

Auswirkungen von Untersaaten in Weißkohlkulturen
auf die Populationsdynamik der Schadinsekten,
die Unkräuter und den Ertrag

Von dem Fachbereich Biologie
der Universität Hannover
zur Erlangung des Grades eines

DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

Dr. rer. nat.

genehmigte Dissertation

von
Jörn Lehmhus
geboren am 27.07.1968 in Eutin

2001

Referent: Prof. Dr. Stefan Vidal
Koreferent: Prof. Dr. Klaus Wächtler

Tag der Promotion: 26.05.2001

Kurzfassung

Untersaatkulturen sind eine besondere Form der Mischkultur, bei der eine Hauptfrucht mit einer untergesäten, niedrigwüchsigen Nebenfrucht kombiniert wird. In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen von Untersaaten in Weißkohlkulturen auf Schaderregerbefall, Unkrautaufkommen und den Ertrag untersucht. Untersaatkulturen führten allgemein zu einer Verringerung des Schadinsektenbefalls am Kohl und zu Verbesserungen der Erntequalität. Flächige Untersaaten minderten den Schadinsektenbefall stärker als Reihenuntersaaten und Aussaaten vor Pflanzung des Kohls verursachten größere Befallsminderungen als nach Pflanzung des Kohls gesäte Untersaaten. Der Schadinsektenbefall wurde also um so stärker reduziert, je größer der Flächenanteil der Untersaat gegenüber dem Anteil des Kohls an der Flächendeckung der gesamten Vegetation war. Die als Untersaat dienende Pflanzenart war dagegen von untergeordneter Bedeutung. Aufgrund der stärkeren interspezifischen Konkurrenz zwischen Kohl und Untersaat minderten flächige Untersaaten aber das Kopfgewicht des Kohls stärker als Reihenuntersaaten. Reihenuntersaaten senkten das Kopfgewicht verglichen mit der Kohlreinkultur dagegen nur gering oder überhaupt nicht.

An stark verunkrauteten Standorten konnten Untersaaten das Unkrautaufkommen nicht ausreichend unterdrücken. In Reihenuntersaaten war die mechanische Unkrautbekämpfung einfacher als in flächigen Untersaaten. An allen Versuchsstandorten erwies sich der Erdklee (*Trifolium subterraneum*) aufgrund der Kombination von vergleichsweise guter Unkrautunterdrückung, Reduktion von Schadinsektenpopulationen und vergleichsweise geringer interspezifischer Konkurrenz mit dem Kohl als die bestgeeignete Untersaat.

Die Hauptursache für die Reduktion des Schadinsektenbefalls in Untersaatkulturen war eine durch die Untersaat erschwerte Wirtsfindung der Schadinsekten. Die Hypothese der „appropriate / inappropriate landings“ wurde bestätigt. Unterschiede in der Stärke der Befallsminderung zwischen verschiedenen Schadinsektenarten beruhten auf Unterschieden in der Wirtsfindung. Bei Thripsen und Aphiden traten die ausgeprägtesten Befallsminderungen auf, bei Schadlepidopteren die geringsten. Untersaaten förderten auch einige natürliche Gegenspieler von Schadinsekten. Diese waren aber nur von untergeordneter Bedeutung bei der Reduktion des Schadinsektenbefalls.

Schlagworte: Mischkulturen, Schadinsekten, Weißkohl

Abstract

Undersowings or living mulches are a special form of intercropping in which a crop is combined with a lowgrowing beneficial noncrop. The effects of different undersowing systems in white cabbage on the population dynamics of pest insects, the occurrence of weeds and the yield were evaluated. Undersowings reduced the pest infestation and improved the yield quality of the cabbage. The more area was covered by the undersowing compared to the area covered by the cabbage, the more pronounced were the reductions of pest insect populations. Full cover undersowing reduced pest populations more efficiently than row undersowing and early undersowing before planting the cabbage led to lower pest populations than late undersowing some time after planting. But full cover undersowings as well as very early row undersowings were more likely to cause reductions in yield quantity because of more pronounced competition in the intercrop compared to a control on bare soil, whereas most row undersowings had less or even no influence on the cabbage head weight. Weeds were not successfully suppressed by undersowings when they occurred in high densities. Weed management was easier in row than in full cover undersowings, because hoeing between the rows was possible. Of all plant species tested, the subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) was the most suitable undersowing because of the combination of comparatively good weed suppression, pest population reductions and only weak competition with the cabbage.

The main reason for lower pest populations in undersown cabbage was the influence of undersowings on host plant finding of the herbivores, as it was postulated by the „appropriate / inappropriate landings“ hypothesis. Differences in the population reductions of pest species were due to their different host finding abilities. Thrips and aphid populations exhibited the most pronounced reductions, whereas reactions of the lepidopteran pests were the least pronounced. Some natural enemy populations benefited from undersowings, but in general the natural enemies did not contribute much to the pest population reductions in undersown cabbage.

Key words: Intercropping, phytophagous insects, white cabbage

Inhaltsverzeichnis

<u>1</u>	<u>Einleitung</u>	6
<u>2</u>	<u>Vergleich der Eignung von Untersaaten und Mulchauflage zur Verringerung des Schadinsektenbefalls in Weißkohlkulturen</u>	12
<u>2.1</u>	<u>Einleitung</u>	12
<u>2.2</u>	<u>Material und Methoden</u>	14
<u>2.2.1</u>	<u>Versuchsanlage</u>	14
<u>2.2.2</u>	<u>Bonituren</u>	16
<u>2.2.3</u>	<u>Statistische Auswertung</u>	17
<u>2.3</u>	<u>Ergebnisse</u>	18
<u>2.3.1</u>	<u>Flächendeckung von Untersaaten und Strohmulch</u>	18
<u>2.3.2</u>	<u>Entwicklung des Kohls</u>	20
<u>2.3.3</u>	<u>Schadinsekten</u>	22
<u>2.3.3.1</u>	<u>Mehlige Kohlblattlaus <i>Brevicoryne brassicae</i> L.</u>	22
<u>2.3.3.2</u>	<u>Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i> Lindemann)</u>	25
<u>2.3.3.3</u>	<u>Schadlepidopteren</u>	28
<u>2.3.3.4</u>	<u>Kleine Kohlflye <i>Delia radicum</i></u>	35
<u>2.3.3.5</u>	<u>Kohlerdföhe <i>Phyllotreta spec.</i></u>	39
<u>2.3.4</u>	<u>Pilzliche und bakterielle Erreger</u>	43
<u>2.3.5</u>	<u>Schaderregerbefall insgesamt</u>	45
<u>2.4</u>	<u>Diskussion</u>	48
<u>2.4.1</u>	<u>Eignung der Untersaaten und des Strohmulchs</u>	48
<u>2.4.2</u>	<u>Auswirkungen der unterschiedlichen Bodenbedeckungen auf Schadinsekten</u>	49
<u>2.4.2.1</u>	<u>Mehlige Kohlblattlaus (<i>Brevicoryne brassicae</i> L.)</u>	49
<u>2.4.2.2</u>	<u>Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i>)</u>	50
<u>2.4.2.3</u>	<u>Schadlepidopteren</u>	51
<u>2.4.2.4</u>	<u>Kleine Kohlflye (<i>Delia radicum</i>)</u>	54
<u>2.4.2.5</u>	<u>Kohlerdföhe (<i>Phyllotreta spec.</i>)</u>	54
<u>2.4.3</u>	<u>Pilzliche Schaderreger</u>	55
<u>2.4.4</u>	<u>Abschließende Beurteilung der untersuchten Bodenbedeckungen als Pflanzenschutzmaßnahme</u>	56

2.5	<u>Literatur</u>	59
3	<u>Variation des Aussaatzeitpunktes der Untersaat</u>	63
3.1	<u>Einleitung</u>	63
3.2	<u>Material und Methoden</u>	65
3.2.1	<u>Versuchsanlage</u>	65
3.2.2	<u>Bonituren</u>	66
3.2.3	<u>Statistische Auswertung</u>	67
3.3	<u>Ergebnisse</u>	68
3.3.1	<u>Entwicklung der Untersaaten</u>	68
3.3.2	<u>Entwicklung des Kohls</u>	70
3.3.3	<u>Schadinsekten</u>	72
3.3.3.1	<u>Mehlige Kohlblattlaus (<i>Brevicoryne brassicae</i>)</u>	72
3.3.3.2	<u>Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i>)</u>	77
3.3.3.3	<u>Schadlepidopteren</u>	80
3.3.3.4	<u>Kleine Kohlflye (<i>Delia radicum</i>)</u>	86
3.3.3.5	<u>Kohlerdlöhe (<i>Phyllotreta atra, Ph. undulata</i>)</u>	89
3.3.4	<u>Pilzliche und bakterielle Erreger</u>	93
3.3.5	<u>Schaderregerbefall insgesamt</u>	95
3.4	<u>Diskussion</u>	98
3.4.1	<u>Auswirkungen unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat</u>	98
3.4.2	<u>Schadinsekten</u>	99
3.4.2.1	<u>Mehlige Kohlblattlaus (<i>Brevicoryne brassicae</i> L.)</u>	99
3.4.2.2	<u>Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i>)</u>	100
3.4.2.3	<u>Schadlepidopteren</u>	101
3.4.2.4	<u>Kleine Kohlflye (<i>Delia radicum</i>)</u>	102
3.4.2.5	<u>Kohlerdlöhe (<i>Phyllotreta spec.</i>)</u>	103
3.4.3	<u>Pilzliche und bakterielle Erreger</u>	104
3.4.4	<u>Abschließende Beurteilung der untersuchten Bodenbedeckungen als Pflanzenschutzmaßnahme</u>	105
3.5	<u>Literatur</u>	107
4	<u>Unkräuter und Schadinsekten in Untersaaten</u>	111
4.1	<u>Einleitung</u>	111
4.2	<u>Material und Methoden</u>	113
4.2.1	<u>Versuchsanlage</u>	113

4.2.2	Bonituren	116
4.2.3	Statistische Auswertung	117
4.3	Ergebnisse	118
4.3.1	Unkräuter	118
4.3.1.1	Auswirkungen einer Strohmulchauflage und verschiedener Untersaaten auf das Unkrautaukommen	118
4.3.1.2	Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat	128
4.3.2	Schadinsekten in der Untersaat	130
4.3.2.1	Schadinsekten am Klee	130
4.3.2.2	Schadinsekten an Unkräutern der Familie <i>Brassicaceae</i>	137
4.4	Diskussion	142
4.4.1	Unkräuter	142
4.4.1.1	Auswirkungen einer Strohmulchauflage und verschiedener Untersaaten auf das Unkrautaukommen	142
4.4.1.2	Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat	144
4.4.2	Schadinsekten	145
4.4.2.1	Schadinsekten am Klee	145
4.4.2.2	Schadinsekten an Brassicaceen	147
4.5	Literatur	150
5	Mechanismen der Schadinsektenreduktion in Untersaatkulturen	153
5.1	Einleitung	153
5.2	Material und Methoden	157
5.2.1	Freilandversuche	157
5.2.1.1	Anlage der Freilandversuche	157
5.2.2	Bonituren	158
5.2.3	Untersuchungen zur Nahrungsqualität des Weißkohls	158
5.2.3.1	Analyse der Aminosäuren	159
5.2.3.2	Wirtseignung von Weißkohl für <i>B. brassicae</i> im kontrollierten Experiment	160
5.2.4	Versuche zur Besiedlung des Kohls durch die Kohlblattlaus <i>Brevicoryne brassicae</i>	160
5.2.5	Olfaktometerversuche zur Wirtswahl der Kohlmotte <i>Plutella xylostella</i> und des Kohlerdflohs <i>Phyllotreta atra</i>	161
5.2.6	Statistische Auswertung	162

5.3	<u>Ergebnisse</u>	163
5.3.1	<u>Nahrungsqualität der Wirtspflanze Kohl</u>	163
5.3.1.1	<u>Gehalt an freien Aminosäuren im Blatt</u>	163
5.3.1.2	<u>Wirtseignung von Kohl mit und ohne Erdklee-Untersaat für <i>B. brassicae</i></u> 167	
5.3.2	<u>Reaktionen einzelner Schadinsektenarten</u>	169
5.3.2.1	<u>Mehlige Kohlblattlaus <i>Brevicoryne brassicae</i> L.</u>	170
5.3.2.2	<u>Schwarzer Kohlerdfloh <i>Phyllotreta atra</i></u>	184
5.4	<u>Diskussion</u>	201
5.4.1	<u>Nahrungsqualität</u>	201
5.4.2	<u>Schadinsekten</u>	204
5.4.2.1	<u>Mehlige Kohlblattlaus <i>Brevicoryne brassicae</i> L.</u>	204
5.4.2.2	<u>Schwarzer Kohlerdfloh <i>Phyllotreta atra</i> Kutsch.</u>	209
5.4.3	<u>Vergleich des Verhaltens von <i>Brevicoryne brassicae</i>, <i>Phyllotreta atra</i> und <i>Plutella xylostella</i> gegenüber Untersaaten</u>	222
5.5	<u>Literatur</u>	230
6	<u>Einfluß der Gegenspieler auf Schadinsektenpopulationen an Weißkohl in Kleeuntersaaten</u>	237
6.1	<u>Einleitung</u>	237
6.2	<u>Material und Methoden</u>	239
6.2.1	<u>Freilandversuche</u>	239
6.2.1.1	<u>Anlage der Freilandversuche</u>	239
6.2.1.2	<u>Bonituren</u>	240
6.2.2	<u>Zusatzversuche in Gewächshaus und Freiland</u>	241
6.2.2.1	<u>Anzucht der Versuchspflanzen</u>	241
6.2.2.2	<u>Anzucht der Versuchstiere</u>	241
6.2.3	<u>Versuchsaufbau zu Eiablage der Syrphiden und Verteilung der Larven bei unterschiedlichem Aphidenaufreten in Kohl und Untersaat</u>	242
6.2.4	<u>Statistische Auswertung</u>	243
6.3	<u>Ergebnisse</u>	245
6.3.1.1	<u>Kohlblattlausschlupfwespe <i>Diaretiella rapae</i></u>	245
6.3.1.2	<u>Coccinelliden</u>	249
6.3.1.3	<u>Syrphiden</u>	253
6.4	<u>Diskussion</u>	279

<u>6.4.1</u>	<u>Kohlblattlausschlupfwespe <i>Diaretiella rapae</i></u>	279
<u>6.4.2</u>	<u>Coccinelliden</u>	281
<u>6.4.3</u>	<u>Syrphiden</u>	284
<u>6.4.3.1</u>	<u>Auswirkungen unterschiedlicher Kleeuntersaaten auf das Auftreten von Syrphiden</u>	285
<u>6.4.3.2</u>	<u>Reaktionen der Syrphiden bei unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten der Untersaat</u>	288
<u>6.4.3.3</u>	<u>Versuche zu Eiablage der Syrphiden und Verteilung der Larven bei unterschiedlichem Aphidenaufreten in Kohl und Untersaat</u>	288
<u>6.5</u>	<u>Literatur</u>	291
<u>7</u>	<u>Schlußbetrachtung</u>	297
<u>8</u>	<u>Zusammenfassung</u>	302
<u>9</u>	<u>Literatur</u>	305

1 Einleitung

Vor etwa 10000 Jahren domestizierten Menschen an verschiedenen Orten der Welt erste Tier- und Pflanzenarten zur Sicherung ihrer Nahrungsgrundlagen. Damit begannen die Entwicklung von Ackerbau und Viehzucht und die Verwandlung weite Bereiche der Erde in vom Menschen geprägte Kulturlandschaften (FAGAN 1989, CUNLIFFE 1994). Aus diesen Anfängen entstanden in den Ackerbauregionen der Welt komplexe Landnutzungssysteme mit einer Vielzahl agrarischer Kulte und Rituale, die dazu dienten, landwirtschaftliche Erfahrungen und Landnutzungspraktiken in nicht schriftlicher Form zu bewahren. Schon mit der Inquisition gingen im christlichen Europa Teile dieses Wissens verloren. Die nachfolgenden, nicht freundschaftlichen Kontakte der Europäer mit der außereuropäischen Welt führten auch dort durch Kriege, Sklaverei und Seuchen zur Zerstörung aus jahrhundertelanger Erfahrung gewachsener landwirtschaftlicher Traditionen und Methoden (DENEVAN 1976, HECHT 1995).

Mit der Eroberung und Kolonialisierung der Welt durch die Europäer und der daraus resultierenden Schaffung weltweiter Handelsnetze veränderte sich vielerorts auch die Zielrichtung der landwirtschaftlichen Produktion. Die koloniale Gewinnorientierung führte zum massierten Anbau bestimmter, gewinnbringender Kulturen, während bäuerliche Landnutzungsstrategien aufgegeben wurden, die sich über Jahrtausende entwickelt hatten, um Erträge zu sichern, Anbau Risiken zu mindern und das Land zu schützen. Die auf den Erfahrungen und Entdeckungen des 18. Jahrhunderts resultierende wissenschaftliche Weltansicht der Neuzeit führte zu einer mechanistischen Sichtweise der Natur und einer weiteren Ablehnung ursprünglicher landwirtschaftlicher Traditionen als nicht zeitgemäßem Aberglauben (HECHT 1995).

