



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

# ABSCHLUSSBERICHT

Entwicklung von Feldhygienekonzepten zur Sicherung  
einer nachhaltigen Rapsproduktion

Autoren

Dr. Simone Dohms, Dr. Holger Kreye

Dr. Simone Dohms, Dr. Holger Kreye

## **Entwicklung von Feldhygienekonzepten zur Sicherung einer nachhaltigen Rapsproduktion**

**Projekt Nr. 2200/16**

**Projektzeitraum:** 01.07.2010 – 31.03.2013

**Berichtzeitraum:** 01.07.2010 – 31.03.2013

**Gefördert durch:**

**UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.)**

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Material Methoden
  - 2.1 Standorte
    - 2.1.1 Versuche zur Kohlflye
    - 2.1.2 Versuche zur Kohlhernie
    - 2.1.3 Versuche zum N-min Gehalt im Boden
  - 2.2 Befallsbonitur im Feld
    - 2.2.1 Kohlflye
    - 2.2.2 Kohlhernie
    - 2.2.3 Schnecken
    - 2.2.4 Phoma und andere Krankheiten
  - 2.3 Erfassung pflanzenmorphologischer Parameter
  - 2.4 Gewächshausversuche
    - 2.4.1 Herstellung von Inokulum
    - 2.4.2 Bestimmung der Sporendichte
    - 2.4.3 Inokulation
    - 2.4.4 Temperaturversuch zum Kohlherniebefall
    - 2.4.5 Bestimmung der Wasserhaltekapazität
    - 2.4.6 Bodenfeuchteversuch zum Kohlherniebefall
    - 2.4.7 Zeitliche Behandlung der mit Kohlhernie befallenen Rapspflanzen (Glyphosatversuch)
    - 2.4.8 Re-isolation von Sporen und Re-inokulation von Rapspflanzen
  - 2.5 Statistik
3. Ergebnisse
  - 3.1 Wetter im Untersuchungszeitraum 2010-2012
  - 3.2 Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Schlupf der Kohlflye
  - 3.3 Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Kohlhernie am Ausfallraps
  - 3.4 Entwicklung der Kohlhernie in Abhängigkeit von der Witterung und von der Bodenbearbeitung
  - 3.5 Einfluss von Temperatur und Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Kohlhernie
  - 3.6 Einfluss unterschiedlicher Abtötung des Ausfallraps auf die Entwicklung der Kohlhernie

- 3.7 Reisolation der gewonnenen Sporen und Re-Inokulation von Pflanzen
- 3.8 Befallsbonituren weiterer Schädlinge im Feld
- 3.9 Pflanzenentwicklungen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung
- 3.10 Nmin Untersuchungen
- 4. Zusammenfassung
- 5. Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes
- 6. Anhang
- 7. Literatur

## 1. Einleitung

Die konservierende Bodenbearbeitung nach Raps stellt gegenwärtig die am häufigsten durchgeführte Bearbeitung dar. Bezüglich der Intensität gibt es vielfältige Möglichkeiten, die Rapsstoppeln in den Boden einzuarbeiten. Um die Energiekosten beim Mähdrusch zu reduzieren und um eine effizientere Auslastung des Mähdreschers zu erreichen, wird der Raps möglichst hoch gemäht. Sowohl die Stoppelhöhe als auch die unterschiedlichen Verfahren der nachfolgenden Stoppelbearbeitung führen zu einer unterschiedlichen Strohverteilung im und auf dem Boden. Hierzu, einschließlich der Strohverteilung durch unterschiedliche Mähdrescher, liegen Methoden zur Bewertung der Arbeitsqualität und erste Messergebnisse vor (VOSSHENRICH et al., 2006). Die auf der Oberfläche verbleibenden Stängel stellen ein Risiko durch die Ausbreitung pilzlicher Schaderreger dar, indem diese auf Rapsstoppelrückständen überdauern und von dort junge Rapsbestände infizieren können. Arbeiten aus Frankreich weisen bereits auf die Problematik hin, dass bei reduzierter Bodenbearbeitung und ungenügender Einarbeitung der Stoppeln in den Boden mit einer höheren Inokulumquelle von *Phoma lingam*, dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule, zu rechnen ist (GOSENDE et al., 2003; SCHNEIDER et al., 2003). Die Pyknidien des Erregers *Leptosphaeria maculans* überdauern auf Ernterückständen und bilden Ascosporen, welche in der Lage sind über Windverbreitung bis zu 8 km entfernte Rapspflanzen zu infizieren (STEINBACH et al., 1989). In früheren Untersuchungen konnten bereits GLADDERS & MUSA (1980) feststellen, dass die erhöhte Anzahl an Stoppelresten nach pflugloser Bodenbearbeitung dazu führte, dass die Rapsbestände in der Nähe von ungepflügten Vorjahresrapsflächen einen erhöhten Befall mit *Phoma lingam* aufwiesen. Auch KRÜGER & WITTERN (1981) konnten einen erhöhten Sporenflug bei Anwesenheit von Stoppelresten auf der Oberfläche messen.

Ein weiteres Problem sind bei zunehmender nicht wendender Bodenbearbeitung Schnecken und Mäuse (GLEN, 2002). Der nachfolgende Anbau von Winterweizen ist besonders in seiner Auflaufphase sehr anfällig gegen Schneckenschaden. Der Fraß der Schnecken kann zu erheblichen Pflanzenverlusten führen.

Neben den verbleibenden Stoppeln auf der Rapsfläche spielt vor allem der Ausfallraps eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Krankheiten. Dieser kann als so genannte „grüne Brücke“ für viele Krankheitserreger als Nahrungsquelle und Überdauerungsort dienen. Besonders in engen Rapsfruchtfolgen kann es durch vermehrten Aufwuchs von Ausfallraps zu Problemen durch Kohlhernie kommen, sofern der Erreger auf der Fläche vorhanden ist. Der Pilz kann den Ausfallraps frühzeitig infizieren und so innerhalb einer Vegetationsperiode einen zweiten Vermehrungszyklus abschließen (PAUL, 2000). Chemische Bekämpfungsmaßnahmen sind derzeit nicht möglich. Die einzige Möglichkeit um

Ertragsverlusten entgegenzuwirken, ist der Anbau resistenter Sorten. Um den Vermehrungszyklus zu unterbrechen, wäre es wichtig, den Ausfallraps zu dem Zeitpunkt zu beseitigen, bei dem die Dauerformen des Erregers einen Schlupfreiz erfahren, eine Vermehrung in der Pflanze aber nicht zugelassen wird. Auf diese Weise könnte eine gewisse Abnahme des Inokulums erreicht werden. Da genauere Untersuchungen zur Epidemiologie des Erregers fehlen, ist es z. Z. nicht möglich den optimalen Zeitpunkt und die Intensität der Beseitigung des Ausfallrapses anzugeben. In einem ersten Ansatz ist daher zu überprüfen, zu welchem Stadium der Erreger den Raps infiziert und wie lange es dauert bis ein Vermehrungszyklus in der Pflanze abgeschlossen ist.

Die kleine Kohlflyge (*Delia radicum*) hat sich seit dem Herbst 2003 zu einem ernstzunehmenden Schädling im Winterraps entwickelt. Auf einigen Schlägen waren 60–80 % der Pflanzenwurzeln mit Larven befallen. Eine primäre Reduktion des Erregers ist nur möglich, indem man die im Boden befindlichen Puppen durch eine ausreichend intensive Bearbeitung der Rapsstoppel zerstört. In einem Göttinger Projekt wurden die Auswirkungen des Kohlflygenbefalls auf verschiedene Rapskrankheiten untersucht (VON TIEDEMANN, 2006). In den Ergebnissen von Feld-, Freiland- sowie Gewächshausversuchen konnte nachgewiesen werden, dass Kohlflygenbefall die Infektion, Besiedlung, Symptomausprägung und Schadwirkung von *V. longisporum* an Raps erhöhen kann. Die Bedeutung von Kohlflygenbefall für *V. longisporum* hängt dabei maßgeblich von dem Entwicklungsstadium der Pflanze, der Sortenanfälligkeit (gegenüber *V. longisporum*) und der Bodeninokulumhöhe ab. Ebenso konnte dargelegt werden, dass Larvenfraß der Kohlflyge Phoma-Wurzelhalsbefall durch Wundeffekte direkt begünstigt.

Einher mit den verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen nach Raps ergeben sich weitere Probleme. Es sind die Stickstoffverluste in Form von Auswaschung bzw. durch Freisetzung des klimarelevanten Spurengases N<sub>2</sub>O (Lachgas) im folgenden Herbst/Winter. Insbesondere in Grundwasserschutzgebieten kann dies zu erheblichen Problemen führen. Die Nitratauswaschungen und Lachgasemissionen sind vor allem abhängig von der Mineralisation organischer Stickstoffverbindungen aus Ernterückständen und dementsprechend auch abhängig von der Bodenbearbeitung nach Raps. Der hohe Stickstoffanteil in den Ernteresten von Blattfrüchten kann während der Herbstmonate zu einer erhöhten Stickstoffmineralisation im Boden und demzufolge zu einer erhöhten Stickstoffauswaschung und Nährstoffverlusten führen. Durch eine pfluglose Bodenbearbeitung kann die N-Freisetzung tendenziell geringer sein. In Versuchen von STEMAN et al. (2003) konnte gezeigt werden, dass durch das Unterlassen jeglicher Bearbeitung allein in der Krume (bis 30cm) 50-60 kg/ha Stickstoff weniger mineralisiert werden.

Im Rahmen dieses Projektes sollen die Auswirkungen unterschiedlich terminierter und intensiver Stoppelbearbeitungen auf das Auftreten von Schädlingen und pilzlichen Krankheiten untersucht werden. Das Interesse gilt insbesondere den Krankheiten, die auf Stoppelresten überdauern oder sich im Ausfallraps vermehren. Besonderes Augenmerk gilt hier dem Erreger der Kohlhernie, der in dem aufwachsenden Ausfallraps einen weiteren Vermehrungszyklus durchläuft und somit zu einer großflächigen Verseuchung der Flächen führen kann. Zu diesem Erreger sind nähere Untersuchungen zur Epidemiologie notwendig, um den genauen Zeitpunkt einer zweckmäßigen Bodenbearbeitung oder chemischen Bekämpfung feststellen zu können.

Zum anderen soll parallel dazu die Stickstoffproblematik in Abhängigkeit von der Intensität und dem Zeitpunkt der Bodenbearbeitung für Winterweizen nach Winterraps dargestellt werden. Hierfür ist es notwendig, den mineralischen Stickstoff im Boden über die gesamte Vegetationsperiode in gewissen Abständen zu erfassen.

Das Projekt soll dazu beitragen, die Auswirkungen verschiedener Feldhygienemaßnahmen aufzuzeigen, um einer Vermehrung der Krankheiten und Schädlinge entgegenzuwirken und damit die Gesunderhaltung der Flächen zu sichern und einen vermehrten Austrag von umweltbelastenden Stickstoff in die Umwelt zu vermeiden. Nur mit Hilfe dieser Maßnahmen werden wichtige Voraussetzungen für eine weitere Ausdehnung der Rapsanbaufläche geschaffen und die Ertragsstabilität gesichert.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Standorte

Die Feldversuche zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Feldhygienemaßnahmen auf das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen wurden in den Jahren 2010-2012 an verschiedenen Standorten in Norddeutschland durchgeführt. Die Flächen wurden je nach Auftreten des Erregers ausgesucht.

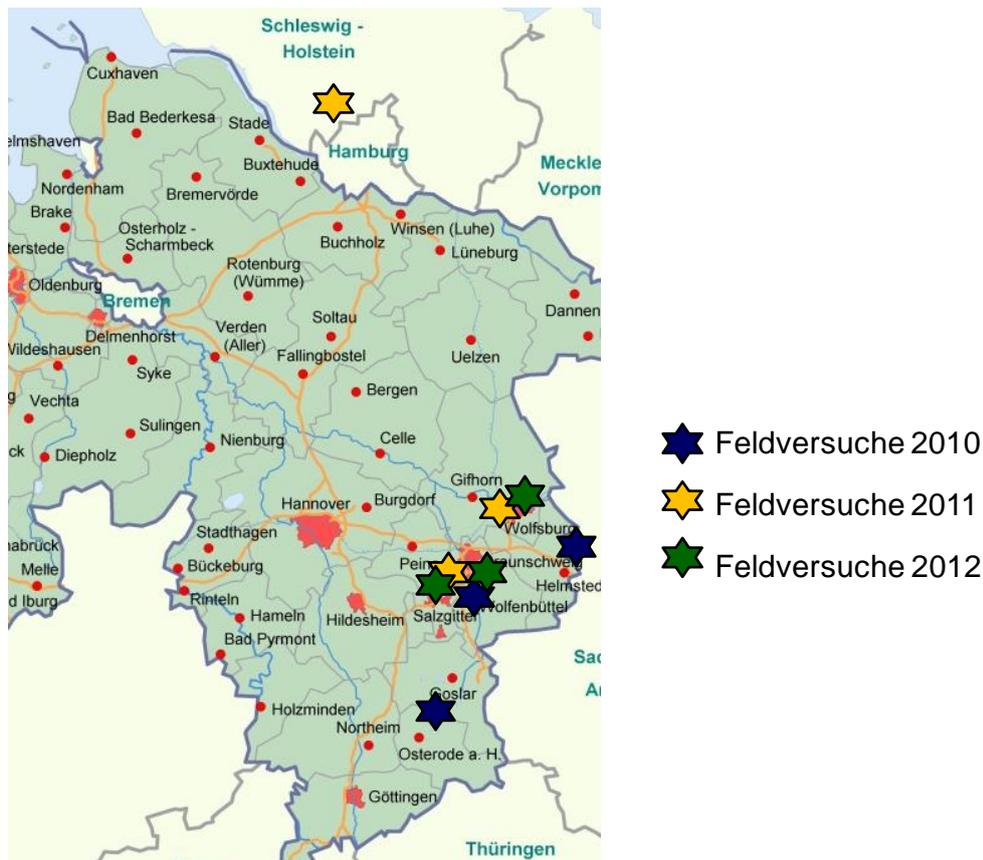


Abb. 1: Übersicht über die Versuchsstandorte in den Jahren 2010-2012

#### 2.1.1 Feldversuche zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf Kohlhernie

In den Jahren 2010 und 2011 wurden 2 Kohlhernieversuche angelegt. 2010 wurde der Versuch in Hattorf im Vorharz als einfacher Streifenversuch angelegt. Aufgrund der Größe des Schlages und der gleichmäßigen Verteilung des Erregers auf der Fläche war es nötig und möglich den Versuch ohne Wiederholungen anzulegen. Der Versuch wurde in drei Varianten angelegt:

- 1: unbehandelte Kontrolle,
- 2: flache Bodenbearbeitung mit dem Grubber (Flügelschargrubber mit Walze, max. 5 cm tief),
- 3: tiefe Bodenbearbeitung mit dem Pflug.

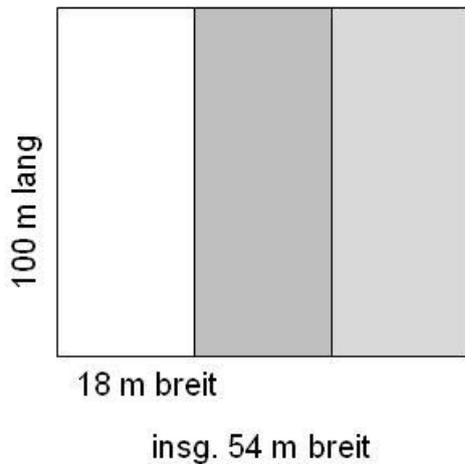


Abb. 2: Übersicht über die Anordnung der Bearbeitungsvariante in Form einer Streifenanlage am Standort Hattorf, 2010

2011 wurde ein Versuch zum Kohlherniebefall in Bad Bramstedt in Schleswig-Holstein angelegt. Anhand der Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr wurden die Varianten in Bezug auf die zeitliche Bodenbearbeitung und die Bearbeitungsintensität erweitert. Der Versuch wurde als Streifenversuch in zweifacher Wiederholung mit 6 Varianten angelegt.

Tab. 1: Versuchsplan am Standort Bad Bramstedt 2011

<b>Versuchs- glied</b>	<b>Termin 1 (T1)</b>	<b>Termin 2 (T2)</b>
1	Unbehandelte Kontrolle	
2	2 Wochen nach der Ernte Scheibenegge	2 Wochen nach T1 Scheibenegge
3	2 Wochen nach der Ernte Scheibenegge	2 Wochen nach T1 Glyphosat (4 l/ha Roundup UltraMax)
4	2 Wochen nach der Ernte Grubber	2 Wochen nach T1 Grubber
5	4 Wochen nach der Ernte Scheibenegge	
6	4 Wochen nach der Ernte Grubber	

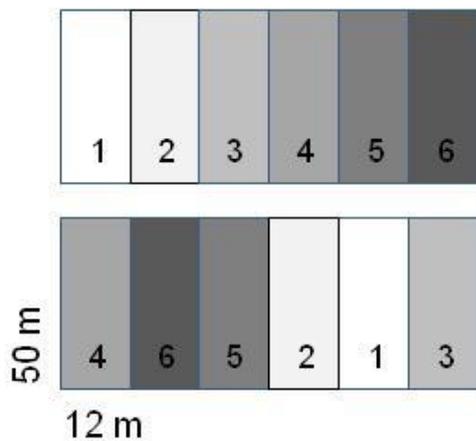


Abb. 3: Übersicht über die Anordnung der Bearbeitungsvarianten in Form einer Streifenanlage am Standort Bad Bramstedt, 2011

### 2.1.2 Feldversuche zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Kleine Kohlflyge

Die Versuche zur Untersuchung des Einflusses der Bodenbearbeitung auf den Schlupf der Kleinen Kohlflyge wurden in den Jahren 2010-2012 an verschiedenen Standorten in Deutschland durchgeführt. Je nach Auftreten des Erregers wurden die Flächen ausgesucht. Das Schaderregerauftreten war auf der Fläche gleichmäßig verteilt, so dass als Versuchsanlage eine einfache Streifenanlage ohne Wiederholungen gewählt wurde. Im Jahr 2010 wurde der Versuch an den Standorten Gr. Twülpstedt und Sickte, 2011 an den Standorten Beienrode und Wendhausen und 2012 am Standort Lehre, Wendhausen und Boimstorf angelegt. Pro Streifen wurden jeweils 7 Photoelektoren aufgestellt. Die flache Bodenbearbeitung erfolgte mit der Scheibenegge ca. 14 Tage nach der Rapsernte. Die Variante 3 wurde anschließend zwei Wochen nach der flachen Bearbeitung mit dem Grubber bearbeitet. Die Kontrollen wurden vor der folgenden Getreidesaat mit Glyphosat behandelt.

