15}\text{N Soil}_L N$  =  $^{15}\text{N}$ -Anreicherungsgrad Boden Leguminose

$at.\% \text{ } ^{15}\text{N Soil}_R$  =  $^{15}\text{N}$ -Anreicherungsgrad Boden Referenzpflanze

$at.\% \text{ } ^{15}\text{N Root}_{Soil} N$  =  $^{15}\text{N}$ -Anreicherungsgrad Leguminosenwurzel Boden

$$NdfR = P_{NdfR} \times Soil_L N \quad (12)$$

$NdfR$  = Anteil Stickstoff aus Rhizodeposition

$Soil_L N$  = Stickstoff im Boden zur Ernte Leguminose

### 2.5 Deckungsbeiträge

Als Grundlage der betriebswirtschaftlichen Berechnung dienten zur Erhebung der Maschinen und Arbeitskosten Daten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL 2005). Für die im Versuch verwendeten Cross-slot Säscharen waren keine Daten zum Zugkraftbedarf sowie Flächenleistung verfügbar. BÖHRENSSEN (1997), STREIT (2009) und GALL et. al. (2009) gehen jedoch von einem bis zu 30 % höheren Zugkraftbedarf als bei Scheibenscharen aus. Diesen Angaben zufolge wurden die Maschinenkosten für Direktsaatmaschinen mit Cross slot Scharen aus den KTBL-Angaben für Direktsaatmaschinen mit Scheibenscharen abgeleitet. Die Anzahl der Überfahrten mit den verschiedenen Geräten, sowie die Kornerträge der Körnererbse und des Winterweizens wurden aus der Versuchsdurchführung und den Ergebnissen der Ernten aus dem Versuch 2008/09/10 übernommen.

### 2.6 Statistische Analysen

Die Statistischen Auswertungen wurden mit dem Statistikprogramm SAS (SAS for Windows 9.3) vorgenommen. Es wurde eine Prüfung der Normalverteilung der Datensätze, als Voraussetzung für eine varianzanalytische Verrechnung, mit dem Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Waren Datensätze nicht normalverteilt, wurden diese mit einem geeigneten Verfahren (MUNZERT 1992) zur Standardnormalverteilung transformiert. Wurden transformierte Datensätze in Tabellen oder Abbildung verwendet sind diese mit „n.T.“ für nach Transformation gekennzeichnet. Konnte auch durch Transformation keine Normalverteilung hergestellt werden, wurden diese Datensätze mit „n.n.“ gekennzeichnet. Es wurde eine 2-faktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Bodenbearbeitung zur Erbse und Untersaat bei der Frucht Körnererbse vorgenommen. Eine 3-faktorielle Varianzanalyse erfolgte bei der Frucht Winterweizen mit den Faktoren Bodenbearbeitung zur Erbse, Untersaat und Bodenbearbeitung zum Weizen (Spaltanlage, SAS Prozedure GLM). Ein multipler Mittelwertvergleich erfolgte mittels des Tukey-Testes für balancierte Datensätze und mittels des Scheffe-Testes für unbalancierte Datensätze. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit „\*“  $\alpha = 0,05$ , „\*\*“  $\alpha = 0,01$  und „\*\*\*“  $\alpha = 0,001$  gekennzeichnet. Tabellen und graphische Abbildungen wurden mit dem Programm MS Excel (Microsoft Office 2007) erstellt. Die Leserichtung in den Tabellen ist mit  $\rightarrow$  für waagrecht und  $\downarrow$  für senkrecht im Tabellenkopf gekennzeichnet.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Zwischenfrucht

Die gesamte Sprosstrockenmasse der Zwischenfrucht aus Hafer und Sonnenblume lag mit 21,7 dt TM ha<sup>-1</sup> in 2008 nur geringfügig unter Sprosstrockenmasse in 2009 mit 22,0 dt TM ha<sup>-1</sup>. Die Anteile der Gemengepartner der Zwischenfrucht variierten jedoch in beiden Jahren (Tab. 8). In 2008 hatte die Sonnenblume einen Anteil von 21,6 % an der gesamten Zwischenfruchtsprossmasse in 2009 war der Anteil der Sonnenblume mit 33,6 % deutlich höher. Der Blattanteil an der Gesamtsprossmasse des Hafers war in beiden Jahren mit 52,9 % und 55,7 % etwa gleich hoch. Bei der Kultur Sonnenblume hingegen konnte in der 1. Versuchsreihe ein Blattanteil von 56,4 %, in der 2. Versuchsreihe ein deutlich geringerer Anteil von 42,8 % festgestellt werden. Die Sprosstrockenmasse des Unkrautes war in beiden Versuchsreihen zu Ende der Vegetationsperiode gering.

Tab. 8: Sprosstrockenmasse des Hafers, der Sonnenblume und des Unkrautes [dt TM ha<sup>-1</sup>] und Blattanteil der Zwischenfrucht [%] in den Versuchsreihen

→	Spross-TM [dt TM ha <sup>-1</sup> ]	Blattanteil [%]
1. Versuchsreihe		
Hafer	17,0	52,9
Sonnenblume	4,7	56,4
Unkraut	0,6	
2. Versuchsreihe		
Hafer	14,6	55,7
Sonnenblume	7,4	42,8
Unkraut	0,9	

Im 1. Versuchsjahr wurde ein weiteres Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff im Sprossmaterial, als im 2. Versuchsjahr festgestellt (Tab. 9). Die Kultur Sonnenblume wies im gesamten Spross stets ein weiteres C/N-Verhältnis auf, als der Gemengepartner Hafer. Bei beiden Kulturen wurde ein größeres Verhältnis von C zu N im Stängel im Vergleich zum Blatt ermittelt. Bei der Kultur Hafer waren die Unterschiede zwischen Blatt und Stängel jedoch geringer als bei der Sonnenblume. Hafer wies im Stängel in beiden Versuchsreihen ein doppelt so hohes C/N-Verhältnis zwischen Stängel im Vergleich zum Blatt, in 2010 ein 4,2-fach so weites Verhältnis verzeichnet.

Tab 9.: C/N-Verhältnis des Hafers und Sonnenblume von Blatt und Stängel in beiden Versuchsreihen

→	C/N Blatt	C/N Stängel	C/N Gesamtspross
	1. Versuchsreihe		
Hafer	23,8	49,6	36,6
Sonnenblume	16,9	71,2	40,5
	2. Versuchsreihe		
Hafer	17,7	35,7	26,5
Sonnenblume	15,4	62,8	39,2

Der Mulchbedeckungsgrad zu Vegetationsbeginn vor der Bodenbearbeitung war in 2009 mit im Mittel 25 % geringer, als der Bedeckungsgrad in 2010 mit 40 % (Tab. 10). Nach der Bodenbearbeitung und der Einsaat der Körnererbse konnten in beiden Versuchsjahren nach Direktsaat signifikant höhere Mulchmassen festgestellt werden als nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug. In 2010 wurden signifikante Unterschiede zwischen allen 3 Faktorstufen festgestellt. Nach einer wendenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug wurde in beiden Jahren ein Mulchbedeckungsgrad von 7 bzw. 5 % festgestellt, nach Grubber 11 bzw. 13 %. Nach Einsaat der Körnererbse in Direktsaat entsprach der Mulchbedeckungsgrad etwa dem vor der Bodenbearbeitung.

Tab. 10: Mulchbedeckungsgrad [%] an 2 Terminen in 2009 und 2010 in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung

→	Pflug	Grubber	Direktsaat
	1. Versuchsreihe		
05.04.2009	25	25	25
02.05.2009	7 B	11 B	21 A
	2. Versuchsreihe		
01.04.2010	40	40	40
14.04.2010	5 C	13 B	42 A

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$

### 3.2 Körnererbse

#### *Feldaufgang*

Der Feldaufgang der Körnererbse wurde in beiden Versuchsjahren signifikant durch den Faktor Bodenbearbeitung beeinflusst, nicht jedoch durch die Untersaat. In 2009 liefen nach Einsaat in Direktsaat 40 % weniger Pflanzen, nach Grubberbearbeitung 9 % weniger Pflanzen als nach einer Grundbodenbearbeitung mit Pflug auf. Im 2. Versuchsjahr liefen in der Direktsaat 80 % und nach Grubberbearbeitung 94 % der Pflanzen auf, die in der Pflugvariante aufliefen. In 2010 wurde insgesamt ein geringer Feldaufgang des eingebrachten Saatgutes verzeichnet. Von 90 ausgesäten keimfähigen Körnern liefen in der Pflugvariante 74 % der Erbsen auf. Der Feldaufgang der verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten differierte in 2009 deutlicher als in 2010. 2010 wurde in der Variante Pflug ein um 29 % und in der Variante Grubber ein um 27 % geringerer Feldaufgang als in der Pflug- und Grubbervariante des Jahres 2009 verzeichnet. In der Direktsaat betrug dieser Unterschied zwischen Jahren nur 6 % (Tab. 11).

Tab. 11: Feldaufgang der Erbse [Pflanzen m<sup>-2</sup>] in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in den Jahren 2009 und 2010

→	Pflug	Grubber	Direktsaat	ohne US	mit US
2009 n.n.	93,2 a	85,2 b	56,3 c	77,8 a	78,7 a
2010	66,5 a	62,5 ab	52,9 b	62,3 a	59,0 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s

### *Bodentemperatur*

Die Bodentemperatur differierte bei allen Messungen in 2009 und 2010 um maximal 0,9 °C zwischen den verschiedenen Varianten der Bodenbearbeitung (Tab. 12). In 2009 konnten bei den ersten 3 Messungen höhere Bodentemperaturen im Saathorizont bei Direktsaat im Vergleich zu Bearbeitung mit dem Pflug bzw. dem Grubber verzeichnet werden. Zur 2. und 3. Datenaufnahme war die Bodentemperatur zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung signifikant verschieden. Zur letzten Messung der Bodentemperatur am 20.05.2009 glichen sich die Temperaturen unter den verschiedenen Varianten wieder aneinander an. Im 2. Versuchsjahr 2010 lagen die Temperaturen im Durchschnitt unter denen von 2009. Der Verlauf der Erwärmung des Bodens im Jahr 2010 ist vergleichbar mit der aus dem Jahr 2009. Zu Beginn der Messungen am 14.04.2010 konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten festgestellt werden. Zur 2. und 3. Messung in 2010 konnten, wie in 2009, höhere Temperaturen bei Direktsaat im Vergleich zum Pflug verzeichnet werden. Die Bodentemperatur war zum 2. Messtermin auch signifikant verschieden zwischen den Varianten. Zur letzten Messung konnte kein Unterschied der Bodentemperatur zwischen den verschiedenen Varianten der Bodenbearbeitung festgestellt werden.



Tab. 12: Bodentemperatur [°C] in 5 cm Tiefe in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung an 4 Terminen in den Jahren 2009 und 2010

↓	Pflug	Grubber	Direktsaat
	Frühjahr 2009		
19.04.2009	16,7 a	16,8 a	17,2 a
25.04.2009	14,4 ab	14,2 b	14,8 a
07.05.2009	13,7 b	13,7 b	14,6 a
20.05.2009	19,1 ab	19,1 a	18,7 b
Frühjahr 2010			
14.04.2010	7,8 a	8,3 a	7,9 a
19.04.2010	9,2 b	9,3 b	9,7 a
07.05.2010	12,0 a	12,2 a	12,3 a
22.05.2010	16,5 a	16,4 a	16,5 a

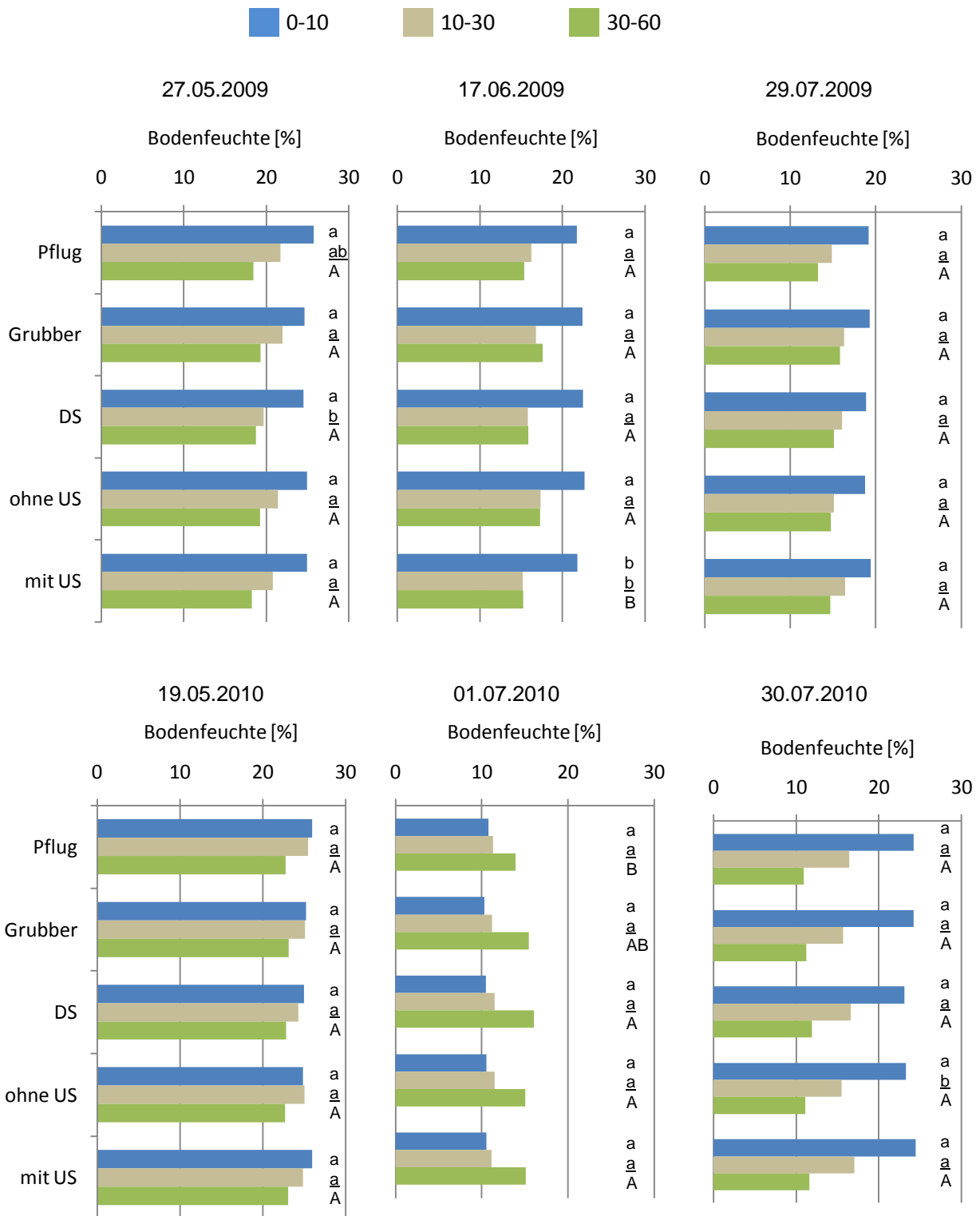
nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und eines Parameters, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s

### *Bodenfeuchte*

Die Daten zur Bodenfeuchte wurden in Stufen zu 10 cm erhoben, jedoch anschließend zu 3 Stufen zusammengefasst (0 bis 10 cm, 10 bis 30 cm, 30 bis 60 cm), um die Unterschiede in den unterschiedlichen Tiefen zu verdeutlichen. Die Bodenfeuchte war bis auf den 2. Messtermin in 2010 stets mit zunehmender Tiefe abnehmend, zur Messung am 01.07.2010 nahm die Bodenfeuchte hingegen mit zunehmender Bodentiefe zu (Abb. 3). Es konnten nur wenig signifikante Effekte der geprüften Faktoren festgestellt werden, da die Bodenfeuchte zu allen Terminen auf einem ähnlich hohen Niveau lag. Ausgenommen hiervon ist der 2. Messtermin in 2010. Hier wurden deutlich geringere Bodenfeuchten ermittelt. Am 27.05.2009 trat in der Stufe 10 bis 30 cm ein signifikanter Effekt der Bodenbearbeitung auf. Hier konnte eine im Mittel um 2,3 %-Punkte geringere Bodenfeuchte nach Direktsaat im Vergleich zu einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug festgestellt werden. Zum 2. Termin in 2009 konnte keine signifikante Wirkung des Faktors Bodenbearbeitung, jedoch des Faktors Untersaat festgestellt werden. In allen 3 Tiefenstufen wurde eine im Mittel signifikant geringere Bodenfeuchte in Parzellen mit Untersaat im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat ermittelt. In der oberen Stufe (0 bis 10 cm) lag die Bodenfeuchte 0,89 %-Punkte, in 10 bis 30 cm 2,2 %-Punkte und in 30 bis 60 cm 2 %-Punkte niedriger als ohne Untersaat. Zur Reife der Erbse konnten keine

signifikanten Unterschiede zwischen den Stufen der Prüffaktoren festgestellt werden. Zur Einsaat der Körnererbse in 2010 konnten im Mittel keine signifikanten Unterschiede der Prüffaktoren ermittelt werden, jedoch trat in der 2. Tiefenstufe (10 bis 30 cm) eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Bodenbearbeitung und Untersaat auf (Tab. A3). Die Differenzen der Bodenfeuchte zwischen den 3 Varianten der Bodenbearbeitung waren größer in Parzellen ohne Untersaat als in Parzellen mit Untersaat. In allen Prüfgliedern sank mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität die Bodenfeuchte ab. Dieser Effekt war ohne Untersaat wesentlich stärker ausgeprägt als mit Untersaat. Eine besonders hohe Bodenfeuchte konnte in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug und ohne Untersaat festgestellt werden. Am 01.07.2010 konnten in den beiden oberen Tiefenstufen keine Effekte der Prüffaktoren nachgewiesen werden. In der Stufe von 30 bis 60 cm wurde eine signifikant geringere Bodenfeuchte nach Pflug im Vergleich zur Direktsaat festgestellt. Die Differenz zwischen diesen beiden Varianten betrug im Mittel 2,2 %-Punkte. Zur Ernte der Körnererbse in 2010 nahm die Bodenfeuchte mit zunehmender Tiefe vergleichsweise stark ab. Der Wassergehalt des Bodens war in der untersten Stufe maximal halb so hoch wie in 0 bis 10 cm Tiefe.

# Ergebnisse



nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Messtermines und einer Tiefenstufe, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ ,

Abb. 3: Bodenfeuchte [Gew.-%] in 3 Tiefenstufen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung mit Pflug, Grubber oder Direktsaat (DS) und einer Untersaat (US) an den Messterminen in 2009 und 2010

*Lagerungsdichte*

Die Lagerungsdichte des Bodens im Saathorizont differierte in beiden Jahren deutlich. Die höchsten Werte der Lagerungsdichte wurden in Parzellen mit Direktsaat im Bereich in dem kein Säschar lief verzeichnet. Die Unterschiede zwischen Pflug und Direktsaat waren in 2009 mit  $0,8 \text{ g cm}^{-3}$  geringer, als in 2010 mit  $2,0 \text{ g cm}^{-3}$ . Die Unterschiede in der Lagerungsdichte zwischen der Entnahmestelle Direktsaat im Bereich des Säschar und Direktsaat zwischen den Scharen waren im Jahr 2009 größer als in 2010. Im Jahr 2009 konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten der Bodenbearbeitung in der Lagerungsdichte des Bodens festgestellt werden. Im 2. Versuchsjahr hingegen wurden signifikante Unterschiede zwischen Pflug und Grubber einerseits und den beiden Entnahmebereichen der Direktsaat andererseits gemessen (Tab. 13).

Tab. 13: Lagerungsdichte [ $\text{g cm}^{-3}$ ] des Bodens im Saathorizont in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

→	Pflug	Grubber	Direktsaat Säschar	Direktsaat zwischen den Scharen
2009	1,34 a	1,35 a	1,34 a	1,42 a
2010	1,20 b	1,22 b	1,38 a	1,40 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ ,

*Lichttransmission*

Die photosynthetisch aktive Strahlung, die auf der Bodenoberfläche gemessen werden konnte, nahm im Verlauf der Messungen in allen 3 Varianten der Bodenbearbeitung ab (Abb. 4). Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug erreichten zum 1. Messtermin am 17.05.2009 noch 89,1 % der Strahlung die Bodenoberfläche im Körnererbsenbestand. Zum 2. Messtermin 2 Wochen später sank die gemessene Strahlung auf 21,5 % der über dem Bestand gemessenen Strahlung ab. Während der 3 folgenden Messungen sank die photosynthetisch aktive Strahlung auf der Bodenoberfläche von 15,8 % auf 7,5 % ab, um zur Abreife der Erbse wieder leicht auf 11,7 % anzusteigen. Der Verlauf der Strahlungsabnahme auf der Bodenoberfläche verlief in den Grubberparzellen ähnlich wie in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug, jedoch wurden zum 2. Messtermin in Parzellen, in denen mit dem Grubber gearbeitet wurde, noch 36,5 % der Strahlung

über dem Bestand gemessen. Anschließend erfolgte bis zur Abreife der Körnererbse eine kontinuierliche Abnahme der Strahlungsintensität bis auf 7,3 %. In Parzellen mit Direktsaat konnte ebenfalls ein steter Abfall der Strahlungsintensität verzeichnet werden. Im Gegensatz zu Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber erfolgte die stärkste Abnahme der Strahlung zwischen dem 2. und dem 3. Messtermin. Hier sank die Strahlungsintensität von im Mittel 58,6 % auf 26,8 %. Die gemessenen Einzelwerte in Parzellen mit Direktsaat variierten sehr stark. Die Dateien aus 2010 waren im Zuge der Datenübertragung beschädigt worden und konnten nicht wieder hergestellt werden, so dass im 2. Jahr keine Auswertung der Daten der Lichttransmission erfolgen konnte.