Mit der Entwicklung der modernen Landwirtschaft verstärkten sich die Gewinnorientierung und die Spezialisierung auf immer weniger genutzte Pflanzenarten auf immer größeren Anbauflächen. Dabei traten auch die charakteristischen Nachteile solcher stark vereinfachten Ökosysteme wie unvollständige Nährstoffkreisläufe, fehlende Regulation von Schaderregerpopulationen und mangelnder Schutz vor Bodenerosion deutlich hervor. Vorteile dieser großflächigen Monokulturen waren jedoch die damit einhergehende arbeitstechnische Vereinfachung, die Reduktion der Arbeitskräfteanzahl und daran angeknüpft, sinkende Produktionskosten (ALTIERI & LETOURNEAU 1984). Die Entdeckung und intensive Nutzung von Pestiziden führte zudem vorerst zu einer ökonomischen Lösung der Schaderregerproblematik. Das Bild

der modernen Agrarlandschaft wird daher in weiten Teilen der Welt von Monokulturen beherrscht, deren Erträge durch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen gesichert werden. Aber schon seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts zeichneten sich mit zunehmender Deutlichkeit nachteilige Nebenwirkungen der anfänglich als revolutionär begrüßten chemischen Pflanzenschutzmittel ab. Mit der Entdeckung von Pestizidrückständen in Nahrung und Boden und ihren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt wandelte sich in der Bevölkerung der Industrieländer langsam die Einstellung gegenüber chemischen Pflanzenschutz. Dieser Wertewandel hin zu einem höheren Gesundheits- und Umweltbewußtsein beeinflusste auch das Nachfrageverhalten der Verbraucher. Veränderte Verbraucherwünsche nach umweltschonend erzeugten Nahrungsmitteln führten zu restriktiveren gesetzlichen Auflagen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und verringerte die Anzahl zugelassener Pflanzenschutzmittel (ORTH 1993). Das Kaufverhalten der in Bezug auf Belastungen von Nahrungsmitteln und Umwelt zunehmend sensibilisierten Verbraucher sowie die Verschärfung gesetzlicher Bestimmungen zum Pestizideinsatz können die Gemüseproduzenten nicht vernachlässigen. Aber die Anbauprodukte müssen, speziell beim Frischgemüse, auch sehr hohen Qualitätsansprüchen genügen. Insbesondere im Gemüsebau stehen Produzenten aufgrund der gegenläufigen Anforderungen des Marktes unter Druck (BLOOD SMYTH et. al. 1992, FINCH 1992, THEUNISSEN 1994a). Ertrag und Erntequalität im Gemüsebau können ohne Pflanzenschutzmaßnahmen nicht gesichert werden. Daher ist man heute mit der Suche nach praktikablen Alternativen zum chemischem Pflanzenschutz befaßt und die Methodik des integrierten Pflanzenschutzes rückte stärker in den Mittelpunkt des Interesses. Die Idee des integrierten Pflanzenschutzes entstand in den frühen 70er Jahren als Antwort auf die zunehmende Besorgnis über die Auswirkungen von Pestiziden auf die Umwelt. Der integrierte Pflanzenschutz stellt eine Kombination von Verfahren dar, die mittels biologischer, biotechnischer, züchterischer und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendigste Maß beschränkt (ALTIERI 1995). Die vorrangige Beachtung der Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes wird in Deutschland durch das Pflanzenschutzgesetz (BGBl. I S. 1505, 15. Sep. 1986) gefordert.

In diesem Zusammenhang richtet sich das Interesse auch auf Mischkulturen als eine schon seit Jahrtausenden bekannte Produktionsweise für pflanzliche Nahrungsmittel. In den Tropen der Alten und Neuen Welt werden auch heute noch viele Nutzpflanzen in Mischkulturen gezogen, wobei der Anteil von Mischkultursystemen an der

landwirtschaftlichen Produktionsfläche von 17% bis 94% schwanken kann. Zusammen mit der gegenüber gemäßigten Breiten wesentlich höheren Anzahl an Nutzpflanzen ist auch diese Form des Anbaus ein Grund für die vergleichsweise höhere Diversität landwirtschaftlich genutzter Flächen in den Tropen (VANDERMEER 1989, LIEBMAN 1995). Mischkulturen waren jedoch nicht immer auf die tropische Landwirtschaft beschränkt. Auch in gemäßigten Zonen war diese Form des Anbaus früher verbreiteter als allgemein angenommen. So wurden zum Beispiel in Mitteleuropa vom Mittelalter bis ins 19. Jh. Linsen mit verschiedenen Getreiden (Gerste, Winterroggen) in Schwaben und im Schwarzwald als Gemisch angebaut; und die Indianer des östlichen Nordamerika (Maine, Carolina, Virginia, Florida) pflanzten Mais und Gartenbohnen in Mischkultur (KÖRBER-GROHNE 1997). In den USA waren Mischkulturen vor der zunehmenden Mechanisierung der Landwirtschaft und der Einführung moderner Hochleistungssorten Mischkulturen offensichtlich sehr verbreitet. Beispiele sind Kombinationen wie Soja mit Mais, Weizen mit Hafer oder Sorghum mit Hafer (VANDERMEER 1989). Als eine weitere spezielle Form der Mischkultur wäre wohl auch die in Mitteleuropa ehemals weit verbreitete Streuobstwiese mit verschiedenen Obstbaumarten und Heugewinnung zu betrachten. Die Mischkultur ist demnach auch in Mitteleuropa keine neue Anbaumethode. Hinter der ursprünglich sehr weiten geographisch Verbreitung von Mischkulturen und den unterschiedlichen Kombinationen in der Nutzung derselben stehen verschiedene Vorteile gegenüber den heute verbreiteten Monokulturen. Zwei wichtige Vorteile von Mischkulturen sind die Minderung von Schadinsektenpopulationen und die Unterdrückung von Problemunkräutern. Die Diversifikation von Agrarökosystemen durch Kombination verschiedener Pflanzenarten in einem Anbausystem kann den Schadinsektenbefall im Vergleich zu Monokulturen senken (ALTIERI & LETOURNEAU 1982, ANDOW 1991, THEUNISSEN 1997). Außerdem gehören Mischkulturen neben Fruchtwechsel, Sortenwahl und Anpassung des Saatzeitpunktes zu den ältesten Konzepten der Unkrautbekämpfung (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993, VANDERMEER 1989, LIEBMAN & DYCK 1993).

Als ein Instrument des integrierten Pflanzenschutzes könnten Mischkulturen unter Umständen Pestizideinsätze mindern. Mischkulturen sind in den letzten Jahren wiederholt als Möglichkeit zur Verminderung des Schaderregerbefalls in Gemüsekulturen diskutiert worden. Für die Anwendung im Gemüsebau erscheint gerade die Untersaatkultur als geeignet. In der Untersaatkultur werden auf einer Fläche

zeitgleich eine Hauptfrucht und eine niedrigwüchsige Nebenfrucht, die nicht geerntet wird, kombiniert (FINCH 1993, THEUNISSEN 1994a). Durch Untersaaten in verschiedenen Gemüsekulturen in gemäßigten Klimabereichen wurde in vielen Fällen der Schadinsektenbefall gemindert. Entsprechende Versuche wurden bereits in mehreren europäischen Ländern durchgeführt (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN & SCHELLING 1996a, LEHMUS et al. 1996). Über die Ursachen für den in Untersaaten und anderen Mischkulturen verringerten Befall wurden bereits verschiedene Hypothesen formuliert. Nach der Feindhypothese sind die Dichten der Gegenspieler aufgrund alternativer Nahrungsangebote in stärker diversifizierten Ökosystemen wie Mischkulturen gegenüber Monokulturen erhöht (ROOT 1973). Nach der Ressourcen-Konzentrations-Hypothese werden Standorte mit hoher Wirtspflanzenkonzentration oder fast reinen Wirtspflanzenbeständen von Herbivoren eher aufgefunden (ROOT 1973). Nach der Physikalische Barrieren-Hypothese werden Schadinsekten in Mischkulturen bei der Wirtspflanzensuche mechanisch behindert (PERRIN 1977). Nach der Hypothese der optischen Maskierung ist eine Wirtspflanze mit einem grünen Hintergrund von Begleitvegetation optisch weniger sichtbar (SMITH 1976). Nach der Hypothese der Maskierung des Wirtspflanzengeruchs kann dieser durch den Geruch anderer Pflanzen maskiert werden (TAHVANAINEN & ROOT 1972). Nach der Hypothese der Veränderung des Wirtspflanzengeruchs kann sich dieser durch Wurzelexudate von Nichtwirtspflanzen verändern (THEUNISSEN 1994b). Eine Verstärkung der interspezifischen Konkurrenz um Nährstoffe könnte die Nahrungsqualität der Wirtspflanze verändert sein (ANDOW 1991). Unterschiede im Mikroklima zwischen Wirtspflanzenstandorten können ebenfalls Auswirkungen auf die Verteilung von Herbivoren haben (BACH 1993, ESBJERG 1992) und könnten daher auch in Mischkulturen zu einem gegenüber der Reinkultur verändertem Befall führen.

In manchen Fällen erwies sich die Wirkung der Mischkultur gegenüber Schadinsekten als gering oder eine Wirkung fehlte sogar. Demnach reagierten nicht alle Arten in gleicher Weise auf Mischkulturen und auch bei einzelnen Arten gab es Unterschiede zwischen verschiedenen Versuchen (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, FINCH & EDMONDS 1994, KLOEN & ALTIERI 1990, LEHMUS et al. 1996). Für einen erfolgreichen Einsatz der Untersaatkultur gegen Schadinsekten im kommerziellen Gemüsebau müssen daher die Wirkmechanismen identifiziert und eine breite Wirkung gegen die verschiedenen Schaderregerarten erzielt werden (THEUNISSEN

1994b). Aufgrund des verbreiteten Anbaus bei gleichzeitig vielfältigem Schadinsektenbefall bot sich Kohl als geeignetes Gemüse für Untersuchungen an. Kohl gehört zusammen mit Zwiebel, Knoblauch, Endiviensalat, Fenchel, Saubohne und Linse zu den ältesten in Europa angebauten Gemüsepflanzen, die seit über 4000 Jahren in Kultur sind (DAHLGREN 1987). In den meisten europäischen Ländern sind verschiedene Kulturvarietäten des Kohls auch heute noch die wichtigsten Freilandgemüseulturen. Zudem tritt in Kohlkulturen eine hohe Anzahl unterschiedlicher Schaderreger auf. Viele können wirtschaftliche Schäden verursachen, aber im Artenspektrum und in den Schäden treten starke Unterschiede zwischen Jahren und Regionen auf. Die Auswirkungen des Schadinsektenbefalls auf die Qualität für die Produzenten oft schwer zu beurteilen (HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992). Versuche mit Kohl in Mischkultursystemen wurden auch in den letzten Jahren schon häufiger durchgeführt, es liegen also bereits einige Erfahrungen vor (THEUNISSEN et al. 1995; THEUNISSEN & SCHELLING 1996b, FINCH & EDMONDS 1994, LEHMHUS et al. 1996). Diese zeigten aber, daß vor der praktischen Nutzung der neuen Pflanzenschutzmaßnahme noch einige Hindernisse zu bewältigen sind. Kohl gilt als eine gegenüber Verunkrautung konkurrenzstarke Kultur, aber eine Verunkrautung in der ersten Hälfte der Kulturperiode kann auch in dieser Gemüsekultur zu Ertragsverlusten führen (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Untersaaten könnten eine den Unkräutern vergleichbare Wirkung haben. Die Untersaat verbessert zwar unter Umständen die Ertragsqualität, aber interspezifische Konkurrenz zwischen den verschiedenen Pflanzenarten in Mischkulturen kann gegenüber der Reinkultur die Ertragsquantität verringern. Ein weiterer eventuell auftretender Nachteil wäre erhöhter Arbeitsaufwand in Mischkultursystemen (THEUNISSEN et al. 1995; THEUNISSEN & SCHELLING 1996b; FINCH & EDMONDS 1994). Diese durch die Anbaumethode bedingten Schwierigkeiten müssen für die Praxis minimiert werden, um dem konventionellen Kohlanbau vergleichbare Erträge und Gewinne zu erzielen. Im Gemüseanbau bieten neue pflanzenbaulichen Methoden nur unter den folgenden Voraussetzungen Anreize bieten: Die Wirksamkeit der Kulturmethode gegen Schaderreger muß gesichert sein, konkurrenzbedingte Ertragsverluste dürfen nicht auftreten und die Anwendung darf nicht komplizierter sein als herkömmliche Anbaupraktiken (VANDERMEER 1989) Nur unter diesen Umständen kann die auf historischen Grundlagen ruhende Methode der Mischkultur in die moderne Agrarlandschaft integriert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte an Weißkohlkulturen mit Untersaaten der Schadinsektenbefall, das Unkrautauftreten und der Ertrag untersucht werden, um festzustellen, ob die Untersaatkultur als Kulturmethode in der Praxis eine Alternative zu herkömmlichen Anbaumethoden darstellen könnte. Das Ziel war es, festzustellen, ob generell alle Schadinsekten mit dieser Kulturmethode erfolgreich bekämpft werden können. Die zugrunde liegende Fragestellung dabei war, ob ein allgemeingültiger Wirkungsmechanismus bei den Schadinsektenreduktionen festzustellen war. In die Untersuchungen wurden aufgrund der möglichen Verwendung des Systems in der gemüsebaulichen Praxis auch die Eignung der Untersaat zur Unkrautbekämpfung und der Einfluß der Kulturmaßnahmen auf den Ertrag berücksichtigt. Schwerpunkt der Arbeit war jedoch die Populationsentwicklung der Schadinsekten. Die Ursachen für die Befallsminderungen in Untersaatkulturen ließen sich nicht allein im Freiland klären. Daher wurden für verschiedene Fragestellungen auch Gewächshaus- und Laborversuche durchgeführt.

2 Vergleich der Eignung von Untersaaten und Mulchauflage zur Verringerung des Schadinsektenbefalls in Weißkohlkulturen

2.1 Einleitung

Im Gemüsebau sehen sich Produzenten in besonderem Maß mit gegenläufigen Anforderungen konfrontiert. Einerseits fordert der Markt gerade bei Frischgemüse eine sehr hohe Qualität der Erzeugnisse, auf der anderen Seite müssen Produzenten die Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf Pestizidbelastungen von Mensch und Umwelt sowie die Verschärfung gesetzlicher Bestimmungen zum Pestizideinsatz beachten (BLOOD SMYTH et. al. 1992, FINCH 1992, THEUNISSEN 1994a). Da ohne Pflanzenschutzmaßnahmen Ertrag und Erntequalität nicht gesichert werden können, stehen Gemüseproduzenten vor der Anforderung, Alternativen zu einer auf chemischem Pflanzenschutz basierenden Praxis zu nutzen. Ein zukunftsweisender Schritt wäre ein weitreichender Einsatz von Methoden des integrierten Pflanzenschutzes. Als integrierten Pflanzenschutz bezeichnet man eine Kombination von Verfahren, die mittels biologischer, biotechnischer, züchterischer und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt. In Deutschland wird die vorrangige Beachtung entsprechender Maßnahmen auch durch das Pflanzenschutzgesetz (BGBl. I S. 1505, 15. Sep. 1986) gefordert. In diesem Zusammenhang richtet sich das Interesse auf Mischkulturen, da diese schon vielfach als Möglichkeit zur Verringerung von Schadinsektenbefall beschrieben wurden (ALTIERI & LETOURNEAU 1982, ANDOW 1991, THEUNISSEN 1994a). Dabei könnte sich für die Anwendung im Gemüsebau insbesondere die Untersaatkultur als geeignet erweisen. Bei dieser Sonderform der Mischkultur werden auf einer Fläche zeitgleich eine Hauptfrucht und eine niedrigwüchsige Nebenfrucht, die nicht geerntet wird, angebaut. Versuche mit Untersaatkulturen wurden bereits in mehreren europäischen Ländern durchgeführt (z.B. COAKER 1980, FINCH & EDMONDS 1994, LANGER 1992, THEUNISSEN 1994a, FREULER et al. 1996). Mulchauflagen könnten eine weitere praxisrelevante Methode zur Minderung von Schadinsektenbefall darstellen. Sie wurden bisher seltener auf ihre Wirkung gegenüber Schadinsekten untersucht, stellen jedoch ebenfalls eine Kulturtechnik dar, mit deren Hilfe Schadinsektenbefall verringert werden kann (MATTHEWS-GEHRINGER & HOUGH-GOLDSTEIN 1988, BRUST 1994, HELLQVIST 1996).