Tab. 2: Versuchsplan

Versuchs- glied	Termin 1	Bodenbearbeitung
1		Unbehandelte Kontrolle
2	2 Wochen nach der Ernte	Scheibenegge
3	4 Wochen nach der Ernte	Grubber
4	4 Wochen nach der Ernte	Pflug

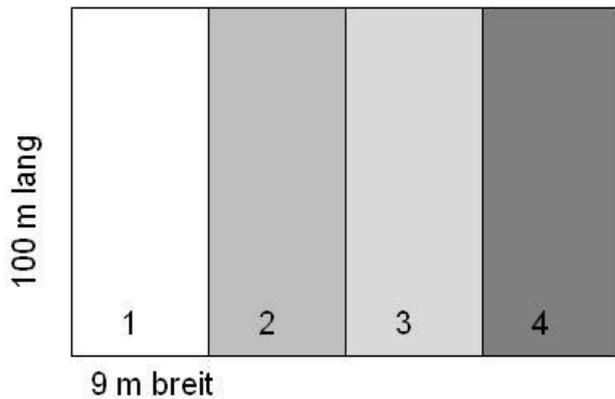


Abb. 4: Übersicht über die Anordnung der Bearbeitungsvariante in Form einer Streifenanlage

Zusätzlich wurde der Kohlfliegenschlupf in allen Versuchen, die zum Einfluss des N-min Gehaltes angelegt wurden, untersucht. Der Versuchsplan ist in Kap. 2.1.3. dargestellt. In jeder Parzelle wurde 2 Photoektoren aufgestellt, so dass pro Versuchsglied Ergebnisse aus 6 bzw. 12 Ektoren (Stroh lang und Stroh gehäckselt zusammengefasst) zur Verfügung standen.

### 2.1.3 Feldversuche zum N-min Gehalt

Die N-min Untersuchungen fanden in allen 3 Jahren auf Versuchsflächen des JKIs statt. Die Versuche wurden in 3-facher Wiederholung angelegt. Die Parzellengröße betrug 9 m x 44 m (396 m<sup>2</sup>). Der Versuch wurde in zwei Blöcken angelegt. In Block I wurde die Rapsstoppel gemulcht und in Block II wurde die Rapsstoppel unberührt auf der Ackeroberfläche gelassen. Es wurden in den Blöcken folgende Varianten gelegt:

- 1 = Extremvariante, ungestörtes Wachstums des Ausfallrapses, nach 3-4 Wochen erfolgte die Bearbeitung durch den Pflug
- 2 = flache Bodenbearbeitung, ungestörtes Wachstums des Ausfallrapses, nach 3-4 Wochen erfolgte die Bearbeitung durch die Scheibenegge
- 3 = tiefe Bodenbearbeitung, ungestörtes Wachstums des Ausfallrapses, nach 3-4 Wochen erfolgte die Bearbeitung durch den Grubber (max. 10-15 cm tief)
- 4 = ungestörtes Wachstums des Ausfallrapses, kurz vor der Aussaat des Winterweizens Einsatz von Glyphosat

Die N-min Untersuchungen erfolgten zu 4 Terminen:

1. Direkt nach der Ernte
2. Nach der Bodenbearbeitung
3. Vor Winter im Weizen
4. Zum Vegetationsbeginn im Weizen

Die N<sub>min</sub> Probenentnahme erfolgte maschinell mit einem elektrischen Schlaghammer und einem Ziehgerät in drei Schichten: 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm Tiefe. In jeder Parzelle wurden 5 Bohrungen durchgeführt, wobei jede Bohrung alle 3 Schichten enthielt. Die Proben wurden direkt nach der Probenentnahme zur Analyse in ein Bodenlabor gebracht. Die Analyse wurde von der Firma AGROLAB in Koldingen durchgeführt.

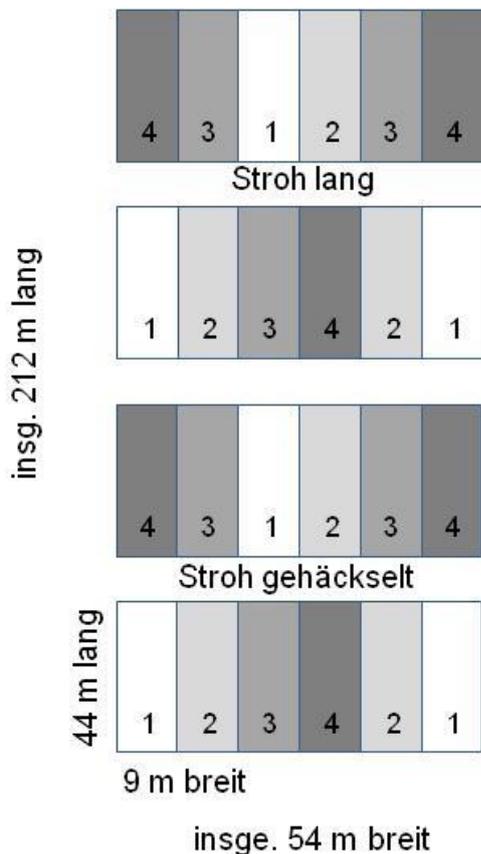


Abb. 5: Versuchsanlage zur Untersuchung des N-min Gehaltes im Boden 2010-2012

## 2.2 Befallsbonitur im Feld

### 2.2.1 Kohlflye

In den Kohlfiegenversuchen wurden ab Ernte des Rapses jeweils 7 Bodenphotoelektoren pro Variante ca. 10 cm tief in den Boden eingelassen. Dort verblieben sie bis zur Aussaat des Getreides (bis Ende September).

Die Kopfdosen der Bodenphotoelektoren wurden mit Ethylenglykol gefüllt und zweimal pro Woche kontrolliert. Dabei wurde der Inhalt der Kopfdosen durch ein Teesieb in einen Auffangbehälter geschüttet. Die im Teesieb aufgefangenen Insekten wurden mit einer Spritzflasche, die 70%igen Alkohol enthielt, über einen kleinen Trichter in geeignete

Aufbewahrungsgefäße überführt (z.B. 50ml Schnappdeckelgläschen). In das Aufbewahrungsgefäß wurde ein mit Bleistift beschriftetes Etikett mit Fundortbezeichnung, Fallnummer, Datum (inkl. Jahr) der Probenahme gelegt.

Die Bestimmung der Kohlflye wurde unter dem Binokular anhand eines Boniturschlüssels nach HÜNMÖRDER (2003) und PRESCHER (2010) durchgeführt.

### **2.2.2 Kohlhernie**

Einmal wöchentlich wurden die Kohlhernieversuche auf Befall untersucht. Dabei wurden pro Streifen und Variante an vier verschiedenen Stellen jeweils 25 Pflanzen gezogen und im Labor bonitiert.

Die Auswertung erfolgte in Anlehnung an BUCZACKI et al. (1975) anhand einer vierstufigen Boniturskala.

Klasse 0 = kein sichtbarer Befall

Klasse 1 = leichter Befall, kleine Gallen vor allem an Seitenwurzeln, Pflanze nicht sichtbar geschädigt

Klasse 2 = mittlerer Befall mäßig große Gallen an Seiten- und Hauptwurzel, Pflanze kaum geschädigt

Klasse 3 = starker Befall, Haupt- und Seitenwurzeln zu Gallen umgebildet, nur wenige intakte Wurzeln, Pflanze stark geschädigt.

### **2.2.3 Schneckenuntersuchung**

An 2 Stellen pro Parzelle wurde je eine Bodenprobe mit der „Spatenmethode“ genommen. Hierzu wurde mit einem Spaten ein Bodenblock von ca. 18 x 18 cm Kantenlänge und einer Tiefe von 10cm ausgestochen und in einen wasserdichten Behälter mit Deckel überführt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass der Bodenblock möglichst nicht zerfällt. Der Zeitpunkt der Beprobung sollte bei ausreichender Bodenfeuchte nach der Ernte des Rapses liegen. Die spezifischen Witterungsbedingungen an den Standorten wurden berücksichtigt. Die Proben wurden anschließend über einen Zeitraum von 3 Tagen langsam von unten her geflutet. Vor jedem weiteren Hinzufügen von Wasser und an einem weiteren Tag nach Beendigung des Flutungsvorganges wurden die Bodenproben und Probengefäße auf Schnecken abgesucht. Die Anzahl Schnecken pro Box wurde hierbei festgehalten. Die Artenbestimmung erfolgte zum einen bis zum Niveau der Gattungen Deroceras-, Arion-Arten und „andere Schnecken“. Zum anderen wurde eine Einteilung in Altersklassen nach dem folgenden Größenschema durchgeführt: klein: < 5mm, mittel: 5-15mm, groß: >15mm.

## **2.2.4 Phoma und andere Krankheiten**

Der Krankheitsbefall wurde am Ausfallraps 4 Wochen nach der Rapsernte in allen Varianten durchgeführt. Dabei wurde sowohl die Befallsstärke als auch die Befallshäufigkeit festgehalten. Folgende Krankheiten wurden bonitiert:

Die Bonitur des Pathogens *Phoma lingam* erfolgte anhand der charakteristischen Pyknidien, die zentral eine kleine Öffnung (Ostiole) besitzen, welche insbesondere durch Zugabe eines Wassertropfens und der Bestrahlung mit Durchlicht deutlich wird (PUNITHALINGAM & HOLLIDAY 1972). Durch Auszählen bzw. bei starkem Befall durch Schätzen dieser Pyknidien konnte der Parameter Befallsstärke im Bestand ermittelt werden.

Für die Bestimmung des Erregers *Pernospora parasitica* erfolgte eine Untersuchung der Blattunterseite auf die aus den Stomata herausragenden Sporangioophoren (Konidienträger) (WEBSTER 1983), die bei starkem Auftreten als weißes Mycel erkennbar sind (PAUL 2000). Diese von dem Erreger durchsetzte Blattfläche wurde prozentual geschätzt. Der von dem Erreger *Botrytis cinerea* auf den Blättern gebildete mausgraue Sporenrasen wurde prozentual geschätzt, wobei eine exakte Bestimmung anhand der charakteristischen Konidiophoren durchgeführt werden konnte (ELLIS & WALLER 1974). *Cylindrosporium concentricum* bildet weißliche Flecken, in denen mit Hilfe des Binokulars oder des Mikroskops, Konidien bzw. die Acervuli sichtbar sind (SUTTON & GIBSON 1977). Das Abschätzen der durchsetzten Fläche ergab die Befallsstärke im Bestand.

## **2.3 Erfassung der oberirdischen Biomasse**

Die oberirdische Biomasse wurde in den Feldversuchen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den N-min Gehalt untersucht. In jeder Parzelle wurden 2x jeweils 1m<sup>2</sup> große Teilstücke abgesteckt und die gesamte oberirdische Biomasse aus diesem Quadratmeter gesammelt und in Papiertüten mit ins Labor genommen. Dort wurde der Inhalt gewogen und die Frischmasse bestimmt.

## **2.4 Gewächshausversuche**

### **2.4.1 Herstellung der Sporensuspension**

Dauersporen wurden nach dem von SACRISTAN & HOFFMANN (1978) beschriebenen Verfahren isoliert. Als Ausgangsmaterial dienten vom Feld gesammelte Gallen, die bei 18 °C tiefgefroren aufbewahrt wurden. Die tiefgefrorenen Gallen wurden in Leitungswasser aufgetaut, gewaschen und anschließend mit einem Stabmixer vorzerkleinert. Der Brei wurde dann mit einem UltraTurrax bei niedriger Drehzahl homogenisiert. Das Homogenat wurde durch ein Gazesieb filtriert und das Filtrat durch 10-minütige Zentrifugation bei 2830xg

gewaschen. Das Dauersporenpellet wurde mit einem definierten Volumen Leitungswasser resuspendiert und bis zur Inokulation im Kühlschrank bei 4°C aufbewahrt.

#### **2.4.2 Bestimmung der Sporendichte**

Die Dichte der Dauersporen in der Ausgangssuspension wurde mit einer Neubauer-Zählkammer bestimmt. In der Regel musste eine Probe der Ausgangssuspension vorher verdünnt werden. Pro Zählkreuz wurden aus 15 Gruppenquadraten die mittleren vier Kammerquadrate ausgezählt und über die 2x25 Einzelwerte je ein Mittelwert gebildet. Wichen die beiden Mittelwerte um mehr als 25 % voneinander ab, wurde die Zählung wiederholt. Zur Inokulation wurde eine Sporendichte von  $10^7$  Sporen/ml eingestellt.

#### **2.4.3 Inokulation**

Die Rapspflanzen wurden bis zum Keimblattstadium im Gewächshaus vorgezogen. Bei der Sortenwahl wurde darauf geachtet, dass es sich um keine resistente Sorte handelt. Bei den Gewächshausversuchen wurde die Winterrapssorte Ladoga (Linien Sorte) genommen. Um eine möglichst natürliche Infektion zu simulieren, wurden 2 ml Sporensuspension mit Hilfe einer Pipette an den Wurzelhals in Richtung Wurzel injiziert. Die Pflanzen wurden im Keimblattstadium inokuliert und je nach Versuchsfrage bei unterschiedlichen Gewächshausbedingungen konditioniert.

#### **2.4.4 Temperaturversuch zum Kohlherniebefall**

Um den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung der Kohlhernie zu untersuchen, wurden Rapspflanzen (Sorte Ladoga) im Keimblattstadium mit Kohlherniesporen inokuliert und danach bei unterschiedlichen Gewächshaus temperaturen (10, 15, 20, 25°C) und optimaler Bodenfeuchte aufbewahrt. Die Bodenfeuchte lag bei 100 % und wurde täglich kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Wöchentlich wurden jeweils 25 Pflanzen pro Variante auf den Befall mit Gallen bonitiert.

#### **2.4.5 Bestimmung der Wasserhaltekapazität (WHK)**

Die Bodenproben wurden zunächst luftgetrocknet und gesiebt (Maschenweite 2 mm). Der gesiebte Boden wurde in einen Kunststoffzylinder gegeben, der auf einer Seite mit feinmaschiger Gaze (ca. 125 µm Maschenweite) verschlossen war. Der Zylinder mit dem Boden wurde für 30 h in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gestellt, wobei der Wasserspiegel bis knapp über die Schütthöhe des Bodens reichte. Aus dem Wasserbad wurde der Zylinder in ein feuchtes Sandbad überführt, wo er für 24 h abtropfen konnte. Die Schütthöhe des Sandes betrug 9 cm. Zur Befeuchtung des Sandbads wurde bei geschlossenem Ablauf Aqua dest. zugegeben bis zur Überstauung. Luftblasen wurden durch Klopfen entfernt. Dann

wurde der Ablauf geöffnet, so dass überschüssiges Wasser ablaufen konnte, und der Ablauf wieder verschlossen. Dieser Vorgang wurde nach 30 h noch einmal wiederholt. Der feuchte Sand wurde dann mit einem feuchten Filterpapier bedeckt, auf das die Zylinder gestellt wurden. Das Sandbad samt Zylindern wurde mit Folie abgedeckt, um die Verdunstung einzuschränken. Nach dem Abtropfen wurde der Wassergehalt des Bodens gravimetrisch bestimmt (18 h bei 105 °C) und in % TG angegeben (SCHLICHTING et al., 1995; ABRAHAMSEN, 1971 und DÓZSA-FARKAS, 1977).

#### **2.4.6 Bodenfeuchteversuch zum Kohlherniebefall**

Um den Einfluss der Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Kohlhernie zu untersuchen, wurde zunächst wie unter Punkt 2.1.1 die Wasserhaltekapazität (Wk) des Bodens bestimmt. Danach wurde die Bodenfeuchte in den einzelnen Töpfen wie folgt eingestellt: 40 %, 50 %, 60 %, 80 % und 100 % der Wk.

Nachdem die Bodenfeuchte eingestellt war, wurden die Rapspflanzen im Keimblattstadium mit Kohlherniesporen inokuliert und bei optimaler Temperatur von 25 °C aufbewahrt. Durch tägliche Wägung, unter Berücksichtigung durch Probepflanzenentnahme ermittelten Frischmassezuwachses, wurde der Wasserverbrauch bestimmt und durch Gießen ersetzt. Wöchentlich wurden jeweils 25 Pflanzen pro Variante auf den Befall mit Gallen bonitiert.

#### **2.4.7 Glyphosatversuch**

Um den Einfluss einer chemischen und mechanischen Abtötung des Ausfallrapses auf den Kohlherniebefall zu untersuchen wurde ein Gewächshausversuch mit 7 Varianten angelegt. Die Rapspflanzen der Sorte Ladoga wurden im Keimblattstadium mit einer Sporensuspension von  $2 \cdot 10^7$  Sporen/ml inokuliert. Daraufhin wurden die Pflanzen bei 24-25 °C mit 16 h Tag und 8 h Nacht für 4 Tage aufbewahrt und danach bei 20°C mit 16 h Tag und 8 h Nacht. Es wurde Roundup Ultra Max (Wirkstoffgehalt 450 g/l Glyphosat) mit einer Aufwandmenge von 4 l/ha angewendet. Es wurden folgende Varianten angelegt:

- Positive Kontrolle
- 7dpi: Glyphosatbehandlung
- 7 dpi: mechanisches Abtöten
- 7 dpi: Glyphosatbehandlung + mechanisches Abtöten
- 21 dpi : Glyphosatbehandlung
- 21 dpi: mechanisches Abtöten
- 21 dpi: Glyphosatbehandlung + mechanisches Abtöten

Das mechanische Abtöten des Ausfallrapses erfolgte mit einer Fräse bei der chemischen Behandlung wurden die Pflanzen mit Glyphosat behandelt. Die Befallserfassung erfolgte 35 Tage nach der Inokulation. Es wurden Befallsstärke und Befallshäufigkeit erfasst.

#### **2.4.8 Reisolation der Sporen und Reinokulation von Rapspflanzen**

Um den Einfluss des chemischen und mechanischen Abtötens des Ausfallrapses auf den Kohlherniebefall zu untersuchen wurde ein Gewächshausversuch mit 7 Varianten angelegt. Die Rapspflanzen der Sorte Ladoga wurden im Keimblattstadium mit einer Sporensuspension von  $2 \cdot 10^7$  Sporen/ml inokuliert. Daraufhin wurden die Pflanzen bei 24-25 °C mit 16 h Tag und 8 h Nacht für 4 Tage aufbewahrt und danach bei 20°C mit 16 h Tag und 8 h Nacht. Es wurde Roundup Ultra Max (Wirkstoffgehalt 450 g/l Glyphosat) mit einer Aufwandmenge von 4 l/ha angewendet. Es wurden folgende Varianten angelegt:

- Positiv-Kontrolle
- 7dpi: Glyphosatbehandlung
- 7 dpi: mechanisches Abtöten
- 7 dpi: Glyphosatbehandlung + mechanisches Abtöten
- 21 dpi : Glyphosatbehandlung
- 21 dpi: mechanisches Abtöten
- 21 dpi: Glyphosatbehandlung + mechanisches Abtöten

Die Befallserfassung erfolgte 35 Tage nach der Inokulation. Es wurden Befallsstärke und Befallshäufigkeit erfasst.

#### **2.5 Statistik**

Die Aufarbeitung und statistische Verrechnung der erfassten Daten erfolgte mit den Softwareprogrammen Microsoft Excel 2000 und Statistica. Bei vorliegender Normalverteilung der Daten wurden Mittelwertvergleiche mit dem Tukey-Test ( $p=0,05$ ) durchgeführt. Bei nicht normal verteilten Daten bzw. ordinal skalierten Variablen wurden Unterschiede zwischen den Stichproben mit dem Kruskal-Wallis-Test (Median-Test) und anschließendem Paarwertvergleich (Mann-Whitney-Test) berechnet. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Wetter

Die im Folgenden dargestellten Witterungsverläufe wurden von der Station Braunschweig des Deutschen Wetterdienstes in den Jahren 2010 - 2012 aufgezeichnet. Da sich der Untersuchungszeitraum in den Jahren hauptsächlich auf die Monate Juli bis Oktober beschränkte, wird im Folgenden das Wetter für diese Monate beschrieben.