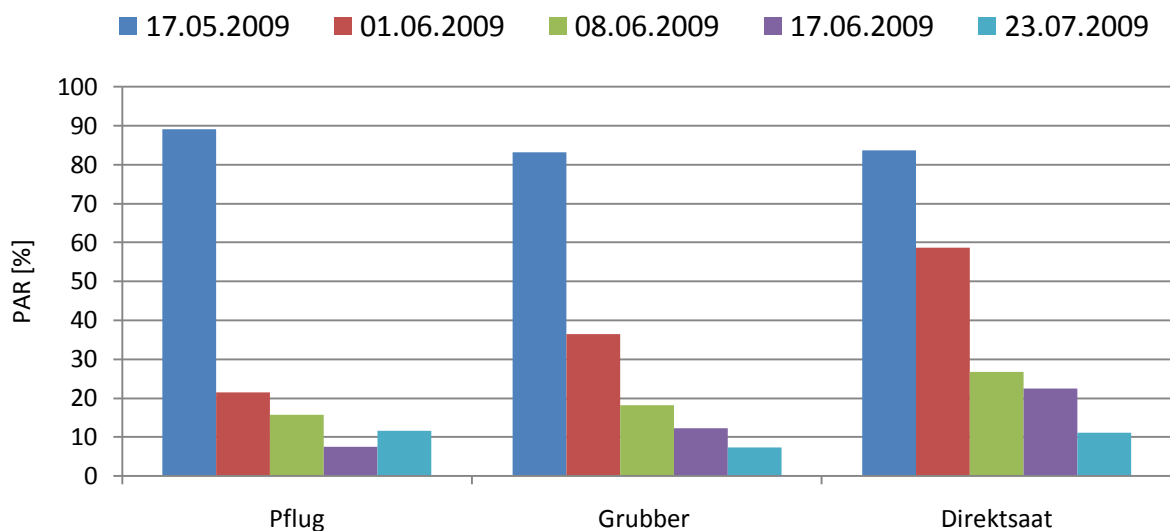
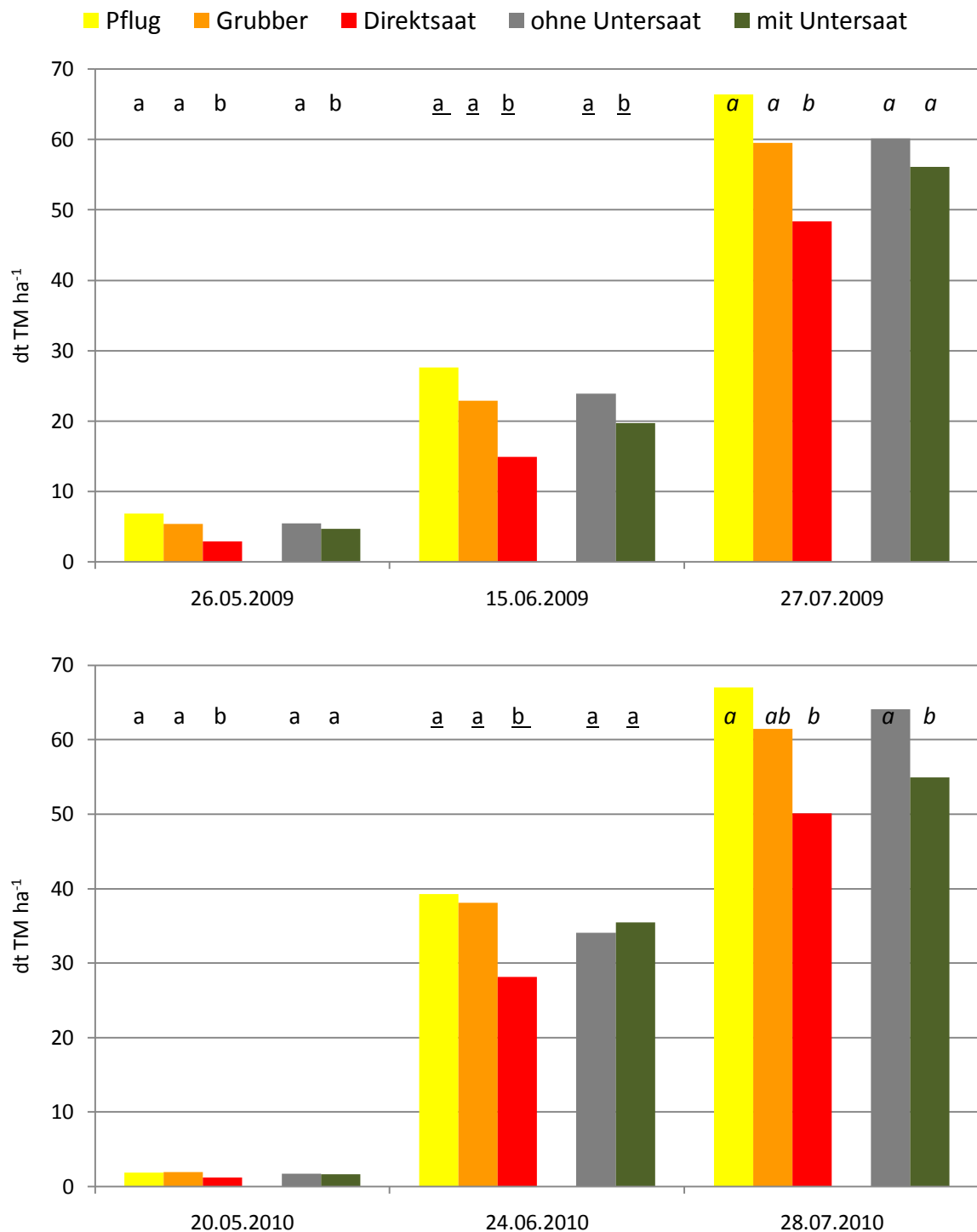


Abb. 4: Lichttransmission [%] im Erbsenbestand in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung an allen Messterminen im Jahr 2009

### *Entwicklung Sprossmasse*

Beide bei der Körnererbse geprüften Faktoren hatten einen Einfluss auf unterschiedliche Termine der Sprossprobennahme (Abb. 5). Der Faktor Bodenbearbeitung hatte zu allen Terminen eine Wirkung auf die Bildung der Sprossmasse. Bei allen Probennahmetermen in 2009 und 2010 wurden signifikant höhere Sprosstrockenmasseerträge nach Pflug im Vergleich zur Direktsaat festgestellt. Die Parzellen, in denen mit einem Grubber gearbeitet wurde, wiesen, bis auf die letzte Probennahme in 2010, einen signifikanten Unterschied zu Direktsaat, jedoch nicht zum Pflug auf. Der Faktor Untersaat hatte an 3 Terminen einen signifikanten Einfluss auf die Sprosstrockenmasse der Erbse. Durch die Untersaat

mit Erdklee wurde im Mittel weniger Sprossmasse gebildet als ohne Untersaat. Im Jahr 2009 war zu den beiden ersten Probenahmeterminen dieser Effekt noch signifikant, jedoch nicht mehr zur Abreife der Erbse. In 2010 trat diese negative Wirkung der Untersaat erst zur Reife der Körnererbse auf und war hier auch signifikant. Mit Untersaat wurden im Mittel je Hektar 9,31 dt Sprosstrockenmasse der Erbsen weniger gebildet als ohne Untersaat. Die prozentualen Zuwächse der Sprossmasse zwischen den 3 Probenahmeterminen in 2009 und 2010 unterscheiden sich zwischen den beiden Jahren und auch zwischen den unterschiedlichen Varianten der Bodenbearbeitung. Im ersten Jahr konnte nach Pflugbearbeitung sowie nach Grubbereinsatz eine Vervierfachung der Sprosstrockenmasse der Erbse zwischen dem 1. und dem 2. Erntetermin festgestellt werden, in Direktsaat war ein 5-mal höherer Sprosstrockenmasseertrag zu verzeichnen. Zwischen dem 2. und 3. Erntetermin stieg die Sprosstrockenmasse bei Pflug und Grubber um das 2,5-fache an, nach Direktsaat um die 3,2-fache Menge. In 2010 konnte zum ersten Erntetermin deutlich weniger Sprossmasse geerntet werden als im vorangegangenen Jahr. Die Zuwächse an Sprossmasse vom 1. zum 2. Erntetermin liegen somit deutlich über denen aus dem Jahr 2009. Bei allen Prüfgliedern konnte im Mittel eine 20-fach höhere Sprosstrockenmasse zum 2. Termin im Vergleich zum 1. Termin festgestellt werden. Zwischen dem 2. und 3. Erntetermin stieg die Sprossmasse im Mittel noch einmal um 70 % an. Es konnten nicht, wie in 2009, höhere Zuwachsraten mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität verzeichnet werden. In 2009 und 2010 Jahren konnten mit durchschnittlich 66,4 und 67,0 dt TM ha<sup>-1</sup> nach Pflug, 59,5 und 61,5 dt TM ha<sup>-1</sup> nach Grubber und 48,4 und 50,1 dt TM ha<sup>-1</sup> in Direktsaat zur Abreife nahezu gleich hohe Sprosstrockenmassen festgestellt werden. Die Trockenmassenerträge zum 1. und 2. Termin differierten jedoch erheblich zwischen den beiden Jahren.

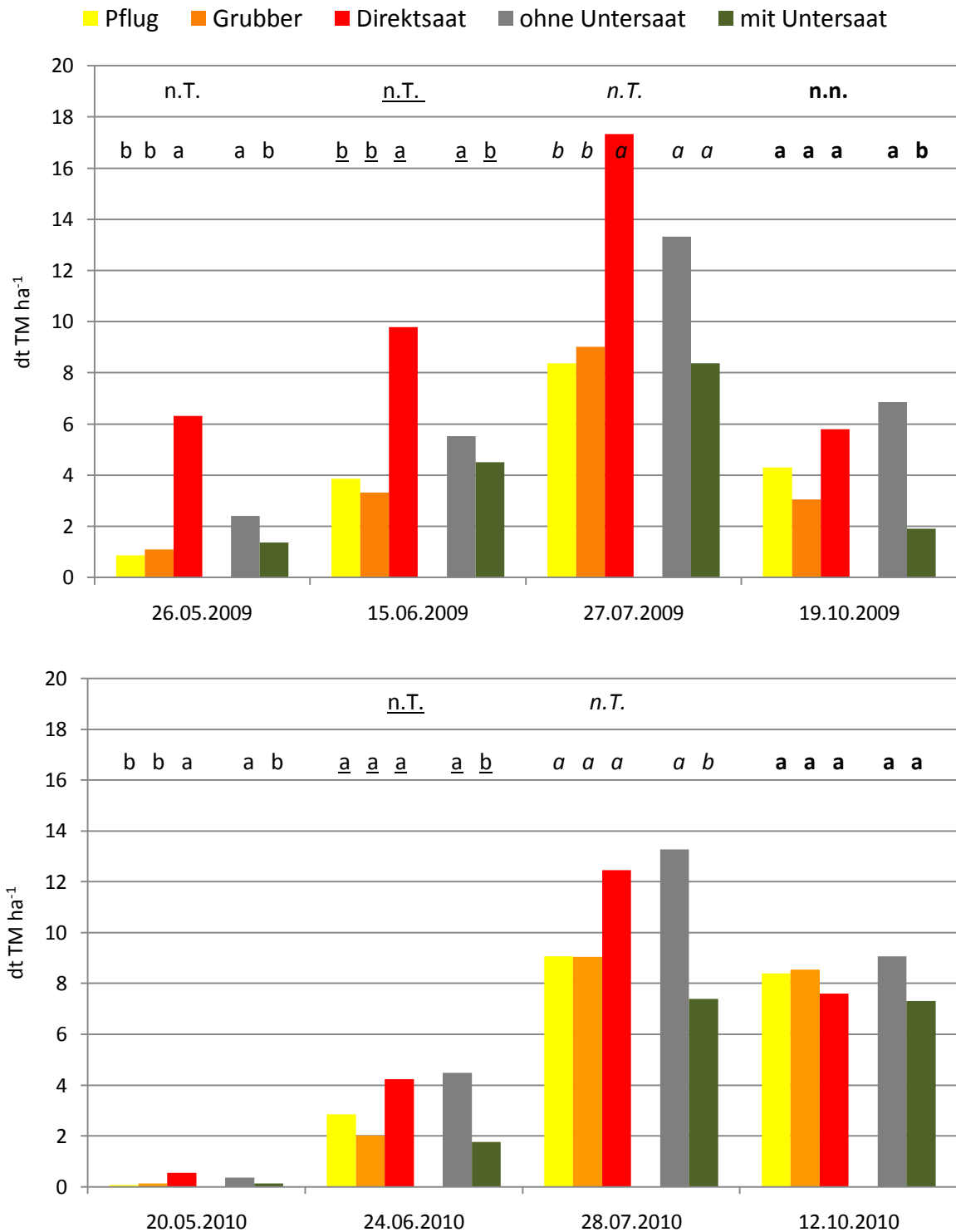


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen der Bodenbearbeitung bzw. ohne und mit Untersaat zu einem Erntetermin, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung Bodenbearbeitung x Untersaat: n.s.

Abb. 5: Sprosstrockenmasse der Körnererbse [dt TM ha<sup>-1</sup>] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat zu den Ernteterminen in 2009 und 2010

Die Entwicklung der Sprosstrockenmasse des Unkrautes wurde zusätzlich zu den 3 Ernteterminen der Körnererbse noch zur Einsaat des Winterweizens erhoben (Abb. 6). So wurde die Wirkung der Untersaat Erdklee auf die Entwicklung des Unkrautes abgebildet im Zeitraum von der Ernte der Deckfrucht Erbse bis zur Einsaat der folgenden Frucht. In Parzellen mit Direktsaat konnte in beiden Versuchsjahren eine höhere Unkrauttrockenmasse wie in den Parzellen mit Pflug oder Grubber festgestellt werden. Dieser Effekt war 2009 auch durchgängig signifikant. In 2010 war der Effekt auch vorhanden, jedoch weniger deutlich und nur zum ersten Probennahmetermin signifikant. Mit einer Untersaat Erdklee waren stets geringere Unkrauttrockenmassen als ohne Untersaat zu verzeichnen. Dieser Effekt war jedoch nicht zu allen Zeiternten signifikant. Insgesamt konnte ein steter Zuwachs der Unkrauttrockenmasse bis zur Ernte ermittelt werden. Zur Einsaat des Winterweizens waren in beiden Jahren die Unkrautmassen geringer ausgeprägt als zum Zeitpunkt des Drusches. Dieser Effekt stieg mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität, so sank die Unkrauttrockenmasse in 2009 beispielsweise in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber auf das Niveau des 2. Probennahmetermines. In den Direktsaatparzellen wurden hingegen geringere Unkrautmassen verzeichnet als zur ersten Zeiternte. Im ersten Versuchsjahr war der Rückgang der Unkrautmasse nach der Ernte der Körnererbse ausgeprägter als im folgenden Versuchsjahr. Im Oktober 2010 war deutlich mehr Unkraut vorhanden als im Jahr 2009. Hier hatte die Untersaat einen sehr positiven Effekt auf die Unkrautunterdrückung bis zur Einsaat des Weizens, während dieser Effekt im Jahr 2010 nur tendenziell vorhanden war. Im Verlauf des Wachstums des Unkrautes konnte beobachtet werden, dass in Parzellen mit Direktsaat die prozentuale Zunahme der Trockenmasse geringer war als in Parzellen, in denen der Boden zur Saat bearbeitet wurde. In 2009 stieg die Unkrauttrockenmasse zwischen der 1. und 2. Zeiternte um 50 % an. In Pflugparzellen um 348 % und in Grubberparzellen um 204 %. Von der 2. zur 3. Zeiternte erhöhte sich die Trockenmasse des Unkrautes in Parzellen mit Pflug um 117 %, mit Grubber um 172 % und nach Direktsaat um 77 %.



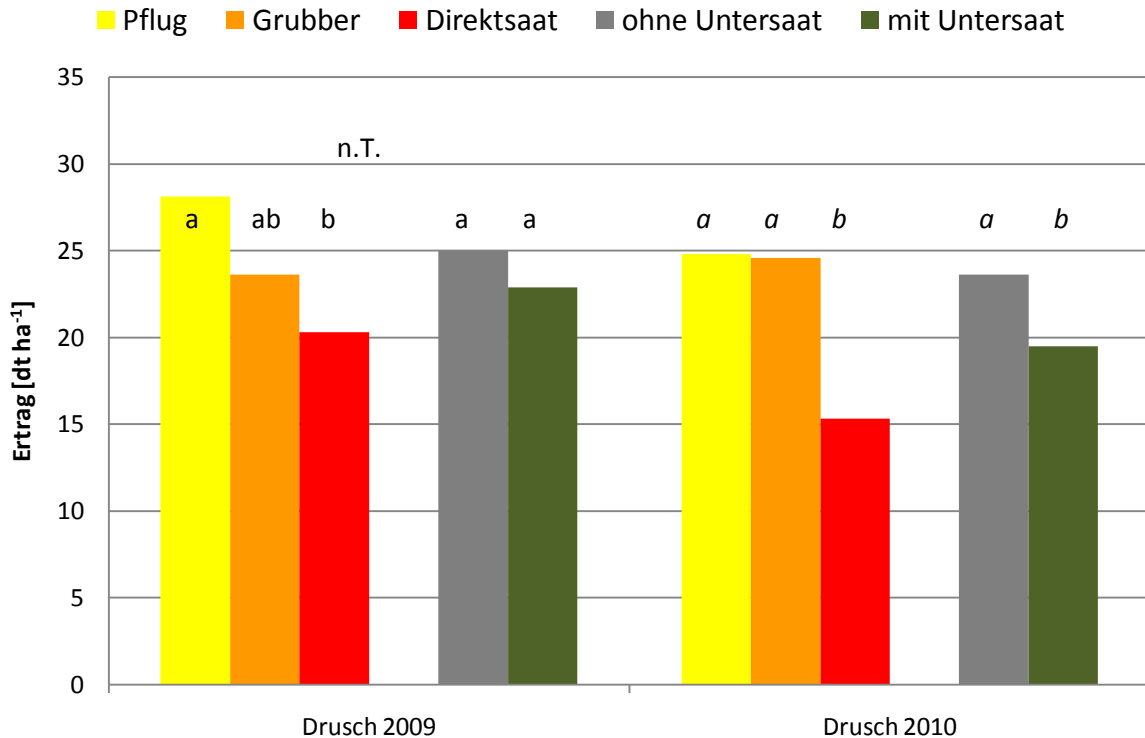


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen der Bodenbearbeitung bzw. ohne und mit Untersaat zu einem Erntetermin, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung Bodenbearbeitung x Untersaat: n.s

Abb. 6: Sprosstrockenmasse des Unkrautes [dt TM ha<sup>-1</sup>] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat zu den Ernteterminen in 2009 und 2010

### *Ertragsparameter und Ernteindizes*

Der Kornertrag der Erbse wurde unter Verwendung der während der Teilflächenbeerntung erhobenen Daten berechnet. Zusätzlich wurde ein Kernparzellendrusch zur Erfassung des maschinell erntbaren Ertrages durchgeführt. Die Ergebnisse der Ertragsermittlung dieser beiden Verfahren unterscheiden sich in 2010 erheblich. In 2009 wurden durchschnittlich ca. 3 % weniger Ertrag beim Drusch im Vergleich zu der Handernte geerntet. Im darauf folgenden Jahr betrug diese Differenz durchschnittlich ca. 30 %. Das Ertragsniveau des Kernparzellendrusches lag im ersten Jahr über dem Ertragsniveau der Erbse in 2010 (Abb. 7). Gegensätzlich fielen die Ergebnisse der Handernten aus. Hier konnten in 2009 im Mittel höhere Erträge verzeichnet werden als in 2009. Bei den Handernten wurden im Jahr 2009 im Mittel nach Pflug 27,4 dt ha<sup>-1</sup> (a), nach Grubber 26,4 dt ha<sup>-1</sup> (a) und in Direktsaat 23,7 dt ha<sup>-1</sup> (a) geerntet. Die Parzellen ohne Untersaat wiesen einen Erbsenkornertrag von 26,4 dt ha<sup>-1</sup> (a) und Parzellen mit Untersaat von 25,3 dt ha<sup>-1</sup> (a) auf. Im folgenden Jahr wurden zur Handernte nach Pflug 35,4 dt ha<sup>-1</sup> (a), nach Grubber 33,2 dt ha<sup>-1</sup> (a) und in Direktsaat 26,1 dt ha<sup>-1</sup> (b) verzeichnet. Ohne Untersaat betrug der Kornertrag im Mittel 33,9 dt ha<sup>-1</sup> (a) und mit Untersaat 29,3 dt ha<sup>-1</sup> (b). Beim Kernparzellendrusch sowie Handernten konnten nur signifikante Unterschiede im Ertrag zwischen Pflug und Direktsaat festgestellt werden. So konnten in 2009 beim Drusch 27,9 % und bei der Handernte ein um 13,3 % geringerer Ertrag der Körnererbse in Direktsaat im Vergleich zur Erbse nach Pflug festgestellt werden. In 2010 betrug die Differenz zwischen Direktsaat und Pflug beim Drusch 38,3 % und in der Handernte 26,2 %. Ein negativer Effekt der Untersaat auf den Ertrag konnte tendenziell in beiden Jahren festgestellt werden. In 2010 war dieser Effekt in der Handernte sowie im Drusch signifikant.



nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s.

Abb. 7: Druschertrag der Körnererbsen Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat in den Jahren 2009 und 2010

Die Wirkung der differenzierten Grundbodenbearbeitung und der Untersaat waren in beiden Jahren vergleichbar. Es konnten keine signifikanten Effekte der untersuchten Faktoren auf die Ertragsparameter Tausendkornmasse (TKM) und Körner je Hülse festgestellt werden (Tab. 14). Die Anzahl Hülsen je Pflanze wurde in beiden Jahren negativ durch die Untersaat beeinflusst, in 2009 war dieser Effekt signifikant. Im Mittel wurden mit Untersaat 10 % weniger Hülsen je Pflanze gebildet als ohne Untersaat. Ein deutlicher Effekt der differenzierten Bodenbearbeitung wurde, wie bereits beschrieben, auf die Anzahl Pflanzen je m<sup>2</sup> verzeichnet. In 2009 konnte bei allen Parametern der Ertragsstruktur, ausgenommen die Anzahl Pflanzen je m<sup>2</sup>, ein tendenzieller Anstieg mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität beobachtet werden. Im darauf folgenden Versuchsjahr konnte diese Wirkung nicht mehr verzeichnet werden. In 2010 lag die Anzahl Hülsen je Pflanze und Körner je Hülse deutlich über den in 2009 erhobenen Daten, die Tausendkornmasse fiel jedoch geringer aus.