In den meisten europäischen Ländern stellt Kohl mit seinen vielen Kulturvarietäten die wichtigsten Freilandgemüsekulturen. Daher rückte der Kohlanbau bei der Entwicklung integrierter Pflanzenschutzmaßnahmen in den Vordergrund (HOMMES 1983). Kohl wird von sehr vielen unterschiedlichen Schaderregern befallen, von denen ein großer Teil auch wirtschaftliche Schäden verursacht. Die Bedeutung einzelner Arten kann dabei zwischen Jahren und Regionen stark schwanken (HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992). Hinsichtlich der Besiedlung und der quantitativen Ausprägung der Schäden bestehen zwischen verschiedenen Schaderregern ebenfalls große Unterschiede. Aus diesen Gründen sind die Auswirkungen des Schadinsektenbefalls auf die Qualität für die Produzenten oft nicht abzuschätzen. Eine Folge davon sind oft vorbeugende und häufigere Insektizidbehandlungen als zum Erzielen guter Qualität notwendig wären (FORSTER et al. 1992). Untersaaten oder Mulchauflagen, die gute Wirkung gegen Schadinsekten zeigen, könnten eine alternative Pflanzenschutzmaßnahme darstellen. Die Integration von Untersaaten in die Praxis gelingt jedoch nur, wenn Kosten und Arbeitsaufwand für konventionelle Kohlkultur mit Insektizideinsatz durch die neue Methode nicht überstiegen werden und der erzielte Ertrag in Quantität und Qualität zumindest gleichwertig ist. Aufgrund sehr unterschiedlicher Erfolge ist diese Kulturmethode bisher nur als Forschungsrichtung, nicht aber in der Praxis etabliert. Unter dem Aspekt der Optimierung für den praktischen Einsatz ergaben sich für die vorliegende Untersuchung folgende Fragestellungen:

Welchen Einfluß hat die Art der Untersaat auf das Auftreten von Schaderregern sowie auf Quantität und Qualität des Ertrags?

Welchen Einfluß hat die Ausbringung - flächig oder in Reihen - auf das Auftreten von Schaderregern sowie auf Quantität und Qualität des Ertrags?

Wie wirkt sich eine Mulchauflage im Vergleich zu Untersaaten auf das Auftreten von Schaderregern sowie auf Quantität und Qualität des Ertrags aus?

2.2 Material und Methoden

2.2.1 Versuchsanlage

Im Jahr 1996 wurden zwei niedrigwüchsige Kleeuntersaaten, Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton; 20 kg / ha) und Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum* cv. Palestine; 10 kg / ha) sowie eine Strohmulchauflage (Gerstenstrohhäcksel) bezüglich ihrer Auswirkungen auf Schaderregerbefall, Erntequantität und –qualität untersucht. Die Versuche wurden auf Flächen des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz in Hannover und der BBA Braunschweig in Hötzum durchgeführt. Für beide Standorte wurde die in Abb.1 dargestellte randomisierte Blockanlage mit vier Versuchsvarianten in sechs Wiederholungen gewählt. Als Kontrollvariante dienten Parzellen ohne Bodenbedeckung. Ein Insektizideinsatz erfolgte in keiner Versuchsvariante. Die Kulturdaten sind in Tab.1 zusammengefaßt.

<i>T.f.</i>	<i>T.s.</i>	Kont.	Stroh	Stroh	Kont.
Kont.	Stroh	<i>T.f.</i>	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	<i>T.s.</i>
<i>T.f.</i>	Kont.	Stroh	<i>T.s.</i>	Stroh	<i>T.f.</i>
Stroh	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.	Kont.	<i>T.s.</i>

Abb. 1: Anlage der Versuchsfläche in Hannover und Hötzum 1996; Stroh = Strohmulchvariante, *T.s.* = Erdkleevariante, *T.f.* = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Tab. 1: Kulturdaten der beiden Versuchsflächen 1996

Standorte	Hannover	Hötzum
Weißkohlsorten	Minicole	Minicole
Anbausystem	Flächige Untersaat	Untersaat in Reihen
Varianten	4 (Strohmulch, 2 Untersaaten, Kontrolle)	4 (Strohmulch, 2 Untersaaten, Kontrolle)
Wiederholungen	6 Wiederholungen je Variante	6 Wiederholungen je Variante
Plotgröße	5,4 m x 4,2 m	6 m x 6 m
Aussaat Weißkohl	11.4.	10.4.
Pflanzung Weißkohl	24.5.	9.5.
Pflanzabstände	60 cm x 60 cm	50 cm x 50 cm
Pflanzen / Plot	48	108
Untersaaten	Erdklee (<i>Trifolium subterraneum</i> cv. Geraldton) 200kg/ha, Erdbeerklee (<i>Trifolium fragiferum</i> cv. Palestine) 100kg/ha	Erdklee (<i>Trifolium subterraneum</i> cv. Geraldton) 20kg/ha, Erdbeerklee (<i>Trifolium fragiferum</i> cv. Palestine) 10kg/ha
Aussaat d. Untersaaten	29.4.	15.4.
Mulch	Gerstenstroh	Gerstenstroh
Ausbringung d. Mulchs	29.5.	15.5.
Düngung	21.6. (200kg Blaukorn/ha) 20.7. (300kg Blaukorn/ha)	10.6. (200kg Blaukorn/ha) 12.7. (300kg Blaukorn/ha)
Ernte / Endbonitur	13.9.	21.8.

In Hannover wurden aufgrund des hohen Fraßdrucks durch Tauben und Sperlinge im Stadtrandbereich die Kleeuntersaaten in zehnfach höherer Dichte (20g/m² statt 2g/m², entspricht 4000Pfl/m² statt 400Pfl/m²) als in Hötzum ausgebracht. Am 20.5. wurden in beiden Kleeuntersaaten in je 12 Stichproben (je 25cm x 25cm) die tatsächliche Pflanzendichte ausgezählt. In der Erdkleevariante betrug die Kleedichte im Mittel 725 Pfl/m², in der Erdbeerkleevariante 1085 Pfl/m².

Die Anzucht des Kohls erfolgte in Hannover drei Wochen im kalten Gewächshaus, anschließend wurde ins Frühbeet umgesetzt. In Braunschweig wurde der Kohl wie in Hannover eine Woche nach Aussaat pikiert und dann bis zur Pflanzung in Hötzum ins kalte Gewächshaus gebracht.

Die als Kontrolle dienende Kohltreinkultur wurde durch Hacken und Jäten bewuchsfrei gehalten. Die Entwicklung von Unkraut wurde in den Untersaatvarianten im ersten Monat durch Hacken und Jäten, danach in Hannover durch viermalige Mahd unterdrückt. In Hötzum erfolgte aufgrund des schwächeren Wachstums der Kleeuntersaaten und des geringen Unkrautaufkommens nur eine Mahd.

2.2.2 Bonituren

An beiden Standorten wurden wöchentlich in allen Wiederholungen 12 Pflanzen visuell auf Schaderregerbefall untersucht. Ab dem 31.7. am Standort Hötzum und ab dem 26.7. am Standort Hannover mußte diese Zahl aufgrund des zunehmenden Schadinsektenbefalls auf 8 Pflanzen je Wiederholung reduziert werden. Daneben wurde alle 2 Wochen die Flächendeckung des Kohls, der Untersaaten und Unkräuter einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt.

Zur Ernte wurden aus allen Wiederholungen Stichproben von 16 Köpfen mit Umblättern genommen. An den Umblättern erfolgte dann eine Bonitur der Fraßschäden durch Raupen und Erdflöhe in % der Blattfläche sowie des Schaderregerbefalls. Diese Bonitur wurde auch an den Köpfen durchgeführt. Zusätzlich wurde bei Raupenfraß am Kopf auch die Tiefe der Schäden erfaßt, d.h. bis zum wievielten Blatt der Kopf geschält werden mußte, um frei von Fraßschäden zu sein. Thrips- und Kohlfliengenschäden an den Kohlköpfen wurden wie unten beschrieben aufgenommen.

Aufgrund der verborgenen Lebensweise der Thripse (*Thrips tabaci*) in den Kohlköpfen konnte ihre Populationsentwicklung während der visuellen Schaderregerbonituren nicht erfaßt werden. Daher wurden bei der Endbonitur die durch Thripsbefall hervorgerufenen Korkwucherungen aufgenommen, die nach dem Ausaugen einzelner Zellen entstehen und dem Blatt bei stärkerem Befall eine qualitätsmindernde rauhe Oberfläche verleihen. Da an den 6 äußersten Kopfblättern die stärksten Schäden auftreten, wurde an diesen in der Endbonitur der Anteil geschädigter Blattfläche in % bonitiert.

Befall durch die Kleine Kohlflye (*Delia radicum*) wurde ebenfalls gesondert bonitiert. Zur Erfassung der Eiablage im Boden wurden 3 Pflanzen in jeder Wiederholung mit handelsüblichen Eimanschetten zur Erfassung der Eiablage im Boden versehen. Die abgelegten Eier wurden jede Woche gezählt und danach aus den Manschetten entfernt, um Mehrfachzählungen zu vermeiden. Die 2. und 3. Generation von *D. radicum* befallen auch die Kohlköpfe, wodurch sie stark qualitätsmindernde Schäden verursachen. Da dieser Befall von außen nicht immer zu erkennen ist und an den 6 ersten Kopfblättern die stärksten Schäden auftreten, wurde er erst bei der Endbonitur an den ersten 6 Kopfblättern in % befallener Blattfläche erfaßt.

Das Erntegut wurde anhand der Schäden in Qualitätsklassen eingeteilt. Die Klassierung des Blattlausbefalls und der Raupenfraßschäden erfolgte nach FORSTER et al. (1992). Für die Schäden durch Thripse und Kohlfiegen wurden diesen angegliche

Klassen aufgestellt. Die Beurteilungskriterien sind unter den einzelnen Schaderregern im Ergebnisteil aufgeführt.

Um die Stärke des Kohlherniebefalls zu ermitteln, wurden die Anzahl und Größe der durch die Krankheit verursachten Wucherungen an den Wurzeln aufgenommen. Diese Bonitur erfolgte nach der Ernte der Kohlköpfe für sämtliche Pflanzen in allen Wiederholungen. Die Beurteilungskriterien für die Einteilung in Befallsklassen sind ebenfalls im Ergebnisteil aufgeführt.

2.2.3 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware SYSTAT 8.0 durchgeführt. Die Daten zur Populationsentwicklung der Schadinsekten wurden zuvor $\log(n+1)$ -transformiert. Für die in Prozentwerten erhobenen Daten (Flächendeckung von Kohl und Klee, Fraßschäden) erfolgte vor der statistischen Auswertung eine arcsin-Transformation.

Um festzustellen, ob signifikante Unterschiede in der Flächendeckung von Kohl und Klee sowie der Populationsdynamik von Schadinsekten in den Varianten vorlagen, wurden RM-ANOVA durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden erfolgten für die Flächendeckung des Kohls für Einzeltermine ANOVA mit anschließendem Tukey-Test. Ergaben sich in der Populationsdynamik der Schadinsekten im RM-ANOVA signifikante Unterschiede, wurden ANCOVA mit anschließendem Tukey-Test durchgeführt. Als Kovariate wurde die Flächendeckung des Kohls in die ANCOVA einbezogen, da die Anzahl der Schadinsekten in Beziehung zur Pflanzengröße stehen kann. Da die Flächendeckung des Kohls in Abständen von zwei Wochen aufgenommen wurde, konnten ANCOVA nicht für alle wöchentlichen Schadinsektenbonituren durchgeführt werden. Die Kopfgewichte zur Ernte sowie die Schäden an Umblättern und Kopf wurden mittels ANOVA getestet. Da die Angabe der Schäden in % relative Werte zur Blattfläche ergab, bestand ein direkter Bezug zur Pflanzengröße. Zum Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Qualitätsklassen bei Schadinsektenbefall und der Schadensklassen bei Kohlherniebefall erfolgten G-Tests. In allen angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse erst bei $P < 0,05$ als signifikant betrachtet.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Flächendeckung von Untersaaten und Strohmulch

Die Kleeuntersaaten Erdklee (*T. subterraneum* cv. Germalton) und Erdbeerklee (*T. fragiferum* cv. Palestine) unterschieden sich an beiden Standorten im Wachstum signifikant voneinander (Tab. 2). Zu Versuchsbeginn traten in Hannover bei flächigen Untersaaten ausgeprägtere Wachstumsunterschiede zwischen den Kleearten auf als in Hötzum bei Reihenuntersaaten (Abb. 2). An beiden Standorten hatte die Erdbeerkleeuntersaat anfangs eine geringere Flächendeckung als die Erdkleeuntersaat. Im Versuchsverlauf glichen sich an beiden Standorten die Deckungsgrade der Untersaaten an. Während die Unterschiede in Hannover am 7.6. noch um 25% lagen, betrugen sie einen Monat später nur noch 10%. Ab 16.8. hatte die Erdbeerklee in Hannover sogar etwas höhere Deckungsgrade als der Erdklee, da letzterer bereits begann abzusterben und sich gelblich zu verfärben. In Hötzum bestand fast den ganzen Versuchszeitraum eine Differenz um 5% in der Flächendeckung der Kleearten. Erst am letzten Boniturtermin vor der Ernte hatte sich auch in Hötzum die Flächendeckung der Kleearten angenähert (Abb. 2). Die Erdbeerkleeuntersaat verunkrautete außerdem bei hohem Unkrautdruck am Standort Hannover wesentlich stärker als die Erdkleeuntersaat.

Die Strohmulchauflage bedeckte in den gemulchten Wiederholungen den gesamten Boden bis an die Stengel der Kohlpflanzen. Ihre Dicke betrug zu Versuchsbeginn um 10 cm, nahm aber im Versuchsverlauf in Hannover stärker ab als in Hötzum (Tab. 3). Unkräuter wurden durch die Mulchauflage wirkungsvoll unterdrückt, aber auskeimendes Ausfallgetreide erreichte Flächendeckungen bis zu 20%.

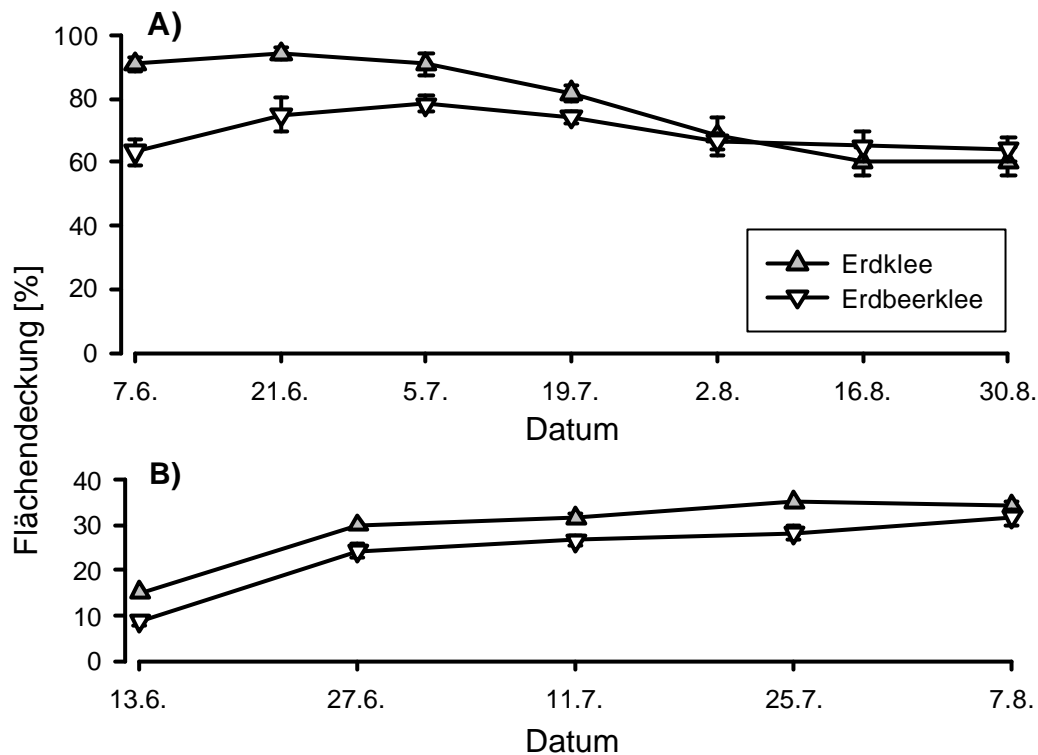


Abb. 2: Flächendeckung der Erdklee- (*Trifolium subterraneum*) und Erdbeerkleeuntersaaten (*Trifolium fragiferum*) in A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 2: RM-ANOVA zur Flächendeckung der Kleeuntersaaten in Hannover und Hötzum 1996:

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,53	1	69,25	0,000
	Datum	1,76	6	99,65	0,000
	Var x Datum	0,77	6	43,81	0,000
	Error	0,18	60		
Hötzum	Var	0,04	1	20,85	0,001
	Datum	0,37	4	225,28	0,000
	Var x Datum	0,00	4	2,10	0,098
	Error	0,02	40		

Tab. 3: Dicke der Strohmulchauflage zu Versuchsbeginn, im laufenden Versuch und zur Ernte des Kohls, Mittel aus den 6 Wiederholungen, SF = Standardfehler

Hannover			Hötzum		
Datum	Dicke der Mulchschicht	SF	Datum	Dicke der Mulchschicht	SF
29.5.	10.139	0,280	15.5.	10.778	0,387
19.7.	7.833	0,573	11.7.	8.875	0,256
13.9.	2.167	0,255	21.8.	4.139	0,280

2.3.2 Entwicklung des Kohls

In Hannover (flächige Untersaat) bestanden in der Flächendeckung der Kohlpflanzen zwischen allen Varianten signifikante Unterschiede (Tab. 4, Tab. 5). Die Flächendeckungen der Kohlpflanzen in der Kontrolle, der Strohmulchvariante und der Erdbeerkleevariante folgen in der Form ähnlichen Verlaufskurven, deren Zuwachsraten jedoch unterschiedlich waren (Abb. 3). Der Kohl in der Erdkleevariante zeigte einen abweichenden Wachstumsverlauf. Hier kam es zunächst zu einer starken Wachstumsverzögerung, die nach dem 5.7. jedoch durch beschleunigtes Wachstum teilweise ausgeglichen wurde. In Hötzum (Untersaaten in Reihen) nahm die Flächendeckung der Kohlpflanzen in allen 4 Varianten ohne signifikante Unterschiede gleichermaßen zu (Tab. 4).