Der Juli 2010 begann mit einer sehr trockenen und auch sehr warmen Witterung. Ab Mitte Juli begannen vereinzelt Niederschläge zu fallen, die dazu führten, dass der Raps in einigen Regionen erst Anfang August geerntet werden konnte. Im August setzte sich die nasse Witterung fort. An drei Tagen fielen in Summe mehr als 15mm Niederschlag. Die mittlere Temperatur, blieb im August knapp unter dem langjährigen Mittel. Die feucht-warme Witterung führte dazu, dass sich der Ausfallraps sehr gut entwickeln konnte.

Der September war ein Monat ohne jegliche Wetterextreme. Die Niederschlagsmenge lag im September nur knapp über dem Niederschlagsmittel und die Temperaturen etwas unter dem langjährigen Schnitt. Die Temperaturen schwankten am Tag meist zwischen 10 und 17°C.

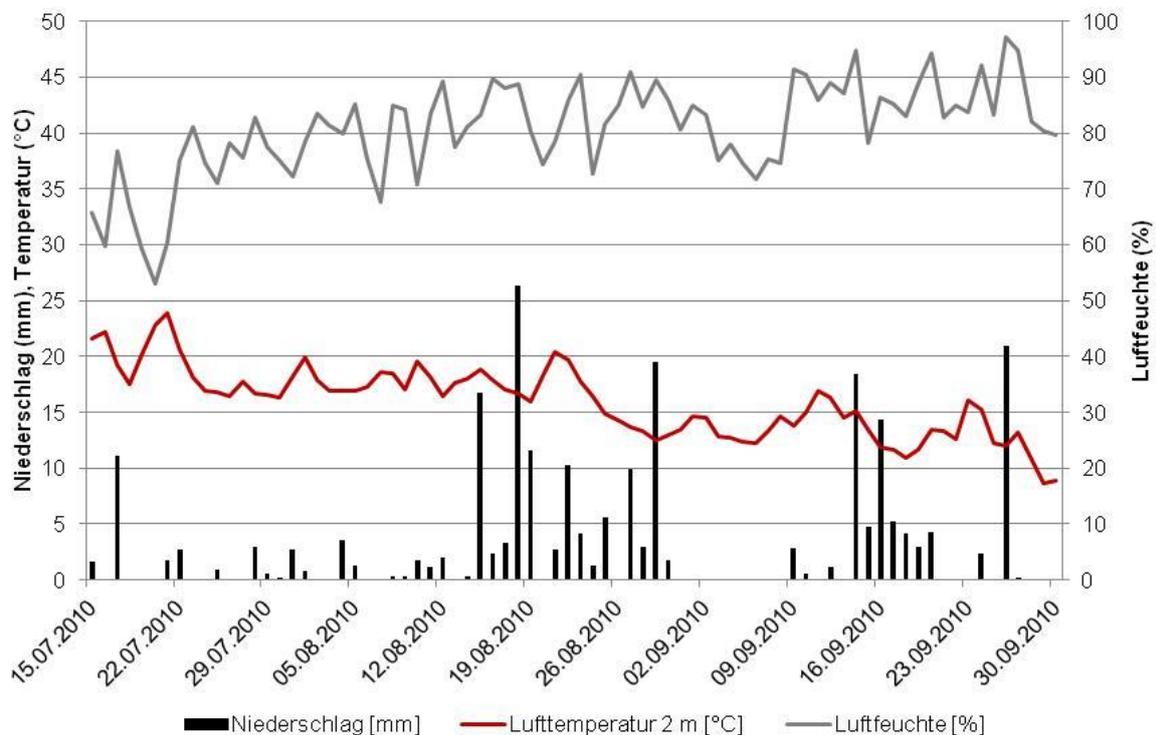


Abb. 6: Witterung vom 15.7.2010-30.9.2010 am Standort Braunschweig

Nach einem trockenen Frühsommer 2011, stellte sich Ende Juli die Witterung um und es kam zu immer wiederkehrenden Regenperioden. Der Raps konnte in den meisten Regionen noch vor den Regenperioden bis Ende Juli geerntet werden.

Das wechselhafte Wetter hielt den gesamten August an. Dies führte dazu, dass sich auch im Jahr 2011 der Ausfallraps schnell entwickeln konnte. Die Temperaturen lagen im August meist deutlich unter 20°C und es folgten immer wiederkehrende Niederschläge bis Anfang September. Der September begann mit einigen warmen Tagen von über 20°C und vereinzelt Regenschauern. Ab Mitte September stellte sich trockenes und kühleres Wetter ein.

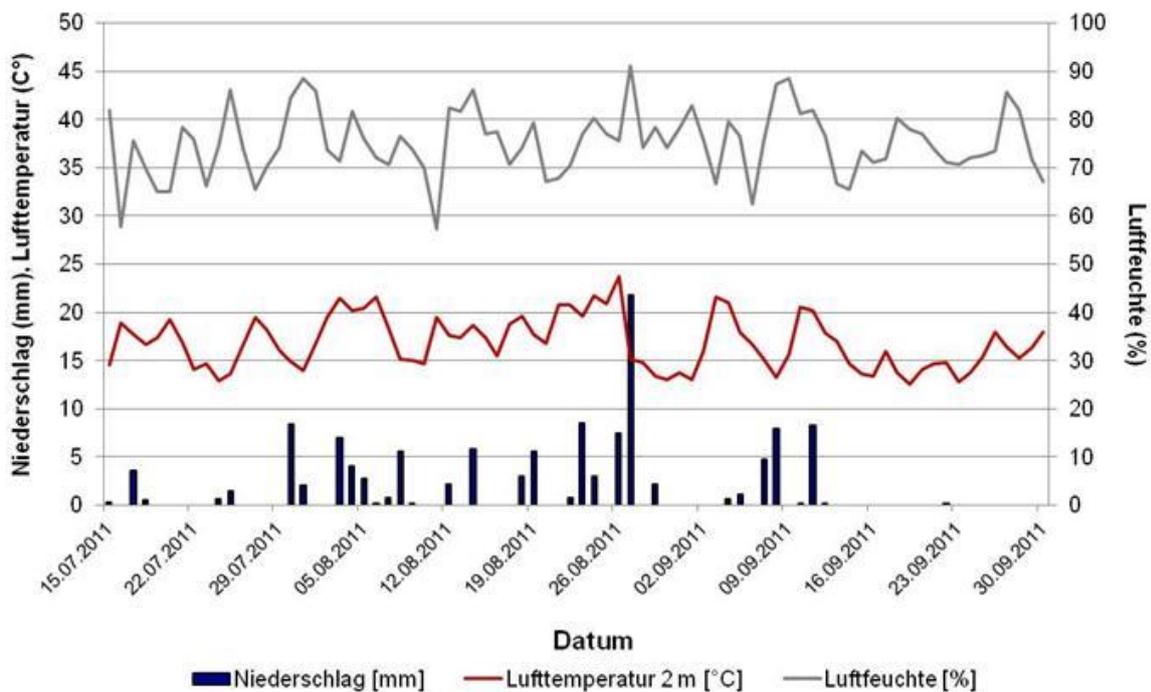


Abb. 7: Witterung vom 15.7.2011-30.9.2011 am Standort Braunschweig

Der Juli 2012 war ähnlich wie der August durch sehr wechselhaftes Wetter und nur mäßige Temperaturen gekennzeichnet. Erst Ende Juli wechselte das Wetter und die Temperaturen stiegen kurzfristig auf über 20°C an. In dieser Phase wurde in den meisten Regionen der Raps geerntet. Der August brachte eine Berg- und Talfahrt der Temperaturen. So war es in der ersten Augushälfte eher unbeständig und nur mäßig warm. Neben den kurzen Hitzeperioden gab es immer wieder kleine Regenschauer. Der September verlief deutlich ruhiger und wies überdurchschnittlich viel Sonnenstunden auf.

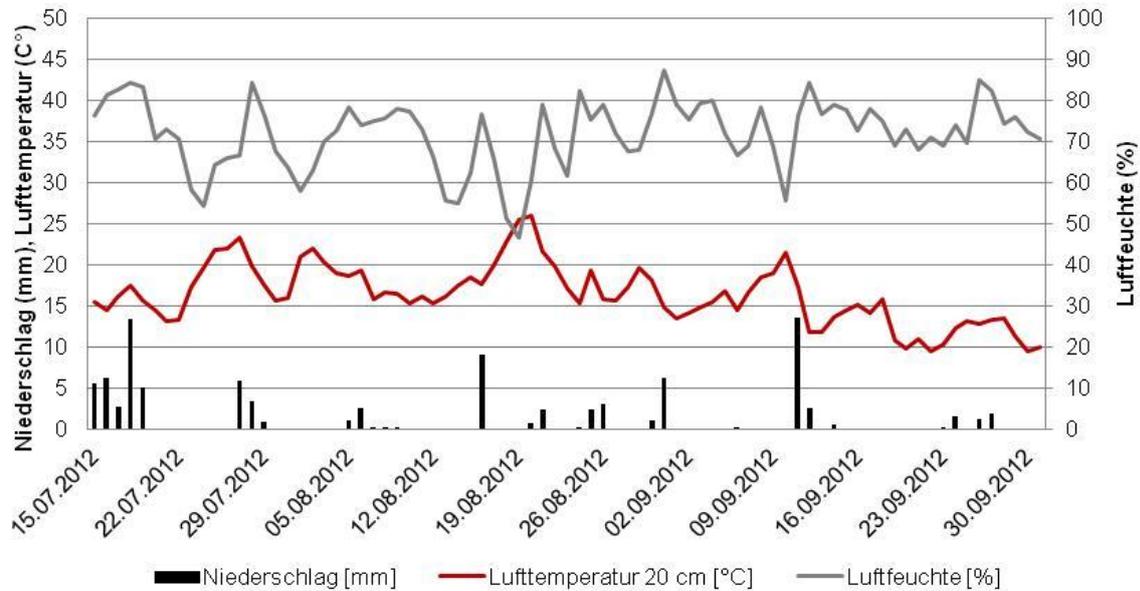


Abb. 8: Witterung vom 15.7.2012-30.9.2012 am Standort Braunschweig

### 3.2 Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Schlupf der Kohlflyge

Im ersten Versuchsjahr konnte Standort Gr. Twülpstedt ein mittlerer Befall der Kleinen Kohlflyge an den Rapsstoppeln festgestellt werden. Während des Untersuchungszeitraumes wurden in der Kontrolle insgesamt 138 Kohlflygen gefangen. Damit konnten in dieser Variante im Vergleich zu den Bodenbearbeitungsvarianten die höchste Anzahl an Kohlflygen ermittelt werden. Durch die Bodenbearbeitung konnte in allen Varianten eine Reduktion des Schlupfes erreicht werden (Abb. 9). Die geringste Schlupfrate zeigte die Variante 3 (intensivere pfluglose Bearbeitung), danach folgte die Variante 2 (flache einmalige Bearbeitung). In der Pflugvariante 4 konnte im Vergleich dazu die höchste Anzahl an Kohlflygen gefunden werden.

Insgesamt lag die Reduktion des Kohlflygenschlupfes im Vergleich zur unbearbeiteten Kontrolle bei der Variante 2 bei 40 %, bei der Variante 3 bei 48 % und bei der Pflugvariante 4 bei 36 %.

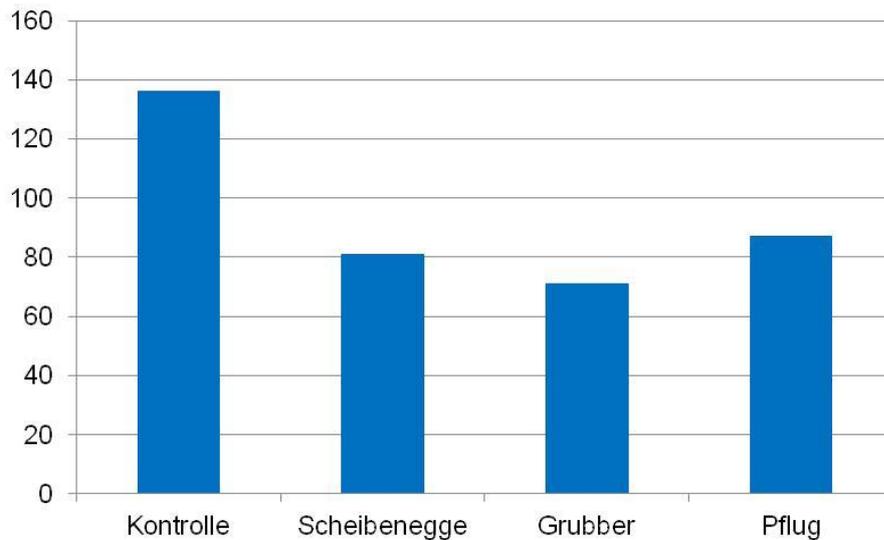


Abb. 9: Anzahl geschlüpfter Kohlfliegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Gr. Twülpstedt im Jahr 2010

In zahlreichen Literaturangaben werden die Flughöhepunkte der Kleinen Kohlfliege beschrieben, die sowohl bei der dritten Generation im September als auch bei der ersten Generation im Mai liegen (COLLIER & FINCH, 1983; HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1999; KEUNECKE, 2009). In dieser Arbeit wurde untersucht, ob der Flughöhepunkt bzw. die Schlupfrate der Kleinen Kohlfliege von der Bodenbearbeitung beeinflusst wird.

Die Flughöhepunkte der dritten Kohlfliegengeneration im Herbst lagen im Untersuchungszeitraum 2010-2012 zwischen Ende August und Mitte September. Am Standort Gr. Twülpstedt konnte die höchste Schlupfrate um den 1. September in allen Bodenbearbeitungsvarianten festgestellt werden (Abb. 10). Ähnliche Flughöhepunkte fanden auch andere Autoren in ihren Arbeiten. Weiterhin fällt auf, dass es nach dem Flughöhepunkt sowohl bei der Bearbeitung mit dem Grubber als auch mit dem Pflug zu keinem starken Abfall des Schlupfes kam, sondern die Anzahl geschlüpfter Kohlfliegen nur leicht abfiel oder sogar auf einem niedrigen Niveau stagnierte.

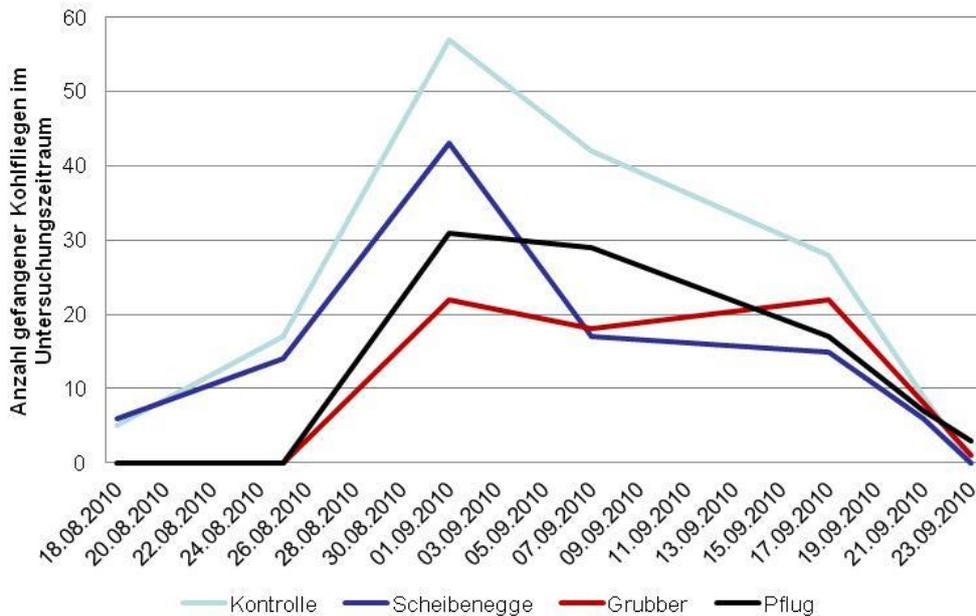


Abb. 10: Anzahl geschlüpfter Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und vom Termin am Standort Gr. Twülpstedt im Jahr 2010

Am Standort Sickte konnte 2010 nur ein sehr geringer Befall in allen Varianten festgestellt werden. Eine Schlussfolgerung zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf das Schlupfverhalten der Kleinen Kohlflye ist aufgrund des sehr geringen Ausgangsbefalls nicht möglich. Daher wird auf eine nähere Ausführung und Darstellung des Versuchs verzichtet.

Im zweiten Versuchsjahr wurde der Kohlfiegenversuch an zwei Standorten angelegt in Wendhausen und in Beienrode. In Wendhausen zeigte sich im gesamten Untersuchungszeitraum nur eine geringe Anzahl an geschlüpften Kohlfiegen. Insgesamt konnten hier nur 10 Fliegen in der unbehandelten Kontrolle und in der Variante mit der Scheibenegge gefangen werden, obwohl im Vorfeld ein deutlicher Besatz an Puppen an den Rapsstoppeln gefunden werden konnte. In der Pflugvariante waren es 12 Fliegen und in der Grubbervariante 13 Fliegen. Auf eine Darstellung des Versuches wird daher verzichtet.

Am Standort Beienrode konnte ebenfalls im Jahr 2011 nur ein geringer Kohlfliengenschlupf erfasst werden. Verwunderlich war an diesem Standort, dass in der unbehandelten Kontrolle die geringste Anzahl an Fliegen im Untersuchungszeitraum gezählt werden konnten (Abb. 11). Die höchsten Schlupfraten lagen in der Grubber- und Scheibeneggenvariante. Die Pflugvariante wies im Vergleich dazu eine geringere Schlupfrate auf. In keiner Variante konnte eine Reduktion des Kohlfliengenschlupfes im Vergleich zur Kontrolle erzielt werden.

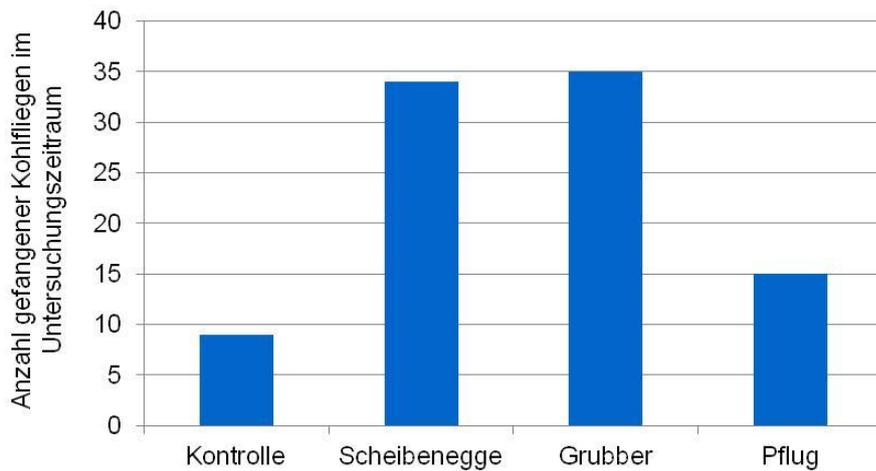


Abb. 11: Anzahl geschlüpfter Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Beienrode im Jahr 2011

Einen Höhepunkt der Schlupfrate wie er bei der Kohlflye üblich ist, konnte nicht einheitlich über die Varianten festgestellt werden (Abb. 12). Während in der Kontrolle die meisten Kohlfiegen am 25. August geschlüpft sind, konnten in der Grubbersvariante erst am 31. August die meisten Kohlfiegen und in der Scheibeneggevariante am 7. September beobachtet werden. In der Pflugvariante zeigte sich wie auch schon im Vorjahr am Standort Gr. Twülpstedt kein Flughöhepunkt.