## Ergebnisse

Tab. 14: Ertragsparameter der Körnererbse in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in 2009 und 2010

		Pflug	Grubber	Direktsaat	ohne US	mit US
→		2009				
Pflanzen m <sup>-2</sup>	n.n.	92,9 a	85,2 b	56,3 c	77,8 a	78,7 a
Hülsen/Pflanze	n.T.	4,6 a	4,6 a	5,7 a	5,2 a	4,7 b
Körner/Hülse	n.T.	2,5 a	2,6 a	2,7 a	2,6 a	2,7 a
TKM [g]	n.n.	247,3 a	251,5 a	255,7 a	243,0 a	243,8 a
		2010				
Pflanzen m <sup>-2</sup>		66,5 a	62,55 ab	52,9 b	62,3 a	59,0 a
Hülsen/Pflanze	n.T.	7,0 a	6,4 a	6,6 a	7,0 a	6,3 a
Körner/Hülse		3,4 a	3,6 a	3,6 a	3,5 a	3,5 a
TKM [g]		229,3 a	231,8 a	222,4 a	227,7 a	227,9 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und eines Parameters, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s., n.n. : Daten nicht normalverteilt, n.T.: nach Transformation

Der Harvest-Index und N-Harvest-Index wurden bei den Erbsen nicht signifikant von den untersuchten Faktoren beeinflusst. (Tab. 15) Das Korn-Stroh-Verhältnis war in 2010 größer als in 2009. Harvest Index und N-Harvest-Index stiegen in 2009 mit Rücknahme der Bodenbearbeitung tendenziell an. Der N-Gehalt des Kornes differierte im Mittel in beiden Jahren mit 3,62 % in 2009 und 3,61 % 2010 kaum. Die N-Gehalte des Strohs lagen jedoch in 2009 mit 1,19 % über den N-Gehalten in 2010 mit durchschnittlich 0,80 %.

Tab. 15: Harvest-Index und N-Harvest-Index der Körnererbse in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat (US) in 2009 und 2010

		Pflug	Grubber	Direktsaat	ohne US	mit US
→		2009				
Harvest-Index	n.T.	0,42 a	0,45 a	0,49 a	0,45 a	0,46 a
N-Harvest-Index		0,68 a	0,69 a	0,73 a	0,70 a	0,70 a
		2010				
Harvest-Index	n.T.	0,53 a	0,54 a	0,52 a	0,53 a	0,53 a
N-Harvest-Index		0,84 a	0,84 a	0,83 a	0,83 a	0,84 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und eines Parameters, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s.

### $N_{min}$

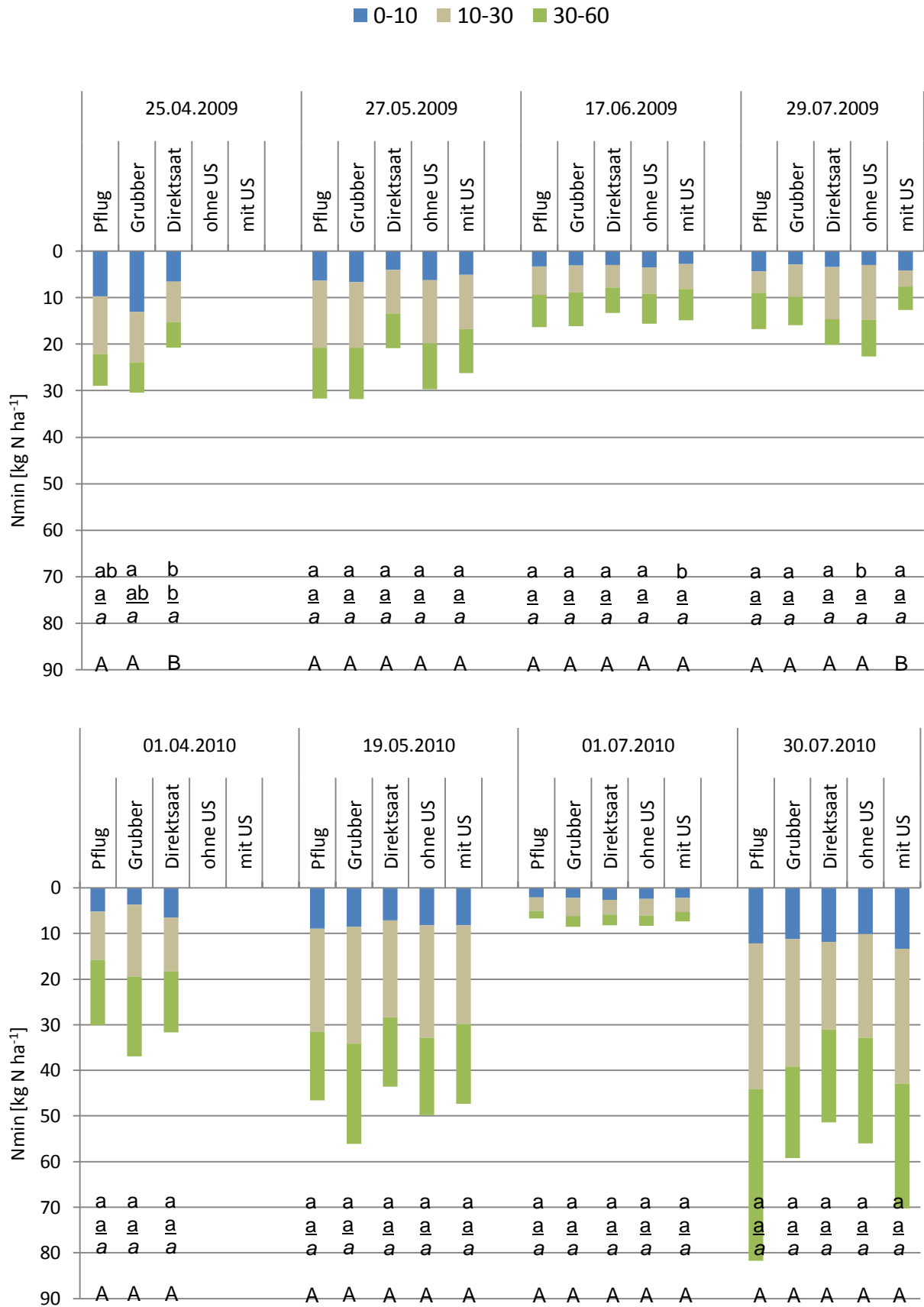
Die Analyse der Bodenprobenextrakte ergab sehr häufig Gehalte von  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$  die unterhalb der Nachweisgrenze lagen, deshalb sind die Ergebnisse der  $N_{min}$ -Analytik kritisch zu betrachten ist. Im ersten Versuchsjahr wurden im Mittel deutlich geringere  $N_{min}$ -Vorräte im Boden als in 2010 festgestellt (Abb. 8). Der im Mittel höchste Wert in 2009 wurde zur 2. Bodenprobennahme mit  $31,8 \text{ kg N ha}^{-1}$  in den Grubberparzellen erhoben, in 2010 hingegen betrug der höchste gemessene  $N_{min}$ -Vorrat im Mittel  $81,8 \text{ kg N ha}^{-1}$  zur Einsaat des Winterweizens in den Pflugparzellen. In beiden Versuchsjahren traten kaum signifikante Effekte der Prüffaktoren auf. Nur in 2009 zu Einsaat der Körnererbse und zur Einsaat des Winterweizens waren signifikante Wirkungen zu verzeichnen. Zur Einsaat der Körnererbse in 2009 konnten in der obersten Schicht (0 bis 10 cm) im Mittel um  $6,5 \text{ kg N ha}^{-1}$  höhere  $N_{min}$ -Vorräte nach einer Grundbodenbearbeitung mit Grubber im Vergleich zu den Pflugparzellen festgestellt werden. In 10 bis 30 cm Tiefe wurden signifikant höhere  $N_{min}$ -Vorräte nach Pflug im Vergleich zur Direktsaat erfasst. Die Differenz zwischen den beiden Stufen des Prüffaktors betrug im Mittel  $3,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ . In der 30 cm mächtigen, untersten Tiefenstufe konnte keine Wirkung der Prüffaktoren verzeichnet werden. In der Summe konnten über alle 3 Stufen nach Direktsaat mit  $20,7 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant geringere  $N_{min}$ -Vorräte im Boden als nach Pflug mit  $28,9$  und Grubber mit  $30,4 \text{ kg N ha}^{-1}$  ermittelt werden. Zur 2. und 3. Bodenprobennahme konnten keine signifikanten Einflüsse der Prüffaktoren auf die  $N_{min}$ -Vorräte des Bodens festgestellt werden, jedoch wurden in allen Tiefenstufen tendenziell im Mittel nach Direktsaat geringere Werte als nach Pflug und Grubber erhoben. Zur Einsaat des Winterweizens in 2009 wurden in der Summe über alle Tiefenstufen signifikant höhere  $N_{min}$ -Vorräte im Boden in Parzellen mit Untersaat Erdklee im Vergleich zu ohne Untersaat erhoben. Diese signifikante Differenz wurde vor allem durch Unterschiede im  $N_{min}$ -Vorrat des Bodens in der Stufe 10 bis 30 cm hervorgerufen. In 2010 zur Einsaat der Körnererbse konnten die höchsten  $N_{min}$ -Vorräte des Bodens in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber festgestellt werden. Die Wirkung des Faktors Bodenbearbeitung zeigte sich vor allem in den Stufen 10 bis 30 cm und 30 bis 60 cm. Zur 2. Bodenprobennahme lagen die  $N_{min}$ -Vorräte in der 3. Tiefenstufe nach Grubber über denen der beiden anderen Stufen des Prüffaktors Bodenbearbeitung. Das spiegelte sich auch in der Summe über alle Tiefenstufen wider. Zum Drusch der Körnererbse war ein deutlicher Abfall des  $N_{min}$ -Vorrates im

Boden bei allen Prüffaktoren und Faktorstufen zu verzeichnen. Der Rückgang der Gehalte an  $\text{NO}_3^- \text{N}$  und  $\text{NH}_4^+ \text{N}$  zeigte sich am stärksten in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber (Abb. 8). Hier fielen die Werte im Mittel um  $47,6 \text{ kg N ha}^{-1}$  ab, nach Pflug um  $39,9 \text{ kg N ha}^{-1}$  und bei Direktsaat um  $35,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Im Zeitraum zwischen Ernte der Körnererbse und Einsaat des Winterweizens konnte wiederum ein Anstieg des mineralisch vorliegenden Stickstoffes auf  $81,7 \text{ kg N ha}^{-1}$  nach Pflug,  $59,3 \text{ kg N ha}^{-1}$  nach Grubber und  $51,4 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Direktsaat ermittelt werden. In der 2. Tiefenstufe konnte zu diesem Zeitpunkt ein im Mittel ca.  $13 \text{ kg N ha}^{-1}$  höherer  $\text{N}_{\text{min}}$ -Vorrat nach Pflug im Vergleich zur Direktsaat gemessen werden. In 30 bis 60 cm wurden  $17,0 \text{ kg N ha}^{-1}$  mehr nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug im Vergleich zu Grubber und Direktsaat ermittelt. Diese Vorräte summieren sich über die gesamte Tiefe der 3 Stufen zu einer Differenz zwischen Pflug und Direktsaat von  $30,4 \text{ kg N ha}^{-1}$  auf, die jedoch nicht signifikant ist. In Parzellen mit einer Untersaat Erdklee konnten zur Einsaat des Winterweizens im Mittel tendenziell höhere  $\text{N}_{\text{min}}$ -Vorräte festgestellt werden als in Parzellen ohne Untersaat.

Nächste Seite:

Abb. 8:  $\text{N}_{\text{min}}$ -Menge [ $\text{kg N}_{\text{min}} \text{ ha}^{-1}$ ] im Boden in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung und einer Untersaat an allen Probennahmeterminen 2009 und 2010

# Ergebnisse

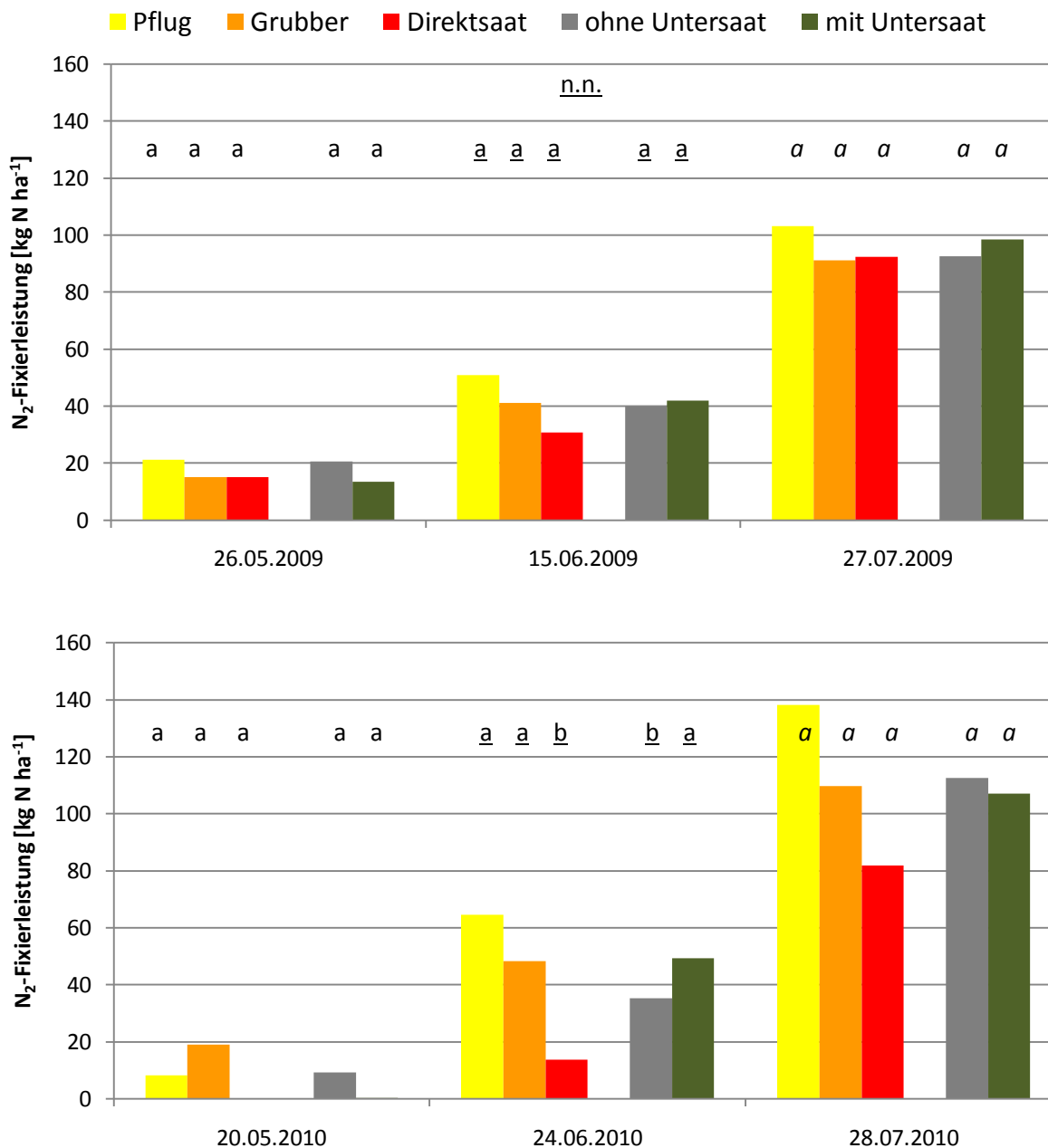


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Messtermines und einer Stufe, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

### *N<sub>2</sub>-Fixierleistung*

Die Höhe der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung war mit Rücknahme der Intensität der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse rückläufig. Dieser Effekt war in 2010 deutlich stärker zu verzeichnen als in 2009, jedoch nur zur 2. Ernte in 2010 signifikant (Abb. 9). Zum Zeitpunkt der Abreife der Erbse konnten keine signifikanten Unterschiede in der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbse festgestellt werden. Es war kein gesicherter Effekt der Untersaat Erdklee vorhanden, während des Wachstums der Erbse konnte in 2010 einmal ein signifikant höherer Wert mit Untersaat im Vergleich zu ohne Untersaat festgestellt werden. Diese Wirkung war aber zum Zeitpunkt der Erntereife nicht mehr feststellbar. In beiden Versuchsjahren waren deutliche Zuwächse der fixierten Menge Stickstoffs nach der Blüte der Erbse, zu verzeichnen. In 2009 konnte im Mittel ein höheres Niveau der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung vor allem zur Abreife der Körnererbse ermittelt werden als in 2010. Im ersten Versuchsjahr konnten trotz großer Differenzen in der Sprosstrockenmasse keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Erbse zwischen den verschiedenen Stufen der Bodenbearbeitung festgestellt werden. In diesem Jahr konnten signifikant höhere N-Gehalte im Spross von im Mittel 2,36 % nach Direktsaat im Vergleich zu 2,25 % und 2,13 % bei Pflug und Grubber festgestellt werden. In 2010 gab es keinen signifikanten Unterschied in der Höhe der N<sub>2</sub>-Fixierleistung zwischen den unterschiedlichen Bodenbearbeitungen, jedoch eine Differenz von 56,4 kg N ha<sup>-1</sup> zwischen Pflug und Direktsaat. Allerdings waren in 2010 sehr starke Schwankungen zwischen den Wiederholungen vorhanden. Die N-Gehalte im Spross der Erbse waren hier im Vergleich zum Vorjahr in Direktsaat nicht höher als nach Pflug oder Grubber. Nach Direktsaat wurden im Mittel die geringsten N-Gehalte mit 2,23 % gemessen, nach Pflug 2,26 % und nach Grubber 2,36 %.





nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Messtermines, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

Abb. 9:  $N_2$ -Fixierleistung [ $kg\ N\ ha^{-1}$ ] der Körnererbse in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung und einer Untersaat zu 3 Terminen in 2009 und 2010

### 3.3 Winterweizen

Die Auswertung der Ergebnisse des Winterweizens erfolgte 3-faktoriell, da die Bodenbearbeitung zum Winterweizen quer zur Bodenbearbeitung der Körnererbse erfolgte. So ergaben sich statt 6 verschiedenen Varianten der Bodenbearbeitung 18 verschiedene Varianten. In den folgenden Tabellen und Abbildungen wurde deshalb die Wirkung der Bodenbearbeitung zur Körnererbse auf den Winterweizen, sowie die Bodenbearbeitung direkt zum Weizen und der Faktor Untersaat in Körnererbse ausgewertet.

#### *Feldaufgang*

In beiden Versuchsjahren war keine Wirkung der Bodenbearbeitung zur Körnererbse auf den Feldaufgang des Winterweizens zu verzeichnen. Tendenziell wirkte sich das Einbringen einer Untersaat in die Vorfrucht Körnererbse positiv auf die Anzahl Weizenpflanzen je m<sup>2</sup> aus. In 2010 war dieser Effekt auch signifikant. Hier war eine Differenz von im Mittel 8 Pflanzen je m<sup>2</sup> zwischen mit und ohne Untersaat zu verzeichnen. Eine deutliche Wirkung hatte nur die Bodenbearbeitung zum Winterweizen. In 2010 konnten nach Grubber 3,3 % weniger Pflanzen als nach Pflug verzeichnet werden, nach Direktsaat war dieser Effekt signifikant. Hier wurden nach Direktsaat 50,5 % weniger Pflanzen als nach Pflug festgestellt. In 2011 war die Abstufung zwischen den unterschiedlichen Varianten der Bodenbearbeitung deutlicher. Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber wurden signifikant weniger Pflanzen verzeichnet, ebenso zwischen Grubber und Direktsaat. Nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber wurden in 2011 8,0 % weniger Pflanzen und nach Direktsaat 46,3 % weniger Pflanzen als nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug verzeichnet (Tab. 16).

## Ergebnisse

Tab. 16: Anzahl Weizenpflanzen 30.03.2010/07.04.2011 [Pflanzen m<sup>-2</sup>] nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung zur Erbse und zum Weizen sowie mit und ohne Erdkleeuntersaat (US) in Erbse

		2009 n.n.	2010 n.n.
Bodenbearbeitung zur Erbse	Pflug	171 a	165 a
	Grubber	174 a	165 a
	Direktsaat	176 a	164 a
Untersaat	ohne Untersaat	170 a	163 a
	mit Untersaat	178 b	165 a
Bodenbearbeitung zum Weizen	Pflug	212 a	201 a
	Grubber	205 a	185 b
	Direktsaat	105 b	108 c

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s.