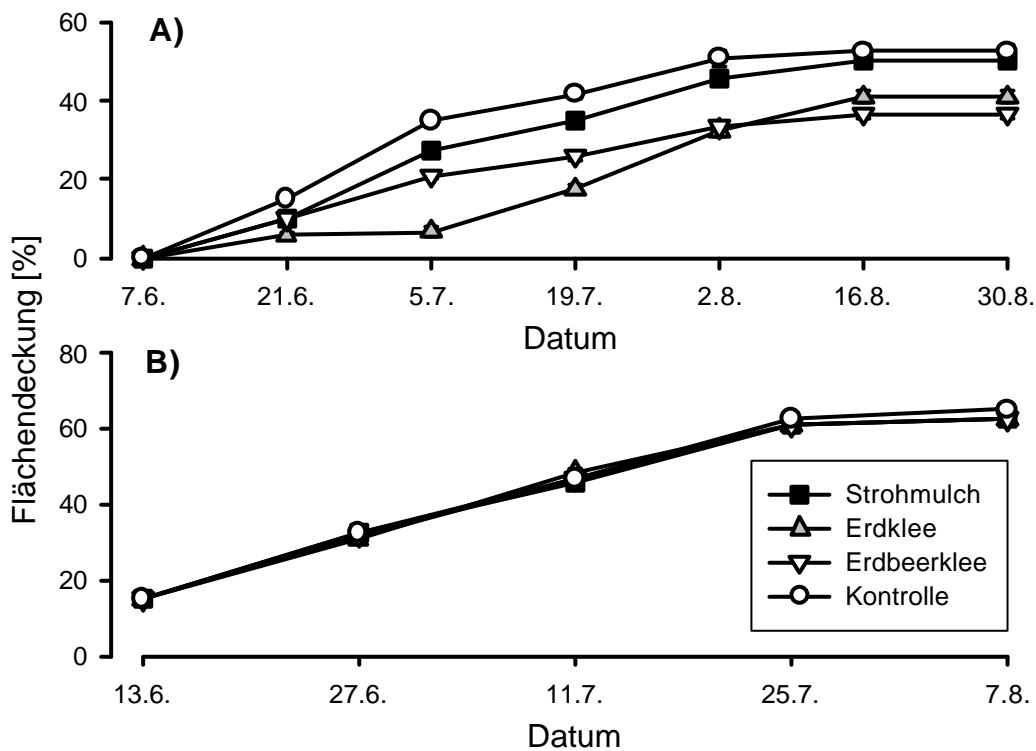


Abb. 3: Flächendeckung des Weißkohls bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 4: RM-ANOVA zum Einfluß der Bodenbedeckung auf die Flächendeckung des Weißkohls in Hannover und Hötzum 1996

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,793	3	80,007	0,000
	Datum	2,622	5	821,156	0,000
	Var x Datum	0,165	15	17,226	0,000
	Error	0,064	100		
Hötzum	Var	0,004	3	0,775	0,522
	Datum	2,016	3	1332,633	0,000
	Var x Datum	0,006	9	1,427	0,197
	Error	0,030	60		

Tab. 5: Paarweise Vergleiche der Flächendeckung der Kohlpflanzen an 3 ausgewählten Boniturterminen in Hannover (Tukey-Test nach ANOVA: 21.6.: df = 3; F = 81,467; p < 0,001; 19.7.: df = 3; F = 92,933; p < 0,001; 16.8.: df = 3; F = 26,844; p < 0,001) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

21.6.	Stroh	T.s.	T.f.	Kontrolle
Stroh	1.000			
T.s.	0.000	1.000		
T.f.	1.000	0.000	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000

19.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kontrolle
Stroh	1.000			
T.s.	0.000	1.000		
T.f.	0.000	0.000	1.000	
Kontrolle	0.001	0.000	0.000	1.000

16.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kontrolle
Stroh	1.000			
T.s.	0.001	1.000		
T.f.	0.000	0.229	1.000	
Kontrolle	0.583	0.000	0.000	1.000

Das Kopfgewicht zur Ernte beziehungsweise der Flächenertrag war am Standort Hannover in beiden flächigen Kleeuntersaaten gegenüber der Kontrolle und gegenüber der Strohmulchvariante hochsignifikant gemindert. Das Kopfgewicht in der Strohmulchvariante war statistisch nicht von der Kontrolle unterscheidbar (Abb. 4). In Hötzum blieb bei reihiger Untersaat das Kopfgewicht sowohl in beiden Kleeuntersaaten als auch in der Strohvariante um 300g unter dem Kopfgewicht der Kontrolle. Ein signifikanter Unterschied bestand dabei nur zwischen Kontrolle und Erdkleevariante (Abb. 4). Der deutlich höhere Flächenertrag in Hötzum verglichen mit Hannover beruht zum Teil auf geringeren Pflanzabständen (vgl. Tab. 1).

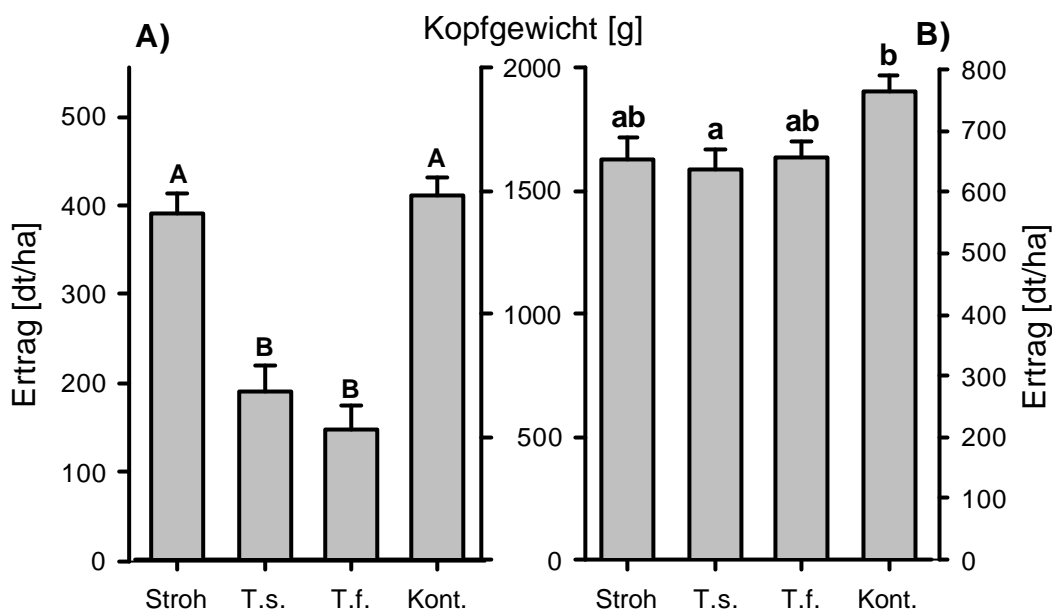


Abb. 4: Kopfgewicht und Flächenertrag des Weißkohls bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996; an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA mit anschließendem Tukey-Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: $df = 3$; $F = 28,421$; $p < 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 3,598$; $p = 0,032$) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

2.3.3 Schadinsekten

In beiden Teilversuchen wurde eine hohe Diversität der Herbivorenfauna beobachtet. In Hannover traten am Kohl 31, in Hötzum 26 Arten auf. Die meisten waren jedoch in so geringen Anzahlen vertreten, daß keine Aussage über die Auswirkungen der verschiedenen Bodenbedeckungen auf diese Arten getroffen werden kann. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die in höheren Dichten auftretenden Arten dargestellt.

2.3.3.1 Mehliges Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* L.

Die Mehliges Kohlblattlaus trat an beiden Versuchsstandorten auf, wobei der Befall jedoch in Hannover mit bis zu 244 Aphiden pro Kohlpflanze in der Kontrolle deutlich höher war als in Hötzum, wo nur maximal 104 Aphiden pro Pflanze festgestellt wurden. Alle Untersaatenvarianten führten im Vergleich mit der Kontrolle zu signifikanten

Befallsminderungen, die allerdings in Hannover bei flächiger Untersaat ausgeprägter als in Hötzum bei Reihenuntersaat waren (Abb. 5). In Hannover ergab sich ab dem 19.7. in den beiden Kleevarianten gegenüber Kontrolle und Strohmulchvariante signifikant niedrigerer Befall, wogegen am Standort Hötzum der Kohl in beiden Kleeuntersaaten erst am 7.8 signifikant geringeren Befall aufwies als in der Kontrolle (Tab. 7). Der Befall in Erdklee- (*Trifolium subterraneum* cv. Germalton) und Erdbeerklee-Untersaaten (*Trifolium fragiferum* cv. Palestine) unterschied sich in Hannover nicht. In Hötzum war am 7.8., dem vorletzten Boniturtermin, der Befall in der Erdkleevariante gegenüber allen anderen Varianten signifikant verringert. Die Strohmulchauflage führte nur in Hötzum an einem Termin, dem 7.8, zu signifikanter Verringerung des Befalls gegenüber der Kontrolle, während sie in Hannover den Befall nicht signifikant verringerte. Zur Ernte war an beiden Standorten die *B. brassicae*- Population vollständig zusammengebrochen. Daher trat Kopfbefall, der die Qualität des Ernteguts hätte beeinträchtigen können, 1996 nicht auf.

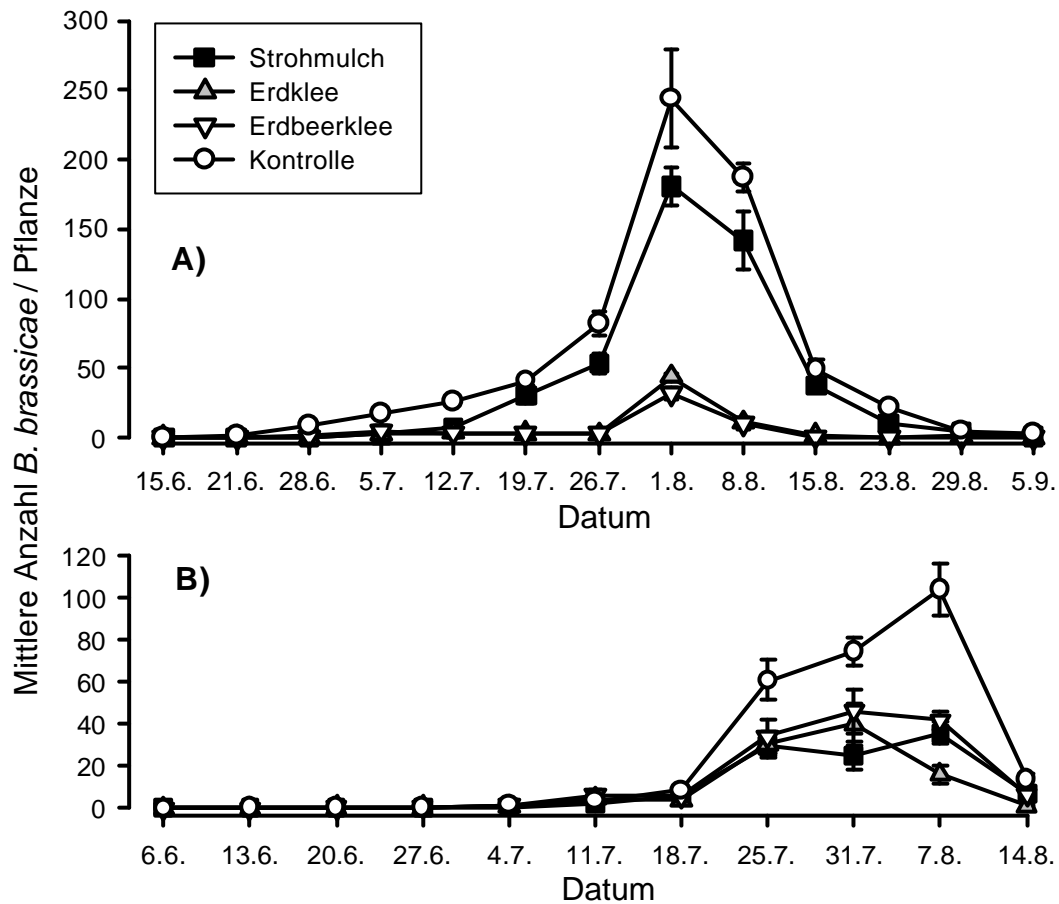


Abb. 5: Populationsdynamik der Mehligen Kohlblattlaus (*B. brassicae*) bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 6: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik von *B. brassicae* in Hannover und Hötzum

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	43,801	3	95,577	0,000
	Datum	94,096	12	162,306	0,000
	Var x Datum	17,148	36	9,859	0,000
	Error	11,595	240		
	Var	2,367	3	4,568	0,014
Hötzum	Datum	88,155	9	202,235	0,000
	Var x Datum	3,912	27	2,991	0,000
	Error	8,718	180		

Tab. 7: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Brevicoryne brassicae* / Pflanze an 4 beziehungsweise 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover 19.7.: df = 3; F = 6,098; p = 0,004; 1.8.: df = 3; F = 19,288; p < 0,001; 15.8.: df = 3; F = 31,736; p < 0,001; 29.8.: df = 3; F = 4,108; p = 0,021; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 2,883; p = 0,072; 7.8.: df = 3; F = 21,837; p < 0,001); Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Ha. 19.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 1.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.019	1.000			T.s.	0.000	1.000		
T.f.	0.002	0.636	1.000		T.f.	0.000	0.251	1.000	
Kontrolle	0.385	0.030	0.008	1.000	Kontrolle	0.256	0.000	0.000	1.000

Ha. 15.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 29.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.000	1.000			T.s.	0.027	1.000		
T.f.	0.000	0.159	1.000		T.f.	0.023	0.696	1.000	
Kontrolle	0.680	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.879	0.024	0.023	1.000

Hö. 25.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 7.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.999	1.000			T.s.	0.006	1.000		
T.f.	0.997	0.987	1.000		T.f.	0.852	0.001	1.000	
Kontrolle	0.115	0.089	0.160	1.000	Kontrolle	0.001	0.000	0.007	1.000

2.3.3.2 Zwiebelthrips (*Thrips tabaci* Lindemann)

Bei flächiger Untersaat in Hannover ergaben sich in beiden Untersaaten gegenüber Kontrolle und Strohmulchvariante signifikant verringerte Blattschäden. Dagegen waren bei Reihenuntersaat in Hötzum die Thripsschäden nur gegenüber der Strohmulchvariante signifikant gesenkt, nicht aber gegenüber der Kontrolle. Der mittlere Anteil geschädigter Blattfläche in der Strohmulchvariante war an beiden Standorten etwas, aber nicht signifikant, höher als in der Kontrolle. Zwischen den Kleevarianten konnten weder in Hannover noch in Hötzum signifikante Unterschiede gefunden werden. (Tab. 8)

Tab. 8: Thripsschäden bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996, an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey-Test nach ANOVA, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: $df = 3$; $F = 8,654$; $p = 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 7,533$; $p = 0,001$); SF = Standardfehler

Varianten	Mittlerer Anteil geschädigter Blattfläche [%]					
	Hannover	SF	Hötzum	SF		
Strohmulch	5,635	1,022	A	1,410	0,108	a
Erdklee	1,421	0,945	B	0,903	0,040	b
Erdbeerklee	0,393	0,155	B	0,983	0,080	b
Kontrolle	4,875	1,034	A	1,147	0,097	ab

In der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen des Ernteguts wurden sowohl in Hannover als auch in Hötzum signifikante Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten einerseits und Kontrolle und Strohmulchvariante andererseits festgestellt (Abb. 6, Tab. 10). Die Beurteilungskriterien für die Qualitätsklassen sind in Tab. 9 dargestellt. In beiden Untersaaten war an beiden Standorten der Anteil der Qualitätsklassen 2, 3 und 4 mit höheren Schäden (vgl. Tab. 2) niedriger als in Kontrolle und Strohmulchvariante. Es gab in den Untersaaten also eine Verschiebung zu besseren Qualitäten. Nur in Hannover wurden aufgrund von Thripsschäden nicht mehr vermarktbar Köpfe festgestellt mit 20% in der Strohmulchvariante, 11% in der Kontrolle, 4% in der Erdkleeuntersaat und 0% in der Erdbeerkleeuntersaat. In Hannover bestanden zwischen den beiden Kleevarianten signifikante Unterschiede mit einer Verschiebung zu schlechteren Qualitäten in der Erdkleevariante. In Hötzum gab es dagegen zwischen Erdklee- und Erdbeerkleeuntersaat keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen, ebenso wie zwischen Kontrolle und Strohmulchvariante an beiden Standorten.