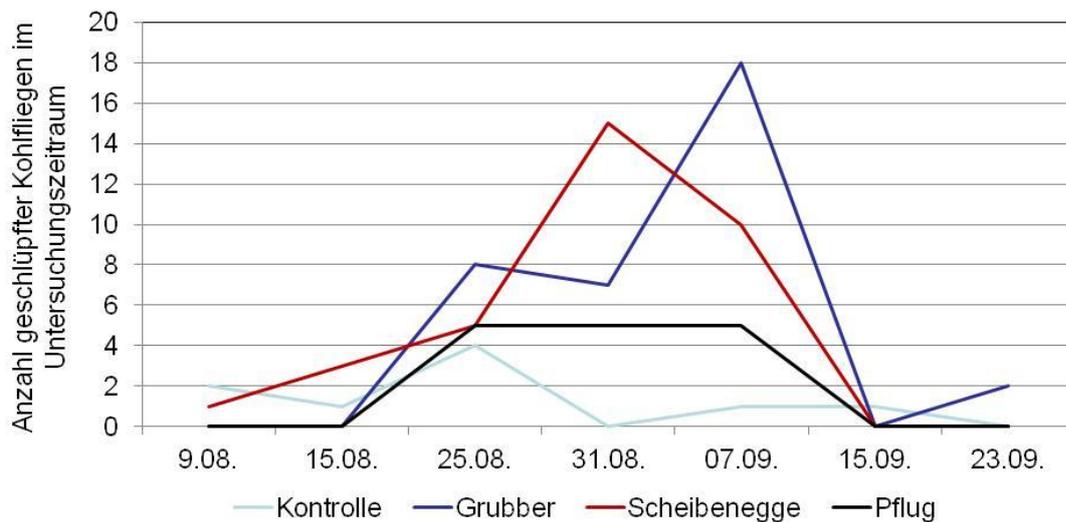


Abb. 12: Anzahl geschlüpfter Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und vom Termin am Standort Beienrode im Jahr 2011

Im Versuchsjahr 2012 wurde der Kohlfiegenversuch an drei Standorten angelegt, in Boimstorf, Lehre und Wendhausen. An den Standorten Boimstorf und Wendhausen konnte ein mittlerer bis starker Kohlfiegenbefall festgestellt werden. Am Standort Lehre lag der Befall je nach Bodenbearbeitungsvarianten bei 15 bzw. 8 Fliegen im Untersuchungszeitraum. Auf eine Darstellung des Versuchs wird aufgrund des geringen Befalls und der daher auch geringen Aussagekraft verzichtet.

Am Standort Boimstorf zeigte sich ein ähnliches Bild wie am Standort Gr. Twülpstedt in 2010. Die Kontrolle hatte die meiste Anzahl an geschlüpften Kohlfiegen. Danach folgte die Grubbervariante (Abb. 13). Die Bodenbearbeitung mit dem Pflug brachte die besten Bekämpfungserfolge. Die Anzahl gefangener Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum lag nach der flachen Bearbeitung mit der Scheibenegge im Mittel der beiden anderen Varianten. Insgesamt konnte durch alle Bodenbearbeitungsverfahren eine Reduktion des Kohlfliengenschlupfes erzielt werden. Im Vergleich zur unbearbeiteten Kontrolle konnte durch die Scheibenegge eine Reduktion von 41 %, beim Grubber von 10 % und beim Pflug von 70 % erreicht werden.

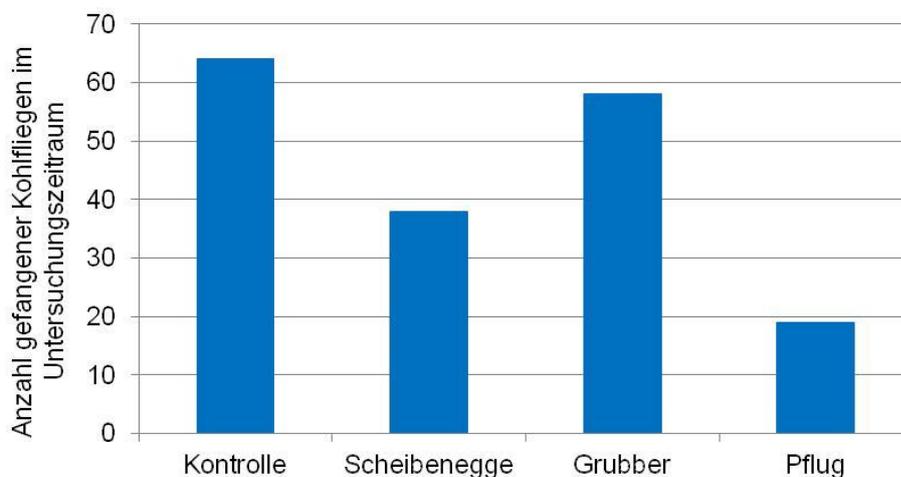


Abb. 13: Anzahl geschlüpfter Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Boimstorf im Jahr 2012

Am Standort Wendhausen zeigte ebenfalls die Pflugvariante die besten Bekämpfungserfolge im Vergleich zu den anderen Bodenbearbeitungsvarianten (Abb. 14). Die Bearbeitung mit der Scheibenegge und mit dem Grubber zeigten nur geringe Unterschiede in der Anzahl gefangener Kohlfiegen. In der Grubbervariante konnten nur geringfügig weniger Kohlfiegen gezählt werden als bei der Scheibeneggenvariante. Die Kontrolle zeigte mit 123 Kohlfiegen die höchste Anzahl gefangener Kohlfiegen im Untersuchungszeitraum. Die Reduktion des

Kohlfliegenschlupfes betrug bei der Bearbeitung mit der Scheibenegge 38 %, bei der Bearbeitung mit dem Grubber 43 % und mit der Bearbeitung mit dem Pflug 72 %.

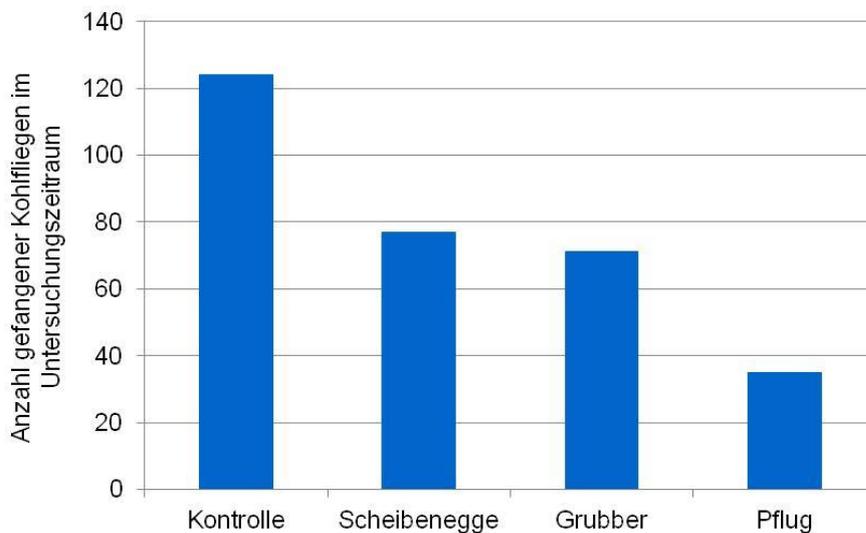


Abb. 14: Anzahl geschlüpfter Kohlfliegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Wendhausen im Jahr 2012

Der Schlupfhöhepunkt lag in der Kontrolle am 29. August (Abb. 15). Im Vergleich dazu konnte in den Bodenbearbeitungsvarianten an zwei Terminen eine steigende Anzahl an geschlüpften Kohlfliegen festgestellt werden. Sowohl am 22. August als auch am 11. September stieg bei der Pflug- und Grubbersvariante die Anzahl an gefangenen Kohlfliegen an.

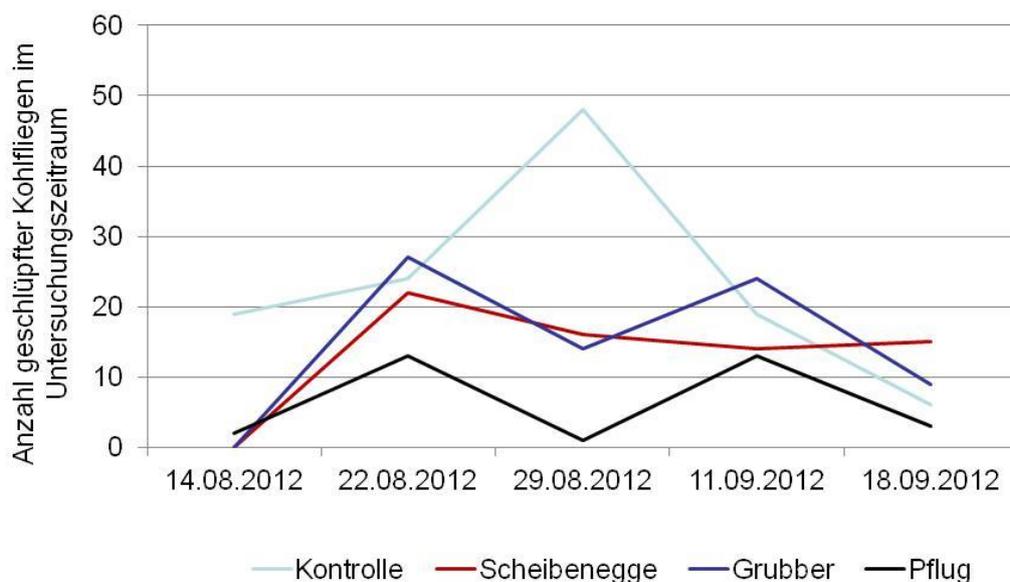


Abb. 15: Anzahl geschlüpfter Kohlfliegen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und vom Termin am Standort Wendhausen im Jahr 2012

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in dem Projektzeitraum von 2010 bis 2012 nur drei Versuche mit einem mittleren bis starken Befall der Kleinen Kohlflye zur Verfügung standen. In den übrigen drei Versuchen lag der Befall auf einem so geringen Niveau, dass eine eindeutige Aussage zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Befall bzw. Reduktion der Kleinen Kohlflye nicht möglich war. Anhand der Standorte G. Twülpstedt, Wendhausen und Boimstorf können Tendenzen für den Einfluss der Bodenbearbeitungsintensität auf den Kohlflyebefall abgeleitet werden.

Aus den Versuchen kann gefolgert werden, dass durch eine flache Bodenbearbeitung 14 Tage nach der Rapsernte im Vergleich zur Kontrolle eine Reduktion der Anzahl geschlüpfter Kohlflyen erzielt werden konnte. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass mit steigender Bearbeitungsintensität der Schlupf verringert werden kann. Dies ist jedoch auch von der Rückverfestigung des Bodens durch das Bearbeitungsgerät abhängig. Eine starke Rückverfestigung kann zu einer Verringerung des Schlupfes führen. Bei einem mittleren Kohlflyen-Besatz zeigte sich, dass durch die Bearbeitung mit dem Pflug eine Reduktion des Schlupfes um bis zu 72 % möglich ist. Mit der tiefen Bearbeitung des Grubbers reduzierte sich die Anzahl geschlüpfter Kohlflyen auf durchschnittlich 48 %. Durch die flache Bearbeitung mit der Scheibenegge war eine Reduktion von bis zu 41 % möglich. Die verminderte Schlupfrate ist durch die mechanische Zerstörung der Puppen durch die Bodenbearbeitungswerkzeuge und die Rückverfestigung zu erklären. Lässt man hingegen die Stoppel insbesondere den Wurzelbereich unbearbeitet, kann dies zu einem höheren Befall der Kleinen Kohlflye auf neu gesäten Rapsflächen führen. Zu ähnlichen Untersuchungen kamen auch FINCH & SKINNER (1980) sowie DOSDALL et al. (1996). Auch hier führte eine Bodenbearbeitung mit Pflug bzw. Scheibenegge nach dem Anbau von Raps zu einer Verminderung des Kohlflyenschlupfes um bis zu 75 %, was vornehmlich auf eine mechanische Zerstörung der Kohlflyenpuppen zurückgeführt wurde.

### **3.3 Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Kohlhernie am Ausfallraps**

Am Standort Hattorf im Vorharz wurde im ersten Versuchsjahr ein Streifenversuch mit drei Varianten (Kontrolle, Scheibenegge und Grubber) angelegt. Der Raps wurde am 1. 8. geerntet. Danach folgte nach 14 Tagen die erste Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge. Die Bodenbearbeitung mit dem Grubber erfolgte praxisüblich 4 Wochen nach der Ernte. Während des Untersuchungszeitraumes wurden wöchentlich Pflanzenproben entnommen und auf Befall mit Kohlhernie untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass in der unbehandelten Kontrolle 26 Tage nach der Ernte 30 % der Pflanzen mit Kohlhernie befallen waren. Eine

Woche später stieg der Befall auf 56 % (Abb. 16). Am Ende des Untersuchungszeitraumes lag der Befall bei 70 % in der unbearbeiteten Kontrolle. Durch die Bearbeitung mit der Scheibenegge am 14. August konnte der Befall des Ausfallrapses um 1 Woche im Vergleich zu der unbearbeiteten Kontrolle verzögert werden. Danach blieb der Befall weiterhin unter dem der unbearbeiteten Kontrolle. Vier Wochen nach der Bearbeitung war der Befall des Ausfallrapses mit Kohlhernie auf gleichem Niveau wie in der unbearbeiteten Kontrolle. Die Bearbeitung mit Grubber erfolgte am 4. September. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte der Ausfallraps schon einen Befall mit Kohlhernie von über 50 %. Danach konnte kein Aufwachsen von neuem Ausfallraps festgestellt werden.

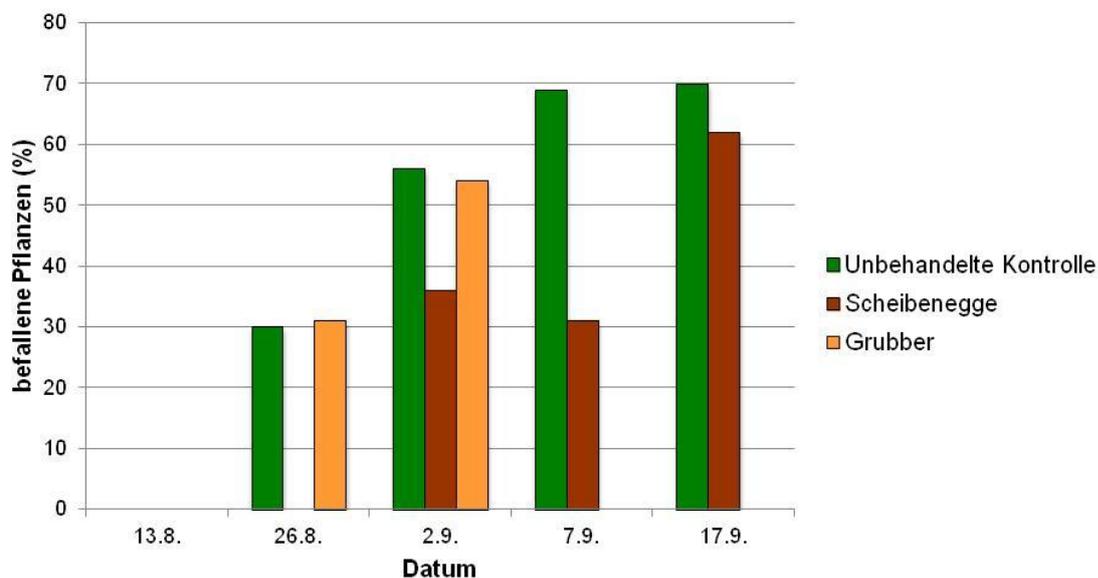


Abb. 16: Mit Kohlhernie befallene Ausfallrapspflanzen in % in der unbearbeiteten Kontrolle und nach der Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge und Grubber

Anhand dieses Ergebnisses wird deutlich, dass eine frühe Bearbeitung des Ausfallrapses den Befall mit Kohlhernie bzw. die Bildung langlebiger Gallen solange reduzieren kann bis neuer Ausfallraps aufwächst. Bereits 19 Tage nach der Bearbeitung mit der Scheibenegge konnte eine Befallshäufigkeit von 37 % im Ausfallraps festgestellt werden. Das heißt, um einer Vermehrung von Kohlhernie auf der Fläche entgegenzuwirken, muss eine konsequente Bodenbearbeitung nach der Ernte durchgeführt werden. Sobald der Ausfallraps das Zwei- bis Vierblatt-Stadium erreicht hat, ist eine weitere Bearbeitung notwendig. Die späte Bearbeitung mit dem Grubber (4 Wochen nach der Ernte) hat gezeigt, dass sich zu diesem späten Zeitpunkt bereits Gallen entwickelt haben und zu einer Vermehrung der Kohlhernie auf dem Feld geführt haben. Diese späte Bearbeitung mit dem Grubber führte jedoch dazu, dass kein weiterer Ausfallraps aufgelaufen ist und somit keine Möglichkeit für eine weitere Vermehrung des Erregers gegeben war. Die Ergebnisse aus diesem Versuch haben gezeigt,

dass die Abstände der Bearbeitungstermine zu weit auseinander lagen, um Erkenntnisse über den genauen Zeitpunkt der Bearbeitung zu bekommen. Aus diesem Grund wurden im zweiten Versuchsjahr die Bearbeitungsvarianten umgestellt.

Im zweiten Versuchsjahr wurde der Versuch am Standort Bad Bramstedt mit insgesamt 5 verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten angelegt. Die Rapsernte erfolgte an diesem Standort am 29. Juli. Der erste Termin der Bodenbearbeitung in den einzelnen Varianten wurde 2 Wochen nach der Ernte durchgeführt am 15. August. Der zweite Termin jeweils 2 Wochen nach dem ersten bzw. in den Varianten 5 und 6 wurde die einmalige Bodenbearbeitung 4 Wochen nach der Ernte am 28. August durchgeführt. In allen Varianten wurde der Befall des Ausfallrapses mit Kohlhernie wöchentlich ermittelt. Insgesamt war der Kohlherniebefall auf dieser Fläche zwar gleichmäßig verteilt aber mäßig ausgeprägt. In Abbildung 17 ist die Anzahl an Gallen/m<sup>2</sup> in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung dargestellt. Die Variante mit zweimaliger Bodenbearbeitung mit dem Grubber zeigte die höchste Anzahl an Gallen/m<sup>2</sup>. Die beiden Varianten mit der einmaligen Bearbeitung 4 Wochen nach der Ernte zeigten den geringsten Befall. Die unbearbeitete Kontrolle zeigte mit 42 Gallen /m<sup>2</sup> den zweithöchsten Befall. Eine zweimalige Bearbeitung mit der Scheibenegge konnte zwar den Befall im Vergleich zur Kontrolle reduzieren, lag aber mit 36 Gallen/m<sup>2</sup> immer noch auf einem hohen Niveau.