### *Bodenfeuchte*

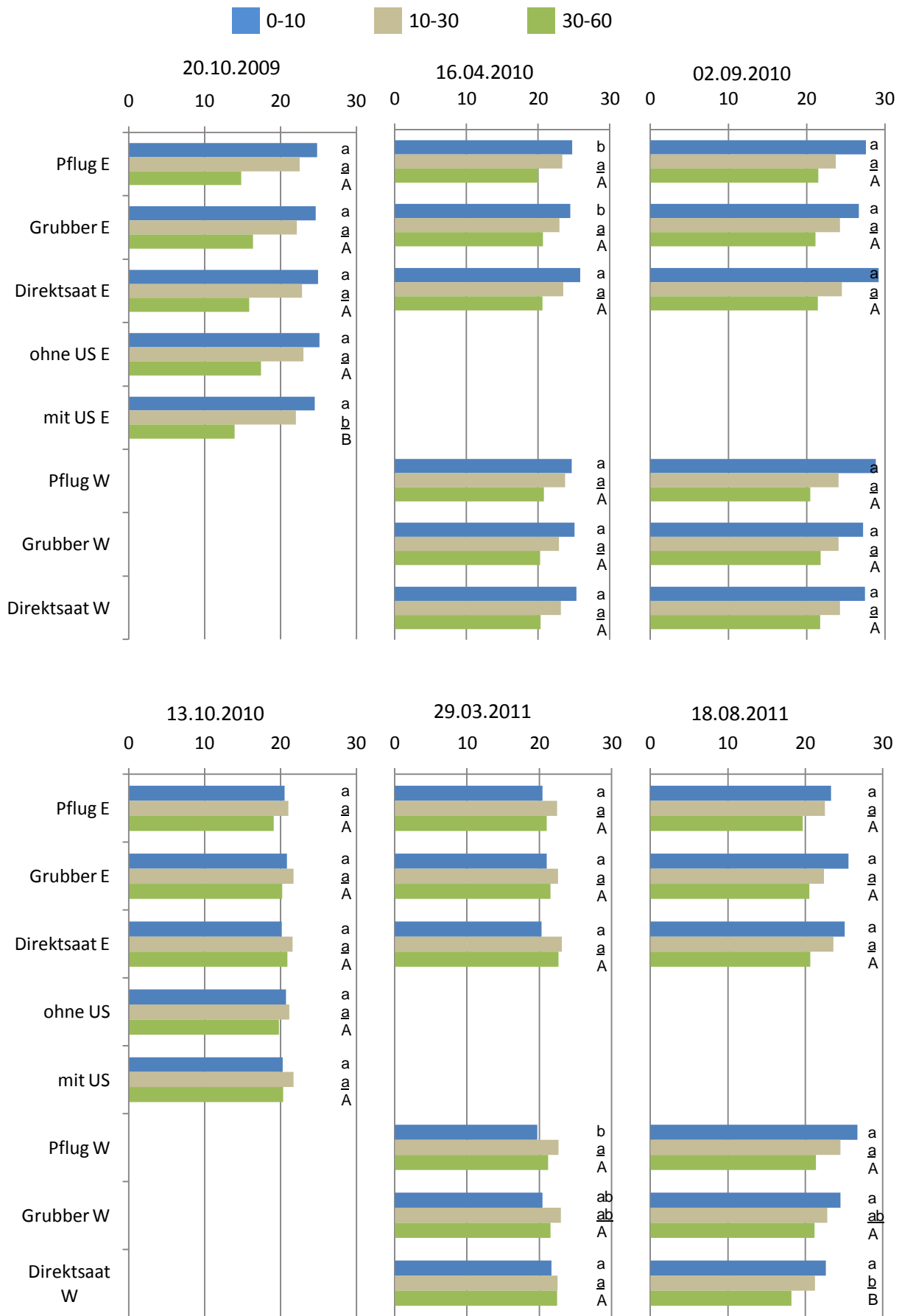
An allen Terminen der Bodenprobennahme der ersten Versuchsreihe konnte mit zunehmender Tiefe eine abnehmende Bodenfeuchte festgestellt werden (Abb. 10). Zur Einsaat des Winterweizens im Jahr 2009 wurden in der obersten Schicht durchgängig über alle Faktoren hinweg nur sehr geringe Differenzen zwischen den Faktorstufen ermittelt. In den Schichten 10 bis 30 cm und 30 bis 60 cm konnte kein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung, jedoch des Faktors Untersaat verzeichnet werden. In Parzellen, in denen eine Untersaat in Erbse eingebracht wurde, konnten signifikant geringere Bodenfeuchtwerte festgestellt werden im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat in Körnererbse. Die Differenz zwischen ohne und mit Untersaat betrug in der 2. Schicht 0,9 Prozentpunkte in der 3. Schicht 3,5 Prozentpunkte. Zum 2. und 3. Bodenprobennahmetermin konnten steigende Bodenfeuchtwerte mit Rücknahme der Bodenbearbeitung zur Saat der Erbse in 0 bis 10 cm und 10 bis 30 cm festgestellt werden. Zu Vegetationsbeginn im Jahr 2010 war dieser Effekt in 0 bis 10 cm signifikant. Mit Rücknahme der Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens konnten zu Vegetationsbeginn 2010 steigende Bodenfeuchtwerte in der oberen Schicht festgestellt werden, in tieferen Schichten sank die Bodenfeuchte hingegen ab. Zur Ernte 2010 war diese Wirkung umgekehrt. Hier sank die Bodenfeuchte mit Rücknahme der Bodenbearbeitung in der oberen Schicht ab und stieg in den tieferen Schichten an. Zur Saat des Weizens im

Jahr 2011 konnten keine signifikanten Effekte der beiden Prüffaktoren festgestellt werden. Zu Vegetationsbeginn im Jahr 2011 wurden signifikant geringere Bodenfeuchtwerte ermittelt in den Parzellen, in denen der Weizen nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug eingebracht wurde im Vergleich zu Direktsaatparzellen. Zur Ernte des Winterweizens im Jahr 2011 wurde ein gegenteiliger Effekt festgestellt. Hier wurden in den Schichten 10 bis 30 cm und 30 bis 60 cm eine signifikant geringe Bodenfeuchte nach Direktsaat als nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug verzeichnet. Zur Einsaat des Winterweizens in 2010 sowie zum Vegetationsbeginn 2011 zwischen den 3 Tiefenstufen nur geringe Differenzen festgestellt. Die höchsten Werte wurden in 10 bis 30 cm ermittelt. Zur Ernte des Winterweizens in 2011 war eine abnehmende Bodenfeuchte mit zunehmender Tiefe festzustellen.

Nächste Seite:

Abb. 10: Bodenfeuchte [Gew.-%] in 3 Tiefenstufen in Abhängigkeit einer differenzierten Bodenbearbeitung zur Erbse (E) und zum Weizen (W) und einer Untersaat (US) in Erbse an den Probennahmeterminen in 2010 und 2011

# Ergebnisse

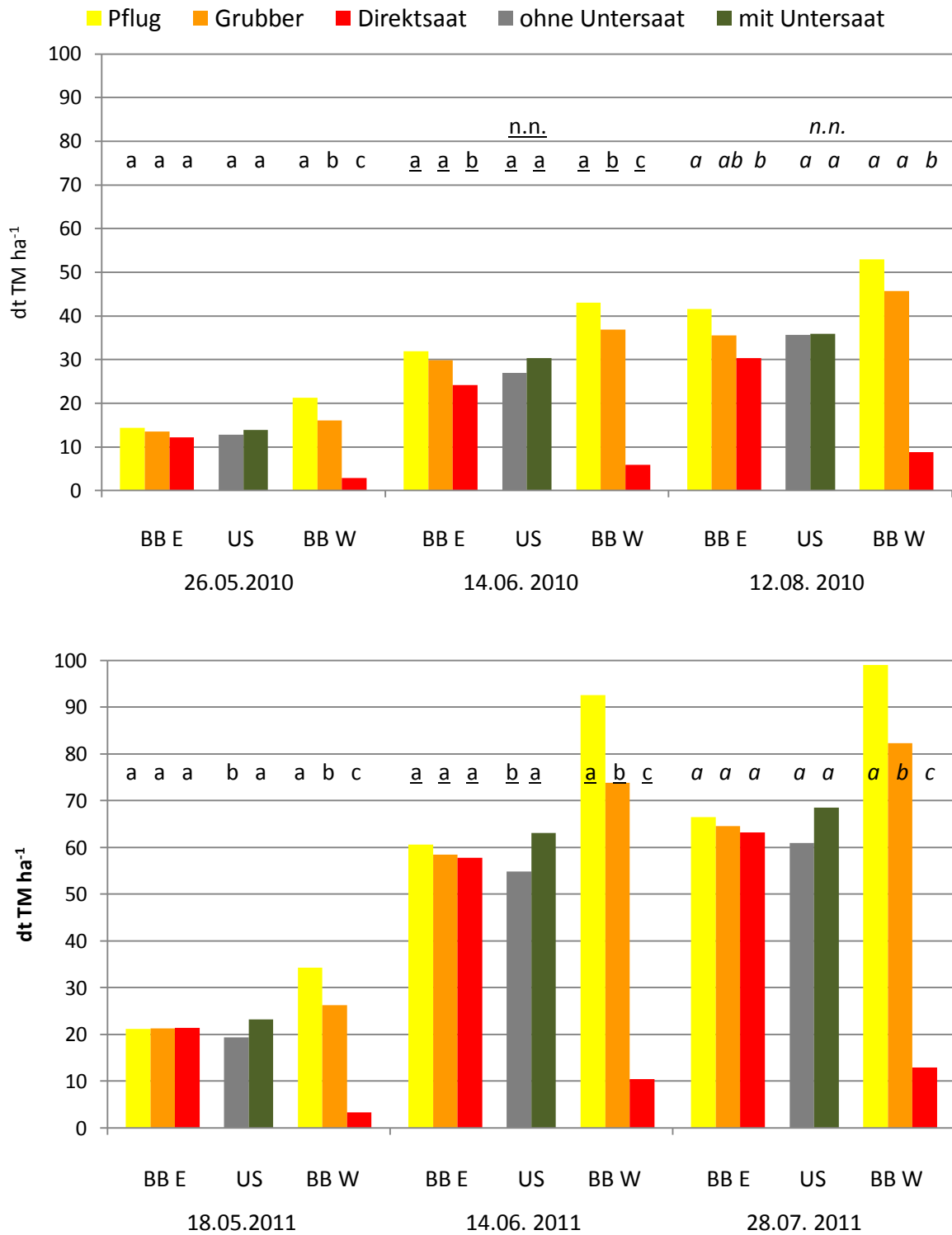


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung US x Bodenbearbeitung n.s.

### *Entwicklung Sprossmasse*

Einen sehr deutlichen und auch über alle Termine der Sprossprobennahme in 2010 und 2011 durchgängigen Effekt hatte die Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens. Hier konnten stets signifikant geringere Trockenmassen des Sprosses des Weizens nach Direktsaat im Vergleich zum Pflug festgestellt werden (Abb. 11). An 5 Terminen der Entnahme von Sprossproben konnte ein signifikanter Unterschied zwischen allen 3 Faktorstufen der Bodenbearbeitung zum Weizen nachgewiesen werden. Ebenso hatte der Faktor Bodenbearbeitung zur Vorfrucht Körnererbse in 2010 einen signifikanten Effekt auf Sprosstrockenmasse des Weizens, der Faktor Untersaat in Erbse hingegen hatte einen signifikanten Einfluss auf die Sprossmassebildung in 2011. In 2010 konnte zum 1. Erntetermin kein Effekt der Bodenbearbeitung zur vorangegangenen Frucht Erbse verzeichnet werden. Die Sprosstrockenmassen waren mit 14,4 dt TM ha<sup>-1</sup> nach Pflug, 13,5 dt TM ha<sup>-1</sup> nach Grubber und in Direktsaat mit 12,2 dt TM ha<sup>-1</sup> recht einheitlich. Die Bodenbearbeitung zum Weizen hatte bereits zur ersten Zeiternte einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Weizenpflanzen. So konnten nach Direktsaat nur 13 % der Sprosstrockenmasse nach Pflug, nach Grubber 76 % des Ertrages nach Pflug erhoben werden. Zur 2. und 3. Sprossernte konnte auch eine Wirkung der Bodenbearbeitung zur Körnererbse verzeichnet werden: Hier wurden im Mittel bei Direktsaat zur Erbse 75 % der Trockenmasse im Vergleich zur Pflugbearbeitung zur Erbse gemessen. Diese Wirkung war auch zur 3. Ernte noch nachweisbar. Es wurden 72 % der Sprosstrockenmasse an Weizen der Pflug-Variante geerntet. Der Effekt der Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens blieb deutlich über alle 3 Ernten in 2010 erhalten. Hier konnten bei Direktsaat 13,0 %; 13,8 % und 16,5 % der Spross-Trockenmasse nach Pflugbearbeitung ermittelt werden. Nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber zur Saat des Weizens wurden zur 1., 2. und 3. Ernte jeweils 75,5 %, 85,8 % und 83,2 % der Sprosstrockenmasse der Faktorstufe Pflug erhoben. In 2011 konnten im Verlauf des Wachstums des Winterweizens kein Einfluss der Bodenbearbeitung zur Vorfrucht Erbse auf den Winterweizen festgestellt werden. Hier waren stets nur geringfügige Unterschiede zwischen den Faktorstufen festzustellen, die maximal erfasste Differenz betrug zur Abreife 3,3 dt TM ha<sup>-1</sup> zwischen Direktsaat und Pflug zur Erbse. Der Faktor Untersaat in der Vorfrucht Körnererbse hatte einen Einfluss, der zur ersten und zweiten Ernte auch signifikant war. Hier wurden in Parzellen mit Untersaat im Mittel höhere Sprosstrockenmassen

des Weizens gemessen als ohne Untersaat, die Differenz betrug 3,9 dt TM ha<sup>-1</sup> zur 1. Ernte, 8,2 dt TM ha<sup>-1</sup> zur 2. Ernte und 7,6 dt TM ha<sup>-1</sup> zur 3. Ernte. Wie bereits in der 1. Versuchsreihe wurde hier hauptsächlich ein Effekt der Bodenbearbeitung zur Einsaat des Winterweizens verzeichnet. In 2011 konnte nach Direktsaat eine Sprosstrockenmasse von 9,5 %, 11,3 % und 13,0 % des Weizenertrages an Sprosstrockenmasse der Pflugparzellen zur 1., 2. und 3. Zeiternte verzeichnet werden. Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber zur Saat des Weizens wurden 76,8 % zur 1. Ernte, 79,9 % zur 2. Ernte und 83,2 % zur 3. Ernte der Sprosstrockenmasse des Weizens im Vergleich zum Pflug geerntet. Insgesamt konnte in 2011 ein deutlich höheres Niveau der Erträge an Sprosstrockenmasse des Winterweizens festgestellt werden, als in 2010.

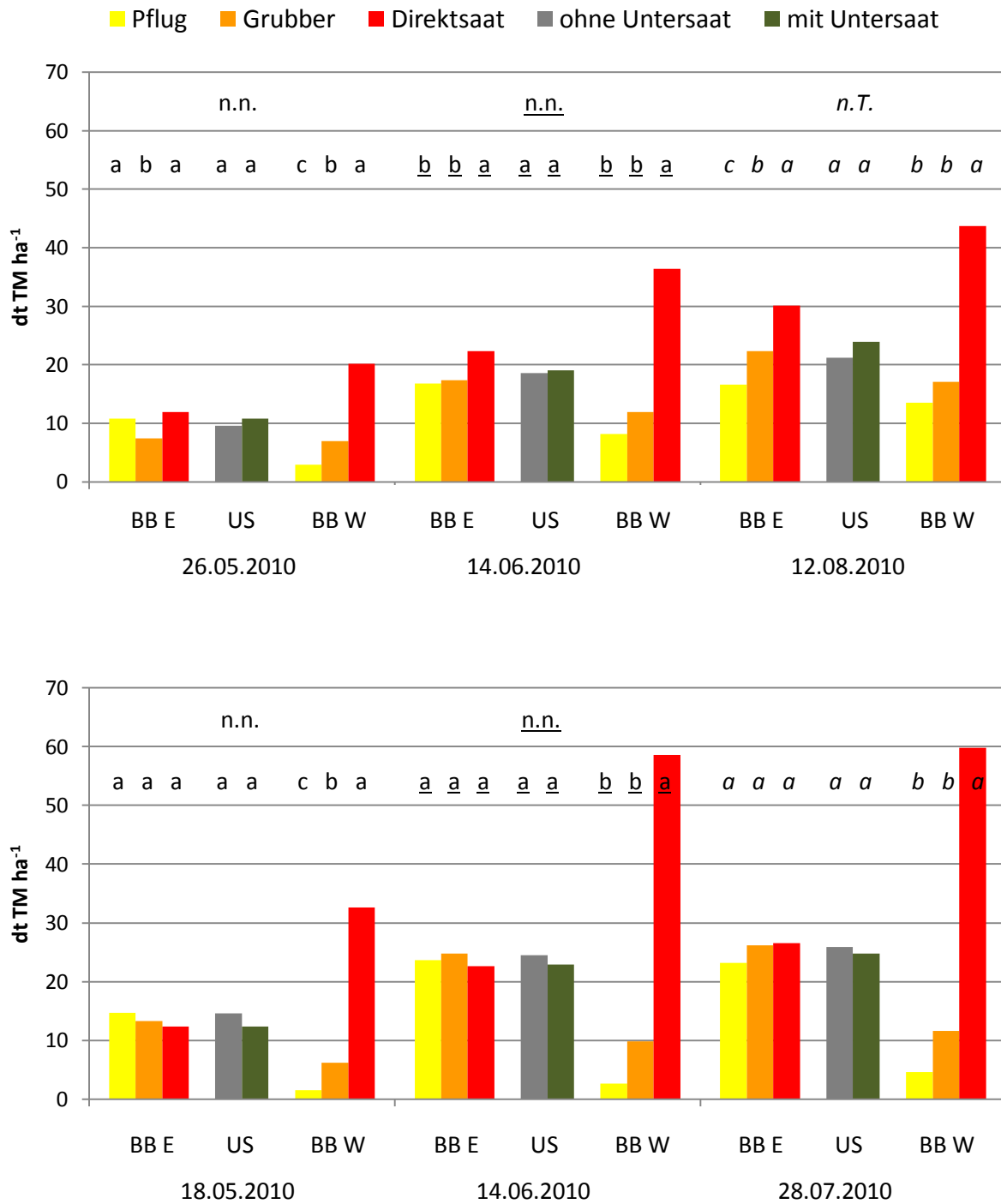


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Erntetermines, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

Abb. 11: Sprosstrockenmasse des Winterweizens [dt TM ha<sup>-1</sup>] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Körnererbse (BB E) und zum Winterweizen (BB W) und einer Untersaat in Erbse (US) an allen Ernteterminen 2010 und 2011



Die Sprosstrockenmassen des Unkrautes spiegeln die Trockenmassen des Weizens wider. Konnten im Mittel bei einem Prüffaktor hohe Sprosstrockenmassen des Weizens festgestellt werden, wurden geringe Sprosstrockenmassen des Unkrautes gemessen und umgekehrt. In 2010 war ein signifikanter Effekt der Bodenbearbeitung zur vorangegangenen Frucht Erbse vorhanden (Abb. 12). Hier wurden im Mittel signifikant höhere Trockenmassen nach Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber erhoben. Bis zur Abreife des Weizens differenzierten sich diese Ergebnisse noch weiter auseinander. Wurde die Körnererbse in Direktsaat eingebracht, konnten im Weizenbestand im Mittel 30,1 dt TM ha<sup>-1</sup> (a), nach Grubber 22,3 (b) und nach Pflug im Mittel 16,6 dt TM ha<sup>-1</sup> (c) Unkrauttrockenmasse verzeichnet werden. Der Faktor Untersaat in Körnererbse hatte in 2010 nur eine geringe Wirkung. Tendenziell wurde mehr Unkraut in Parzellen festgestellt, in denen ein Jahr zuvor eine Untersaat vorhanden war. Auch bei der Sprosstrockenmasse des Unkrautes konnte der größte Effekt durch die Bodenbearbeitung zur Saat des Weizens hervorgerufen. Es wurden stets signifikant höhere Sprosstrockenmassen des Unkrautes nach Direktsaat verzeichnet. Im Mittel wurde nach Direktsaat eine 6,8 fache Menge zur 1. Ernte, die 4,5 fache Menge zur 2. Ernte und die 3,2 fache Menge der Unkrautsprosstrockenmasse in den der Pflugparzellen erhoben. In 2011 konnte keine signifikante Wirkung der Bodenbearbeitung zur Erbse auf die Bildung der Unkrauttrockenmasse nachgewiesen werden. Ebenso war beim Faktor Untersaat in der Vorfrucht Erbse keine signifikante Wirkung zu verzeichnen, jedoch wurden tendenziell im Mittel geringere Unkrauttrockenmassen in Parzellen mit Untersaat im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat erhoben. Die Wirkung der Bodenbearbeitung zum Winterweizen war mit den Effekten aus dem vorangegangenen Jahr 2010 vergleichbar. Hier wurden durchgängig niedrige Sprossmassen des Unkrautes in Parzellen mit einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug gemessen. Zur Abreife des Weizens konnten im Mittel nur 4,6 dt TM ha<sup>-1</sup> gemessen werden. Nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber wurden höhere Unkrautmengen als nach Pflug verzeichnet. Die Differenz von 7 dt TM ha<sup>-1</sup> war jedoch nicht signifikant. Nach Direktsaat konnte bereits zur ersten Zeiternte 32,6 dt TM ha<sup>-1</sup> Unkraut erhoben werden. Bis zur 3. Zeiternte stieg die Unkrautmasse noch auf 59,8 dt TM ha<sup>-1</sup> an. Die Sprosstrockenmassen des Unkrautes sind im Mittel in Pflug und Grubberparzellen in beiden Jahren etwa gleich hoch, nach Direktsaat in 2011 jedoch deutlich höher als in 2010.