Tab. 9: Qualitätskriterien zur Beurteilung der Thripsschäden am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterium
0	oberste 6 Kopfblättern frei von Saugschäden
1	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden bis zu 1% der Blattfläche
2	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden von 1,1- 4% der Blattfläche
3	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden von 4,1- 10% der Blattfläche
4	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden über 10% der Blattfläche

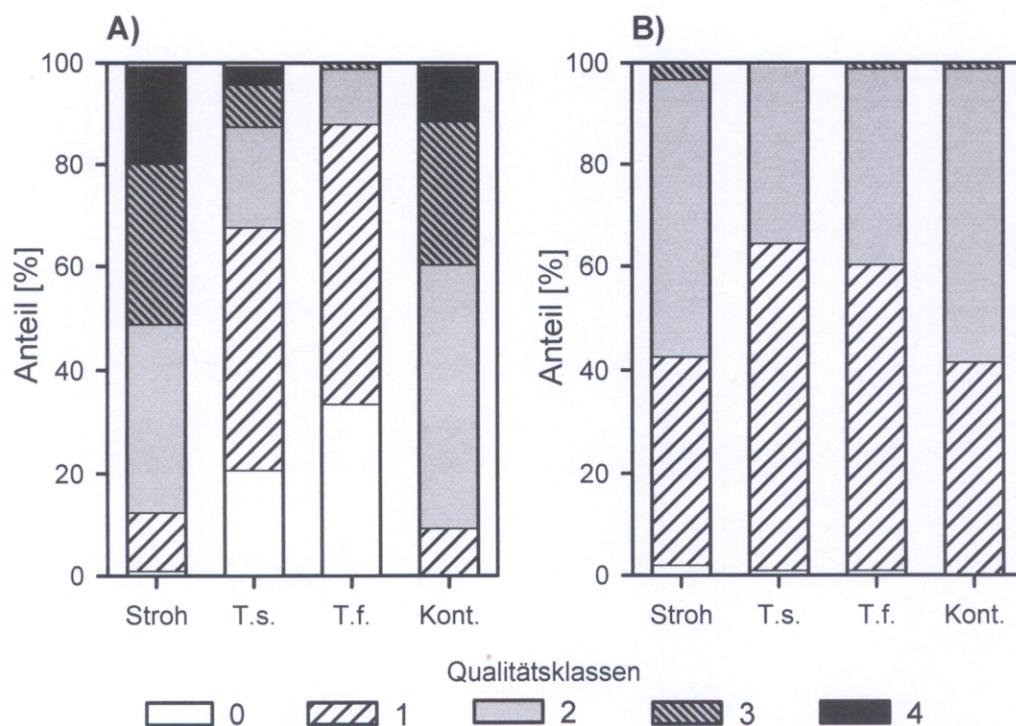


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Thripsschäden an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1996, zu Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. ; Klassen 0-1 geeignet zur Frischvermarktung mit Umblatt; 0-2 geeignet zur Frischvermarktung und Lagerung; 0-3 geeignet zur industriellen Verarbeitung, 4 für Vermarktung nicht geeignet; Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Tab. 10: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Thripsschäden in den Versuchsvarianten, in Hötzum konnten nur die Klassen 1 und 2 berücksichtigt werden, da die übrigen Klassen nur an einzelnen Köpfen vertreten waren, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	228,082	12	< 0,001	15,347	3	0,002
Stroh ↔ T.s.	72,227	4	< 0,001	8,589	1	0,003
Stroh ↔ T.f.	137,559	4	< 0,001	5,887	1	0,015
Stroh ↔ Kont.	6,248	4	0,181	0,011	1	0,917
T.s. ↔ T.f.	17,152	4	0,002	0,257	1	0,612
T.s. ↔ Kont.	81,916	4	< 0,001	9,400	1	0,002
T.f. ↔ Kont.	147,814	4	< 0,001	6,534	1	0,011

2.3.3.3 Schadlepidopteren

Viele Lepidopterenarten traten im Untersuchungsjahr 1996 nur in Einzelexemplaren mit maximalen Dichten deutlich unter der Schadensschwelle von 0,1 Tieren pro Pflanze (FORSTER et al. 1992) auf, so daß ihre Reaktion auf Untersaaten oder eine Strohmulchauflage nicht beurteilt werden kann. Arten mit höheren Dichten waren die Kohlmotte (*Plutella xylostella*), die Gammaeule (*Autographa gamma*) und Erdräupen (*Noctuidae*).

2.3.3.3.1 Kohlmotte *Plutella xylostella* L.

In Hannover (flächige Untersaat) befiel *Plutella xylostella* den Kohl in den beiden Untersaaten etwas weniger als den Kohl in Kontrolle und Strohvariante und die Populationsentwicklung aller Varianten mit Bodenbedeckung war gegenüber der Kontrolle zeitlich nach hinten verschoben (Abb. 7). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant (Tab. 11). Auch in Hötzum (Untersaaten in Reihen) trat *P. xylostella* auf den Kohlpflanzen in allen Versuchsvarianten gleichermaßen auf, ohne daß es dort signifikante Unterschiede gab (Abb. 7, Tab. 11). An diesem Standort war kein ausgeprägtes Maximum in der Populationsentwicklung erkennbar.

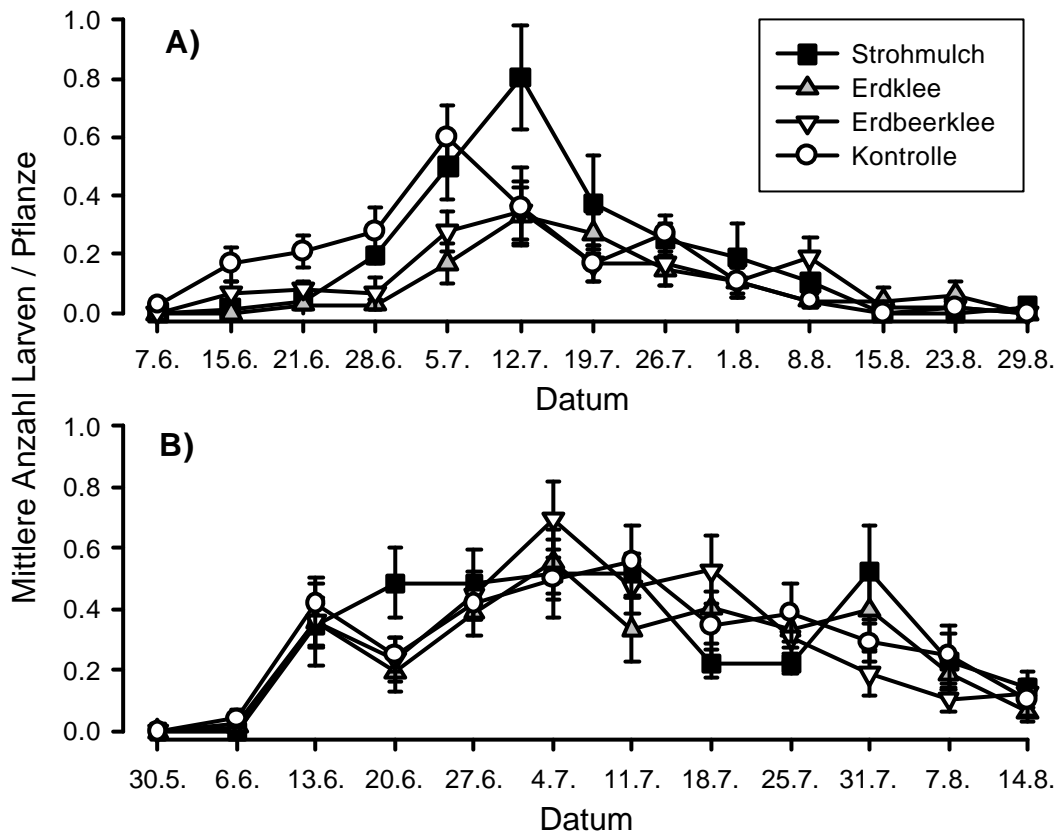


Abb. 7: Populationsdynamik der Kohlmotte (*Plutella xylostella*) bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 11: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik von *Plutella xylostella* in Hannover und Hötzum.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,696	3	3,078	0,051
	Datum	0,196	12	25,866	< 0,001
	Var x Datum	0,538	36	2,430	< 0,001
	Error		240		
Hötzum	Var	0,007	3	0,327	0,806
	Datum	0,669	10	18,003	< 0,001
	Var x Datum	0,136	30	1,221	0,210
	Error	0,744	200		

2.3.3.3.2 Gammaeule *Autographa gamma*

Autographa gamma zeigte eine besondere Präferenz für die Erdkleevariante. Hier erreichte sie mit maximal 0,36 Entwicklungsstadien / Kohlpflanze in Hannover und 0,6 Entwicklungsstadien / Kohlpflanze in Hötzum gegenüber allen anderen Varianten höhere Populationsdichten (Abb. 8). Diese Maxima traten an beiden Standorten

zeitgleich auf, in Hannover am 19.7. und in Hötzum am 18.7. Daneben wurden auch an den Erdkleepflanzen selbst regelmäßig Eier und Raupen von *A. gamma* gefunden, im Erdbeerklee dagegen nur einzelne Raupen. Die RM-ANOVA ergab für beide Standorte signifikante Unterschiede im Auftreten von *A. gamma* (Tab. 12). In den ANCOVA für einzelne Boniturtermine (Tab. 13) war jedoch nur am Standort Hötzum der Befall in der Erdkleevariante signifikant erhöht. In Hannover waren für die Einzeltermine keine signifikanten Unterschiede festzustellen (Tab. 13), da hier die Variabilität der Kovariate sehr hoch war. In den übrigen Varianten blieben die Populationsdichten sowohl in Hannover als auch in Hötzum deutlich geringer. Zwischen Kontrolle, Erdbeerklee- und Strohmulchvariante gab es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 13).

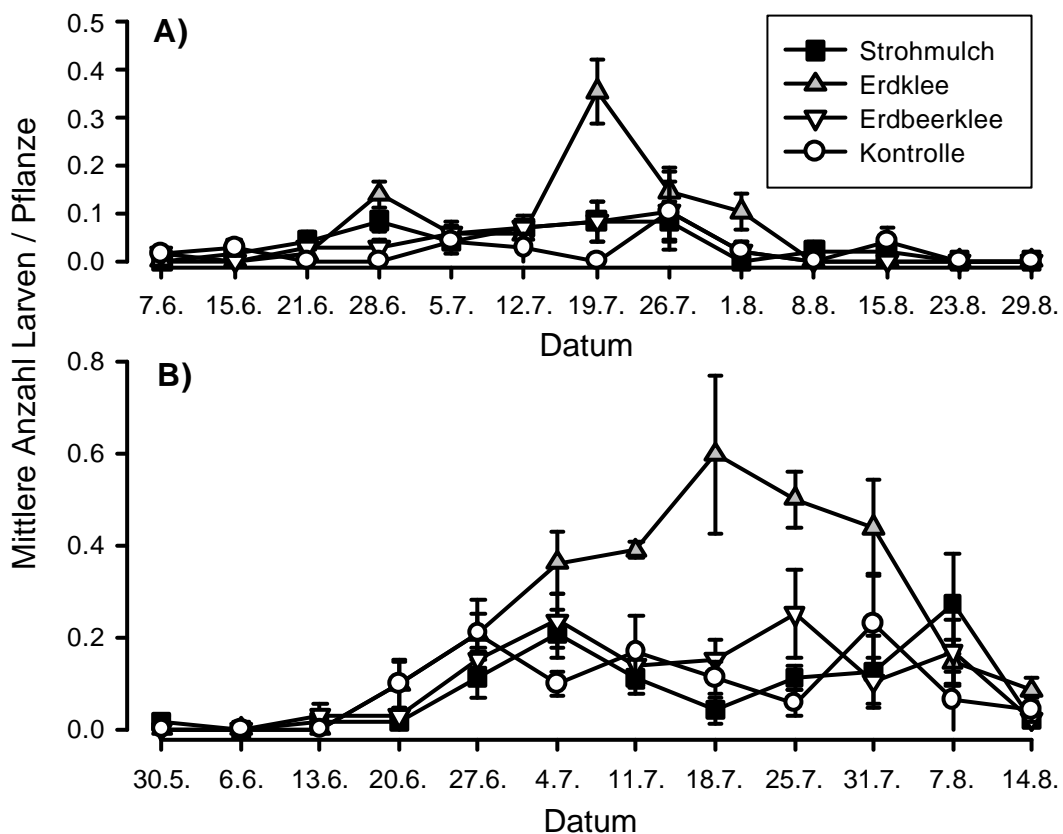


Abb. 8: Populationsdynamik der Gammaeule (*Autographa gamma*) bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 12: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik von *A. gamma* in Hannover und Hötzum

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,015	3	6,611	0,003
	Datum	0,060	10	9,249	< 0,001
	Var x Datum	0,064	30	3,286	< 0,001
	Error	0,130	200		
Hötzum	Var	0,148	3	15,101	< 0,001
	Datum	0,203	9	10,303	< 0,001
	Var x Datum	0,180	27	3,048	< 0,001
	Error	0,394	180		

Tab. 13: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Autographa gamma* / Pflanze an je 3 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 5.7.: df = 3; F = 0,100; p = 0,959; 19.7.: df = 3; F = 2,586; p = 0,083; 1.8.: df = 3; F = 3,189; p = 0,047; Hötzum: 27.6.: df = 3; F = 0,779; p = 0,520; 11.7.: df = 3; F = 5,398; p = 0,007; 25.7.: df = 3; F = 10,202; p < 0,001) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Ha. 5.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 27.6.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.964	1.000			T.s.	0.673	1.000		
T.f.	0.949	0.983	1.000		T.f.	0.936	0.937	1.000	
Kontrolle	0.988	0.967	0.957	1.000	Kontrolle	0.517	0.996	0.853	1.000
Ha. 19.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 11.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.767	1.000			T.s.	0.010	1.000		
T.f.	0.955	0.147	1.000		T.f.	0.981	0.017	1.000	
Kontrolle	0.935	0.780	1.000	1.000	Kontrolle	0.909	0.030	0.992	1.000
Ha. 1.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 25.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.077	1.000			T.s.	0.001	1.000		
T.f.	0.699	0.095	1.000		T.f.	0.390	0.036	1.000	
Kontrolle	0.999	0.231	0.864	1.000	Kontrolle	0.963	0.001	0.209	1.000

2.3.3.3 Erdräupen

Sowohl in Hötzum als auch in Hannover verursachten Erdräupen in den beiden ersten Wochen nach der Pflanzung Ausfälle von Jungpflanzen, die durch Nachpflanzen ersetzt werden mußten. Dabei bevorzugten die Erdräupen die Strohmulchvariante. Hier fielen an jedem Standort signifikant mehr Pflanzen aus als in den übrigen Varianten (Abb. 9).