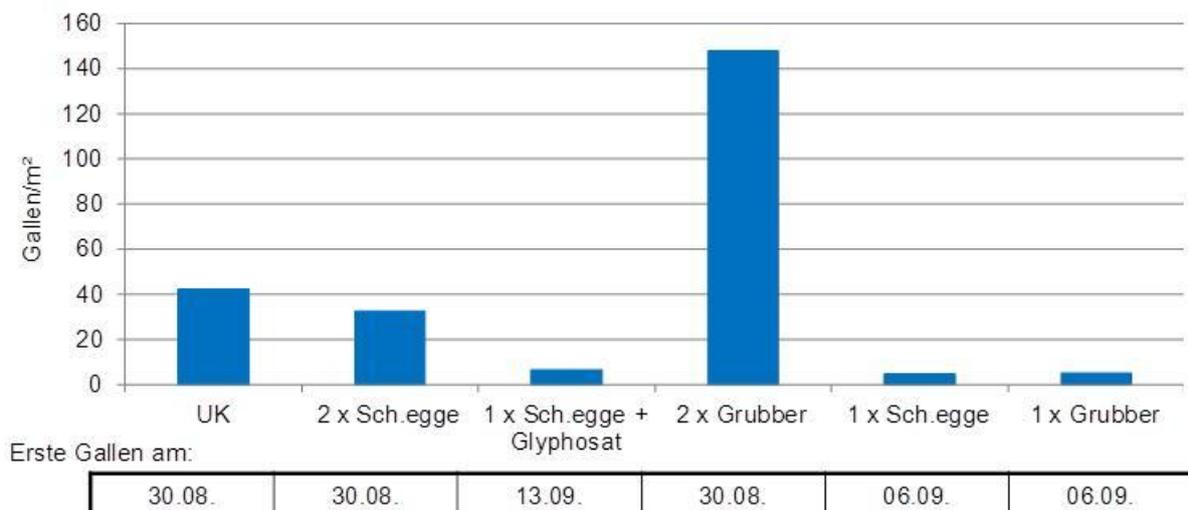


Abb. 17: Anzahl von Gallen im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Bad Bramstedt, 2011

Weiterhin wurde in diesem Versuch die Anzahl der Ausfallrapspflanzen in den einzelnen Varianten erfasst. Diese sind ein Indikator für den Erfolg der mechanischen Beseitigung des

Ausfallrapses und somit auch ausschlaggebend für die Ausbreitung und Entwicklung der Kohlhernie. In Abbildung 18 ist die Anzahl Pflanzen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung dargestellt. In allen Bearbeitungsvarianten konnte die Anzahl an Ausfallrapen im Vergleich zur Kontrolle deutlich reduziert werden. Die Unterschiede zwischen den Varianten mit einer 2 maligen Bearbeitung bzw. chemischen Behandlung waren sehr gering. Sowohl der Einsatz der Scheibenegge als auch des Grubbers konnte die Anzahl an Pflanzen auf 200 bis 300 Pflanzen reduzieren. Eine späte einmalige Bearbeitung führte nach der Bearbeitung zu einer sehr geringen Anzahl an Ausfallrapspflanzen. Bei einer späten Bearbeitung (4 Wochen nach der Ernte) muss jedoch bis zum Zeitpunkt der Bearbeitung mit einem hohen Aufwuchs von Pflanzen gerechnet werden, vergleichbar mit der Kontrolle. Dieser Aufwuchs kann als Infektionspotential für Kohlhernie dienen und zu einer Vermehrung des Inokulums im Boden führen.

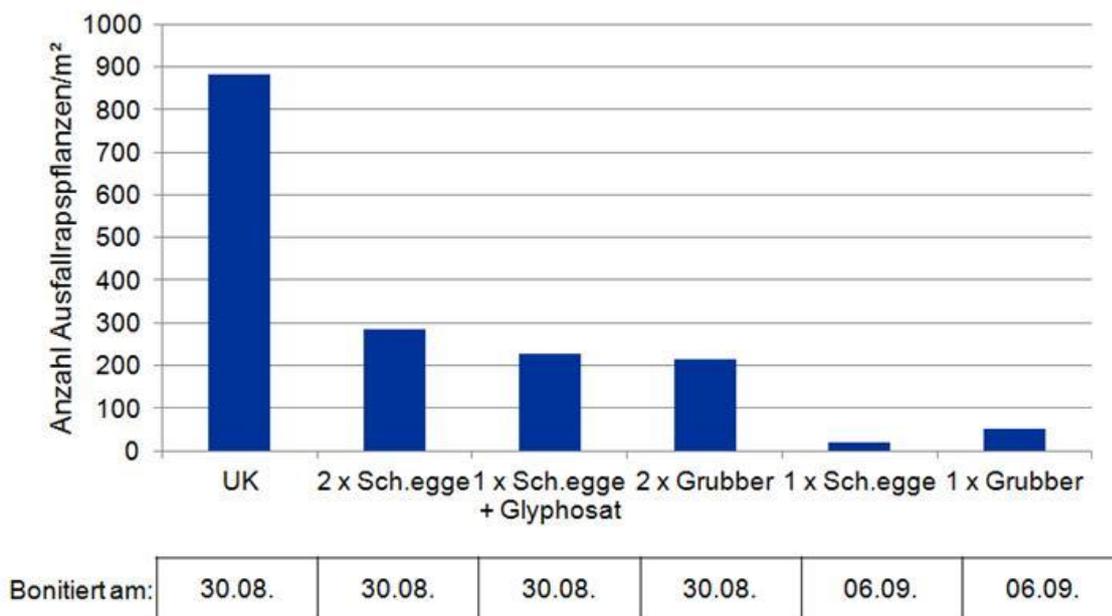


Abb. 18: Anzahl von Ausfallrapspflanzen nach der letzten Maßnahme in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Bad Bramstedt, 2011

### 3.4 Entwicklung der Kohlhernie in Abhängigkeit von der Witterung und von der Bodenbearbeitung

Am Standort Hattorf wurde der Kohlherniebefall in Abhängigkeit von der Witterung und der Pflanzenentwicklung untersucht. In der Abbildung 19 sind die Wetterdaten Bodentemperatur in 5 cm Höhe und die Bodenfeuchte dargestellt. Vergleichend dazu sind die BBCH Stadien des Ausfallrapses in der unbearbeiteten Kontrolle und in der Variante mit der Scheibenegge

dargestellt. Nach der Rapsernte am 1. August herrschte bis zum 25. August eine warme trockene Witterung. Die Luftfeuchte lag Anfang August bei unter 60 % und erreichte bis zum 25. August maximal 70 %. Die trockene Witterung hatte Auswirkungen auf die Entwicklung des Ausfallrapses, so erreichte der Ausfallraps das BBCH Stadium 14 in der unbearbeiteten Kontrolle erst ca. 3 Wochen nach der Ernte. Die ersten Gallen am Ausfallraps konnten in der unbearbeiteten Kontrolle 25 Tage nach der Ernte und ca. 18 Tage nach dem Auflaufen des Ausfallrapses festgestellt werden. Die Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge wurde zwei Wochen nach der Rapsernte am 14. August durchgeführt. Die Witterung stellte sich am 25. August um. Durch die Niederschläge stieg die Bodenfeuchte auf über 80 % und die Temperaturen sanken auf 13-22°C. Aufgrund der wüchsigeren Witterung entwickelte sich der Ausfallraps nach der Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge zügiger und die ersten Symptome konnten bereits 10 Tage nach dem Auflaufen festgestellt werden. Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass die Witterung einen entscheidenden Einfluss auf die Infektion und den Entwicklungsverlauf der Kohlhernie ausübt. So konnten die ersten Symptome bei einer trockenen Witterung (55 – 70 % Bodenfeuchte) und mäßigen Temperaturen (17 - 22°C) erst 18 Tage nach dem Auflaufen des Ausfallrapses festgestellt werden. Stieg die Bodenfeuchte auf 90 % an und die Temperaturen schwankten zwischen 13 und 22°C konnten die ersten Gallen bereits 10 Tage nach dem Auflaufen des Ausfallrapses beobachtet werden.

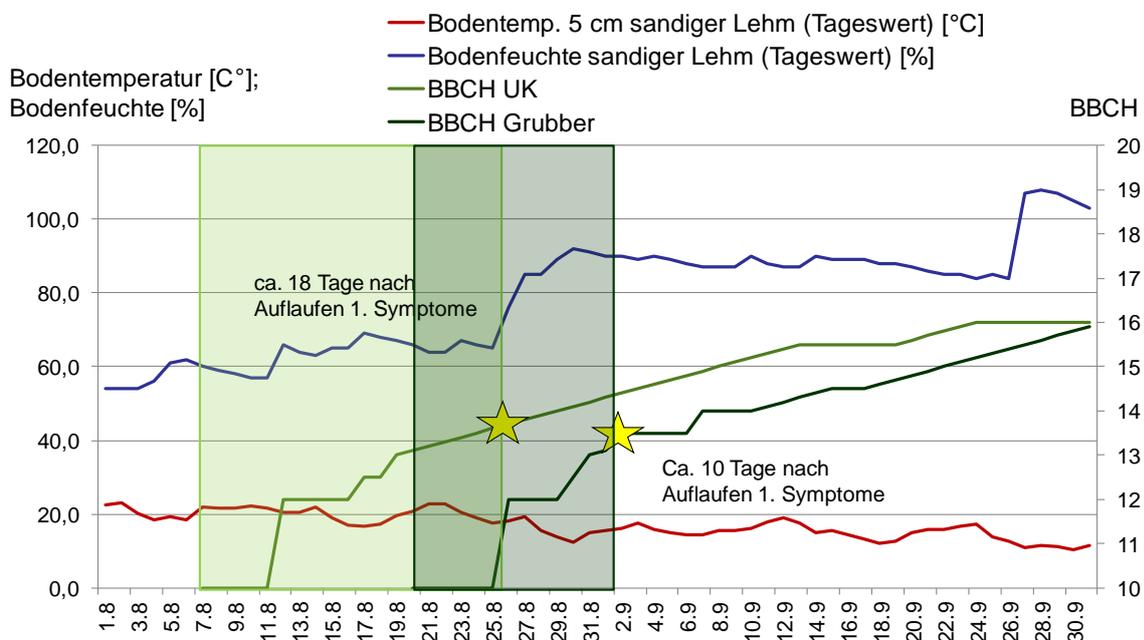


Abb. 19: Erste Symptome am Ausfallraps von Kohlhernie in Abhängigkeit von der Witterung und Standort (Hattorf)

Weiterhin konnte in dem Versuch ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung des Ausfallrapses und der Entwicklung der Kohlhernie festgestellt werden. Keimte und entwickelte sich der Ausfallraps zügig, so konnten auch die ersten Symptome an der Wurzel früh festgestellt werden. Dies lässt ebenfalls auf eine witterungsbedingte Entwicklung der Kohlhernie schließen. Nur bei ausreichender Bodenfeuchte bzw. Niederschlägen und Temperaturen findet ein zügiges Wachstums des Ausfallrapses statt. Unabhängig von der Bodenbearbeitung konnten in dem Versuch die ersten Symptome ab einem BBCH Stadium von 12-14 festgestellt werden, zu einem früheren Stadium waren keine Symptome zu erkennen. Anhand dieser Ergebnisse wurden im Gewächshaus weiterführende Untersuchungen zum Einfluss der Temperatur und Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Kohlhernie durchgeführt. Diese werden im nachfolgenden Kapitel 3.5 näher erläutert.

### **3.5 Einfluss von Temperatur und Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Kohlhernie**

In einem Gewächshausversuch sollte unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden, welchen Einfluss die Temperatur und die Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Kohlhernie ausübt. In einem ersten Versuch wurde der Einfluss der Bodenfeuchte und der Temperatur auf die Entwicklung der Kohlhernie untersucht. Dabei wurden Rapspflanzen im Keimblattstadium mit Kohlherniesporen inokuliert und danach bei unterschiedlichen Gewächshaus temperaturen (10, 15, 20, 25°C) und optimaler Bodenfeuchte aufbewahrt. In einem weiteren Versuch wurden die inokulierten Rapspflanzen bei unterschiedlichen Bodenfeuchten (40, 50, 60, 80 und 100 % Bodenfeuchte) und einer optimalen Temperatur von 25°C aufbewahrt. Wöchentlich wurden jeweils 25 Pflanzen pro Variante auf den Befall mit Gallen bonitiert. Die Ergebnisse zeigen (Abb. 20), dass mit steigender Temperatur die Infektion der Pflanze mit Kohlhernie früher erfolgt und der Erreger sich schneller entwickeln kann. Die optimale Temperatur für Kohlhernie lag bei 25°C. Innerhalb von 28 Tagen waren bei 25°C alle Pflanzen von Kohlhernie befallen. Bei einer Temperatur von 10°C konnten erste Symptome erst nach 35 Tagen festgestellt werden.

Bei der Bodenfeuchte war der Effekt nicht so stark (Abb. 21). Hier konnten nach 14 Tagen in allen Varianten erste Symptome an einzelnen Pflanzen festgestellt werden. Unterschiede zwischen den Bodenfeuchten von 50 -100 % traten nicht auf. Nur bei einer Bodenfeuchte von 40 % trat der Infektionszeitpunkt später ein und die Infektion der einzelnen Pflanzen verlief langsamer. Anhand der Ergebnisse kann festgehalten werden, dass warme Temperaturen nach der Rapsernte die Infektionen des Ausfallrapses durch die Kohlhernie fördern, sofern eine gewisse Mindestfeuchte im Wurzelhorizont vorhanden ist.

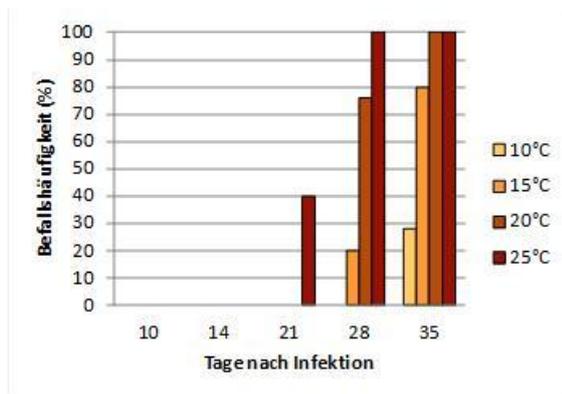


Abb. 20: Einfluss der Temperatur auf das Auftreten und den Infektionsverlauf von Kohlhernie

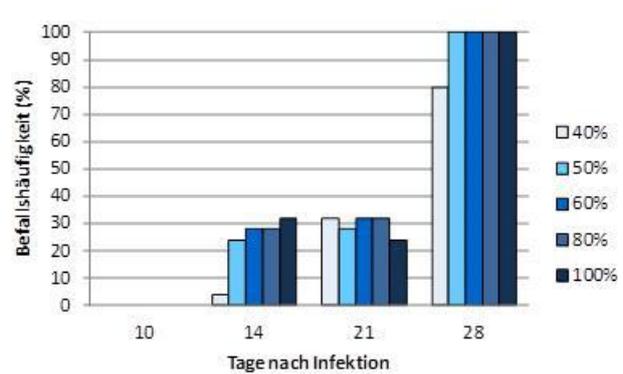


Abb. 21: Einfluss der Bodenfeuchte auf das Auftreten und den Infektionsverlauf von Kohlhernie

Zusammenfassend lässt sich aus diesen Ergebnissen festhalten, dass die Temperatur eine wichtige Rolle bei der Infektion des Erregers *Plasmodiophora brassicae* und der weiteren Entwicklung in der Pflanze spielt. Temperaturen von über 20°C sind optimal für den Erreger. MCDONALD & WESTERVELD (2008) und auch THUMA et al. (1983) konnten in ihren Untersuchungen ebenfalls eine Korrelation zwischen der Temperatur und der Entwicklung der Kohlhernie feststellen. Des Weiteren zeigte der Gewächshausversuch, dass eine Ausbreitung des Erregers bei allen Temperaturstufen möglich war. Bei der niedrigsten Temperatur von 10°C entwickelten sich jedoch die Symptome sehr viel langsamer.

Im Gegensatz dazu scheint die Bodenfeuchte keinen so großen Einfluss wie die Temperatur auf die Entwicklung der Kohlhernie zu haben. Bei allen Bodenfeuchten von 40 -100 % konnten Symptome festgestellt werden. Bei 40 und 50 % Feuchtegehalt lief die Infektion und Entwicklung der Krankheit verzögert ab im Vergleich zu 100 %. In älteren Untersuchungen von COLHOUN (1953) konnte bereits ein Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und Befallshäufigkeit der Kohlhernie festgestellt werden.

Die Ergebnisse aus dem Gewächshaus geben einen Anhaltspunkt für die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Feld. Sie sind jedoch nicht direkt übertragbar für mögliche Vorhersagen des Kohlhernieauftretens im Feld, da die Gewächshausversuche unter kontrollierten Bedingungen abgelaufen sind. Bei den Temperaturversuchen wurde eine optimale Bodenfeuchte während bei den Bodenfeuchteversuchen eine optimale Temperatur eingestellt wurde. Des Weiteren wurden andere Faktoren wie pH-Wert, Bodenart und Erregerisolat nicht mit berücksichtigt bzw. wurden auf Optimalwerte eingestellt. Diese Konstellationen, wie sie im Gewächshaus eingestellt wurden, wird es im Feld sehr wahrscheinlich nicht geben. KASINATHAN (2012) konnte in seinen Untersuchungen feststellen, dass die Bodenart eine wichtige Rolle bei der Infektion des Erregers spielt. So konnte er nachweisen, dass lockere Bodenarten wie Sandböden oder sandige Lehme nur

geringe Befallshäufigkeiten aufwiesen, wohingegen kompaktere Böden wie Lehmböden oder tonige Lehmböden eine größere Gefahr für Kohlhernie darstellen. Aus den oben genannten Gründen müssten für Vorhersagen oder Prognosen über das Auftreten der Kohlhernie oder gar Bekämpfungsentscheidungen weitere Freilandversuche und Gewächshausversuche durchgeführt werden.

### 3.6 Einfluss unterschiedlicher Abtötung des Ausfallraps auf die Entwicklung der Kohlhernie

In einem weiteren Gewächshausversuch wurde untersucht, ob es möglich ist, durch eine mechanische Bearbeitung und/oder chemische Behandlung mit Glyphosat des Ausfallraps den Entwicklungszyklus der Kohlhernie zu unterbrechen und damit einer Vermehrung der Kohlhernie entgegenzuwirken. Insgesamt wurden 8 Varianten mit zeitlich unterschiedlichen Behandlungen angelegt (Abb. 22). Die mechanische Behandlung erfolgte mit einer Fräse und bei der chemischen Behandlung wurden die Pflanzen mit Glyphosat abgetötet. Die frühen mechanischen und chemischen Behandlungen erfolgten 7 Tage nach der Infektion der Pflanzen und die späten Behandlungen 3 Wochen nach Infektion. Alle Pflanzen außer der Negativkontrolle (Gesundvariante) wurden im Keimblattstadium mit Kohlhernie infiziert. Die Pflanzen wurden nach 7 und 21 Tagen auf Befallshäufigkeit und Befallsstärke bonitiert.