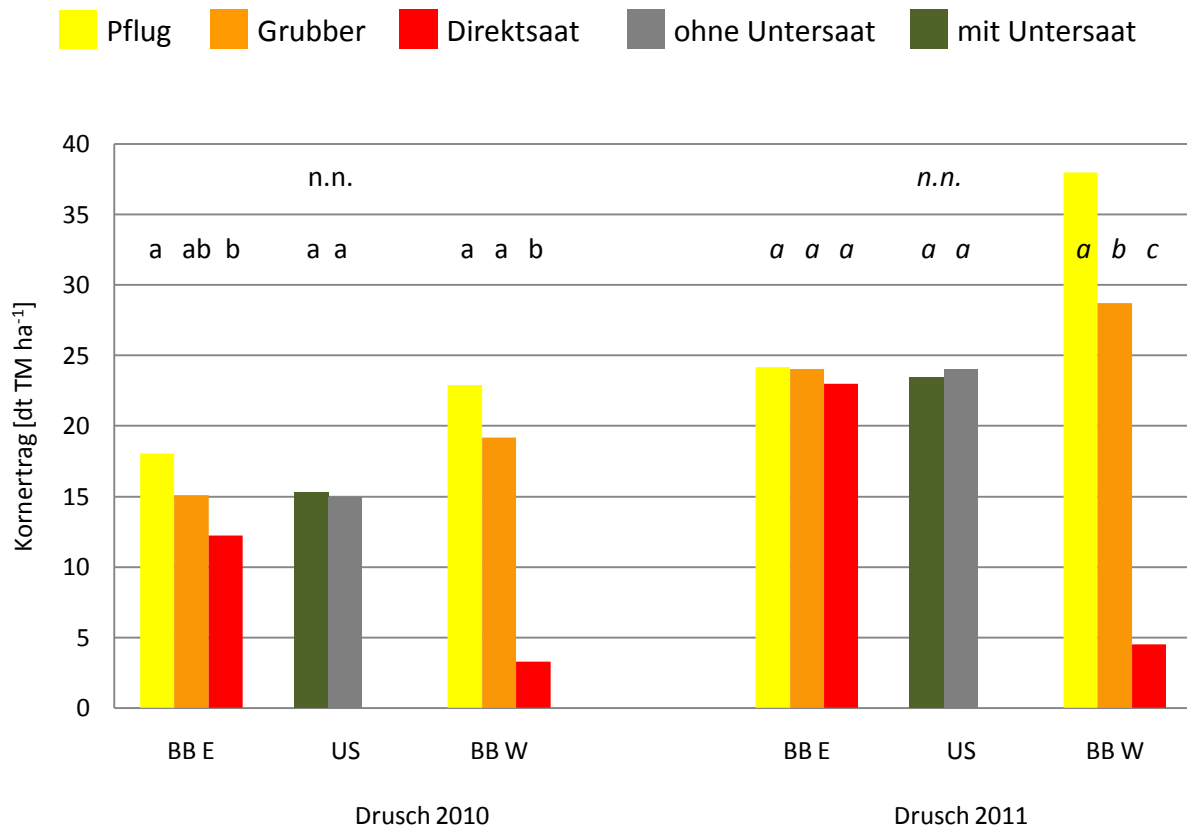


nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Erntetermines, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

Abb. 12: Sprosstrockenmasse des Unkrautes [dt TM ha<sup>-1</sup>] in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Körnererbse (BB E) und zum Winterweizen (BB W) und einer Untersaat in Erbse (US) zu den Ernteterminen in 2010 und 2011

### *Ertragsparameter/Ernteindizes/Kornprotein*

Die Ergebnisse der letzten Handerte der Sprosstrockenmasse des Winterweizens spiegelten sich in der Höhe des Kornertrages des Kernparzellendrusches wider (Abb. 13). In beiden Jahren konnte ein deutlicher Effekt der Bodenbearbeitung zum Weizen festgestellt werden. In 2010 konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Pflug und Grubber auf der einen Seite und Direktsaat auf der anderen Seite ermittelt werden. In Parzellen, in denen der Weizen in Direktsaat eingebracht wurde, konnte im Mittel nur 14,3 % des Kornertrages aus Pflugparzellen geerntet werden. Nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber wurden im Mittel nur um 3,7 dt TM ha<sup>-1</sup> geringere Kornerträge im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit dem Pflug gedroschen. In 2011 konnten signifikante Unterschiede zwischen allen 3 Faktorstufen der Bodenbearbeitung zum Weizen verzeichnet werden. In Direktsaat wurden 11,9 % des Kornertrages nach Pflug und nach Grubber 75,6 % des Kornertrages des Pfluges erhoben. Der Faktor Untersaat in der Vorfrucht Körnererbse hatte weder in 2010 noch in 2011 einen signifikanten Effekt auf den Kornertrag des Weizens. Einen negativen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Winterweizens hatte in 2010 die Rücknahme der Bodenbearbeitung zur Einsaat der Körnererbse. Hier wurden mit im Mittel 5,8 dt ha<sup>-1</sup> signifikant geringere Kornerträge nach Direktsaat im Vergleich zum Pflug ermittelt.



nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

Abb. 13: Kornertrag [dt TM ha<sup>-1</sup>] des Winterweizens aus dem Kernparzellendrusch in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Erbse (BB E), der Bodenbearbeitung zum Weizen (BB W) und einer Untersaat mit Erdklee in Erbse (US)

Der Faktor Bodenbearbeitung zur Vorfrucht Körnererbse hatte in beiden Jahren nur einen geringen Einfluss auf die Parameter der Ertragsstruktur (Tab. 17). In 2010 wurden im Mittel 41,8 Ähren je m<sup>2</sup> weniger nach Direktsaat als nach Pflug gebildet. Dieser Effekt war 2010 signifikant, in 2011 auch noch tendenziell vorhanden, jedoch statistisch nicht signifikant. Die Untersaat Erdklee in Körnererbse hatte in 2010 einen positiven Effekt auf die Anzahl Pflanzen je m<sup>2</sup>. Hier wurden mit Untersaat im Mittel 8 Pflanzen je m<sup>2</sup> mehr verzeichnet als ohne Untersaat. Die Bodenbearbeitung zur Einsaat des Winterweizens hatte in beiden Jahren einen signifikanten Einfluss auf Anzahl Pflanzen je m<sup>2</sup> und damit auch auf die Anzahl Ähren je m<sup>2</sup>. Hier wurden bei Einsaat in Direktsaat stets weniger Pflanzen und Ähren je m<sup>2</sup> im Vergleich zu Pflug und Grubber erhoben. In 2010 waren zusätzlich zu den Parametern Pflanzen je m<sup>2</sup>

## Ergebnisse

und Ähren je m<sup>2</sup> noch die Anzahl Körner je Ähre und die Tausendkornmasse negativ durch die Direktsaat zur Saat des Weizens beeinflusst.

Tab. 17: Ertragsstrukturmerkmale des Winterweizens in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Bodenbearbeitung zur Erbse (BB Erbse) und zum Weizen (BB Weizen) und einer Untersaat mit Erdklee in Erbse (US) in 2010 und 2011

		2010				
		Pflanzen m <sup>-2</sup>	Ähren m <sup>-2</sup>	Körner je		TKM
			n.n.	Ähre	n.T.	n.T.
BB Erbse	Pflug	171 a	194,3 a	31,1 a		37,6 a
	Grubber	174 a	172,7 ab	28,9 a		37,0 a
	Direktsaat	176 a	152,5 b	28,8 a		36,3 a
Untersaat	ohne US	170 a	174,9 a	29,4 a		37,7 a
	mit US	178 b	171,5 a	29,8 a		36,2 a
BB Weizen	Pflug	212 a	243,2 a	33,4 a		37,5 a
	Grubber	205 a	222,5 a	31,0 a		38,8 a
	Direktsaat	105 b	53,8 b	23,6 b		34,3 b
		2011				
		Pflanzen m <sup>-2</sup>	Ähren m <sup>-2</sup>	Körner je		TKM
			n.n.	Ähre	n.n. #.	n.n. #
BB Erbse	Pflug	165 a	148,6 a	33,7 a		41,1 a
	Grubber	165 a	147,7 a	34,4 a		42,0 a
	Direktsaat	164 a	142,0 a	35,8 a		41,5 a
Untersaat	ohne US	163 a	136,6 a	34,9 a		41,9 a
	mit US	165 a	155,6 a	34,3 a		41,2 b
BB Weizen	Pflug	201 a	219,5 a	36,3 a		41,3 a
	Grubber	185 b	185,7 b	36,3 a		41,3 a
	Direktsaat	108 c	33,1 c	30,6 a		42,2 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.n.= nicht normalverteilt, N.T.= nach Transformation, # = Scheffe-Test

In 2010 konnten sinkende Harvest- und N-Harvest-Indizes mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat der Körnererbse festgestellt werden (Tab. 18). Ebenso nahmen Harvest- und N-Harvest-Index ab, wenn die

Bodenbearbeitungsintensität zur Saat des Winterweizens herabgesetzt wurde. Dieser Effekt wirkte 2010 auf den N-Harvest-Index signifikant, es wurde nach Direktsaat mit 0,72 ein signifikant geringerer N-Harvest-Index als nach Pflug mit 0,82 verzeichnet. Der Faktor Untersaat hatte keinen Einfluss auf die Harvestindizes. In 2011 konnte keinerlei Effekt der Bodenbearbeitung zur Körnererbse, sowie der Untersaat in Erbse auf die Ertragsstrukturmerkmale festgestellt werden. Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug zur Saat des Weizens konnte mit im Mittel 0,54 ein signifikant höherer Harvest-Index als nach Direktsaat mit 0,48 festgestellt werden. In 2011 konnte keinerlei Effekt der Bodenbearbeitung zur Körnererbse, sowie der Untersaat in Erbse auf die Indizes festgestellt werden. Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug zur Saat des Weizens konnte mit im Mittel 0,54 ein signifikant höherer Harvest-Index als nach Direktsaat mit 0,48 festgestellt werden. Ebenso war der N-Harvest Index rückläufig mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat des Weizens, dieser Effekt konnte jedoch nicht als signifikant ausgewiesen werden. In 2010 waren geringere Harvest- und N-Harvestindizes zu verzeichnen als in 2011.

Tab. 18: Harvest-Index und N-Harvest-Index des Winterweizens in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Körnererbse und zum Weizen und einer Untersaat in Erbse in 2010 und 2011

		2010	
		Harvest-Index	N Harvest-Index
Bodenbearbeitung zur Erbse	Pflug	0,43 a	0,81 a
	Grubber	0,42 a	0,79 a
	Direktsaat	0,38 a	0,74 a
Untersaat	ohne Untersaat	0,41 a	0,78 a
	mit Untersaat	0,40 a	0,78 a
Bodenbearbeitung zum Weizen	Pflug	0,42 a	0,82 a
	Grubber	0,41 a	0,79 ab
	Direktsaat	0,38 a	0,72 b
		2011	
		Harvest-Index n.n.#	N Harvest-Index #
Bodenbearbeitung zur Erbse	Pflug	0,52 a	0,76 a
	Grubber	0,52 a	0,76 a
	Direktsaat	0,52 a	0,75 a
Untersaat	ohne Untersaat	0,51 a	0,76 a
	mit Untersaat	0,52 a	0,75 a
Bodenbearbeitung zum Weizen	Pflug	0,54 a	0,78 a
	Grubber	0,53 ab	0,76 a
	Direktsaat	0,48 b	0,73 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.n.= nicht normalverteilt, N.T.= nach Transformation, # = Scheffe-Test

Der Proteingehalt des Weizenkorns wurde von keinem Prüffaktor signifikant beeinflusst. Jedoch konnte ein leicht ansteigender Kornproteingehalt mit Rücknahme der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse beobachtet werden (Tab.19). Ebenso waren tendenziell höhere Kornproteingehalte in Parzellen, in denen in der Vorfrucht Erbse eine Untersaat mit Erdklee vorhanden war, zu verzeichnen. Die Bodenbearbeitung zur Saat des Weizens hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Kornproteingehalte im Weizen. Im darauf folgenden Jahr wurden die im Mittel die höchsten Kornproteingehalte in Parzellen mit einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug zu Körnererbse festzustellen, die geringsten bei Grubber vor der Saat der

Erbse. Ebenso wie in 2010 konnten auch in 2011 leicht höhere Proteingehalte in Parzellen erhoben, in denen in der Vorfrucht Körnererbse eine Untersaat mit Erdklee vorhanden war. Nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber zur Saat des Winterweizens wurden niedrigere Kornproteingehalte gemessen als nach Direktsaat und Pflug. In 2010 konnte im Mittel bei keiner Faktorstufe der Prüffaktoren Backqualität des Winterweizens erzielt werden, in 2011 hingegen lagen die Mittelwerte aller Faktorstufen über 10,5 % Kornproteingehalt des Kornes.

Tab. 19: Kornproteingehalt des Winterweizens in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat in 2010 und 2011

		Kornprotein	
		2010	2011
	↓		
Bodenbearbeitung zur Erbse	Pflug	9,21 a	12,72 a
	Grubber	9,32 a	11,95 a
	Direktsaat	9,53 a	12,09 a
Untersaat	ohne Untersaat	9,17 a	12,59 a
	mit Untersaat	9,54 a	11,89 a
Bodenbearbeitung zum Weizen	Pflug	9,49 a	12,65 a
	Grubber	9,10 a	11,67 a
	Direktsaat	9,48 a	12,45 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.n.= nicht normalverteilt, N.T.= nach Transformation, # = Scheffe-Test

### $N_{min}$

Die  $N_{min}$ -Vorräte im Boden waren über alle Termine der Bodenprobennahme und die gesamte Profiltiefe nicht höher als  $51,4 \text{ kg } N_{min} \text{ ha}^{-1}$ . Zur Einsaat des Winterweizens im Oktober 2009 wurde kein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung festgestellt (Abb. 14). In Parzellen mit Untersaat Erdklee wurden mit im Mittel  $12,7 \text{ N}_{min} \text{ ha}^{-1}$  signifikant geringere  $N_{min}$ -Mengen im Boden erhoben als in Parzellen ohne Untersaat mit  $22,7 \text{ kg } N_{min} \text{ ha}^{-1}$ . Im Frühjahr 2010 konnte ein Anstieg der  $N_{min}$ -Vorräte im Vergleich zur Einsaat ermittelt werden. Die Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse hatte keinen signifikanten Einfluss auf die  $N_{min}$ -Menge, jedoch konnten nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug tendenziell höhere  $N_{min}$ -Vorräte, als nach Direktsaat festgestellt werden. In Parzellen mit einer Untersaat in Körnererbse lagen die  $N_{min}$ -Gehalte über denen ohne Untersaat. Einen signifikanten Einfluss auf



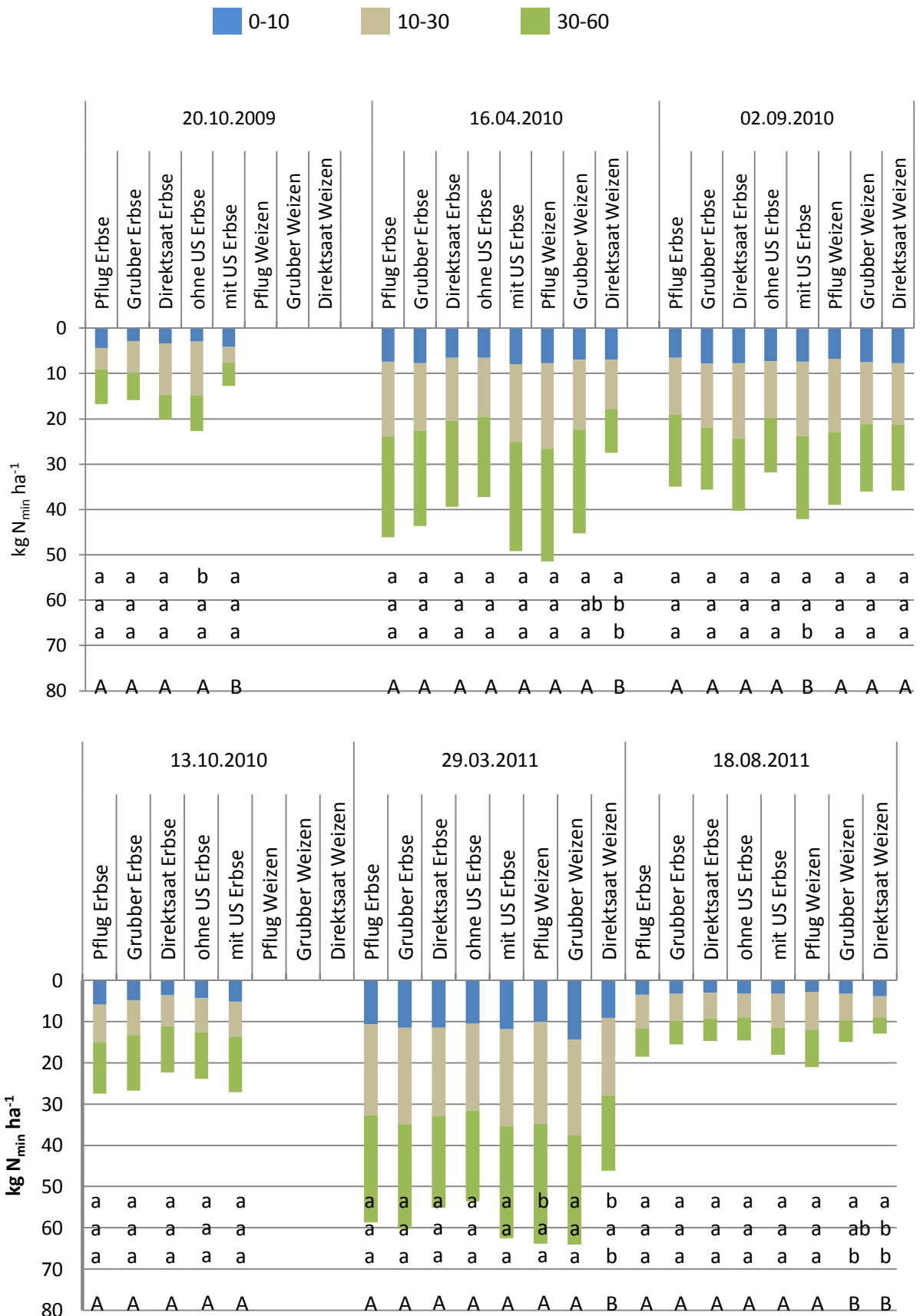
den  $N_{\min}$ -Vorrat im Boden hatte die Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens. Hier wurden in den Stufen 10-30 cm und 30-60 cm nach Pflug signifikant höhere Gehalte festgestellt als nach Direktsaat. Die Differenz betrug  $7,9 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$  in 10-30 cm und  $15,2 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$  in 30-60 cm. Über die gesamte Profiltiefe hinweg konnten mit  $27,5 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$  signifikant geringere  $N_{\min}$ -Werte nach Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber mit  $51,4 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$  und  $45,2 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$  erhoben werden. Zur Ernte des Winterweizens konnte kein Einfluss der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse oder des Winterweizens festgestellt werden. Nachdem eine Untersaat Erdklee in Körnererbse eingebracht wurde, konnten in 30-60 cm sowie über die gesamte Profiltiefe signifikant höhere  $N_{\min}$ -Vorräte unter dem Winterweizen festgestellt werden als ohne Untersaat. In der 2. Versuchsreihe konnten zur Einsaat des Weizens, sowie zu Vegetationsbeginn in 2011 höhere  $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens im Vergleich zur 1. Versuchsreihe festgestellt werden. Zur Einsaat des Winterweizens im Oktober 2010 konnte keine signifikante Wirkung der Prüffaktoren Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse und Untersaat ermittelt werden. Jedoch wurden in Parzellen mit einer Untersaat Erdklee in Erbse in allen Tiefenstufen leicht höhere  $N_{\min}$ -Werte im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat erhoben. Über die gesamte Beprobungstiefe hinweg wurden in Parzellen mit Untersaat im Mittel  $27,0 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  und ohne Untersaat  $23,9 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  ermittelt. Wenn die Vorfrucht Körnererbse nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug eingebracht wurde wurden im Mittel  $27,1 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$ , nach Grubber  $24,7 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  und in Direktsaat  $24,5 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  festgestellt. Zu Vegetationsbeginn 2011 konnten deutlich höhere  $N_{\min}$ -Gehalte im Boden als im Frühjahr verzeichnet werden. Die Prüffaktoren Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse und Untersaat in Erbse wirkten nicht signifikant auf die erhobenen  $N_{\min}$ -Werte. Die Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens hatte jedoch in den Stufen 0-10 cm und 30-60 cm, sowie über die gesamte Beprobungstiefe hinweg einen signifikanten Effekt. Hier wurden signifikant geringere  $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens nach Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber festgestellt. Nach einer Einsaat des Weizens in Direktsaat konnten über die gesamte Beprobungstiefe hinweg im Mittel nach Direktsaat  $46,3 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  festgestellt werden, nach Grubber  $64,1 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  und nach Pflug  $63,8 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$ . Die Differenz von  $17,3 \text{ kg } N \text{ ha}^{-1}$  zwischen Direktsaat und Grubber wurde vor allem durch einen deutlichen Unterschied der Faktorstufen in der Tiefe von 30-60 cm hervorgerufen. Bis zur Ernte des Winterweizens in 2011 fielen die  $N_{\min}$ -Werte unter die Gehalte zum

Zeitpunkt der Einsaat, ebenso konnten im Vergleich zur Ernte in 2010 geringere  $N_{\min}$ -Gehalte verzeichnet werden. Wie zu Vegetationsbeginn 2011 konnten auch zur Ernte des Weizen keine signifikanten Effekte der Faktoren Bodenbearbeitung zur Saat der Vorfrucht Erbse und Untersaat in Erbse festgestellt werden, jedoch des Prüffaktors Bodenbearbeitungsintensität zur Saat des Winterweizens. In den beiden unteren Tiefenstufen, sowie über die gesamte Beprobungstiefe hinweg wurden signifikant geringere  $N_{\min}$ -Gehalte des Bodens nach Direktsaat und Grubber im Vergleich zum Pflug erhoben. Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug wurden in 0-60 cm im Mittel  $21,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ , nach einer reduzierten Bearbeitung mit dem Grubber  $15,0 \text{ kg N ha}^{-1}$  und ohne Bodenbearbeitung  $12,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Nächste Seite:

Abb. 14:  $N_{\min}$ -Menge [ $\text{kg N}_{\min} \text{ ha}^{-1}$ ] im Boden in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung zur Körnererbse und Winterweizen und einer Untersaat in Erbse an allen Probennahmeterminen 2009 und 2010