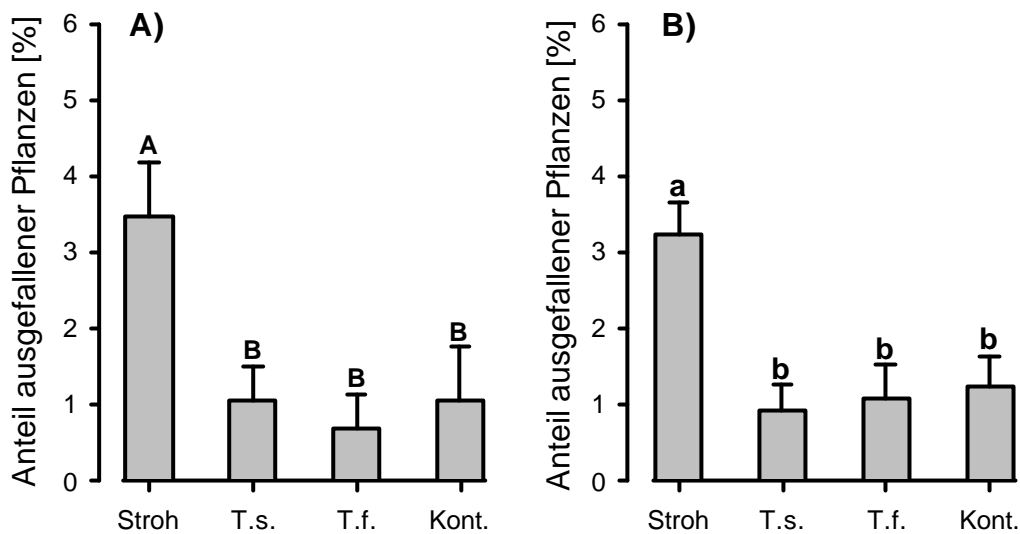


Abb. 9: Anteil durch Erdräupen ausgefallener Pflanzen bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996; an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA mit anschließendem Tukey-Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: $df = 3$; $F = 4,713$; $p = 0,012$; Hötzum: $df = 3$; $F = 7,642$; $p = 0,001$) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Aufgrund der Ähnlichkeit der Raupen konnten im Feld keine Arten differenziert werden. An beiden Standorten wurden Anfang Juni in den Strohmulchvarianten Raupen gesammelt, bis zur Imago aufgezogen und diese determiniert. Es handelte sich bei den acht geschlüpften Tieren um *Noctua pronuba* (5 Exemplare), *Agrotis exclamationis* (2 Ex.) und *Euxoa tritici* (1 Ex.). Über die prozentualen Anteile der einzelnen Arten im Feld waren aber aufgrund dieses geringen Materials keine Rückschlüsse möglich.

2.3.3.3.4 Fraßschäden durch Raupen

Die zur Endbonitur an Umblättern und Kopf festgestellten Fraßschäden waren in beiden Versuchsfeldern gering und lagen in allen Varianten im Mittel für die Umblätter bei 2 %, für den Kopf deutlich unter 1% konsumierter Blattfläche (Tab. 14). Nur die Erdkleevariante in Hötzum wies mit 1% etwas stärkere, jedoch nicht signifikant erhöhte Schäden am Kopf auf. Die Fraßschäden an den Umblättern und den Köpfen waren an beiden Standorten bis auf eine Ausnahme nicht signifikant verschieden. In Hötzum

ergaben sich in der Strohmulchvariante im Vergleich mit den Kohlpflanzen in der Erdkleeuntersaat signifikant niedrigere Fraßschäden.

Tab. 14: Raupenfraßschäden zur Endbonitur in den Versuchen in Hannover und Hötzum 1996; signifikante Unterschiede zwischen den Varianten nur für Fraß an Umblättern in Hötzum (Tukey-Test nach ANOVA, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: Umblätter: $df = 3$; $F = 0,678$; $p = 0,576$; Kopf: $df = 3$; $F = 0,316$; $p = 0,814$; Hötzum: Umblätter: $df = 3$; $F = 4,391$; $p = 0,019$; Kopf: $df = 3$; $F = 1,801$; $p = 0,180$); Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle, SF = Standardfehler

Varianten	Anteil der Fraßschäden [%]											
	Hannover				Hötzum							
	Umblätter	SF	Kopf	SF	Umblätter	SF	Kopf	SF				
Stroh	1,300	0,369	A	0,355	0,084	A'	0,626	0,059	a	0,434	0,089	a'
T.s.	1,698	0,462	A	0,332	0,140	Á'	1,614	0,286	b	1,042	0,328	a'
T.f.	1,354	0,297	A	0,234	0,067	A'	1,313	0,161	ab	0,596	0,113	a'
Kont.	1,012	0,175	A	0,298	0,067	A'	1,319	0,238	ab	0,529	0,180	a'

Die Einteilung des Ernteguts in Qualitätsklassen erfolgte nach FORSTER et al. (1992) und ist in Tab. 15 dargestellt. Die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der Erdkleeuntersaat beider Standorte unterschied sich signifikant von der jeweiligen Kontrolle und Strohmulchvariante, während in der Untersaatvariante mit Erdbeerklee die Unterschiede in Hannover nur zur Kontrolle und in Hötzum nur zur Strohmulchvariante signifikant waren. An beiden Standorten waren aufgrund der in den Untersaaten tiefer in den Kopf reichenden Raupenfraßschäden (vgl. Tab.15) die Anteile nicht vermarktbarer Köpfe in diesen Varianten höher als in der Strohmulchvariante und der Kontrolle. Zwischen Erdklee- und Erdbeerkleeuntersaat sowie zwischen Kontrolle und Strohmulchvariante konnten weder in Hannover noch in Hötzum signifikante Unterschiede festgestellt werden (Abb. 10, Tab. 15).

Tab. 15: Qualitätskriterien zur Beurteilung des Raupenfraßes am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterien
0	Kopf + Umblätter ohne Fraßschaden
1	Kopf ohne Fraßschaden, Umblätter mit bis zu 1% Blattflächenverlust
2	Kopf ohne Fraßschaden, Umblätter mit über 1% Blattflächenverlust
3	Kopf nach Abputzen von höchstens 3 Blättern ohne Fraßschaden
4	Kopf auch nach Abputzen von 3 Blättern mit Fraßschaden

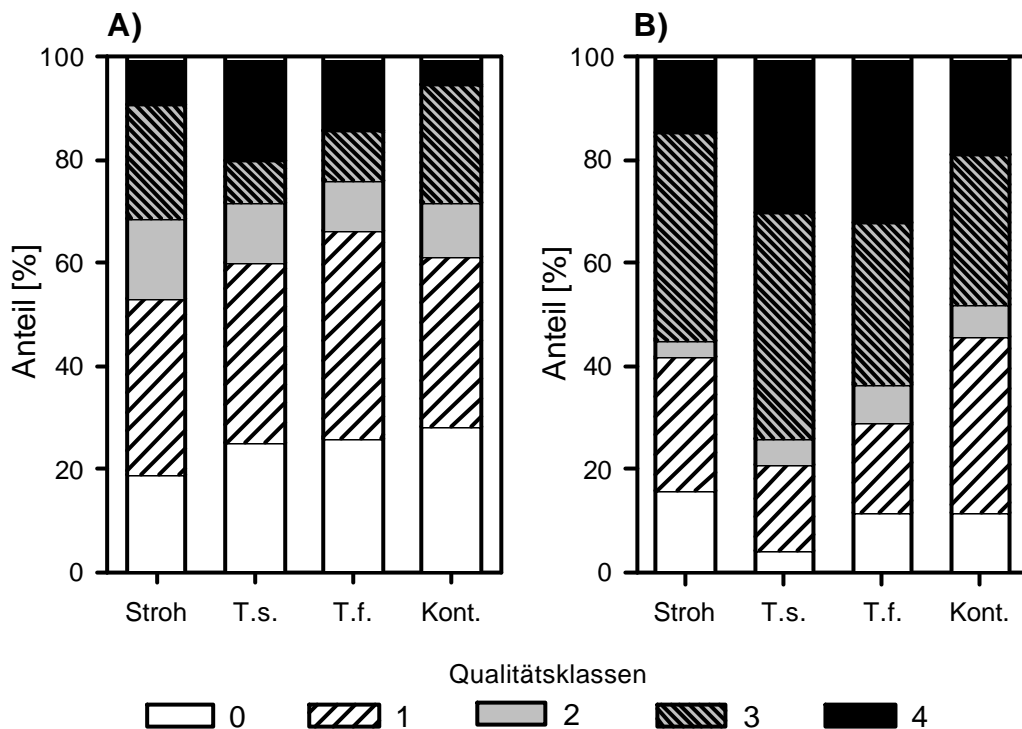


Abb. 10: Anteile der Qualitätsklassen bei Raupenbefall an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1996, Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. ; Klassen 0-1 geeignet zur Frischvermarktung mit Umblatt; 0-2 geeignet zur Frischvermarktung und Lagerung; 0-3 geeignet zur industriellen Verarbeitung, 4 für Vermarktung nicht geeignet Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Tab. 16: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Raupenfraßschäden in den Versuchsvarianten, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	25,245	12	0,014	30,111	12	0,003
Stroh ↔ T.s.	11,165	4	0,025	14,735	4	0,005
Stroh ↔ T.f.	8,188	4	0,085	11,558	4	0,021
Stroh ↔ Kont.	4,017	4	0,404	5,060	4	0,281
T.s. ↔ T.f.	1,571	4	0,814	5,838	4	0,212
T.s. ↔ Kont.	15,731	4	0,003	14,928	4	0,005
T.f. ↔ Kont.	9,814	4	0,044	8,848	4	0,065

Da sich die Fraßmuster der obengenannten, häufiger aufgetretenen Schadlepidopteren voneinander unterscheiden und zur Endbonitur zum Teil noch Raupen, Puppen oder Larvenhäute vorhanden waren, konnte der prozentuale Anteil der einzelnen Arten an

den Fraßschäden am Kohlkopf ermittelt werden. An beiden Standorten hatte die Kohlmotte *Plutella xylostella* den höchsten Anteil an den Fraßschäden. Obwohl der Kleine Kohlweißling *Artogeia rapae* und die Kohleule *Mamestra brassicae* an beiden Standorten bei den Bonituren nur in Einzelexemplaren nachgewiesen wurden und der Befall immer unter 0,1 Tiere / Pflanze blieb, wies in allen Varianten ein Teil der Köpfe Schäden durch *A. rapae* auf. Schäden durch *M. brassicae* waren ebenfalls in einigen Varianten erkennbar. Dagegen konnten Fraßschäden am Kopf durch die wesentlich häufiger aufgetretene Gammaeule *Autographa gamma* in Hannover nur in geringem Maß und in Hötzum überhaupt nicht festgestellt werden (Abb. 11).

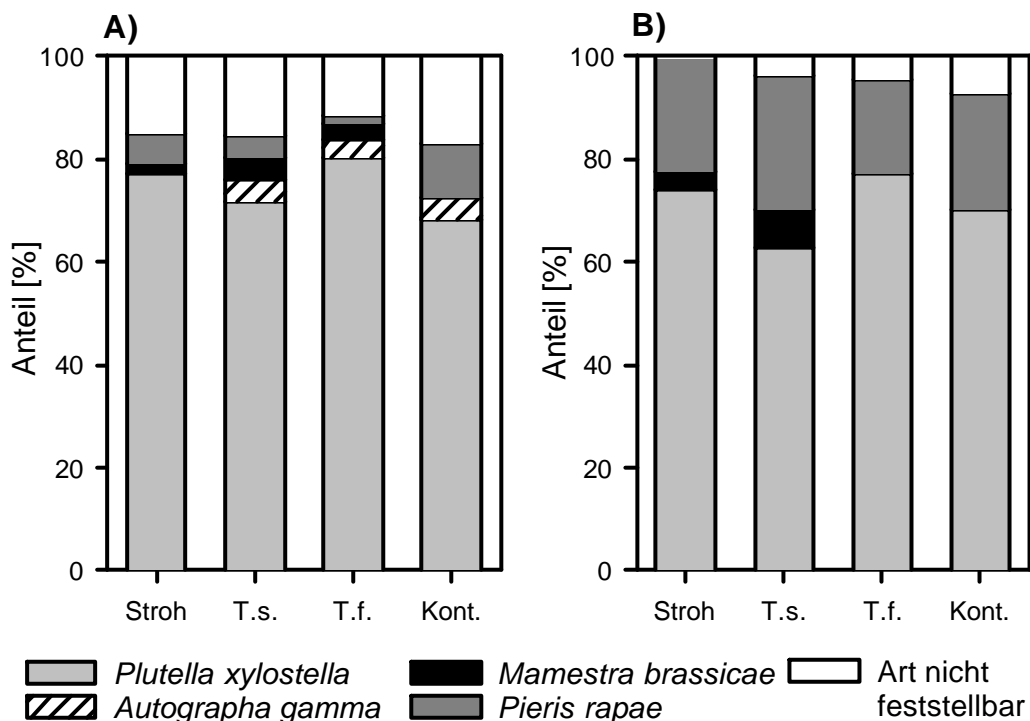


Abb. 11: Anteile der Schadlepidopteren-Arten an den Raupenfraßschäden am Kohlkopf zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1996, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

2.3.3.4 Kleine Kohlflye *Delia radicum*

Die Eiablagerrate der Kohlflye im Boden war an beiden Versuchsstandorten in der Strohvariante gegenüber der Kontrolle erhöht, die Eiablage in der Erdkleevariante dagegen erniedrigt. In der Erdbeerkleevariante bot sich ein diverseres Bild. Während in

Hötzum eine relativ zur Kontrolle stärkere Eiablage auftrat, war sie in Hannover schwächer (Abb. 12).

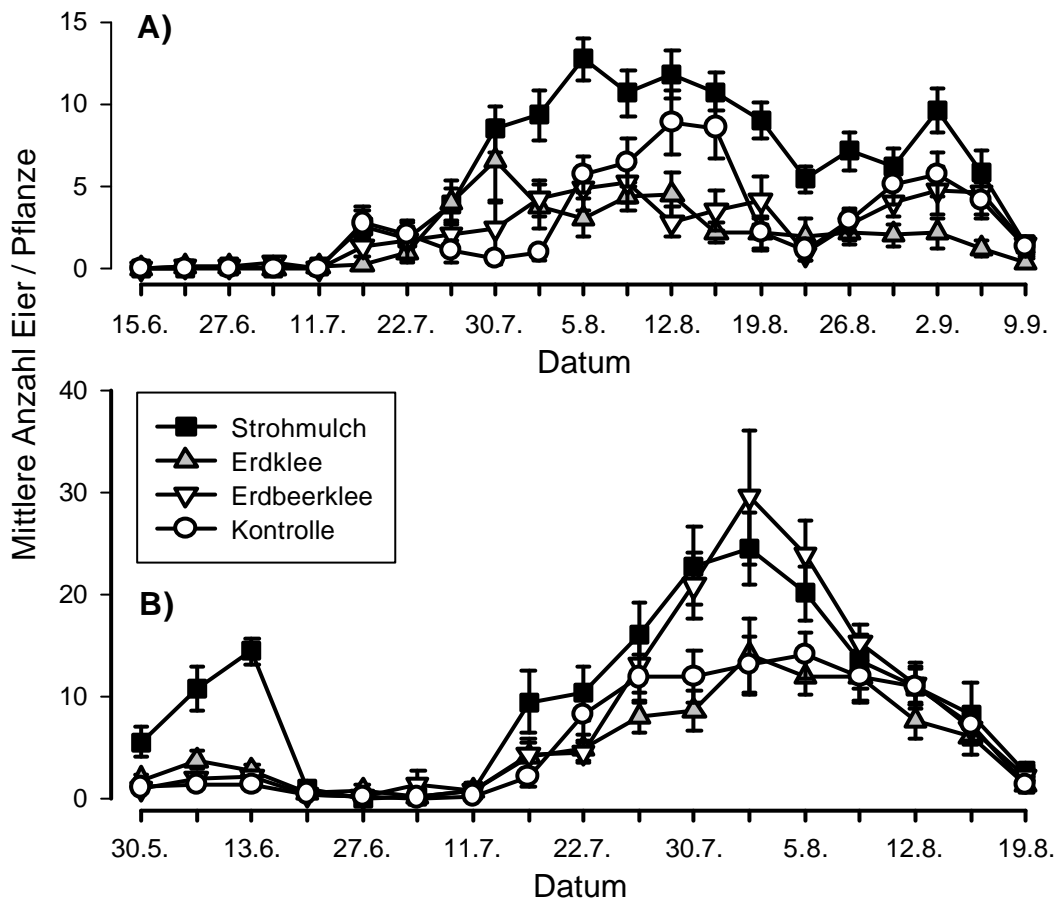


Abb. 12: Eiablage der Kohlflyge *Delia radicum* bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996 (Daten nach CHOITZ 1997)

Ausfall von Pflanzen durch Kohlfiegenbefall war jedoch nur in Einzelfällen feststellbar und lag an beiden Standorten in allen Varianten unter 1%.