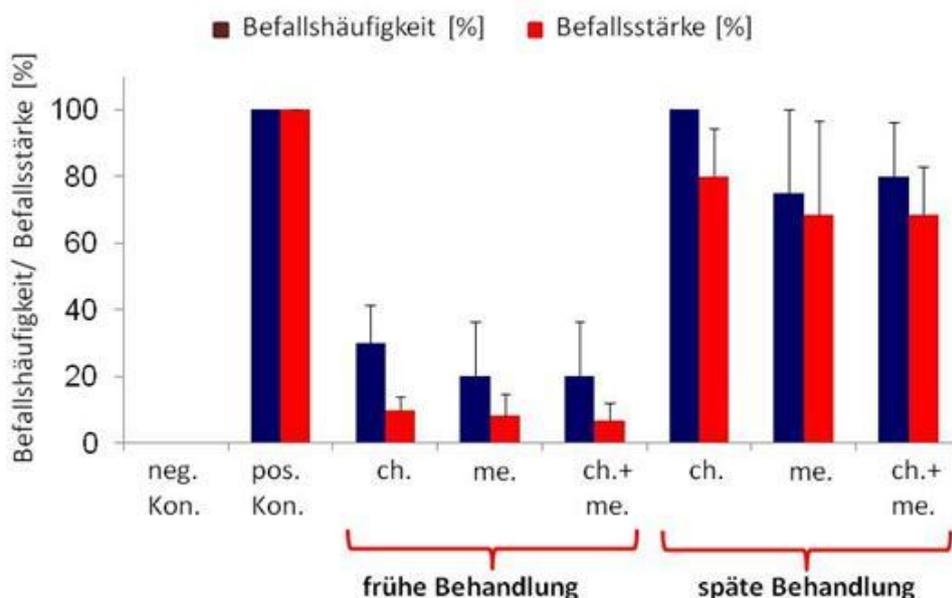


Abb. 22: Befallsbonituren (Befallshäufigkeit und Befallsstärke) 7 und 21 Tage nach Inokulation in den Varianten negative und positive Kontrolle, Glyphosat, mechanischer Zerkleinerung und Glyphosat + mechanischer Zerkleinerung

Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass vor allem die frühen Behandlungen zu einer Reduzierung des Befalls führen. Dabei zeigte die kombinierte Behandlung mit mechanischer Bearbeitung und chemischer Behandlung die besten Bekämpfungserfolge. Im Vergleich zur Kontrolle konnte durch eine frühe Behandlung die Befallshäufigkeit um 60-75 % je nach Variante reduziert werden. Die Befallsstärke konnte um 80-90 % gemindert werden. Eine vollkommene Befallsfreiheit konnte in keiner der Varianten erreicht werden. Die späte Behandlung 21 Tage nach der Infektion brachte keine nennenswerten Erfolge. Die Befallshäufigkeit konnte hier im Vergleich zur Kontrolle um 0-25 % je nach Variante reduziert werden und die Befallsstärke um 20-30 %. Die besten Bekämpfungserfolge bei der späten Behandlung in Bezug zur Befallshäufigkeit zeigten sich bei der mechanischen Bearbeitung. Die geringste Befallsstärke konnte sowohl bei der einfachen mechanischen als auch bei der einfachen chemischen Behandlung festgestellt werden.

In der Abbildung 23 ist die Befallsbonitur nach 7 und 21 Tagen nach Inokulation und Bearbeitungsvariante dargestellt. Anhand der Bilder wird ersichtlich, dass die frühe Behandlung zu deutlich geringeren Symptomen an der Pflanze führt als eine späte Behandlung 21 Tage nach Inokulation. Ebenfalls sieht man, dass die Symptome bzw. Gallen in der kombinierten Variante zu beiden Behandlungszeitpunkten geringer sind als bei den Varianten mit einer Behandlung bzw. Bearbeitung.



Abb. 23: Befallsbonitur nach 7 und 21 Tagen nach Inokulation (dpi) in den Varianten Kontrolle, Glyphosat, mech. Zerkleinerung und Glyphosat + mech. Zerkleinerung

Zusammenfassend lässt sich anhand dieses Versuches festhalten, dass keine Variante zu einer vollkommenen Reduktion des Befalls geführt hat. Aufgrund der optimalen Gewächshausbedingungen von Temperatur und Bodenfeuchte konnte der Erreger sehr schnell die Pflanze infizieren und nach kurzer Zeit erste Gallen bilden. Demnach führten die sehr frühen Behandlungen (7 Tage nach Inokulation) nur zu einer starken Reduktion des Befalls und nicht zu einer vollkommenen Befallsfreiheit. Sowohl bei der mechanischen Bearbeitung als auch bei der chemischen Behandlung des Ausfallrapses wurde darauf geachtet, dass alle Pflanzen erfasst wurden. Die Zerstörung der Pflanzen durch die Fräse führte dazu, dass die Pflanzen sehr schnell nicht mehr lebensfähig waren und demnach der biotrophe Erreger der Kohlhernie keine Möglichkeit hatte sich weiter zu entwickeln. Wohingegen die chemische Behandlung mit Glyphosat zu einer langsameren Abtötung der Pflanze (bis zu 7 Tage) führt und demnach die Entwicklung des Erregers im Vergleich zur mechanischen Bearbeitung länger Bestand haben kann. Die kombinierte Variante führte zu den besten Ergebnissen bei der Befallsstärke. Dies kann daran liegen, dass durch die Glyphosatanwendung alle Pflanzen erfasst wurden. Bei der Bearbeitung mit der Fräse können einige Pflanzenteile tiefer vergraben werden und somit nicht schnell genug absterben. Eine vorherige Behandlung mit Glyphosat führt dazu, dass auch diese vergrabenen Pflanzenteile absterben. Die kombinierte Variante führte daher sowohl bei dem frühen als auch bei dem späten Termin zu den besten Ergebnissen.

Eine späte Bearbeitung bzw. Behandlung der Pflanzen (21 Tage nach Inokulation) führte zu keiner bedeutenden Reduktion des Befalls. Die Entwicklung des Erregers war unter den optimalen Gewächshausbedingungen nach 21 Tagen bereits so weit fortgeschritten, dass keine Unterschiede zwischen der Kontrolle und den behandelten bzw. bearbeiteten Varianten vorhanden war. Eine Bearbeitung zu diesem späten Zeitpunkt konnte daher nur noch zu einer geringen Reduktion des Befalls führen.

### **3.7 Re-Isolation der gewonnenen Sporen und Re-Inokulation von Pflanzen**

Aus dem Versuch zum Einfluss unterschiedlicher Abtötung des Ausfallrapses auf die Entwicklung der Kohlhernie (Kap. 3.6) wurden aus allen Varianten Gallen entnommen und aus diesen Sporen reisoliert. Mit diesen gewonnenen Sporen wurden neu angezogene Rapspflanzen inokuliert. Hintergrund dieses Versuchs war, zu überprüfen, ob durch die einzelnen Maßnahmen der frühen bzw. späten chemischen oder mechanischen Abtötung des Ausfallrapses die Sporen in ihrer Vitalität beeinflusst werden. Dazu wurden nach 7 und nach 21 Tagen die Befallsstärke und das Wurzelgewicht in den einzelnen Varianten ermittelt. In Abbildung 24 sind die Ergebnisse der Befallsbonitur dargestellt. Die Wurzelgewichte der Varianten nach früher mechanischer Behandlung und nach kombinierter chemischer und

mechanischer Behandlung waren vergleichbar mit der der Negativkontrolle. Die frühe chemische Behandlung führte zu leicht erhöhten Wurzelgewichten im Vergleich zur Negativkontrolle. Die Varianten mit einer späten Behandlung führten zu ähnlichen Wurzelgewichten wie die Positivkontrolle. Die Unterschiede zwischen den drei späten Varianten waren geringfügig. Ein ähnliches Bild brachte auch die Befallsstärke. Die Varianten mit früher Behandlung zeigten deutlich niedrigere Befallsstärken als die späten Varianten. Tendenziell lagen die Befallsstärken der mechanischen Behandlungen bzw. der kombinierten Behandlungen niedriger als die reine chemische Behandlung.

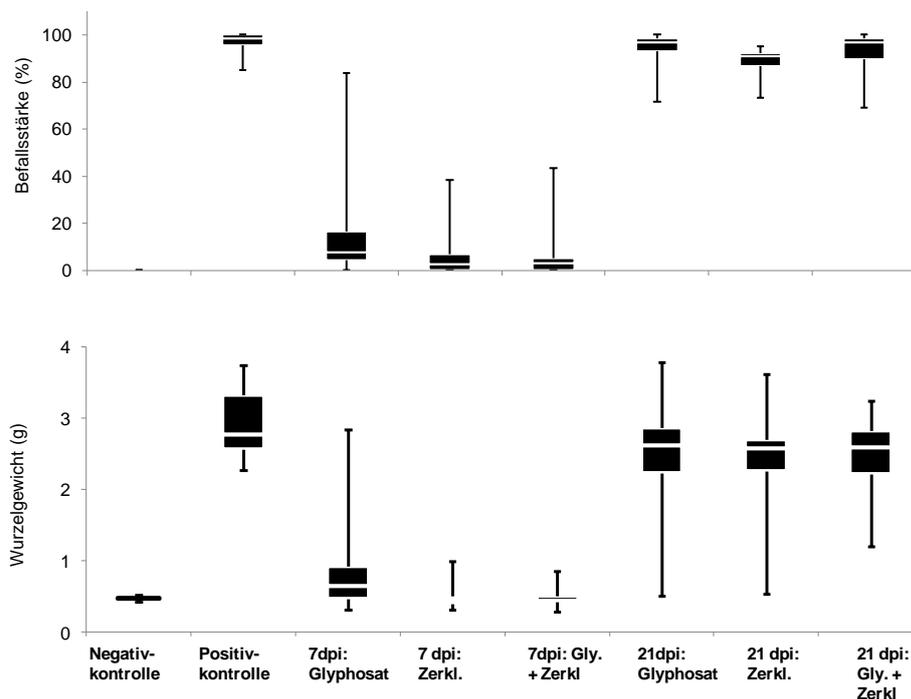


Abb. 24: Befallsbonitur (Befallsstärke in % und Wurzelgewicht in g) nach Re-Isolation und Re-Inokulation 35 dpi, aus den Varianten negative und positive Kontrolle, Glyphosat, mechanischer Zerkleinerung und Glyphosat + mechanischer Zerkleinerung n=20

Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass die aus den Gallen der 6 Varianten gewonnenen Sporen überlebensfähig und infektiös waren. Sowohl die Abtötung durch die Bodenbearbeitung als auch die Behandlung mit Glyphosat führten nicht dazu, dass die Sporen in ihrer Keimung oder Überlebensfähigkeit gehemmt wurden. Unterschiede in der Infektiösität der Sporen zwischen den einzelnen Varianten konnten nicht festgestellt werden. Dies führt zu dem Schluss, dass in den Gallen bereits in kurzer Zeit Dauersporen gebildet worden sind, da nur die Dauersporen der Kohlhernie vor äußeren Einflüssen geschützt sind und längere Zeit ohne den Wirt überleben können (KAGEYAMA & ASANO, 2009). Eine

Beeinflussung der Bildung von Dauersporen durch die Bearbeitung des Ausfallrapses oder die Abtötung des Ausfallrapses mit Glyphosat kann somit nicht erreicht werden.

### **3.8 Befallsbonituren weiterer Krankheiten im Feld**

Um den Einfluss der Bodenbearbeitung nach der Rapsernte auf das Auftreten von Schnecken zu untersuchen, wurden nach der Ernte Erdproben mit Hilfe der Schneckenfangmethode (wie in Kap. 2.3 beschrieben) vom Feld entnommen und im Labor auf Befall untersucht. Insgesamt wurden im Jahr 2010 an zwei Versuchsfeldern (in Hattorf und in Wendhausen) und 2011 in Bad Bramstedt und in Beienrode Proben entnommen. In keinem Jahr konnten Schnecken aus den Proben ermittelt werden. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2012 auf diese Erhebung verzichtet.

Kurz vor und nach der Bodenbearbeitung wurde der Befall aller Krankheitserreger erfasst. *P. lingam*, *P. parasitica*, *B. cinerea* und *C. concentricum* traten während des gesamten Untersuchungszeitraumes so selten auf, dass auf eine Darstellung verzichtet wurde.

### **3.9 Biomasseentwicklung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung**

Zur Ermittlung der oberirdischen Biomasse wurde in jedem Versuchsglied nach der Bodenbearbeitung sowohl die gekeimten Pflanzen wie Unkräuter und Ausfallraps als auch die Strohanteile auf einer Fläche von 1m<sup>2</sup> gesammelt und gewogen. An den Standorten Sickte und Wendhausen wurden zusätzlich zu den Bodenbearbeitungen zwei Blöcke angelegt. In dem einen wurde das Rapsstroh nach der Ernte gehäckselt und in dem anderen blieb das Stroh bis zur Bodenbearbeitung unbearbeitet.

Am Standort Sickte war die Entwicklung der Biomasse in den einzelnen Varianten erwartungsgemäß bei den Varianten mit lockernder Bodenbearbeitung deutlich höher als bei den Pflugvarianten (Abb. 25). Während bei den Pflugvarianten die Durchschnittswerte um 1 g lagen, bewegten sich die Werte bei den Grubber- und Scheibeneggenvarianten zwischen 10 und 25 g. Große Unterschiede in der Biomasseentwicklung traten hinsichtlich der Strohbearbeitung nicht auf.

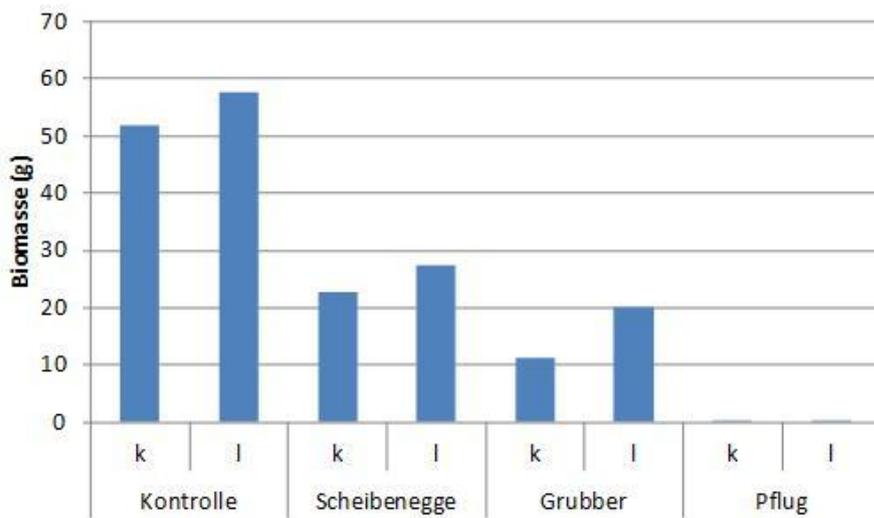


Abb. 25: Biomasse in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (k= Stoppeln nach der Ernte gehäckselt, l = Stoppel nach der Ernte nicht bearbeitet) am Standort Sickte, 2010

Im Jahr 2010 am Standort Sickte lag die Biomasse in allen Varianten in denen das Stroh zuvor gehäckselt wurde niedriger als in den Varianten mit langem unbearbeiteten Stroh. Statistische Unterschiede in der Biomasse zwischen Stroh gehäckselt und Stroh lang traten nicht auf.

Am Standort Wendhausen im Jahr 2012 konnten ähnliche Ergebnisse erzielt werden wie im Jahr 2010 am Standort Sickte. Auch hier konnte die geringste Biomasse in der Pflugvariante festgestellt werden (Abb. 26). In den beiden lockernden Bodenbearbeitungsvarianten lagen die Werte zwischen 10 g bei der Scheibenegge und 55 g bei dem Grubber. Wohingegen die Bearbeitung mit der Scheibenegge insgesamt geringere Werte zeigte als die Bearbeitung mit dem Grubber.

Im Vergleich zum Standort Sickte konnten in Wendhausen in den Varianten Grubber und Scheibenegge hingegen eine größere Menge an oberirdischer Biomasse in den Varianten festgestellt werden in denen das Stroh zuvor gehäckselt wurde.

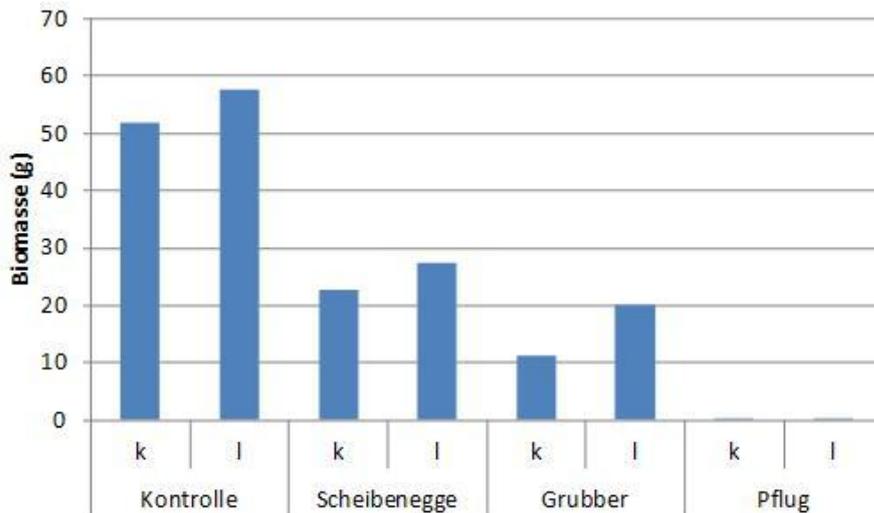


Abb. 26: Biomasse in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (k= Stoppeln nach der Ernte gehäckselt, l = Stoppel nach der Ernte nicht bearbeitet) am Standort Wendhausen, 2012

Am Standort Bad Bramstedt wurde die Biomasseentwicklung in Abhängigkeit von verschiedenen lockernden Bodenbearbeitungen untersucht. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass eine frühe Bearbeitung mit dem Grubber (2 Wochen nach der Rapsernte) die geringste Biomasseproduktion aufweist (Abb. 27). Im Vergleich dazu wies die Variante mit einer frühen Bearbeitung mit der Scheibenegge neben der Kontrolle die höchsten Gewichte von oberirdischer Biomasse auf. Auch eine späte Grubberbearbeitung (4 Wochen nach der Ernte) brachte keine nennenswerte Reduktion der Biomasse im Vergleich zur Kontrolle.