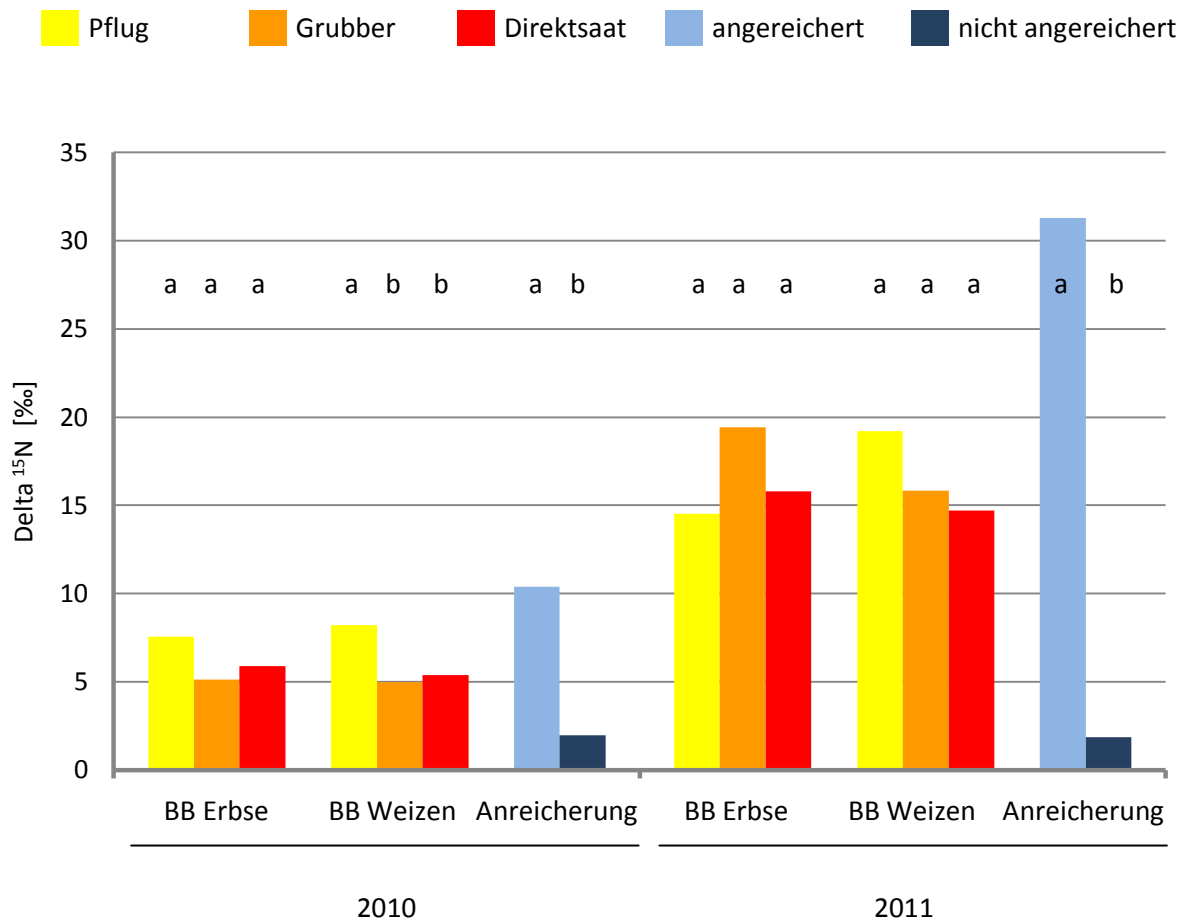
# Ergebnisse



nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Messtermines und einer Stufe, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

### 3.4 $^{15}\text{N}$ -Anreicherung

Der auf dem Versuchsfeld in Pillnitz mit 3 Gaben Urea  $^{15}\text{N}$  angereicherte Erdklee wies in 2009 und 2010 deutlich erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von 118,72 ‰ in 2009 und 231,51 ‰ in 2010 auf. Der Winterweizen in Parzellen in denen der angereicherte Erdklee ausgebracht wurde wies in beiden Versuchsreihen an allen Terminen der Sprossprobennahme einen signifikant höheren Anreicherungsgrad auf als Parzellen in denen kein Erdklee ausgebracht wurde. In 2010 konnte kein Effekt der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse festgestellt werden. Ebenso im darauf folgenden Jahr hier wurden jedoch im Mittel an allen Terminen der Sprossprobennahme die höchsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Weizens nach einer Bodenbearbeitung mit dem Grubber zur Saat der Vorfrucht gemessen. Der Prüffaktor Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens hatte in 2010 zur 2. und 3. Sprossprobennahme eine signifikante Wirkung, hier wurden nach Direktsaat signifikant geringere Anreicherungsgrade als nach Pflug verzeichnet. Tendenziell konnten mit Ausnahme der 1. Probennahme in 2010 zu allen anderen Entnahmen von Winterweizensprossmasse sinkende  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität beobachtet werden. So wurden in 2010 zum Drusch des Winterweizens nach Pflug 8,22 ‰, nach Grubber 4,97 ‰ und in Direktsaat 5,36 ‰; im darauf folgenden Jahr wurden nach Pflug 19,22 ‰ nach Grubber 15,82 ‰ und in Direktsaat 14,69 ‰ gemessen (Abb. 15). In 2010 wurden zu allen drei Entnahmen von Sprossmaterial etwa gleich hohe  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte erhoben, in 2011 hingegen wurden die höchsten Anreicherungsgrade zum 1. Beprobungstermin verzeichnet und waren im weiteren Verlauf des Wachstums rückläufig. Im Mittel war die Anreicherung mit  $^{15}\text{N}$  in der 1. Versuchsreihe deutlich niedriger im Vergleich zu 2011.



nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres und Faktors, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , Wechselwirkung n.s.

Abb. 15:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Winterweizens zur Druschreife in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zur Vorfrucht Körnererbse (BB Erbse) und zum Weizen (BB Weizen) zur Druschreife in 2010 und 2011

Die Anteile Stickstoff im Spross des Winterweizens die aus Spross-N der Untersaat Erdklee in der Vorfrucht Winterweizen stammen lagen bei den Sprossprobennahmen in 2010 im Mittel stets unter denen in 2011 (Tab. 20). Es konnte kein gesicherter Effekt der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat der Vorfrucht Körnererbse ermittelt werden. In 2010 konnten zur 2. Sprossprobennahme nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug zur Saat des Winterweizens signifikant höhere Stickstoffanteile aus Erdklee im Vergleich zu Grubber ermittelt werden. Zur 3. Sprossprobennahme in 2010 konnten nach einer reduzierten Bodenbearbeitung sowie in Direktsaat signifikant geringere Anteile an Stickstoff aus dem Erdklee im Spross des Winterweizens erhoben werden als nach Pflug. In 2011 konnten an allen Terminen der Sprossprobennahme im Winterweizen tendenziell geringere Anteile Stickstoff im

Spross des Weizen die aus Spross-N des Erdklee stammen bei Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität beobachtet werden. Die Anteile Stickstoff im Spross des Winterweizens aus Spross-N des Erdklee war in beiden Versuchsjahren mit fortschreitendem Wachstum des Weizens rückläufig.

Tab. 20: Anteil des Stickstoffes im Spross des Winterweizens [%] der aus der Sprossmasse der Untersaat Erdklee in der Vorfrucht Körnererbse stammt in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zu Erbse und Winterweizen

		↓	BBCH 39	BBCH 59	BBCH 89
			2010		
			n.T.	n.n.	
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		11,45 a	7,50 a	8,89 a
	Grubber		10,82 a	12,48 a	7,01 a
	Direktsaat		12,54 a	8,94 a	5,73 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		12,12 a	12,00 a	10,85 a
	Grubber		11,37 a	5,83 b	5,04 b
	Direktsaat		11,12 a	11,10 ab	5,79 b
			2011		
			n.T.		
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		17,18 a	14,69 a	11,03 a
	Grubber		18,55 a	15,92 a	15,26 a
	Direktsaat		16,23 a	15,51 a	12,24 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		19,30 a	18,03 a	15,07 a
	Grubber		15,86 a	14,08 a	12,17 a
	Direktsaat		16,79 a	14,01 a	11,29 a

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.n. = nicht normalverteilt, n.T. = nach Transformation

Die Höhe der N-Menge im Winterweizenspross die aus der Erdklee sprossmasse akkumuliert wurde, wurde nur zur 3. Probennahme in 2011 durch die Bodenbearbeitung zur Vorfrucht Körnererbse signifikant beeinflusst. Hier konnten nach einer reduzierten Bodenbearbeitung mit dem Grubber im Mittel im Spross des Weizens  $4,3 \text{ kg N ha}^{-1}$  mehr als nach Direktsaat zu Körnererbse gemessen werden (Tab. 21). Einen gesicherten Effekt bei allen Terminen der Entnahme von

Sprossproben in beiden Versuchsreihen konnte jedoch bei der Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens ausgewiesen werden. Mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität konnten stets sinkende N-Mengen aus der Erdklee sprossmasse im Winterweizen erhoben werden. In 2010 wurden zur 2. und 3. Probennahme signifikant geringere N-Mengen nach Direktsaat und Grubber im Vergleich zu einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug verzeichnet. In 2011 waren die Differenzen zwischen den Faktorstufen Pflug zur Saat des Weizens und Direktsaat deutlich größer als in 2010. Bereits zur 1. Sprossprobennahme wurde nach Pflug die 15,4-fache N-Menge aus Erdklee im Vergleich zu Direktsaat gemessen. Zur 2. Probennahme konnte noch die 12,0-fache N-Menge und zur letzten Probennahme die 9,5-fache N-Menge im Winterweizenspross aus Erdklee verzeichnet werden. In beiden Versuchsjahren konnten zwischen 1. und 2. Probennahme steigende N-Mengen aus der Erdklee sprossmasse im Winterweizen verzeichnet werden, die jedoch bis zur 3. Probennahme wieder geringer wurden.

Tab. 21: N-Menge [kg N ha<sup>-1</sup>] im Spross des Winterweizens der aus der Sprossmasse der Untersaat Erdklee in der Vorfrucht Körnererbse stammt in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zu Erbse und Winterweizen

		↓	BBCH 39	BBCH 59	BBCH 89
			2010		
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		n.T.	n.n.	n.n.
	Grubber		2,5 a	2,7 a	3,3 a
	Direktsaat		2,8 a	4,6 a	2,0 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		2,8 a	2,4 a	1,7 a
	Grubber		4,3 a	6,6 a	4,6 a
	Direktsaat		3,3 a	2,4 b	2,1 b
			2011		
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		n.T. #	n.T.	
	Grubber		9,8 a	8,7 a	6,9 ab
	Direktsaat		9,4 a	10,1 a	9,9 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		5,0 a	8,0 a	5,6 b
	Grubber		14,0 a	16,0 a	11,8 a
	Direktsaat		7,9 a	9,5 b	7,6 a
			0,9 b	1,3 c	1,2 b

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.n. = nicht normalverteilt, n.T. = nach Transformation, # = Scheffe-Test

Der Anteil Stickstoff im Spross des Erdklee der in der folgenden Kultur Winterweizen verfügbar wurde war nur zur 3. Probennahme in 2011 signifikant durch die Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse beeinflusst (Tab. 22). Nach einer Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber zur Vorfrucht wurden im Mittel mit 13,96 % signifikant höhere N-Anteile im Weizen verfügbar als in Direktsaat mit 7,83 %. Die N-Anteile des Erdklee die im Weizen verfügbar wurden, waren jedoch an allen Terminen der Sprossprobennahme in 2010 und 2011 signifikant durch die Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens beeinflusst. Mit Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat des Weizens ging auch die Verfügbarkeit des Stickstoffes aus der Erdklee sprossmasse zurück. Nach Direktsaat wurde stets ein signifikant geringerer Anteil des Stickstoffes aus dem Erdklee im Weizen verfügbar



im Vergleich zu einer intensiven Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Eine reduzierte Bodenbearbeitung mit dem Grubber wies bei allen Probenahmen einen eine Verfügbarkeit von Stickstoff aus Erdkleesprossmasse im Weizen auf die zwischen den Faktorstufen Pflug und Direktsaat lag. Für die Variante Grubber zur Saat des Weizens konnten an 4 Terminen der Sprossprobenahme keine signifikanten Unterschiede zum Pflug ausgewiesen werden, jedoch stets zu Direktsaat. Zur 3. Probenahme in 2010, sowie zur 2. Probenahme in 2011 wurden signifikante Unterschiede zwischen allen 3 Faktorstufen der Bodenbearbeitung zur Saat des Winterweizens ermittelt.

Tab. 22: Anteil N im Spross des Erdklees [%] der in der Folgekultur Winterweizen verfügbar wurde in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung zu Erbse und Winterweizen

		↓	BBCH 39	BBCH 59	BBCH 89
			2010		
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		n.T.	n.T.	n.T.
	Grubber		2,83 a	2,98 a	3,75 a
	Direktsaat		3,17 a	5,21 a	2,26 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		3,19 a	2,65 a	1,87 a
	Grubber		4,82 a	7,39 a	5,16 a
	Direktsaat		3,67 a	2,70 ab	2,31 b
			2011		
Bodenbearbeitung zur Körnererbse	Pflug		n.T. #	n.T.	n.T. #
	Grubber		13,86 a	12,22 a	8,95 ab
	Direktsaat		13,24 a	14,24 a	13,96 a
Bodenbearbeitung zum Winterweizen	Pflug		7,07 a	11,32 a	7,83 b
	Grubber		19,67 a	22,52 a	16,62 a
	Direktsaat		11,15 a	13,39 b	10,76 a
			1,28 b	1,86 c	1,74 b

nicht gleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen innerhalb eines Jahres, Tukey-Test  $\alpha=0,05$ , n.T. = nach Transformation, # = Scheffe-Test

3.5 N-Rhizodeposition Erdklee

Während des Wachstums geben Leguminosen über ihre Wurzeln Stickstoff in den Boden ab. Diese N-Rhizodeposition wurde in einem Split-root-Experiment für Erdklee (*Trifolium subterraneum* L.) ermittelt. Dabei wuchs die Leguminose mit einem geteilten Wurzelsystem in zwei Gefäßen. Durch eine kontinuierliche <sup>15</sup>N-Markierung der Pflanze konnte die Höhe der N-Rhizodeposition bestimmt werden. Der mit Stroh gedüngte Erdklee bildete tendenziell weniger Gesamt-Wurzel-TM (3,2/3,6 g TM Gefäß<sup>-1</sup>, mit Strohdüngung/ohne Strohdüngung, P=0,6115) aus und eine signifikant niedrigere Spross-TM (3,4/6,2 g TM Gefäß<sup>-1</sup>, P=0,0182) gegenüber den Erdkleepflanzen ohne eine Strohdüngung. Bei der strohgedüngten Variante lagen Spross-N und Gesamtpflanzen-N signifikant niedriger als bei den unbehandelten Gefäßen (Tab. 23).

Tab. 23: N-Verteilung in den Pflanzenteilen des <sup>15</sup>N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung

	Wurzel <sub>Bodengefäß</sub> - N [mg] n.T.	Wurzel <sub>Vermiculitgefäß</sub> - N [mg]	Spross-N [mg]	N <sub>Bt</sub> [mg]
ohne Strohdüngung	12,5 a	26,7 a	246,2 a	285,4 a
mit Strohdüngung	9,7 a	16,2 a	120,3 b	146,1 b
P-Wert	0,4232	0,0971	0,0098	0,0153

gleiche Buchstaben kennzeichnen nicht signifikante Mittelwertdifferenzen – Tukey-Test α=0,05  
N<sub>Bt</sub> = Summe N in Spross und Wurzel der Pflanzen

Die Höhe des <sup>15</sup>N-Anreicherungsgrades im Boden und in der Wurzel des Bodengefäßes unterschied sich nicht signifikant zwischen den Varianten. Mit einer Strohdüngung lag der Anteil der N-Rhizodeposition am Gesamtpflanzen-N mit 11,5 % etwas höher als in der Variante ohne Strohdüngung mit 6,5% (Tab. 24).

Tab. 24: <sup>15</sup>N-Anreicherungsgrad von Boden und Wurzel des <sup>15</sup>N-angereicherten Erdklee und Höhe der N-Rhizodeposition im Bodengefäß unter Einfluss einer Strohdüngung

	<sup>15</sup> N- Anreicherungs- grad des Bodens <sup>2)</sup> ↓ [at.% <sup>15</sup> N]	<sup>15</sup> N- Anreicherungs- grad der Wurzel <sup>1) 2)</sup> [at.% <sup>15</sup> N]	Rhizo- depositions- menge der [mg N Topf <sup>-1</sup> ] n.T.	N-Rhizo- deposition der Pflanze <sup>3)</sup> [in % von N <sub>Bt</sub> ]
ohne Strohdüngung	0,3764 a	1,4079 a	17,7 a	6,5 a
mit Strohdüngung	0,3771 a	1,6319 a	16,5 a	11,5 a
<i>P</i> -Wert	0,3209	0,3432	0,7615	0,2064

gleiche Buchstaben kennzeichnen nicht signifikante Mittelwertdifferenzen – Tukey-Test  $\alpha=0,05$

N<sub>Bt</sub> = Summe N in Spross und Wurzel der Pflanzen

<sup>1)</sup><sup>15</sup>N-Anreicherungsgrad der Wurzel im Bodengefäß [at.% <sup>15</sup>N]

<sup>2)</sup>Zum Zeitpunkt der Ernte

<sup>3)</sup>gew. Mittel

### 3.6 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Die Deckungsbeiträge der einzelnen Kulturen sanken mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat der Körnererbse und des Winterweizens (Tab. 25). Die Deckungsbeiträge der Körnererbse sind bei allen Stufen der Bodenbearbeitungsintensität im positiven Bereich, jedoch konnte ein Rückgang von 70,64 € ha<sup>-1</sup> verzeichnet werden bei Einsaat nach Grubber im Vergleich zur Einsaat nach Pflug. Nach Direktsaat betrug der Rückgang gegenüber dem Pflug 199,45 € ha<sup>-1</sup>. In Parzellen, in denen der Winterweizen in Direktsaat eingebracht wurde, konnten in keinem Falle positive Deckungsbeiträge erzielt werden. Ebenso wie in Parzellen in denen die Körnererbse in Direktsaat eingebracht wurde. Die Unterschiede in der Höhe des Deckungsbeitrages des Winterweizens zwischen Pflug und Direktsaat zur Saat des Weizens sind größer je stärker die Intensität der Bodenbearbeitung zur Saat der Körnererbse zurückgenommen wurde. In der Summe über die 3 Teile der Fruchtfolge konnten in allen Kombinationen der Bodenbearbeitung, außer Grubber/Direktsaat und Direktsaat/Direktsaat, positive Deckungsbeiträge erzielt werden. Die höchsten Deckungsbeiträge konnten in der Variante Pflug zur Saat der Körnererbse und zur Saat des Winterweizens ermittelt werden. Die Kosten der Untersaat Erdklee beliefen sich, bei der im Versuch

## Ergebnisse

verwendeten Saatstärke, auf 107,73 € ha<sup>-1</sup> und sind vor allem durch die sehr hohen Kosten für das Saatgut verursacht. Der positive Effekt der Untersaat auf das Wachstum des Unkrautes konnte innerhalb dieses Versuches monetär nicht bewertet werden. Alle einzelnen Komponenten der Deckungsbeiträge sind im Anhang beispielhaft für eine Schlaggröße von 2 ha sowie einen 20 ha großen Schlag aufgeführt (Tab. A5 und A6).

Tab. 25: Deckungsbeiträge [€ ha<sup>-1</sup>] (ohne Prämie) der Zwischenfrucht, der Körnererbse und des Winterweizens und deren Summe in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung mit Pflug (P), Grubber (G), und Direktsaat (DS)

DB Zwischenfrucht	DB Körnererbse	DB Winterweizen	Gesamt DB
Pflug: -230,95 €	Pflug: 503,49 €	Pflug: 143,19 €	P/P: 415,73 €
Pflug: -230,95 €	Pflug: 503,49 €	Grubber: 106,45 €	P/G: 378,99 €
Pflug: -230,95 €	Pflug: 503,49 €	Direktsaat: -258,76 €	P/DS: 13,78 €
Pflug: -230,95 €	Grubber: 432,85 €	Pflug: 78,09 €	G/P: 279,99 €
Pflug: -230,95 €	Grubber: 432,85 €	Grubber: 16,15 €	G/G: 218,05 €
Pflug: -230,95 €	Grubber: 432,85 €	Direktsaat: -290,26 €	G/DS: -88,36 €
Pflug: -230,95 €	Direktsaat: 304,04 €	Pflug: -45,81 €	DS/P: 27,28 €
Pflug: -230,95 €	Direktsaat: 304,04 €	Grubber: -30,05 €	DS/G: 43,04 €
Pflug: -230,95 €	Direktsaat: 304,04 €	Direktsaat: -298,66 €	DS/DS: -225,57 €

### 4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

#### 4.1 Körnererbse

##### *Feldaufgang*

Der Feldaufgang der Körnererbse wurde in bei den Jahren des Anbaus deutlich von der Bodenbearbeitung zur Saat der Erbse beeinflusst. Das Einbringen der Untersaat Erdklee eine Woche nach Einsaat der Erbse hatte keinen Einfluss auf das Auflaufen der Erbse. Die zusätzliche Überfahrt mit einer Drillmaschine war somit mit keinerlei Beeinträchtigung der jungen Erbsenpflanzen durch z.B. Abbrechen oder Verschütten der Keimlinge verbunden. Als weiterer positiver Effekt der zusätzlichen Überfahrt mit der Drillmaschine ist eventuell die dem Striegel ähnliche Wirkung der Federzinken der verwendeten Drillmaschine, die in einem gewissen Grad zu einer Regulation von Unkräutern beigetragen haben dürfte.

Es wurden verschiedene Umweltfaktoren im Zeitraum des Auflaufens erfasst, die einen Einfluss auf die Keimung und das Wachstum der jungen Erbsenpflanzen hatten. Diese Faktoren sind die Lagerungsdichte des Bodens im Saathorizont, die Bodenfeuchte, hier vor allem in den oberen 10 cm, und die Bodentemperatur im Saathorizont. Die Lagerungsdichte war in 2009 einheitlich hoch (1,34 bis 1,42 g cm<sup>-3</sup>); in 2010 war die Lagerungsdichte in Parzellen nach Pflug und Grubber deutlich niedriger (1,20 bis 1,22 g cm<sup>-3</sup>) als nach Direktsaat (1,38 bis 1,42 g cm<sup>-3</sup>). In 2010 konnte jedoch trotz geringerer Lagerungsdichte in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber ein schlechteres Auflaufen der Körnererbse verzeichnet werden. Eine zu geringe Rückverdichtung des Bodens nach der Bodenbearbeitung in 2010 konnte ebenso nicht festgestellt werden (KUNZEA et al. 1966). Die im Zeitraum des Auflaufens erfassten Bodentemperaturen waren in Parzellen nach Direktsaat höher als in Parzellen mit einer Grundbodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber. In Untersuchungen von z.B. FORTIN (1992) und JOHNSON & LOWERY B. (1984) konnten hingegen stets in Parzellen mit einer Bodenbearbeitung höhere Bodentemperaturen verzeichnet werden als nach Direktsaat. Unterschiede zu den eigenen Untersuchungsergebnissen könnten in der Eingriffsintensität des Croos-slot Schares liegen. Die seitlich angebrachten Flügelschare führen offenbar zu einer Lockerung des Bodens, so dass im Saathorizont nach Direktsaat entsprechend hohe Bodentemperaturen zu verzeichnen sind. Da die Temperatur im Saathorizont bei

diesem Versuch in Direktsaat höher lag, kann dies auch nicht als Ursache für den geringen Feldaufgang in Direktsaat angenommen werden. Bei der Erhebung der Bodenfeuchte konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Stufen der Bodenbearbeitungsintensität in den oberen 10 cm festgestellt werden. So kann dieser Faktor ebenso als Hauptursache für die Unterschiede im Feldaufgang ausgeschlossen werden. Der Faktor Nährstoffversorgung des Keimlings wurde nicht untersucht, jedoch sind die Nährstoffvorräte im Korn ausreichend für eine ungehinderte Keimung der Erbse (KRUG et al. 2002). Erst für eine weitere optimale Entwicklung der Pflanze ist das Nährstoffangebot entscheidend. Basierend auf diesen Faktoren ist fraglich, wodurch der geringe Feldaufgang der Körnererbse in Direktsaat begründet ist. Es könnte mit weiterführenden Untersuchungen zur Intensität der Bodenbearbeitung die notwendig, um einen optimalen Feldaufgang zu erzielen geklärt werden.