Der Kopfbefall durch die Kleine Kohlflyge wurde in Hötzum durch keine der untersuchten Varianten gegenüber der Kontrolle signifikant reduziert. In Hannover dagegen war der Anteil befallener Köpfe in den Untersaaten signifikant niedriger als in der Kontrolle und der Strohmulchvariante. Die Unterschiede zwischen Kontrolle und Strohmulch waren ebenso wie die Unterschiede zwischen den Kleeuntersaaten nicht signifikant (Tab. 17).

Tab. 17: Kopfbefall durch die Kleine Kohlfliege *Delia radicum* zur Ernte in Hötzum und Hannover 1996; in Hannover signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, in Hötzum keine signifikanten Unterschiede (ANCOVA (Kovariate Kopfgewicht): Hannover: $df = 3$; $F = 10,071$; $p < 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 1,753$; $p = 0,190$) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Varianten	Anteil befallener Köpfe [%]					
	Hannover	SF	Hötzum	SF		
Strohmulch	82,292	6,336	B	91,667	3,842	a
Erdklee	15,833	3,560	B	76,042	4,682	a
Erdbeerklee	24,157	6,573	B	85,417	4,751	a
Kontrolle	91,663	3,090	A	93,750	3,288	a

In Tab. 18 sind die Qualitätskriterien zur Beurteilung des Kohlfliegenschadens an den geernteten Köpfen aufgeführt. Beim Kopfbefall waren sowohl in Hannover als auch in Hötzum in der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Varianten vorhanden (Abb. 13, Tab. 19). In Hannover unterschieden sich nur die Kleevarianten nicht. In Hötzum bestanden nur zwischen Erdkleevariante und Strohmulchvariante sowie zwischen Erdkleevariante und Kontrolle signifikante Unterschiede. Nicht vermarktbar Köpfe traten in Hannover nur in der Strohmulchvariante mit 4% und in der Kontrolle mit 7% auf. In Hötzum waren in Strohmulchvariante und Kontrolle 3% beziehungsweise 5% nicht vermarktbar, in den Untersaaten aber nur je 1%.

Tab. 18: Qualitätskriterien zur Beurteilung des Kohlfliegenschadens am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterien
0	frei von Schäden
1	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern bis zu 1% der Blattfläche
2	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern auf 1,1- 4% der Blattfläche
3	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern auf 4,1- 10% der Blattfläche
4	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern über 10% der Blattfläche oder Schäden tiefer als 6 Blätter reichend

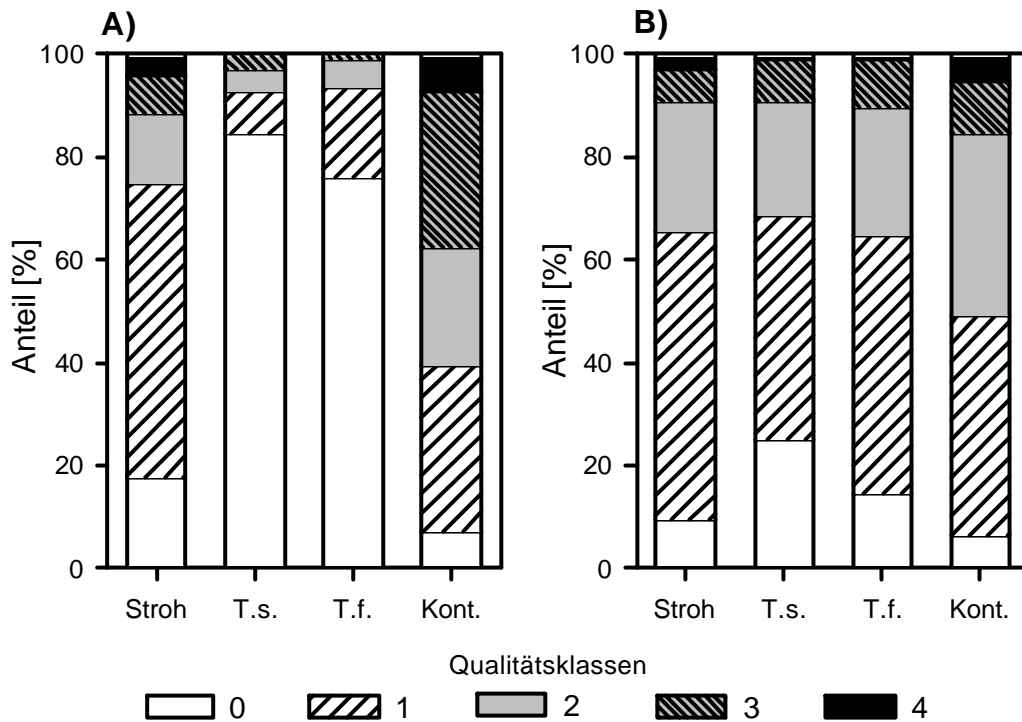


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Kohlfliengenschäden an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1996, Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. ; Klassen 0-1 geeignet zur Frischvermarktung mit Umblatt; 0-2 geeignet zur Frischvermarktung und Lagerung; 0-3 geeignet zur industriellen Verarbeitung, 4 für Vermarktung nicht geeignet Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Tab. 19: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Kohlfliengenschäden an den Kohlköpfen bei unterschiedlicher Bodenbedeckung, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	df	P	G	df	P
Gesamt	234,123	12	< 0,001	24,946	12	0,015
Stroh ↔ T.s.	97,020	4	< 0,001	10,112	4	0,039
Stroh ↔ T.f.	71,519	4	< 0,001	3,099	4	0,541
Stroh ↔ Kont.	28,642	4	< 0,001	5,634	4	0,224
T.s. ↔ T.f.	2,297	4	0,681	3,322	4	0,505
T.s. ↔ Kont.	135,484	4	< 0,001	17,812	4	0,001
T.f. ↔ Kont.	118,697	4	< 0,001	8,539	4	0,074

2.3.3.5 Kohlerdlöhe *Phyllotreta spec.*

In Hannover wurden größere Anzahlen von *P. undulata* erst Anfang August und von *P. atra* erst Mitte August nachgewiesen (Abb. 14). Für beide Kohlerdlöhe wurden zwischen verschiedenen Varianten signifikante Unterschiede im Befall festgestellt (Tab. 20). Die Strohmulchvariante und die Kontrolle wurden von beiden Arten stärker besiedelt als die Untersaatvarianten. Unter Berücksichtigung der Pflanzengröße als Kovariate erwies sich aber nur die Besiedlung in der Strohvariante, nicht jedoch in der Kontrolle, an einzelnen Boniturterminen als signifikant höher als in den Untersaatvarianten. Zwischen Kontrolle und Strohmulchvariante bestanden ebenso wie zwischen Erdklee- und Erdbeerkleeuntersaat keine signifikanten Unterschiede (Tab. 21).

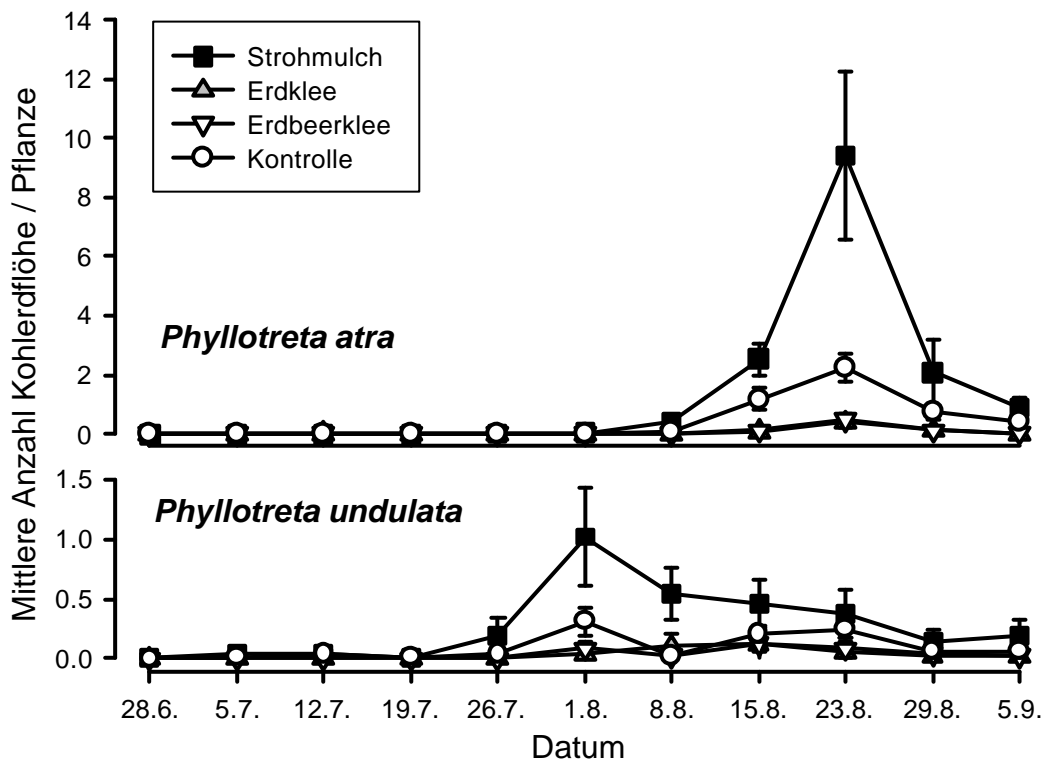


Abb. 14: Populationsdynamik der Kohlerdlöhe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover 1996

Tab. 20: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik der Kohlerdflöhe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover 1996

Species	Faktor	SS	DF	F	P
<i>Phyllotreta atra</i>	Var	1,853	3	29,428	0,000
	Datum	4,141	8	60,148	0,000
	Var x Datum	2,544	24	12,317	0,000
	Error	1,413	160		
<i>Phyllotreta undulata</i>	Var	1,691	3	11,142	0,000
	Datum	49,089	10	12,071	0,000
	Var x Datum	1,166	30	3,176	0,000
	Error	4,180	200		

Tab. 21: Paarweise Vergleiche der Anzahl Kohlerdflöhe / Pflanze an je 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: *Phyllotreta atra*: 15.8.: df = 3; F = 7,758; p = 0,001; 29.8.: df = 3; F = 3,902; p = 0,025; *Ph. undulata*: 1.8.: df = 3; F = 6,182; p = 0,004; 15.8.: df = 3; F = 1,546; p = 0,235)

P.at. 15.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	P.at. 29.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.002	1.000			T.s.	0.021	1.000		
T.f.	0.018	0.995	1.000		T.f.	0.042	0.966	1.000	
Kontrolle	0.049	0.254	0.497	1.000	Kontrolle	0.546	0.243	0.286	1.000

P.u. 1.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	P.u. 15.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.021	1.000			T.s.	0.315	1.000		
T.f.	0.026	0.988	1.000		T.f.	0.419	0.996	1.000	
Kontrolle	0.100	0.630	0.703	1.000	Kontrolle	0.521	0.912	0.912	1.000

In Hötzum war dagegen schon im Frühjahr bei den überwinterten Generationen beider *Phyllotreta*-Arten eine vergleichsweise höhere Populationsdichte feststellbar. In der folgenden Generation kam es dann zu einem Massenbefall (Abb.15) mit deutlichen Fraßschäden insbesondere an den äußeren Blättern der Pflanzen, aber auch an Umblättern und Kopf. In Hötzum trat der stärkste Befall in der Kontrolle auf, mit signifikanten Unterschieden zu den übrigen Versuchsvarianten. Zwischen Strohmulchvariante und den beiden Kleevarianten gab es hier keine signifikanten Unterschiede. Bei den hohen Populationsdichten im August verringerten sich die Unterschiede zwischen den Varianten. Am 7.8. waren nur noch die Populationsdichte von *Phyllotreta atra* in der Strohmulchvariante und von *P. undulata* in der Strohmulch- und Erdbeerkleevariante signifikant niedriger als in der Kontrolle (Tab. 22, Tab. 23).

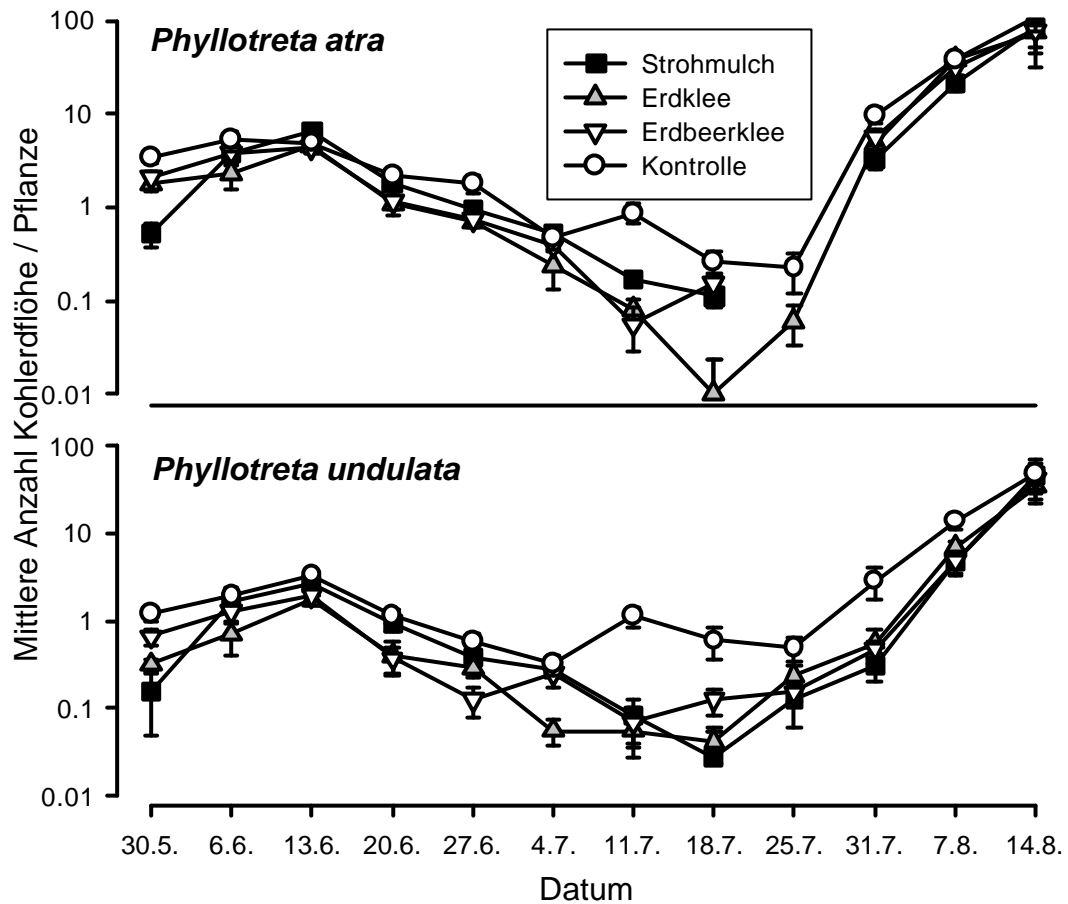


Abb. 15: Populationsdynamik der Kohlerdföhe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hötzum 1996

Tab. 22: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik der Kohlerdföhe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hötzum 1996

Species	Faktor	SS	df	F	P
<i>Phyllotreta atra</i>	Var	1,205	3	6,342	0,003
	Datum	83,175	11	279,019	0,000
	Var x Datum	1,431	33	1,580	0,029
	Error	5,962	220		
<i>Phyllotreta undulata</i>	Var	1,691	3	14,057	0,000
	Datum	49,089	11	234,849	0,000
	Var x Datum	1,166	33	1,860	0,005
	Error	4,180	220		

Tab. 23: Paarweise Vergleiche der Anzahl Kohlerdföhe / Pflanze an je 3 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: *Phyllotreta atra*: 11.7.: df = 3; F = 21,214; p < 0,001; 7.8.: df = 3; F = 3,524; p = 0,035; *P. undulata*: 11.7.: df = 3; F = 6,182; p = 0,004; 7.8.: df = 3; F = 5,332; p = 0,008)

<i>P.at.</i> 11.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	<i>P.at.</i> 7.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.652	1.000			T.s.	0.141	1.000		
T.f.	0.532	0.999	1.000		T.f.	0.652	0.695	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.032	0.790	0.243	1.000

<i>P.u.</i> 11.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	<i>P.u.</i> 7.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.999	1.000			T.s.	0.501	1.000		
T.f.	1.000	1.000	1.000		T.f.	1.000	0.499	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.011	0.159	0.011	1.000

Am Standort Hannover waren die Fraßschäden durch Erdflöhe äußerst gering. In der Strohmulchvariante wurden gegenüber den Kleeuntersaaten erhöhte Schäden festgestellt. Die Fraßschäden an den Umblättern waren signifikant höher als in beiden Untersaatvarianten. Die Fraßschäden am Kohlkopf waren nur gegenüber der Erdkleeuntersaat signifikant erhöht. Die Schäden an Umblättern in der Kontrolle unterschieden sich weder von den Fraßschäden in der Strohmulchvariante noch von den Fraßschäden in den Untersaaten signifikant. Die Fraßschäden am Kopf in der Kontrolle waren nur im Vergleich zur Erdkleevariante signifikant erhöht. Zwischen den beiden Kleevarianten gab es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 24). In Hötzum waren die durch Kohlerdföhe verursachten Fraßschäden zwar ebenfalls gering, aber deutlich höher als in Hannover. Zwischen den Kohlpflanzen aus den verschiedenen Varianten konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Erdflöhfraßschäden festgestellt werden. Das galt sowohl für Schäden an den Umblättern als auch für Schäden am Kopf (Tab. 24).