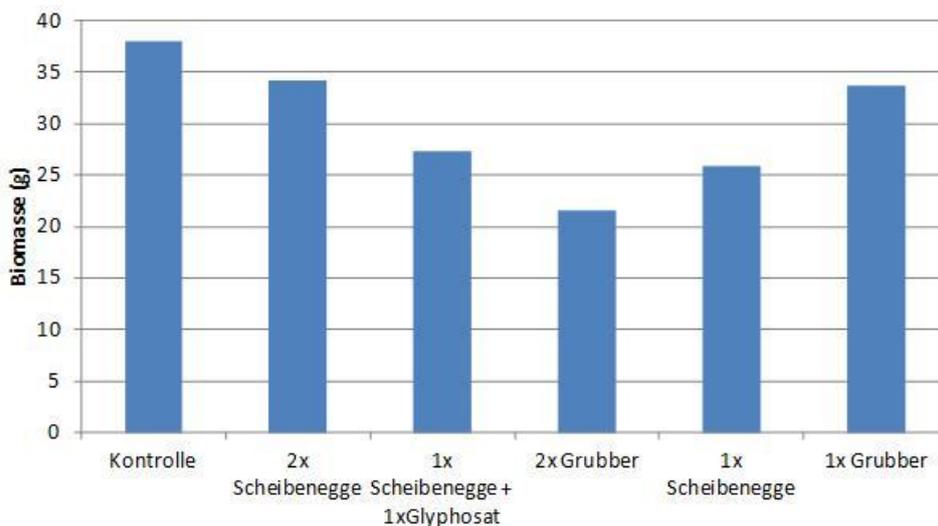


Abb. 27: Biomasse in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung am Standort Bad Bramstedt, 2011

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

Um den Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren nach der Rapsernte auf die Mineralisation von Stickstoff im Boden und der damit verbundenen Stickstoffauswaschung beurteilen zu können, wurde an 3 Standorten in den Jahren 2010-2012 Versuche durchgeführt. An allen Standorten wurden 4 Versuchsglieder (Pflug, Scheibenegge, Grubber und unbearbeitete Kontrolle) angelegt. Zusätzlich wurde der Versuch in zwei Blöcken geteilt, in denen zum einen das Stroh gehäckselt wurde und zum anderen das Stroh unbearbeitet (lang) gelassen wurde. Insgesamt wurde der Versuch in drei Wiederholungen angelegt. Die N<sub>min</sub> Beprobungen wurden direkt nach der Ernte des Rapses, vor der Weizenaussaat, vor Vegetationsende und im Frühjahr zum Vegetationsbeginn durchgeführt. Am Standort Wendhausen I im Jahr 2011 konnte aufgrund starker Niederschläge und schlechter Befahrbarkeit des Standortes im Herbst keine Proben gezogen werden. Im Jahr 2013 liegen vom Standort Wendhausen II keine N<sub>min</sub> Ergebnisse im Frühjahr vor, da die Proben auf dem Weg zum Bodenlabor zu warm geworden sind und demnach die Ergebnisse nicht mehr repräsentativ für den Standort waren. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der N-min Gehalte kumuliert für die Bodentiefe 0-90 cm dargestellt

#### **Sicke 2010**

Am Standort Sicke fand die Rapsernte am 30. Juli statt. Die Bodenbearbeitung erfolgte am 24. August ca. drei Wochen nach der Ernte. Der Glyphosat Einsatz wurde am 15. September in der Varianten 4 durchgeführt. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 7. Oktober. Die N<sub>min</sub> Bodenproben wurden direkt nach der Rapsernte am 4. August gezogen, am 5. Oktober kurz vor der Weizenaussaat und zu Vegetationsbeginn am 17. März.

Bei der Bodenbeprobung nach der Rapsernte wurden auf der Versuchsfläche durchschnittlich 19 kg/ha NO<sub>3</sub>-N gefunden (Abb. 28 und Kap. 6, Tab. 1). Vor der Weizenaussaat bzw. 6 Wochen nach der Bodenbearbeitung lagen die Nitratkonzentrationen in allen Varianten niedriger als nach der Ernte. Statistisch signifikante Unterschiede bei den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten konnten nicht festgestellt werden. Die Variante ohne Bodenbearbeitung mit einer späten Glyphosatanwendung zeigte zu diesem Zeitpunkt im Vergleich zu den anderen Varianten die geringsten Nitratgehalte im Boden.

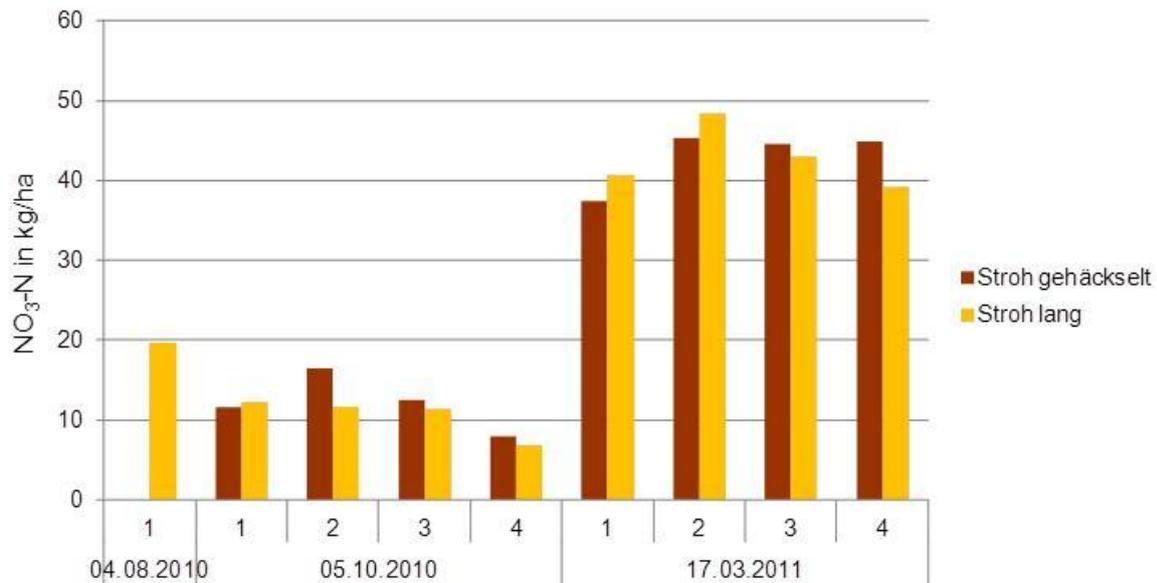


Abb. 28: Nitratgehalte in kg/ha in den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten (VG 1 = Pflug, VG 2 = Scheibenegge VG 3 = Grubber VG 4 = UK) und Stroh Bearbeitungen zu verschiedenen Terminen nach der Rapsernte und im Winterweizen, am Standort Sickte, 2010

Aufgrund der durchgeführten N-Düngung stieg der Nitratgehalt im Boden nach Vegetationsbeginn im Frühjahr in allen Varianten an. In der Pflugvariante konnte der niedrigste Nitratgehalt festgestellt werden. Es folgten die Varianten ohne Bodenbearbeitung, Grubber und Scheibenegge. Statistisch signifikante Unterschiede konnten zwischen den Varianten Pflug und Scheibenegge und Grubber, sowie zwischen der unbearbeiteten Variante und Grubber und Scheibenegge festgestellt werden. Des Weiteren konnten keine Unterschiede in der Bearbeitung des Strohs, ob gehäckselt oder nicht, ermittelt werden.

### Wendhausen I 2011

Am Standort Wendhausen I fand die Rapsernte am 26. Juli statt. Die Bodenbearbeitung erfolgte am 3. August durch die Scheibenegge und am 10. August durch den Grubber und Pflug. Der Glyphosat Einsatz wurde am 15. September in der Varianten 4 durchgeführt. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 7. Oktober. Die  $N_{\min}$  Bodenproben wurden direkt nach der Rapsernte am 1. August gezogen, am 13. September (zu diesem Zeitpunkt war bereits die Bodenbearbeitung durchgeführt worden und der Glyphosat Einsatz in Versuchsglied 4 hatte noch nicht stattgefunden), am 3. November nach der Weizenaussaat bzw. vor Vegetationsende und zu Vegetationsbeginn am 20. März.

In Wendhausen I wurden bei der Bodenbeprobung nach der Rapsernte auf der Versuchsfläche durchschnittlich 30 kg/ha NO<sub>3</sub>-N festgestellt (Abb. 29 und Kap. 6, Tab. 2). Vor der Weizenaussaat bzw. ca. 4 Wochen nach der Bodenbearbeitung lag erwartungsgemäß die Nitratkonzentration in der Pflugvariante im Vergleich zu den anderen Varianten am höchsten. Die Nitratgehalte der Varianten 2 und 3 lagen auf einem ähnlichen Niveau. Die Variante 4 ohne Bodenbearbeitung mit einer späten Glyphosatbehandlung zeigte zu diesem Zeitpunkt die geringsten Nitratgehalte im Boden. Statistisch signifikante Unterschiede konnten nicht festgestellt werden. Nach der Weizenaussaat kurz vor Vegetationsende pendeln sich die Nitratgehalte auf einem einheitlichen Niveau ein. Unterschiede bei den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten konnten zu diesem Zeitpunkt nicht festgestellt werden. Die Variante ohne Bodenbearbeitung mit einer späten Glyphosatanwendung zeigte tendenziell im Vergleich zu den anderen Varianten die geringsten Nitratgehalte im Boden. Nach Vegetationsbeginn im Frühjahr stieg durch die N-Düngung in allen Varianten der Nitratgehalt im Boden an. In der Pflugvariante konnte der niedrigste Nitratgehalt festgestellt werden. Es folgten die Varianten ohne Bodenbearbeitung, Grubber und Scheibenege. Unterschiede in der Bearbeitung des Strohs, ob gehäckselt oder nicht, konnten nicht ermittelt werden.

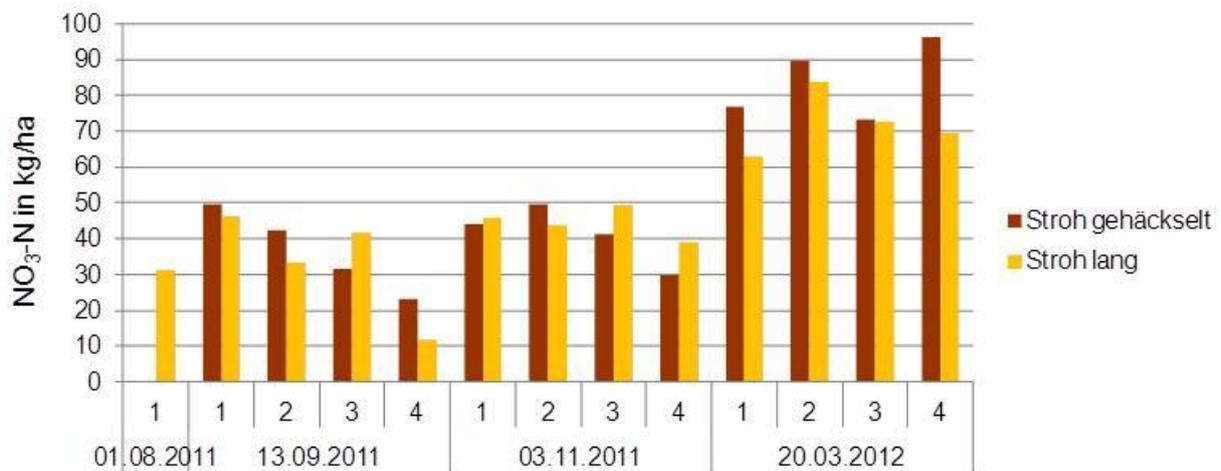


Abb. 29: Nitratgehalte in kg/ha in den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten (VG 1 = Pflug, VG 2 = Scheibenege VG 3 = Grubber VG 4 = UK) und Stroh Bearbeitungen zu verschiedenen Terminen nach der Rapsernte und im Winterweizen, am Standort Wendhausen I, 2011

## Wendhausen II 2012

Am Standort Wendhausen II fand die Rapsernte am 1. August statt. Die Bodenbearbeitung erfolgte am 21. August in allen Varianten. Der Glyphosat Einsatz wurde am 8. September in der Varianten 4 durchgeführt. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 28. September. Die  $N_{\min}$  Bodenproben wurden vor der Bodenbearbeitung am 20. August, am 18. September und am 22. November vor Vegetationsende gezogen.

Nach der Ernte waren die Nitratgehalte auf der Versuchsfläche sehr hoch, durchschnittlich konnten 52 kg/ha  $NO_3$ -N gefunden werden (Abb. 30 und Kap. 6, Tab. 3). Vor der Weizenaussaat bzw. 6 Wochen nach der Bodenbearbeitung lagen die Nitratkonzentrationen in der Variante ohne Bodenbearbeitung am niedrigsten. Es folgten die Varianten mit der Scheibenegge, Grubber und Pflug. Statistisch signifikante Unterschiede bei den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten konnten nicht festgestellt werden. Zum Vegetationsende pendelten sich die Nitratgehalte in den einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten zwischen 25 und 28 kg/ha  $NO_3$ -N bei gehäckseltem Stroh ein. Nur die Variante 4 ohne Bodenbearbeitung wies zu diesem Zeitpunkt Nitratwerte von 18-22 kg/ha  $NO_3$ -N auf. Signifikante Unterschiede in der Bearbeitung des Strohs, ob gehäckselst oder nicht, konnten nicht festgestellt werden.

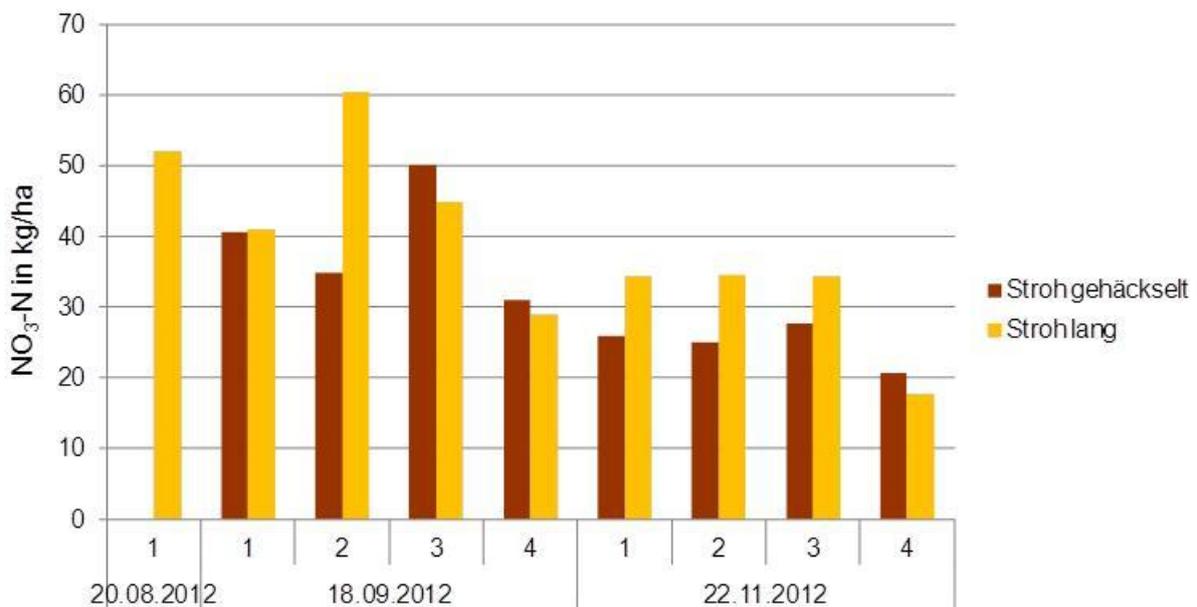


Abb. 30: Nitratgehalte in kg/ha in den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten (VG 1 = Pflug, VG 2 = Scheibenegge VG 3 = Grubber VG 4 = UK) und Stroh Bearbeitungen zu verschiedenen Terminen nach der Rapsernte und im Winterweizen, am Standort Wendhausen I, 2012

Insgesamt reagierten die Nitratgehalte in den Versuchsjahren 2010 bis 2012 verhalten auf eine variiert durchgeführte Bodenbearbeitung. Zwischen der Rapsernte und der Aussaat des Weizens konnten die größten Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten festgestellt werden. Wobei die unbearbeitete Kontrolle mit einer späten Glyphosatbehandlung in allen drei Versuchsjahren und an allen Standorten erwartungsgemäß die geringsten Nitratgehalte im Boden aufwies. Dies lag vor allem an dem ungestörten Aufwuchs des Ausfallrapses, der dazu führte, dass ein Teil des mineralischen Stickstoffs in der Pflanze aufgenommen werden konnte. Zwischen den einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Tendenziell konnte in den Pflugvarianten ein höherer Nitratgehalt im Boden festgestellt werden, als bei den anderen Bodenbearbeitungen. HENKE (2007) konnte ebenfalls in seinen Untersuchungen feststellen, dass sich durch reduzierte Bodenbearbeitungsintensität die N-Auswaschung im Vergleich zum Pflugeinsatz deutlich vermindert. Durch eine sehr flache Bodenbearbeitung bzw. Direktsaat konnte die N-Auswaschung nach dem Winterrapsanbau im Vergleich zum Pflug hier um ca. 10 % vermindert werden. LICKFETT (1993) und CATT et al. (2000) begründen dies in einer begrenzten Durchlüftung des Bodens und dadurch eine reduzierte Mineralisation von bodenbürtigem, organischem Stickstoff. Auf der anderen Seite wird durch eine intensivere Bodenbearbeitung verstärkt bodenbürtiger Stickstoff aus einem sogenannten geschützten Pool freigesetzt (HÜTSCH & MENGEL 1992, KRISTENSEN et al. 2000).

Nach der Weizenaussaat lagen die Nitratgehalte in allen Bearbeitungsvarianten auf einem ähnlichen Niveau. Unterschiede konnten hier nur noch zwischen der unbearbeiteten Kontrolle und den Bearbeitungsvarianten festgestellt werden. In der unbearbeiteten Kontrolle lag der Nitratgehalt weiterhin unter dem der anderen Varianten. Zum Vegetationsbeginn im März konnte insgesamt ein höherer Nitratgehalt im Boden im Vergleich zum Herbst in allen Varianten festgestellt werden. Der Grund dieser höheren Nitratwerten lag daran, dass zu diesem Zeitpunkt bereits eine N-Düngung durchgeführt worden war. An den beiden Standorten Sickte und Wendhausen I zeigten die Pflugvarianten etwas niedrigere Nitratwerte im Vergleich zu den übrigen Varianten.

Darüber hinaus konnte kein Effekt der Stoppelbearbeitung auf den Nitratgehalt durch häckseln der Stoppeln vor der Bodenbearbeitung festgestellt werden. Es wurde vermutet, dass das Häckseln des Strohs zu einer besseren mikrobiellen Zersetzung führen würde und demnach eine Erhöhung des Nitratgehaltes in der oberen Bodenschicht insbesondere bei den reduziert bearbeiteten Varianten führen würde. In zahlreichen Literaturquellen wird darauf verwiesen, dass die Stickstoffkonzentration des Bodens sowohl mit dem Humusgehalt als auch mit dem organischen Bestandteil (Pflanzenreste, organische Dünger) zusammenhängt. Der Gehalt und die Verteilung des organischen Materials im Bodenprofil

werden von der angewandten Bodenbearbeitungsmethode erheblich beeinflusst. Die höchste Konzentration an organischer Substanz liegt in der oberen Schicht der Direktsaat bzw. des ungepflügten Bodens vor (DICK, 1983; PAUL, 1984; GRANATSTEIN et al., 1987)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich durch die Bodenbearbeitung die N-Mineralisationsprozesse nach Winterraps beeinflussen und N-Auswaschungsverluste vermindern lassen. Dabei ist es wichtig die Tiefe der Bodenbearbeitung auf ein praktikables Minimum zu reduzieren, um die Mineralisation aus bodenbürtigen N so gering wie möglich zu halten, gleichzeitig aber die Ernterückstände einzuarbeiten. Insbesondere in Wasserschutzgebieten ist gegebenenfalls auf eine Bodenbearbeitung gänzlich zu verzichten, um einer N-Auswaschung entgegenzuwirken. Es ist darauf zu achten, dass eine pfluglose Bearbeitung, die in der gleichen Bearbeitungstiefe wie das Pflügen durchgeführt wird keinen positiven Effekt zur Reduzierung von  $N_{\min}$  im Herbst liefert (KRISTENSEN et al. 2000).