### *Entwicklung der Sprossmasse*

Die Entwicklung der Erbsenpflanzen erfolgt in Direktsaat nicht so gut wie nach Pflug oder Grubber, im Mittel lagen die Sprossmassen in Direktsaat stets unter denen nach einer Bodenbearbeitung mit Pflug und Grubber. Diese Entwicklung ist auch mit den Messungen der Lichttransmission übereinstimmend. In Direktsaat wurde eine geringere Abnahme der Lichttransmission beobachtet als nach Pflug und Grubber. Obwohl die Beschattungsleistung sowie die Sprossmassen der Erbse bis zur Ernte zunahmen, konnte ein steter Zuwachs an Unkraut verzeichnet werden. Nach der Blüte der Erbse wurde ein deutlicher Anstieg der Verunkrautung verzeichnet. Hohe Sprossmassen sowie ein gutes Beschattungsvermögen haben nur bedingt eine geringe Verunkrautung zur Folge. Zur Blüte wurde der Nitrogen-Nutrition-Index (NNI) der Erbse aus den N-Gehalten im Spross und der Sprosstrockenmasse berechnet (NEY et al.1997). In keinem Fall waren die Erbsen so gut mit Stickstoff versorgt, dass eine ertragsmindernde Wirkung ausblieb. Der höchste NNI wurde nach Pflug mit im Mittel 0,83 und 0,82 in 2009 und 2010 festgestellt. In Direktsaat sank die Versorgung der Erbse mit Stickstoff deutlich (NNI: 0,66 in 2009 und 0,69 in 2010), so dass der vergleichsweise geringe Ertrag nach Direktsaat auch aus einer niedrigeren N-Konzentration zur Blüte abgeleitet werden kann. Die Körnererbse in Direktsaat zeigte im Vergleich zu Pflug und Grubber ein geringeres Vermögen niedrige Bestandesdichten zu kompensieren. CORRE-HELLOU & CROZAT (2005) stellten in ihren

Untersuchungen fest, dass hohe Unkrauttrockenmassen in Erbse einen geringen NNI zur Folge haben, jedoch anteilig mehr Luftstickstoff fixiert wird. Die gleichen Beobachtungen konnten in diesem Feldversuch gemacht werden.

Die Sprosstrockenmasse des Unkrautes war in beiden Jahren nach Direktsaat signifikant höher als nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug. Nach Untersuchungen von CORRE-HELLOU & CROZAT (2005) konnte festgestellt werden, dass bei Körnererbse eine Bestandesdichte von 80 Pflanzen je m<sup>2</sup> notwendig ist, um das Unkraut so weit zu unterdrücken, dass eine ertragsmindernde Wirkung ausbleibt. Eine vergleichbare Bestandesdichte konnte in beiden Jahren in Direktsaat nicht realisiert werden. In Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber konnte in 2009 und 2010 das Auftreten von einzelnen Rapspflanzen beobachtet werden. In Parzellen mit Direktsaat konnten keine Rapspflanzen festgestellt werden. Die Bodenbearbeitung gab somit offenbar den Impuls zur Keimung der ausgefallenen Rapssamen. Daraus kann ein Vorteil der Direktsaat gegenüber einer intensiven Bodenbearbeitung bei einem hohen Vorrat an Samenunkräutern im Boden abgeleitet werden.

Die Untersaat Erdklee wirkte in allen Systemen der Bodenbearbeitung der Entwicklung von Unkräutern entgegen. ENACHE & ILNICKI (1993) konnten in ihren Untersuchungen zu Erdklee ebenso Unkräuter erfolgreich unterdrücken. Hervorzuheben ist die Möglichkeit mit einer Untersaat mit Erdklee das Wachstum des Unkrautes im Zeitraum zwischen Drusch der Körnererbse und Einsaat des Winterweizens deutlich zu mindern.

### *Kornerträge*

Die Kornerträge der Erbse lagen in 2009 und 2010 nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug signifikant über denen nach Direktsaat. Mit den aus den Handernten gewonnenen Sprossproben wurde ermittelt, dass keine signifikanten Unterschiede in den Komponenten der Ertragsstruktur festgestellt werden konnten. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass der geringe Ertrag nach Direktsaat auf den niedrigeren Feldaufgang im Vergleich zur wendenden Bodenbearbeitung zurückzuführen ist. In 2010 wurden trotz geringeren Feldaufganges im Vergleich zu 2010 im Mittel höhere Kornerträge festgestellt. Die einzelnen Erbsenpflanzen zeigten

hier in 2010 eine höhere Anzahl Hülsen je Pflanze und Körner je Hülse und gleichen somit das ungünstige Auflaufen aus. In Parzellen mit Untersaat Erdklee konnte in beiden Jahren ein geringerer Ertrag der Körnererbse ermittelt werden, im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat. Hier kann möglicherweise durch ein Einbringen der Untersaat zu einem späteren Zeitpunkt diese Wirkung minimiert werden. So wäre es möglich den Zeitraum zwischen Einsaat der Erbse und Einbringen der Untersaat noch zur Unkrautbekämpfung mit einem Striegel zu nutzen.

### *N<sub>min</sub>*

In 2009 konnten über das gesamte Profil hinweg max. ca. 30 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup> zu BBCH 20 der Körnererbse festgestellt werden. In Direktsaat wurden zur Saat der Erbse und zu BBCH 20 geringere N<sub>min</sub>-Vorräte in Direktsaat im Vergleich zu Pflug festgestellt. Bis zur Ernte der Erbse nahmen die N<sub>min</sub>-Vorräte ab, so dass im Zeitraum bis zur Einsaat des Winterweizens nur eine geringe Gefahr der Auswaschung von Stickstoff bestand. Im folgenden Versuchsjahr konnten im Mittel zu allen Terminen der Bodenprobennahme höhere N<sub>min</sub>-Vorräte ermittelt werden. Bis zur Ernte der Körnererbse war ein steter Anstieg bis auf ca. 80 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup> nach Pflug zu beobachten, in Direktsaat bis auf 50 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup>. Hier wurde in Direktsaat weniger Stickstoff mineralisiert und so das Potential der N-Auswaschung gemindert. Die Verminderte Mineralisierung von Stickstoff in Direktsaat konnte ebenso in mehreren Untersuchungen von z.B. BERNER. et al. (2008) und ANKEN et al. (2003) ermittelt werden.

### *N<sub>2</sub>-Fixierleistung*

Die Höhe der N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Körnererbse wurde in 2009 nicht von der Bodenbearbeitung beeinflusst, in 2010 hingegen wurden in Direktsaat 30 kg N<sub>2</sub> weniger fixiert als nach Pflug. In 2009 kompensierte die Erbse das ungünstige Auflaufen in Direktsaat hinsichtlich der N<sub>2</sub>-Fixierleistung. In diesem Jahr konnten nur geringe Mengen N<sub>min</sub> im Boden erhoben werden, die nach Direktsaat nochmals niedriger waren als nach Pflug. Bei geringen N<sub>min</sub>-Vorräten im Boden steigt die Fixierleistung der Körnererbse (PEOPLES et al. 1995). In 2010 wurden bis zum Drusch der Erbse in allen Systemen der Bodenbearbeitung etwa gleich hohe N<sub>min</sub>-Mengen erhoben, so dass von einer erhöhten Fixierleistung der Erbse in Direktsaat nicht auszugehen ist.



### 4.2 Winterweizen

#### *Entwicklung der Sprossmasse*

Die Menge der im Frühjahr 2010 und 2011 erfassten Pflanzen je m<sup>2</sup> wurde in hohem Maße durch die Bodenbearbeitung zur Saat zum Winterweizen beeinflusst. In Direktsaat konnten nur ca. 50 % der Pflanzen im Vergleich zu Pflug und Grubber erfasst werden. Folgend entwickelten sich die Weizenpflanzen nach Direktsaat zu Winterweizen sehr schlecht, es wurden über alle Probennahmen hinweg nur sehr geringe Zuwächse der Sprosstrockenmasse verzeichnet. Nach Pflug und Grubber zur Saat des Winterweizens konnten hingegen stete Zunahmen der Sprosstrockenmasse ermittelt werden. In 2010 konnte ein negativer Einfluss der Rücknahme der Bodenbearbeitung zur Erbse verzeichnet werden, je weniger intensiv die Unkrautregulierung über die Bodenbearbeitung zur Erbse war, umso höher war die in im Weizen erhobenen Unkrautmengen. In 2011 wurde kein Einfluss der Bodenbearbeitung zu Erbse auf das Wachstum von Unkräutern festgestellt. Nach Pflug zur Saat des Weizens wurden stets geringere Unkrauttrockenmassen verzeichnet als nach Direktsaat. Diese Ergebnisse decken sich mit vergleichbaren Untersuchungen von KETTLER et al. (2000). Hier konnte mit einmaligem Pflügen in Direktsaat das Unkraut für mindesten 3 Jahre deutlich reduziert und so höhere Erträge erzielt werden.

In Parzellen mit einer Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber konnten kaum Zunahmen der Unkrauttrockenmassen beobachtet werden. Nach Direktsaat zu Winterweizen wurde ein kontinuierlicher Anstieg der Sprosstrockenmasse des Unkrautes verzeichnet. Im Winterweizen konnte eine sehr starke Vermehrung der Quecke beobachtet werden. ANDERSON (2008) machte in seinen Untersuchungen zur Unkrautregulierung in Direktsaat ähnliche Beobachtungen, eine starke Vermehrung, vor allem der Ungräser, konnte erst in der 2. Hauptkultur festgestellt werden. Des Weiteren traten in Winterfrüchten stets höhere Mengen an Ungräsern auf als in Sommerfrüchten, da Kulturen wie Winterweizen einen ähnlichen Entwicklungszyklus besitzen wie überjährige Ungräser und so eine Regulierung schlecht möglich ist. In anderen Untersuchungen zur Direktsaat von Winterweizen und Hirse von WICKS et al. (1988) wurde ein deutlicher Rückgang des Unkrautes erst nach mehreren Jahren Direktsaat festgestellt.

### *Kornerträge*

Die Kornerträge des Winterweizens nach Direktsaat zu Winterweizen lagen oftmals nicht in der Höhe der Aussaatstärke. Hier konnte wie bereits von ANDERSON (2008) beobachtet werden, dass die Unkrautrockenmassen in Wintergetreidekulturen sprunghaft ansteigen und so im Vergleich zu Sommergetreiden deutlich geringere Erträge erzielt werden. Eine ähnliche Beobachtung wurde auch bei den im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführten Versuchen gemacht. Die Referenzfrucht Sommergerste wies nach Direktsaat in 2010 einen Kornertrag von  $36,2 \text{ dt ha}^{-1}$  und nach Pflug  $41,6 \text{ dt ha}^{-1}$  auf, zusätzlich konnten nur geringe Unkrautmassen in allen Systemen der Bodenbearbeitung verzeichnet. Bei Direktsaat zu Winterweizen konnten weniger Ähren je  $\text{m}^2$  als Pflanzen nach Überwinterung gezählt. Das bedeutet, dass nur ein geringer Teil der überwinterten Pflanzen auch zur Ausbildung von Ähren kam. Durch die verzögerte Mineralisierung bei verminderter Intensität der Bodenbearbeitung konnten jedoch, entgegen der Arbeitshypothese keine höheren Kornproteingehalte des Weizens erzielt werden.

### *N<sub>min</sub>*

Zur Saat des Winterweizens in 2010 konnten im Mittel nicht über  $20 \text{ kg N}_{\text{min}} \text{ ha}^{-1}$  festgestellt werden, bis zum Vegetationsbeginn in 2011 wurden ca.  $25 \text{ kg N}_{\text{min}} \text{ ha}^{-1}$  mineralisiert. In Parzellen mit Direktsaat zur Erbse wurde dabei im Mittel weniger mineralisiert. Ein deutlicher Unterschied konnte bei der Bodenbearbeitung zur Saat des Weizens festgestellt werden. Nach Direktsaat konnte hier eine deutliche Verzögerung der Mineralisierung und damit verbunden ein verringertes Risiko der Stickstoffauswaschung verzeichnet werden. In Untersuchungen von BERNER et al. (2008), ANKEN et al. (2003) und ZIHLMANN & WEISSKOPF (2006) konnte stets eine verzögerte und insgesamt geringere Mineralisierung von Stickstoff bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat festgestellt werden.

### 4.3 <sup>15</sup>N-Anreicherung

Die Anreicherung von Weizen mit Isotopenstickstoff mittels angereicherten Sprossmaterial des Erdkleees ist gut möglich. Es konnten in den Teilflächen in denen angereicherte Erdkleeessprossmasse ausgebracht wurde stets höhere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte gemessen werden im Vergleich zu nicht angereicherten Teilflächen. Mit Rücknahme der Bodenbearbeitungsintensität zur Saat des Winterweizens wurde die Mineralisierung von Stickstoff aus der Mulchmasse des Erdkleees deutlich gehemmt. Keine deutliche Wirkung auf die Mineralisierung von N aus dem Erdkleeesspross hatte die Bodenbearbeitung zur Saat der Vorfrucht Körnererbse.

### 4.4 Rhizodeposition

Aus den Untersuchungen ist zu schlussfolgern, dass über die Rhizodeposition bei Erdklee zwischen 6,5 und 11,5 % des in Spross und Wurzel befindlichen Stickstoffs zusätzlich während des Wachstums in den Boden abgegeben wird. Um diese Anteile erhöht sich damit insgesamt beim Anbau des Erdkleees in den Boden eingetragenen N-Mengen aus der Symbiose.

### 4.5 Betriebswirtschaft

Es konnten stets geringere Deckungsbeiträge nach Direktsaat als nach Pflug oder Grubber verzeichnet werden. Dies wurde durch die niedrigeren Erträge nach Direktsaat verursacht. Im Rahmen der Erhebung der Deckungsbeiträge wurden langfristig positive Effekte der Direktsaat wie Erhöhung der organischen Substanz, Erosionsminderung und weniger Arbeitszeitbedarf im Frühjahr und Herbst nicht monetär bewertet. Die geringere Ertragsleistung der Körnererbse sowie des Winterweizens in Direktsaat konnte nicht durch einen geringeren Kostenaufwand oder einen Anstieg der Qualität kompensiert werden. Eine Untersaat mit Erdklee ist durch hohe Saatgutpreise kostenintensiv. In Parzellen mit Untersaat wurde weniger Unkraut festgestellt, jedoch wirkte die Untersaat leicht ertragsmindernd auf die Erbse, in der folgenden Frucht Winterweizen konnte kein positiver Effekt auf die Unkräuter festgestellt werden, so dass das Einbringen einer Untersaat mit Erdklee aus betriebswirtschaftlicher Sicht kurzfristig nicht sinnvoll erscheint.

### 5. Geplante und erreichte Ziele

Die im Projektantrag geplanten Ziele konnten erreicht werden. Die Analysen der C/N-Werte des Winterweizens und des  $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens konnte nicht bis zur Abgabe Schlussberichtes fertiggestellt werden. Diese Ergebnisse, sowie die auf den C/N-Gehalten basierenden Berechnungen zu Kornproteingehalt, N-Harvest-Index und  $^{15}\text{N}$ -Anreicherung des Weizens werden nachgereicht. Zusätzlich zu den im Projektantrag geplanten Probennahmen und Analysen wurden zusätzlich Spross- und Bodenprobennahmen sowie weitere Datenerhebungen realisiert (Tab. 26).

Tab. 26: Zusätzlich im Projekt erhobene Daten und Probennahmen

	Probennahmen
Bodenproben	$N_{\min}$ unter Erbse zu BBCH 20 und 65 in 2009 und 2010
Sprossproben	TM Erbse, Unkraut und Untersaat zu BBCH 20 und 65 in 2009 und 2010
	Datenerhebung
Bodentemperatur	4 Messungen im Zeitraum des Auflaufens 2009 und 2010
Bodenfeuchte	zu jeder Bodenprobennahme 2009, 2010 und 2011
Lagerungsdichte	2009 und 2010
Ertragsstruktur	Erbse in 2009 und 2010 Winterweizen in 2010 und 2011
$N_2$ -Fixierleistung	Erbse zu BBCH 20 und 65 in 2009 und 2010

Die Ergebnisse des Teilprojektes wurden im Jahr 2010 auf der 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Hohenheim, 2011 auf der 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Gießen und der 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Kiel vorgestellt sowie auf einer Reihe von Fachveranstaltungen für die landwirtschaftliche Praxis und Beratung vorgestellt. Am 22.06.2010 waren im Rahmen einer Fachexkursion Mitglieder der AG Agrar- und Produktionsökologie am Versuchsstandort Pinkowitz zu Gast, so dass Ergebnisse des Versuchsvorhabens vor Ort vorgestellt und diskutiert wurden. Am 31.05.2011 wurde ein Feldtag zur Bodenbearbeitung und Direktsaat im ökologischen Landbau gemeinsam mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft

und Ökologie durchgeführt und die Ergebnisse des Forschungsvorhabens vorgestellt.

### 6. Zusammenfassung

Das Pflügen birgt die Gefahr einer erhöhten Bodenerosion durch Wind und Wasser sowie einer Verdichtung im Wurzelbereich der Pflanze. Um diesen negativen Effekten der wendenden Bodenbearbeitung entgegenzuwirken wurde ein Feldversuch angelegt, um die Wirkung einer reduzierten Bodenbearbeitung und einer Untersaat mit Erdklee auf den Ertrag, N<sub>2</sub>-Fixierleistung und die Unkrautentwicklung im Fruchtfolgeglied Erbse-Winterweizen zu untersuchen. In Pinkowitz (bei Dresden) wurde die Körnererbse nach einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug oder Grubber, oder ohne Bodenbearbeitung in Direktsaat eingebracht. Eine Woche nach Einsaat der Körnererbse wurde eine Untersaat mit Erdklee eingebracht. Nach Ernte der Erbse wurde im Oktober Winterweizen nach Pflug oder Grubber, oder in Direktsaat, jedoch quer zur Bodenbearbeitung zur Körnererbse eingesät. Das Wachstum der Kulturpflanzen und des Unkrautes, sowie die Nmin-Mengen im Boden wurden zu 2 Zeiternten und zur Reife der Erbse und des Weizens erfasst. Direktsaat hatte einen negativen Einfluss auf den Feldaufgang der Körnererbse. Die geringere Bestandesdichte nach Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Grubber konnte nicht vollständig durch Erhöhung der Körner je Hülse oder das Tausendkorngewicht kompensiert werden. Ein signifikant negativer Effekt auf der reduzierten Bodenbearbeitung und der Direktsaat auf die N<sub>2</sub>-Fixierleistung konnte nicht gefunden werden. Die Untersaat Erdklee in Erbse unterdrückte in allen Systemen der Bodenbearbeitung gleichermaßen das Wachstum von Unkräutern, ohne sich deutlich negativ auf das Wachstum der Körnererbse auszuwirken. Winterweizen in Direktsaat entwickelt sich sehr schlecht und wies nur einen sehr geringen Kornertrag auf. Zusätzlich zeigte sich ein stark erhöhtes Wachstum von Unkräutern nach Direktsaat zu Winterweizen unabhängig von einer Untersaat in der Vorfrucht Körnererbse, welches den Weizen fast vollständig zurückdrängte.

#### *Abstract*

*Ploughing bears a raised risk of the erosion by wind and water as well as the danger of soil compaction. To counteract these effects of turning soil tillage a field test was investigated to determine the influence of reduced soil tillage and undersowing of subterranean clover on yield of pea and wheat and N<sub>2</sub> fixation of pea; as well the weed development was examined. At Pinkowitz (near Dresden) pea was seeded*

*after a cover crop of oats and sunflower in three different tillage systems: after plow or cultivator, or without any soil tillage (direct seeding). One week later subterranean clover was undersown into emerging pea crop stands. After pea winterwheat was sown in october after plow, cultivator or with direct seeding but across the cultivation toward pea. The plant growth as well the N<sub>min</sub> stock in soil was ascertained at two points in time, and on ripeness of pea and winterwheat. Direct seeding had a negative effect on the number of pea plants per m<sup>2</sup>. The lower density of peas after direct seeding in comparison with pea growth after soil tillage could not fully compensated by higher seed numbers per plant or seed weight. A negative effect of reduced soil tillage or direct seeding on N<sub>2</sub> fixation of pea could not be found. Undersowing subterranean clover into pea could reliably reduce the growth of weeds equally. Besides, undersowing had no strong effect on growth of pea. Winterwheat sown with no-till had a low increase of shoot and a very low grain yield in comparison to wheat after plow or cultivator. In addition there was a greatly increased of weeds after no till to winter wheat regardless of undersowing subterranean clover in pea, which pushed back the wheat almost completely.*

## 7. Literaturverzeichnis

- ANDERSON, R.L. (2008): Diversity and No-till: Keys for Pest Management in the U.S. Great Plains. *Weed Science* 56, 141-145.
- ANKEN, T.; WALTHER, U.; WEISSKOPF, P.; NIEVERGELT, J.; STAMP, P.; SCHMID, O. MÄDER, P (2003): Nitrogen dynamics, nitrate leaching and plant development using mouldboard ploughing and no-tillage cultivating techniques. Beitrag zur 16. ISTRO conference, 13-18. Juli Brisbane.
- 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, 89-96.
- BÖHRENSSEN, A. (1997): Untersuchungen zur Direktsaat von Winterraps und Winterweizen nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung der Vorfruchtreste. Dissertation an der Justus Liebig Universität Giessen.
- CORRE-HELLOU, G.; CROZAT, Y (2005): N<sub>2</sub> fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy* 22, 449-458.
- ENACHE, A.J.; ILNICKI, R.D. (1993): Subterranean Clover: Nitrogen Contribution. Aus: Paoletti, M.; Foissner, W.; Coleman, D. (1993): *Soil Biota, nutrient cycling, and farming systems*. Lewis Publishers: Boca Raton.
- FORTIN, M. C. (1992): Soil Temperature, Soil Water, and No-Till Corn Development Following In-Row Residue Removal. *Agronomy Journal* 85, 571-576.
- FUCHS, R.; REHM, A. (2008): *Ökologischer Landbau – Sortenversuche zu Winterweizen*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz: Freising.
- GALL, C.; SCHÜLE, T.; KÖLLER, K. (2009): Systemvergleich Direktsaat. *Landtechnik* 3/2009, 172-174.
- JOHNSON, M. D.; LOWERY B. (1984): Effect of Three Conservation Tillage Practices on Soil Temperature and Thermal Properties. *Soil Science Society of America Journal* 49, 1547-1552.
- KETTLER, T.A.; LYON, D.J.; DORAN, J.W.; POWERS, W.L.; STROUP, W.W (2000): Soil Quality Assesment after Weed-Control Tillage in a No-Till Wheat-Fallow Cropping System. *Soil Sci. Am. J.* 64, 338-346.



- KRUG, H.; LIEBIG, H.-P., STÜTZEL, H. (2002): Gemüseproduktion. Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart.
- KTBL (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag: Münster.
- KUNZEA, A.; KAISERA, M.; STRAŇÁKA, A. (1966): Einfluß der Lagerungsdichte des Bodens auf Keimung und Entwicklung von Sommergerste. Archives of Agronomy and Soil Science 10, 927-938.
- MUNZERT, M. (1992): Einführung in das Pflanzenbauliche Versuchswesen. Verlag Paul Parey: Berlin und Hamburg.
- NEY, B.; DORE, T., SAGAN, M. (1997): The nitrogen requirement of major agricultural crops: grain legumes. Aus: LEMAIRE, G.: Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops. Springer Verlag: Berlin, 151-166.
- PEOPLES, M.B.; LADHA, J.K.; HERRIDGE, D.F. (1995): Enhancing legume N<sub>2</sub> fixation through plant and soil management. Plant and Soil 174, 83-101.
- SCHMIDTKE, K. (2005a): A model to predict the accuracy of measurements of legume N rhizodeposition using a split-root technique. Soil Biology and Biochemistry 37 (5), S. 829–836.
- SCHMIDTKE, K. (2005b): How to calculate nitrogen rhizodeposition: a case study in estimating N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous <sup>15</sup>N labelling split-root technique. Soil Biology and Biochemistry 37, S. 1893–1897.
- SCHMIDTKE, K. (2011): Exaktversuche mit Direktsaattechnologie – erste praktische Erfahrungen mit dem „Cross-Slot“-Scharsystem. Tagungsband zur 42. DLG-Technikertagung in Soest, Arbeitsgruppe „Feldversuche“ des DLG-Ausschusses „Versuchswesen in der Pflanzenproduktion“, G. Stemann (Hrsg.), 91-94.
- STREIT, B. (2005): Optimierung von Direktsaatssystemen durch angepasste Saattechnik und Fruchtfolgen. Beitrag zum: Fachgespräch „Konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat“ am 03.11.2009 in Leipzig.
- STÜLPNAGEL, R., (1982): Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Z. Acker- u. Pflanzenbau 151, 446-458.
- WICKS, G.A.; SMIKA, D.E.; HERGERT, G.W. (1988): Long-term effects of no-tillage in a winter wheat (*Triticum aestivum*)-sorghum (*Sorghum bicolor*)-fallow rotation. Weed Science 36, 382-393.

ZIHLMANN, U.; WEISSKOPF, P. (2006): Stickstoffdynamik im Boden bei Direktsaat und Pflug. Agrarforschung 13, 198-203.

## 8. Anhang

Abb. A1: Versuchsplan Versuch Körnererbse in 2009 und 2010	84
Abb. A2: Versuchsplan Winterweizen in 2010 und 2011	85
Abb. A3: Pflug 15.06.09	88
Abb. A4: Pflug 27.07.09	88
Abb. A5: Pflug 07.08.09	88
Abb. A6: Grubber 15.06.09	88
Abb. A7: Grubber 27.07.09	89
Abb. A8: Grubber 07.08.09	89
Abb. A9: Direktsaat 15.06.09	89
Abb. A10: Direktsaat 27.07.09	89
Abb. A11: Direktsaat 07.08.09	90
Abb. A12: Cross slot Säaggregat	90
Abb. A13: Cross slot Säschar	91
Abb. A14: Direktsaat parzellendrillmaschine des Zentrums für angewandte Wissenschaft und Technologie an der HTW-Dresden	91
Tab. A1: Termine der Messung der Bodentemperatur in beiden Versuchsreihen	96
Tab. A2: Termine der Lichttransmissionsmessungen im Körnererbsenbestand in beiden Versuchsreihen	96
Tab. A3: Bodenfeuchte [%] am 19.05.2010 in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat	96
Tab. A4: TM-Angaben des <sup>15</sup> N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung	97
Tab. A5: N-Gehalte des <sup>15</sup> N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung	98
Tab. A6: Deckungsbeiträge aller Fruchtfolgeglieder (2 ha Schlag)	92 ff
Tab. A6: Deckungsbeiträge aller Fruchtfolgeglieder (20 ha Schlag)	95 ff

## Anhang

1a			5a			3a		
1b			5b			3b		
1c	2E	1E	5c	6E	5E	3c	4E	3E

5a			1a			3a		
5b			1b			3b		
5c	5E	6E	1c	1E	2E	3c	3E	4E

3a			5a			1a		
3b			5b			1b		
3c	4E	3E	5c	6E	5E	1c	2E	1E

1a			3a			5a		
1b			3b			5b		
1c	1E	2E	3c	3E	4E	5c	5E	6E

	Bodenbearbeitung zur Erbse	Untersaat	Bodenbearbeitung zum Weizen
1E	Pflug	ohne	
2E	Pflug	mit	
3E	Grubber	ohne	
4E	Grubber	mit	
5E	Direktsaat	ohne	
6E	Direktsaat	mit	

Abb. A1: Versuchsplan Versuch Körnererbse in 2009 und 2010

## Anhang

	5W	2W		17W	14W		11W	8W
	6W	3W		18W	15W		12W	9W
	4W	1W		16W	13W		10W	7W

	14W	17W		8W	11W		2W	5W
	13W	16W		7W	10W		1W	4W
	15W	18W		9W	12W		3W	6W

	10W	7W		16W	13W		4W	1W
	12W	9W		18W	15W		6W	3W
	11W	8W		17W	14W		5W	2W

	3W	6W		9W	12W		15W	18W
	2W	5W		8W	11W		14W	17W
	1W	4W		7W	10W		13W	16W

	Bodenbearbeitung zur Erbse	Untersaat	Bodenbearbeitung zum Weizen
1W	Pflug	ohne	Pflug
2W	Pflug	ohne	Grubber
3W	Pflug	ohne	Direktsaat
4W	Pflug	mit	Pflug
5W	Pflug	mit	Grubber
6W	Pflug	mit	Direktsaat
7W	Grubber	ohne	Pflug
8W	Grubber	ohne	Grubber
9W	Grubber	ohne	Direktsaat
10W	Grubber	mit	Pflug
11W	Grubber	mit	Grubber

## Anhang

12W	Grubber	mit	Direktsaat
13W	Direktsaat	ohne	Pflug
14W	Direktsaat	ohne	Grubber
15W	Direktsaat	ohne	Direktsaat
16W	Direktsaat	mit	Pflug
17W	Direktsaat	mit	Grubber
18W	Direktsaat	mit	Direktsaat

Abb. A2: Versuchsplan Winterweizen in 2010 und 2011

Tab. A1: Termine der Messung der Bodentemperatur in beiden Versuchsreihen

	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe
1. Messung	19.04.2009	14.04.2010
2. Messung	25.04.2009	19.04.2010
3. Messung	07.05.2009	07.05.2010
4. Messung	20.05.2009	22.05.2010

Tab. A2: Termine der Lichttransmissionsmessungen im Körnererbsen-bestand in beiden Versuchsreihen

	1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe
1. Messung	17.05.2009	07.05.2010
2. Messung	01.06.2009	29.05.2010
3. Messung	08.06.2009	08.06.2010
4. Messung	17.06.2009	23.06.2010
5. Messung	23.07.2009	28.07.2010

Tab. A3: Bodenfeuchte [%] am 19.05.2010 in Abhängigkeit einer differenzierten Grundbodenbearbeitung und einer Untersaat

	Pflug	Grubber	Direktsaat	Mittel
ohne Untersaat	25,9	25,1	24,1	25,1
mit Untersaat	25,1	25,0	24,5	24,9
Mittel	25,5	25,1	24,3	

Tab.A4: TM-Angaben des <sup>15</sup>N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung

	Gesamt- Wurzel-TM [g] ↓ n.T.	TM		Gesamt- Pflanzen-TM [g]
		Wurzel <sub>Bodengefäß</sub> / Gesamt Wurzel-TM <sup>1)</sup>	Spross-TM [g]	
ohne Strohdüngung	3,6 a	0,28 a	6,2 a	10,0 a
mit Strohdüngung	3,2 a	0,50 a	3,4 b	6,8 a
<i>P</i> -Wert	0,6115	0,4642	0,0182	0,0787

gleiche Buchstaben kennzeichnen nicht signifikante Mittelwertdifferenzen – Tukey-Test  $\alpha=0,05$

<sup>1)</sup> gew. Mittel

Tab. A5: N-Gehalte des <sup>15</sup>N-angereicherten Erdklee unter Einfluss einer Strohdüngung

	N-Gehalt		
	Wurzel <sub>Bodengefäß</sub> ↓ [%]	N-Gehalt Wurzel <sub>Vermiculitgefäß</sub> [%]	N-Gehalt Spross [%]
ohne Strohdüngung	1,51 a	1,26 a	3,95 a
mit Strohdüngung	0,65 a	1,00 a	3,55 b
<i>P</i> -Wert	0,0733	0,493	0,0022

gleiche Buchstaben kennzeichnen nicht signifikante Mittelwertdifferenzen – Tukey-Test  $\alpha=0,05$

Abb. A3: Pflug 15.06.09



Abb. A4: Pflug 27.07.09



Abb. A5: Pflug 07.08.09



Abb. A6: Grubber 15.06.09

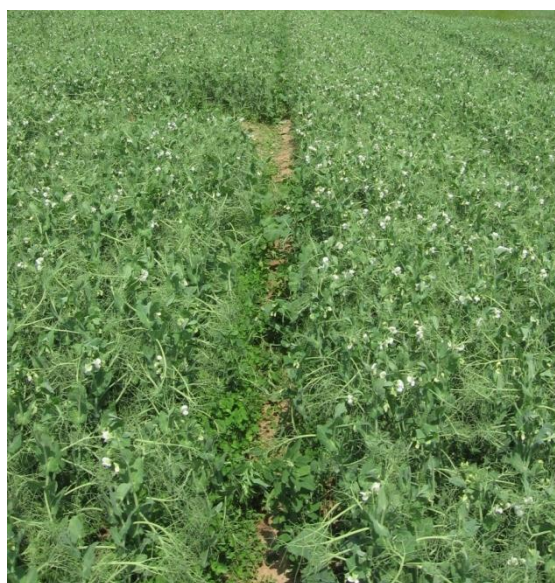




Abb. A7: Grubber 27.07.09



Abb. A8: Grubber 07.08.09



Abb. A9: Direktsaat 15.06.09



Abb. A10: Direktsaat 27.07.09



Abb. A11: Direktsaat 07.08.09



Abb. A12: Cross slot Säaggreat



Abb. A13: Cross slot Säschar



Abb. A14: Direktsaat parzellendrillmaschine des Zentrums für angewandte Wissenschaft und Technologie an der HTW-Dresden



## Anhang

Arbeits erledigungskosten = Maschinen- und Lohnkosten

Saatgutkosten: Hafer 76 €/dt, Sonnenblume €/dt, Erbse 82 €/dt, Winterweizen 64 €/dt, Erdklee 570 €/dt

Aussaatstärke: H 325 k/m<sup>2</sup>, SB 32 k/m<sup>2</sup>, E 95 k/m<sup>2</sup>, WW 325 k/m<sup>2</sup>, Erdklee 2000 k/m<sup>2</sup>

Aussaatmengen: H 1.05 dt/ha, SB 0.13 dt/ha, E 2.6 dt/ha, WW 1.6 dt/ha, Erdklee 0.15

**Kalkulationsgrundlage Schlaggröße 2 ha, Hof-Feld 2000 m, Feld-Feld 750 m**

Traktor 112 PS

Pflug 4-Schar Anbaudrehpflug

Grubber 3 m AB

	Zwischenfrucht
	Pflug
	Grubber
	Direktsaat

Produktionsverfahren		ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF
Ertrag Rohware (nass)										
Ertrag netto	dt/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Preis	€/dt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Saatgut	dt/ha									
Preis Saatgut	€/dt									
Saatgutkosten	€/ha	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	94.65	94.65	94.65	94.65	94.65	94.65	94.65	94.65	94.65
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>∑ Arbeitserledigungskosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>	<b>149.31</b>
Hagelversicherung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>∑ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>	<b>230.95</b>
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>	<b>-230.95</b>

## Anhang

Produktionsverfahren		E Pflug	E Pflug	E Pflug	E Grubber	E Grubber	E Grubber	E DS	E DS	E DS	Unterssat
Ertrag Rohware (nass)											
Ertrag netto	dt/ha	34.00	34.00	34.00	30.00	30.00	30.00	25.00	25.00	25.00	0.00
Preis	€/dt	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>1020.00</b>	<b>1020.00</b>	<b>1020.00</b>	<b>900.00</b>	<b>900.00</b>	<b>900.00</b>	<b>750.00</b>	<b>750.00</b>	<b>750.00</b>	<b>0.00</b>
Saatgut	dt/ha	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	0.15
Preis Saatgut	€/dt	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	570.00
Saatgutkosten	€/ha	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	85.50
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	95.65	95.65	95.65	46.29	46.29	46.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	54.66	79.76	79.76	79.76	30.02
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	0.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
∑ Arbeitserledigungskosten	€/ha	273.31	273.31	273.31	223.95	223.95	223.95	202.76	202.76	202.76	33.02
Hagelversicherung	€/ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.00
<b>∑ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>516.51</b>	<b>516.51</b>	<b>516.51</b>	<b>467.15</b>	<b>467.15</b>	<b>467.15</b>	<b>445.96</b>	<b>445.96</b>	<b>445.96</b>	<b>118.52</b>
<b>Direktzahlungen</b>											
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>503.49</b>	<b>503.49</b>	<b>503.49</b>	<b>432.85</b>	<b>432.85</b>	<b>432.85</b>	<b>304.04</b>	<b>304.04</b>	<b>304.04</b>	<b>-118.52</b>

## Anhang

Produktionsverfahren		WW P	WW G	WW DS	WW P	WW G	WW DS	WW P	WW G	WW DS
Ertrag Rohware (nass)										
Ertrag netto	dt/ha	26.90	22.80	4.40	23.80	18.50	2.90	17.90	16.30	2.50
Preis	€/dt	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>564.90</b>	<b>478.80</b>	<b>92.40</b>	<b>499.80</b>	<b>388.50</b>	<b>60.90</b>	<b>375.90</b>	<b>342.30</b>	<b>52.50</b>
Saatgut	dt/ha	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Preis Saatgut	€/dt	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
Saatgutkosten	€/ha	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	95.65	46.29	0.00	95.65	46.29	0.00	95.65	46.29	0.00
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	54.66	54.66	79.76	54.66	54.66	79.76	54.66	54.66	79.76
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
∑ Arbeitserledigungskosten	€/ha	273.31	223.95	202.76	273.31	223.95	202.76	273.31	223.95	202.76
Hagelversicherung	€/ha	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00
<b>∑ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>421.71</b>	<b>372.35</b>	<b>351.16</b>	<b>421.71</b>	<b>372.35</b>	<b>351.16</b>	<b>421.71</b>	<b>372.35</b>	<b>351.16</b>
<b>Direktzahlungen</b>										
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>143.19</b>	<b>106.45</b>	<b>-258.76</b>	<b>78.09</b>	<b>16.15</b>	<b>-290.26</b>	<b>-45.81</b>	<b>-30.05</b>	<b>-298.66</b>
		<b>P/P</b>	<b>P/G</b>	<b>P/DS</b>	<b>G/P</b>	<b>G/G</b>	<b>G/DS</b>	<b>DS/P</b>	<b>DS/G</b>	<b>DS/DS</b>
<b>∑ DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>415.73</b>	<b>378.99</b>	<b>13.78</b>	<b>279.99</b>	<b>218.05</b>	<b>-88.36</b>	<b>27.28</b>	<b>43.04</b>	<b>-225.57</b>

Daten für 2 ha Schläge

## Anhang

Arbeiterledigungskosten = Maschinen- und Lohnkosten

Saatgutkosten: Hafer 76 €/dt, Sonnenblume 1256 €/dt, Erbse 82 €/dt, Winterweizen 64 €/dt, Erdklee 570 €/dt

Aussaatzstärke: H 325 k/m<sup>2</sup>, SB 16 k/m<sup>2</sup>, E 95 k/m<sup>2</sup>, WW 325 k/m<sup>2</sup>, Erdklee 2000 k/m<sup>2</sup>

Aussaatzmengen: H 1.05 dt/ha, SB 0.065 dt/ha, E 2.6 dt/ha, WW 1.6 dt/ha, Erdklee 0.15

**Kalkulationsgrundlage Schlaggröße 20 ha, Hof-Feld 4000 m, Feld-Feld 2000 m**

Traktor: 160 PS

Pflug 6-Schar Aufsatteldrehpflug

Grubber 4m AB

	Zwischenfrucht
	Pflug
	Grubber
	Direktsaat

Produktionsverfahren		ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF
Ertrag Rohware (nass)										
Ertrag netto	dt/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Preis	€/dt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Saatgut	dt/ha									
Preis Saatgut	€/dt									
Saatgutkosten	€/ha	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64	81.64
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	72.36	72.36	72.36	72.36	72.36	72.36	72.36	72.36	72.36
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Σ Arbeiterledigungskosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>	<b>118.31</b>
Hagelversicherung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Σ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>-199.95</b>	<b>-199.95</b>	<b>-199.95</b>	<b>-199.95</b>	<b>-199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>199.95</b>	<b>-199.95</b>	<b>-199.95</b>

# Anhang

Produktionsverfahren		E Pflug	E Pflug	E Pflug	E G	E G	E G	E DS	E DS	E DS	Untersaat
Ertrag Rohware (nass)											
Ertrag netto	dt/ha	34.00	34.00	34.00	30.00	30.00	30.00	25.00	25.00	25.00	0.00
Preis	€/dt	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>1020.0</b>	<b>1020.00</b>	<b>1020.00</b>	<b>900.00</b>	<b>900.00</b>	<b>900.00</b>	<b>750.00</b>	<b>750.00</b>	<b>750.00</b>	<b>0.00</b>
Saatgut	dt/ha	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	0.15
Preis Saatgut	€/dt	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	570.00
Saatgutkosten	€/ha	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	213.20	85.50
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	72.36	72.36	72.36	36.29	36.29	36.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	62.31	62.31	62.31	22.23
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	0.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
∑ Arbeitserledigungskosten	€/ha	243.31	243.31	243.31	207.24	207.24	207.24	187.31	187.31	187.31	22.23
Hagelversicherung	€/ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.00
<b>∑ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>486.51</b>	<b>486.51</b>	<b>486.51</b>	<b>450.44</b>	<b>450.44</b>	<b>450.44</b>	<b>430.51</b>	<b>430.51</b>	<b>430.51</b>	<b>107.73</b>
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>533.49</b>	<b>533.49</b>	<b>533.49</b>	<b>449.56</b>	<b>449.56</b>	<b>449.56</b>	<b>319.49</b>	<b>319.49</b>	<b>319.49</b>	<b>-107.73</b>



# Anhang

Produktionsverfahren		WW P	WW G	WW DS	WW P	WW G	WW DS	WW P	WW G	WW DS
Ertrag Rohware (nass)										
Ertrag netto	dt/ha	26.90	22.80	4.40	23.80	18.50	2.90	17.90	16.30	2.50
Preis	€/dt	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
<b>Marktleistung</b>	<b>€/ha</b>	<b>564.90</b>	<b>478.80</b>	<b>92.40</b>	<b>499.80</b>	<b>388.50</b>	<b>60.90</b>	<b>375.90</b>	<b>342.30</b>	<b>52.50</b>
Saatgut	dt/ha	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Preis Saatgut	€/dt	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
Saatgutkosten	€/ha	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40	102.40
Handelsdünger	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pflanzenschutz	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grundbodenbearbeitung	€/ha	72.36	36.29	0.00	72.36	36.29	0.00	72.36	36.29	0.00
Saatbettbereitung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Saat	€/ha	45.95	45.95	62.31	45.95	45.95	62.31	45.95	45.95	62.31
Gülle fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stallmist fahren	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hacken	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drusch	€/ha	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Korn abfahren/abladen	€/ha	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
∑ Arbeitserledigungskosten	€/ha	245.31	209.24	189.31	245.31	209.24	189.31	245.31	209.24	189.31
Hagelversicherung	€/ha	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Trocknung	€/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reinigung/Aufbereitung	€/ha	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00
<b>∑ var. Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>393.71</b>	<b>357.64</b>	<b>337.71</b>	<b>393.71</b>	<b>357.64</b>	<b>337.71</b>	<b>393.71</b>	<b>357.64</b>	<b>337.71</b>
<b>DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>171.19</b>	<b>121.16</b>	<b>245.31</b>	<b>106.09</b>	<b>30.86</b>	<b>276.81</b>	<b>-17.81</b>	<b>-15.34</b>	<b>-285.21</b>
		<b>P/P</b>	<b>P/G</b>	<b>P/DS</b>	<b>G/P</b>	<b>G/G</b>	<b>G/DS</b>	<b>DS/P</b>	<b>DS/G</b>	<b>DS/DS</b>
<b>∑ DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>504.73</b>	<b>454.70</b>	<b>88.23</b>	<b>355.70</b>	<b>280.47</b>	<b>-27.20</b>	<b>101.73</b>	<b>104.20</b>	<b>-165.67</b>