Anhand der eigenen Ergebnisse und aus der Literatur kann man sagen, dass die im Boden nachgewiesenen Nitratmengen sich voneinander nicht nur von Standort zu Standort unterscheiden, sondern auch von Jahr zu Jahr. Die Witterung und die produktionstechnischen Entscheidungen (Bodenbearbeitung, Düngung, Fruchtfolge) spielen dabei eine wesentliche Rolle (LOCHMANN et al., 1989). Für eine quantitative Erfassung der Mineralisation, so EILEEN et al. (1987), muss die kombinierte Wirkung vieler Faktoren erforscht werden. Auf verschiedenen Standorten kommen die verschiedenen Einflussfaktoren unterschiedlich zum Ausdruck. Weitere umfassende Untersuchungen wären hierfür notwendig.

#### **4 Zusammenfassung**

Nach der Rapsernte können sowohl an der Rapsstoppel als auch am Ausfallraps zahlreiche Krankheiten und Schädlinge überdauern. Zu einer der gefährlichsten Krankheiten im Rapsanbau gehört die Kohlhernie, die sich im Ausfallraps stark vermehren kann. Aber auch die Kleine Kohlflyge kann durch eine nicht angepasste Bodenbearbeitung nach der Rapsernte zu einer großen Gefahr für den neu auflaufenden Raps in der Region werden.

Ziel des vorliegenden Projektes war es, geeignete Feldhygienemaßnahmen in Abhängigkeit vom Schaderregerauftreten und in Anbetracht möglicher Stickstofffreisetzungen zu erarbeiten.

Die Ergebnisse zum Einfluss der Bodenbearbeitung nach Raps auf das Auftreten der Kohlhernie zeigten, dass die Bildung neuer Dauersporen der Kohlhernie im Ausfallraps weder durch eine mechanische noch durch eine chemische Bekämpfung unterbunden werden kann. Eine konsequente Bekämpfung des Ausfallrapses kann die Vermehrung aber

verringern. Wie schnell die einzelnen Rapspflanzen befallen werden und wie schnell der Erreger seine Reproduktion vollziehen kann, ist abhängig von der Temperatur und der Bodenfeuchtigkeit. Dies konnte in Gewächshausversuchen gezeigt werden. Je höher die Temperatur war, desto schneller konnten erste Symptome an der Pflanze festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigten die Versuche, dass die Bodenfeuchte eine geringere Rolle spielt. Zwar ist für die Infektion eine gewisse Bodenfeuchte notwendig, es konnte aber kein steigender Infektionsverlauf mit steigender Bodenfeuchte beobachtet werden. Die Ergebnisse aus den Kohlhernieversuchen im Freiland lassen den Schluss zu, dass Ausfallraps auf Flächen mit Kohlhernie konsequent im 2-Blattstadium bekämpft werden sollte. Dies kann sowohl chemisch (mit Glyphosat) als auch mechanisch erfolgen. Bei der mechanischen Bearbeitung ist auf eine ausreichende Bekämpfung des Ausfallrapses zu achten. Ist dies nicht zu gewährleisten, ist der Einsatz von Glyphosat der mechanischen Bearbeitung vorzuziehen.

Die Kleine Kohlflyge kann nur durch eine intensivere Bodenbearbeitung bekämpft werden. Anhand der dreijährigen Versuche konnte gezeigt werden, dass mit steigender Intensität der Bodenbearbeitung der Kohlflygeschlupf reduziert werden konnte. Durch die Bearbeitung mit dem Pflug konnte im Durchschnitt der Versuche eine Reduktion von bis zu 72 %, durch den Grubber bis zu 48 % und mit der Scheibenegge bis zu 41 % erreicht werden. Je feinkrümeliger und luftdurchlässiger der Boden nahe der Wurzel ist, desto höher ist die Schlupfrate der Kleinen Kohlflyge.

Ein weiterer Aspekt ist, dass durch die Bodenbearbeitungsmaßnahmen auch der Abbau von eventuell durch *Phoma lingam* befallenen Rapsstoppeln gefördert wird. Anhand der Ergebnisse konnte im Untersuchungszeitraum am Ausfallraps kein *Phoma lingam* an den jungen Blättern festgestellt werden. Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung müssten auf großräumigeren Versuchen angelegt werden, da die Sporen bis zu 8 km weit fliegen können.

Die in den Versuchen zur Kohlhernie und Kohlflyge erworbenen Erkenntnisse stehen in einem gewissen Widerspruch zu dem Bestreben möglichst wenig Stickstoff durch die Bearbeitung der Rapsstoppel freizusetzen. In Versuchen zum  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden nach unterschiedlichen Bearbeitungsintensitäten zeigte sich erwartungsgemäß die geringste Stickstofffreisetzung ohne Bodenbearbeitung mit einer späten Glyphosatanwendung. Tendenziell konnten in der Pflugvariante die höchsten Nitratwerte festgestellt werden. Die Grubber- und Scheibeneggenvarianten unterschieden sich nicht voneinander. Signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungen konnten nicht nachgewiesen werden. Zum Vegetationsbeginn im Frühjahr konnten keine Unterschiede in der Stickstofffreisetzung zwischen den Varianten festgestellt werden.

Entsprechend des festgestellten Ausgangsbefalls durch die verschiedenen Schaderreger ist abzuwägen, mit welcher Intensität und mit welchem Verfahren die Rapsstoppel bzw. der Ausfallraps bearbeitet werden muss. Der Einsatz eines Pfluges ist nicht zwangsläufig erforderlich. Die Möglichkeiten der geprüften Maßnahmen sind begrenzt. Sie tragen zur Minderung des Schaderregerpotentials bei, können aber weitere Maßnahmen wie Beize, Fungizidapplikationen oder Wahl einer Kohlhernie resistenten Sorte nicht ersetzen.

## 6 Anhang

Tab. 3: Mittelwerte vom Nitratgehalt [kg/ha] und Standardabweichung der verschiedenen Versuchsglieder [VG 1 = Pflug, VG 2 = Grubber, VG 3 = Scheibenegge, VG 4 = Unbearbeitete Kontrolle] zu zwei Beprobungsterminen vor der Aussaat des Winterweizens und nach Winter am Standort Sickte, 2010. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten kennzeichnen (n=6, Tukey Test,  $p \leq 0,05$ ).

Variante	Termin	NO <sub>3</sub> -N [kg/ha]	± SD	ANOVA
1/ Stroh kurz	Vor Aussaat	11,67	(± 2,9)	a
2/Stroh kurz	Vor Aussaat	16,44	(± 5,1)	abc
3/ Stroh kurz	Vor Aussaat	12,56	(± 6,2)	ab
4/ Stroh kurz	Vor Aussaat	8,0	(± 2,6)	a
1/ Stroh lang	Vor Aussaat	12,22	(± 6,3)	a
2/ Stroh lang	Vor Aussaat	11,67	(± 5,7)	a
3/ Stroh lang	Vor Aussaat	11,33	(± 5,4)	a
4/ Stroh lang	Vor Aussaat	6,78	(± 3,7)	a
1/ Stroh kurz	Nach Winter	37,33	(± 15,4)	bcd
2/Stroh kurz	Nach Winter	45,33	(± 24,0)	e
3/ Stroh kurz	Nach Winter	46,56	(± 11,4)	e
4/ Stroh kurz	Nach Winter	44,89	(± 25,2)	e
1/ Stroh lang	Nach Winter	40,67	(± 13,7)	cd
2/ Stroh lang	Nach Winter	48,33	(± 24,5)	e
3/ Stroh lang	Nach Winter	43,0	(± 21,5)	e
4/ Stroh lang	Nach Winter	39,22	(± 24,2)	cd

Tab. 4: Nitratgehalte [kg/ha] und Standardabweichung der verschiedenen Versuchsglieder [VG 1 = Pflug, VG 2 = Grubber, VG 3 = Scheibenegge, VG 4 = Unbearbeitete Kontrolle] zu drei Beprobungsterminen vor der Aussaat des Winterweizens, vor Winter und nach Winter am Standort Wendhausen, 2011. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten kennzeichnen (n=6, Tukey, p≤0,05).

Variante	Termin	NO <sub>3</sub> -N [kg/ha]	± SD	ANOVA
1/ Stroh kurz	Vor Aussaat	36,33	(± 21,0)	abc
2/Stroh kurz	Vor Aussaat	42,44	(± 22,1)	abcde
3/ Stroh kurz	Vor Aussaat	31,44	(± 25,3)	abc
4/ Stroh kurz	Vor Aussaat	23,0	(± 21,5)	ab
1/ Stroh lang	Vor Aussaat	46,11	(± 23,4)	abcde
2/ Stroh lang	Vor Aussaat	33,11	(± 14,9)	abc
3/ Stroh lang	Vor Aussaat	41,56	(± 22,1)	abcde
4/ Stroh lang	Vor Aussaat	11,56	(± 8,7)	a
1/ Stroh kurz	Vor Winter	44,11	(± 15,8)	abcde
2/Stroh kurz	Vor Winter	49,78	(± 24,0)	ab
3/ Stroh kurz	Vor Winter	41,11	(± 16,0)	abcde
4/ Stroh kurz	Vor Winter	29,78	(± 11,2)	abc
1/ Stroh lang	Vor Winter	45,78	(± 15,3)	abcde
2/ Stroh lang	Vor Winter	43,78	(± 20,3)	abcde
3/ Stroh lang	Vor Winter	49,44	(± 28,9)	abcde
4/ Stroh lang	Vor Winter	38,78	(± 37,7)	abcd
1/ Stroh kurz	Nach Winter	76,89	(± 35,5)	cde
2/Stroh kurz	Nach Winter	89,67	(± 65,7)	cde
3/ Stroh kurz	Nach Winter	73,22	(± 14,2)	bcde
4/ Stroh kurz	Nach Winter	96,33	(± 50,0)	e
1/ Stroh lang	Nach Winter	63,0	(± 34,5)	abcde
2/ Stroh lang	Nach Winter	83,67	(± 49,4)	cde

3/ Stroh lang	Nach Winter	72,44	(± 28,0)	bcde
4/ Stroh lang	Nach Winter	69,33	(± 32,3)	bcde

Tab. 5: Nitratgehalte [kg/ha] und Standardabweichung der verschiedenen Versuchsglieder [VG 1 = Pflug, VG 2 = Grubber, VG 3 = Scheibenegge, VG 4 = Unbearbeitete Kontrolle] zu zwei Beprobungsterminen vor der Aussaat des Winterweizens und nach Winter am Standort Wendhausen, 2012. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Varianten kennzeichnen (n=6, Tukey, p≤0,05).

Variante	Termin	NO <sub>3</sub> -N [kg/ha]	± SD	ANOVA
1/ Stroh kurz	Vor Aussaat	40,67	(± 20,3)	ab
2/Stroh kurz	Vor Aussaat	34,78	(± 21,9)	ab
3/ Stroh kurz	Vor Aussaat	50,0	(± 38,4)	ab
4/ Stroh kurz	Vor Aussaat	31,0	(± 29,3)	ab
1/ Stroh lang	Vor Aussaat	40,89	(± 16,5)	ab
2/ Stroh lang	Vor Aussaat	60,44	(± 42,4)	b
3/ Stroh lang	Vor Aussaat	44,89	(± 29,1)	ab
4/ Stroh lang	Vor Aussaat	28,89	(± 31,4)	ab
1/ Stroh kurz	Vor Winter	25,89	(± 7,6)	ab
2/Stroh kurz	Vor Winter	25,0	(± 14,4)	ab
3/ Stroh kurz	Vor Winter	27,67	(± 8,6)	ab
4/ Stroh kurz	Vor Winter	20,67	(± 12,0)	a
1/ Stroh lang	Vor Winter	34,22	(± 15,9)	ab
2/ Stroh lang	Vor Winter	34,56	(± 17,2)	ab
3/ Stroh lang	Vor Winter	34,33	(± 13,9)	ab
4/ Stroh lang	Vor Winter	17,67	(± 6,5)	a

## 7 Literatur

ABRAHAMSEN, G. (1971): The influence of temperature and soil moisture on the population density of *Cognettia sphagnetorum* (Oligochaeta: Enchytraeidae) in cultures with homogenized raw humus. *Pedobiologia* 11: 417-42

BUCZACKI, S.T., TOXOPEUS, H., MATTUSCH, P., JOHNSTON, T.D., DIXON, G.R. & HOBOLTH, L.A. (1975): Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*: proposals for attempted rationalization through an international approach.- *Trans. Br. mycol. Soc.* 65, 295-303

CATT, J. A., HOWSE, K. R., CHRISTIAN, D. G., LANE, P. W. & GOSS, M. J. (2000): Assessment of tillage strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK. *Soil & Tillage Research* 53, 185-200.

COLHOUN, J. 1953: A study of the epidemiology of club-root disease of Brassicae. *Ann. Appl. Biol.*, 40: 262–283.

COLLIER R. H. & S. FINCH (1983): Completion of diapause in field populations of the cabbage root fly (*Delia radicum*). *Entomol. Exp. Appl.* 34, 186-192.

DICK, W. A. (1983): Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 102-107.

DOSDALL, L. M., M. J. HERBUT, N. T. COWLE & T. M. MICKLICH, 1996: The effect of tillage regime on emergence of root maggots (*Delia* spp.) (*Diptera: Anthomyiidae*) from canola. *Can. Entomol.* 128, 1157-1165.

DÓZSA-FARKAS, K. (1977): Beobachtungen über die Trockenheitstoleranz von *Fridericia galba* (Oligochaeta, Enchytraeidae). *Opusc. Zool. Budapest* 14 (1-2): 77-83.

EILEEN, J.; KLADIVKO AND KEENEY, R. (1987): Soil nitrogen mineralization as affected by water and temperature interaction. *Biol. Fertil. Soils* 5: 248-252.

ELLIS, M.B. & J.M. WALLER (1974): *Sclerotinia fuckeliana* (conidial state *Botrytis cinerea*), CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 431. In: Commonwealth Mycological Institute (Edit.) Kew, Surrey, England, Set 44.

FINCH, S. & G. SKINNER, 1980: Mortality of overwintering pupae of the cabbage root fly (*Delia brassicae*). *J. Appl. Ecol.* 17, 657-666.

- GLADDERS, P. & MUSA, M.T. (1980): Observation on the epidemiology of *Leptosphaeria maculans* stem canker in winter oilseed rape. *Plant Pathology*, 29, 28-37.
- GLEN, D.M. (2002): Biologie und Kontrolle von Schnecken im Raps. *Raps* 20, 72-76.
- GOSENDE, S., PENAUD, A., AUBERTOT, J.N., SCHNEIDER, O. PINOCHET, X. (2003): Evolution of soil surface oilseed rape stubbles and their ability to produce spores of *Leptosphaeria maculans*: preliminary results. 11<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, 1166-1168, Copenhagen, Denmark.
- GRANATSTEIN, D. M.; BEZDICEK, D. F.; COCHRAN, V. L.; ELLIOT, L. F. AND HAMMEL, J. (1987): Long-term-tillage and rotation effects on soil microbial biomass, carbon and nitrogen. *Biol. Fertil. Soils* 5: 265-270.
- HENKE, J. (2007): Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Winterrapsanbau. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- HOFFMAN, G. M. & SCHMUTTERER, H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HÜNMÖRDER, S. (2003): Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und Bekämpfung der Kleinen Kohlflye (*Delia radicum* (L.)) an Winterraps. Diplomarbeit, Rostock.
- HÜTSCH, B. & MENGEL, K. (1992): Effect of long-term ploughing and direct drilling on the distribution and leaching of mineral nitrogen in a loamy and a sandy soil. *European Journal of Agronomy* 1, 213-219.
- KAGEYAMA, K. & ASANO, T. (2009): Life Cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *J. Plant Growth Regul.* 28:203-211
- KASINATHAN, H. (2012): Influence of pH, Temperature, and Biofungicides on Clubroot of Canola. Thesis of Master of science, Ontario, Canada.
- Keuneke, H. (2009): Einfluss von Kohlfiegenbefall auf die Infektion und Schadwirkung von *Verticillium longisporum* und *Phoma lingam* an Raps. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- KRISTENSEN, H. L., MCCARTY, G. W. & MEISINGER, J. J. (2000): Effects of Soil Structure Disturbance on Mineralization of Organic Soil Nitrogen, *Soil Science Society of America Journal* 64, 371-378.

- KRÜGER W. & WITTERN I. (1981): Epidemiologische Untersuchungen bei der Wurzelhals- und Stängelfäule des Rapses, verursacht durch *Phoma lingam*. *Phytopathologische Zeitschrift*, 113, 125-140.
- LICKFETT, T. (1993): Auswirkungen verminderter Produktionsintensität in zwei Rapsfruchtfolgen auf Elemente des N-Haushalts im System Boden-Pflanze. Dissertation. Universität Göttingen.
- LOCHMAN, R.; VAN DER PLOEG, R. UND HUWE, B. (1989): Zur Parametrisierung der Stickstoff-Mineralisierung in einem Ackerboden unter Feldbedingungen. *Z. Pflanzenernähr. und Bodenk.* 152: 319-324.
- MCDONALD, M. R., AND S. M. WESTERVELD (2008): Temperature prior to harvest influences the incidence and severity of clubroot on two Asian Brassica vegetables. *HortScience*, 43: 1509–1513.
- PAUL, V.H. (2000): Krankheiten und Schädlinge des Rapses. Verlag Th. Mann. Gelsenkirchen-Buer.
- PAUL, E. A. (1984): Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil* 76: 275-285.
- PRESCHER, S. (2010): mündliche Mitteilungen.
- PUNITHALINGAM, E. & P. HOLLIDAY (1972): *Leptosphaeria maculans*, CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 331. In: Commonwealth Mycological Institute (Edit.) Kew, Surrey, England, Set 34.
- SACRISTAN, M.D. & HOFFMANN, F. (1978): Direct infection of embryogenic tissue cultures of haploid Brassica napus with resting spores of *Plasmodiophora brassica*. –*Theor. Appl. Genet.* 54, 129-132.
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995): *Bodenkundliches Praktikum*.- 2. Aufl., Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 295 S
- SCHNEIDER, O., ROGER-ESTRADE, J., AUBERTOT, J.N., DORE, T. (2003): Analysis to the effects of superficial and deep soil tillage on the vertical distribution of oilseed rape stubble: contribution to the Integrated Pest Management of phoma stem canker. 11<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, 854- 856, Copenhagen, Denmark.

STEINBACH, P., DAEBLER, F., SEIDERL, D. (1989): Ursache zur Pathogenese der durch *Phoma lingam* verursachten Wurzelhals- und Stängelfäule am Winterraps. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, 43, 212-215.

STEMANN, G., SCHÄFER, B.C., LÜTKE ENTRUP, N. (2003): Pflanzenbau-Strategien für die Mulchsaat. Top Agrar, 58-64.

SUTTON, B.C. & I.A. GIBSON (1977): *Cylindrosporium concentricum*, CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 536. In: Commonwealth Mycological Institute (Edit.) Kew, Surrey, England, Set 54, 536.

THUMA, B. A., R. C. ROWE, AND L. V. MADDEN. (1983): Relationships of soil temperature and moisture to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) severity on radish in organic soil. Plant Dis. 67: 758–762.

VON TIEDEMANN, A. (2006): mündliche Mitteilung.

VOSSHENRICH, H.-H., RECKLEBEN, Y., GATTERMANN, B. (2006): Kurze oder lange Stoppeln? DLG-Mitteilungen, H.7, 42-45.

WEBSTER, J. (1983): Pilze, eine Einführung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 164-166.



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON  
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de