Tab. 24: Fraßschäden durch Kohlerdföhe zur Endbonitur bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996; signifikante Unterschiede zwischen den Varianten nur für Fraß an Umblättern in Hötzum (Tukey-Test nach ANOVA, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: Umblätter: $df = 3$; $F = 4,846$; $p = 0,011$; Kopf: $df = 3$; $F = 5,401$; $p = 0,007$; Hötzum: Umblätter: $df = 3$; $F = 0,641$; $p = 0,597$; Kopf: $df = 3$; $F = 32,077$; $p = 0,135$); Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle;

Varianten	Anteil der Fraßschäden [%]											
	Hannover						Hötzum					
	Umblätter	SF	Kopf	Sf	Umblätter	SF	Kopf	SF				
Stroh	0,483	0,149	A	0,081	0,032	A'	3,502	0,866	a	1,949	0,370	a'
T.s.	0,143	0,067	B	0,006	0,003	B'	2,457	0,452	a	1,202	0,240	a'
T.f.	0,072	0,019	B	0,014	0,011	AB'	2,688	0,323	a	1,120	0,172	a'
Kont.	0,330	0,039	AB	0,080	0,010	A'	2,938	0,445	a	1,546	0,227	a'

2.3.4 Pilzliche und bakterielle Erreger

Ein Einfluß unterschiedlicher Bodenbedeckungen auf die Epidemiologie von oberirdisch aufgetretener Pilzinfektionen (*Alternaria spec.*, *Mycosphaerella brassicicola*, *Sclerotinia sclerotiorum*) und Bakterienweichfäule (*Erwinia carotovora*) war nicht festzustellen, da diese in allen Varianten nur an Einzelpflanzen beobachtet wurden. Einziger bedeutender Schaderreger aus dieser Gruppe war 1996 die Kohlhernie. Diese Pilzkrankung trat nur am Standort Hannover auf. Oberirdische Symptome wie blaugraue Färbung des Laubs und Schlappen der Pflanzen bei Hitze wurden erst wenige Tage vor der Ernte (13.9.) beobachtet. Obwohl die prozentualen Anteile befallener Pflanzen in der Reihenfolge Kontrolle, Strohmulch-, Erdkleevariante- und Erdbeerkleevariante abnahmen, waren sie untereinander nicht signifikant verschieden (ANOVA: $df = 3$; $F = 0,568$; $p = 0,642$). Zur Beurteilung der Stärke des Befalls wurde ein Boniturschema in Befallsklassen entworfen (Tab. 25). In der Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen unterschieden sich alle Varianten allerdings signifikant voneinander (Tab. 26). Die Anteile stark befallener Pflanzen (Befallsklassen 3 und 4) nahmen in der Reihenfolge Kontrolle, Strohmulch-, Erdkleevariante- und Erdbeerkleevariante deutlich ab, während die Anteile leicht befallener Pflanzen (Befallsklassen 1 und 2) in derselben Reihenfolge etwas zunahmen. Es trat also von der Kontrolle über Strohmulch- und Erdkleevariante zur Erdbeerkleevariante eine Verschiebung zu leichterem Befall auf (Abb.16).

Tab. 25: Boniturschema zur Beurteilung des Kohlherniebefalls an den Wurzeln zur Ernte

Befallsklasse	Beurteilungskriterien
0	keine Wucherungen
1	bis 5 kleine Wucherungen (bis je 1x1x1cm ³)
2	> 5 kleine bis 10 mittlere W. (bis je 5x5x5cm ³)
3	> 10 mittlere bis 1 sehr große W. (10x10x10cm ³)
4	> 1 sehr große W.

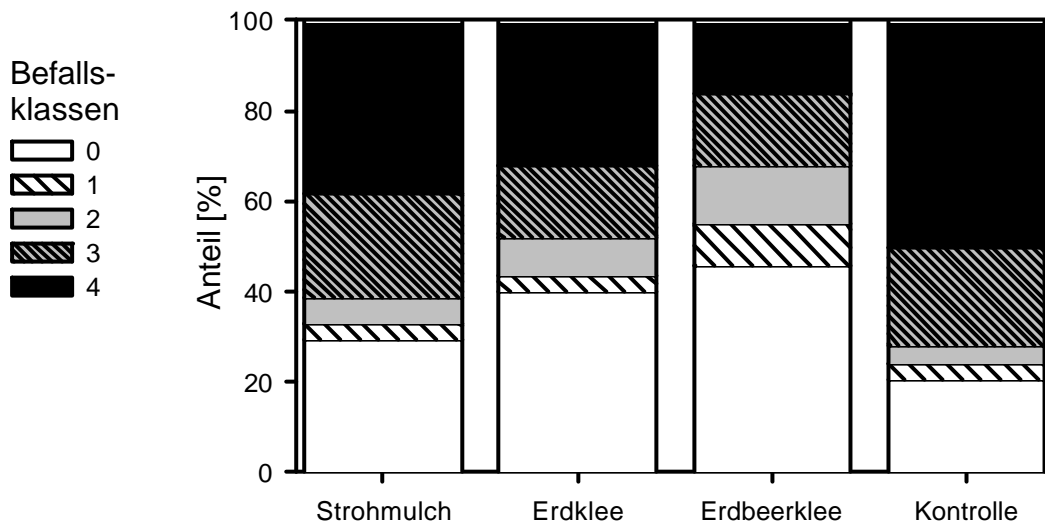


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen des Kohlherniebefalls (*Plasmodiophora brassicae* Worr.) in Hannover 1996; Beurteilung der Befallsstärke nach den Kriterien in Tab. 25

Tab. 26: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Kohlherniebefalls an den Kohlpflanzen bei unterschiedlicher Bodenbedeckung, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkeevariante, Kont. = Kontrolle

Varianten	G	DF	P
Gesamt	116,041	12	0,000
Stroh ↔ T.s.	10,873	4	0,028
Stroh ↔ T.f.	53,562	4	0,000
Stroh ↔ Kont.	9,688	4	0,046
T.s. ↔ T.f.	24,466	4	0,000
T.s. ↔ Kont.	34,803	4	0,000
T.f. ↔ Kont.	99,642	4	0,000

2.3.5 Schaderregerbefall insgesamt

Bei flächiger Untersaat in Hannover wurden Verminderungen des Befalls oder der Schäden bei mehr Arten und in stärkerem Maß als bei der Reihenuntersaat in Hötzum beobachtet. Die meisten Schadinsekten reagierten auf beide Untersaaten ähnlich (Tab. 27). Beide Kleearten führten bei den gleichen Schädlingen zu signifikanten Verminderungen von Befall beziehungsweise Schäden. Die Gammaeule *Autographa gamma* reagierte als einzige Art unterschiedlich auf die beiden verschiedenen Kleearten und trat in erhöhtem Maß in den Erdkleevarianten auf. Strohmulchauflagen brachten in Hannover keine und in Hötzum nur bei zwei Arten signifikante Befallsreduktionen. Statt dessen wurden mehrere Arten durch Strohmulch gefördert.

Tab. 27: Reaktionen von Schadinsekten auf Kleeuntersaaten und Strohmulch, verglichen mit Kohltreinkultur als Kontrolle; 0 = keine signifikanten Unterschiede, + = Befall bzw. Schäden signifikant höher als in der Kontrolle, - = Befall signifikant niedriger als in der Kontrolle, --- = Befall hochsignifikant niedriger als in der Kontrolle, Stroh = Strohmulch, *T.subt* = Erdklee, *T.frag.* = Erdbeerklee.

Schadinsekten	Hannover			Hötzum		
	Stroh	<i>T.subt.</i>	<i>T.frag.</i>	Stroh	<i>T.subt.</i>	<i>T.frag.</i>
<i>Brevicoryne brassicae</i>	0	---	---	-	-	-
<i>Thrips tabaci</i>	0	---	---	0	-	-
<i>Plutella xylostella</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Autographa gamma</i>	0	0	0	0	+	0
Erdräupen	+	0	0	+	0	0
<i>Delia radicum</i>	Boden	+	-	+	-	0
	Kopf	-	---	---	0	-
<i>Phyllotreta spec.</i>	+	0	0	-	-	-

Zur abschließenden Beurteilung der durch alle Schadinsekten verursachten Schäden wurden die Schäden zusammengefaßt ausgewertet (Abb. 17, Tab. 28). In Hannover war bei gemeinsamer Berücksichtigung der durch alle Herbivoren verursachten Schäden in Erdklee- und Erdbeerkleevariante gegenüber Kontrolle und Strohmulchvariante eine signifikante Verschiebung zu besseren Qualitäten festzustellen. Zwischen den Untersaatvarianten gab es ebenso wie zwischen Kontrolle und Strohmulchvariante keine Unterschiede. In Hötzum unterschied sich die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in den Varianten nur in einem Fall. Signifikant waren dort allein die Unterschiede zwischen Strohmulch- und Erdbeerkleevariante. Damit wurde in den flächigen Untersaaten in Hannover die

Qualität des Ernteguts gegenüber der Kontrolle stärker verbessert als in den Reihenuntersaaten in Hötzum, wo sich zwischen Untersaaten und Kontrolle keine signifikanten Unterschiede ergaben.

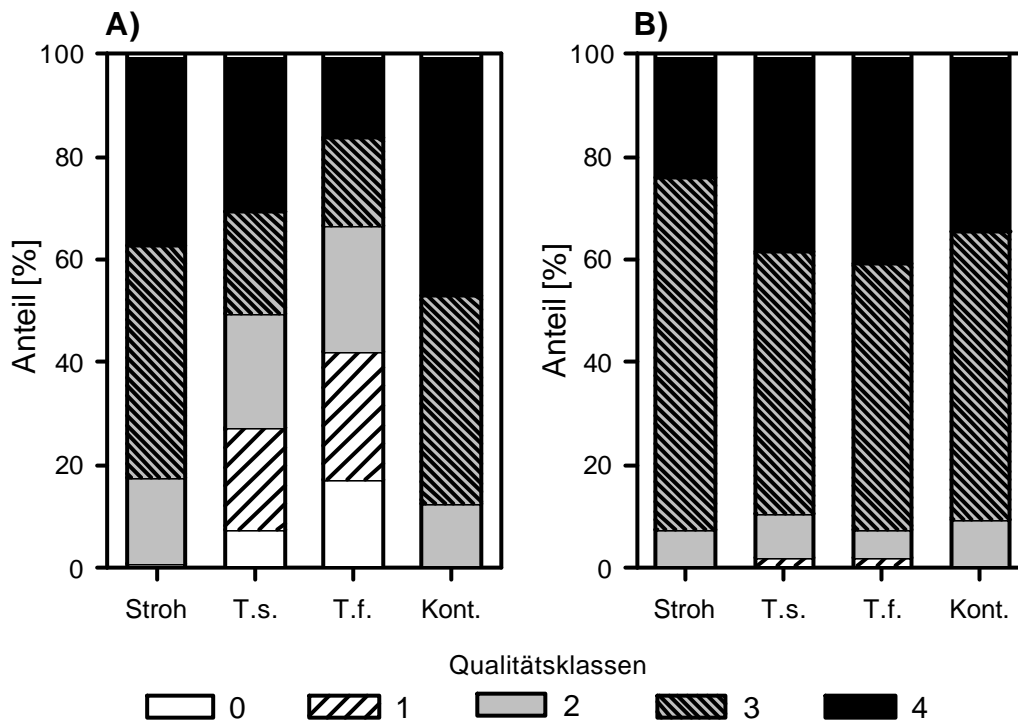


Abb. 17: Verteilung des Ernteguts auf die Qualitätsklassen unter Berücksichtigung aller Schäden in A) Hannover und B) Hötzum 1996; Klassen 0-1 geeignet zur Frischvermarktung mit Umblatt; 0-2 geeignet zur Frischvermarktung und Lagerung; 0-3 geeignet zur industriellen Verarbeitung, 4 für Vermarktung nicht geeignet

Tab. 28: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen unter Berücksichtigung aller Schäden in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen, Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	129,283	12	< 0,001	9,337	6	0,155
Stroh ↔ T.s.	42,367	4	< 0,001	5,865	2	0,053
Stroh ↔ T.f.	70,799	4	< 0,001	6,704	2	0,035
Stroh ↔ Kont.	0,693	4	0,952	3,248	2	0,197
T.s. ↔ T.f.	8,859	4	0,065	0,761	2	0,683
T.s. ↔ Kont.	49,051	4	< 0,001	0,509	2	0,775
T.f. ↔ Kont.	83,152	4	< 0,001	1,792	2	0,408

In allen Varianten verminderte sich der Flächenertrag des Weißkohls aufgrund nicht vermarktbarer Ware (Abb. 18; vgl. Abb. 3). In Hannover war der Flächenertrag des vermarktbareren Weißkohls in beiden Untersaatvarianten gegenüber der Strohmulchvariante signifikant verringert, nicht jedoch gegenüber der Kontrolle. In Hötzum ergaben sich im Flächenertrag des vermarktbareren Weißkohls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. In beiden Teilversuchen bestand in den Untersaatvarianten jedoch eine Tendenz zu verringertem Flächenertrag.

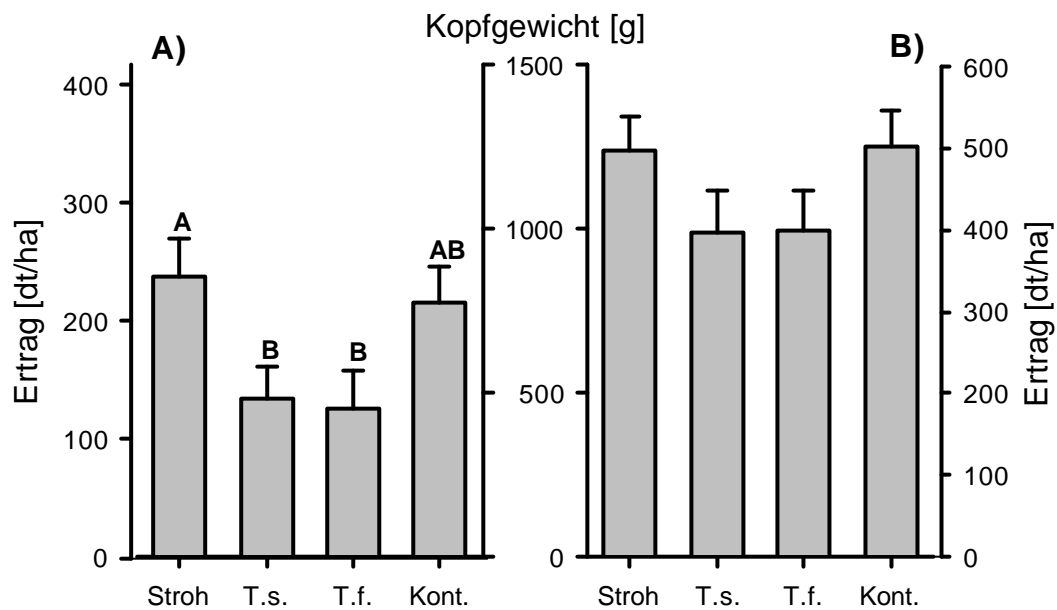


Abb. 18: Kopfgewicht und Flächenertrag des vermarktbareren Weißkohls bei unterschiedlicher Bodenbedeckung in A) Hannover und B) Hötzum 1996; an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA mit anschließendem Tukey-Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede: Hannover: $df = 3$; $F = 5,211$; $p = 0,008$; Hötzum: $df = 3$; $F = 2,433$; $p = 0,095$) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle

2.4 Diskussion

Ziel der Untersuchungen war die Evaluierung verschiedener Bodenbedeckungen als Pflanzenschutzmaßnahme gegenüber Schadinsekten im Weißkohlanbau unter Berücksichtigung von Ertragsquantität und –qualität. Dabei wurde die Eignung von Klee-Untersaaten und Strohmulchauflage als alternative Pflanzenschutzverfahren untersucht. Nachfolgend werden die Ergebnisse diskutiert.

2.4.1 Eignung der Untersaaten und des Strohmulchs

Die Aussaat der Kleeuntersaaten 4 Wochen vor Pflanzung des Kohls führte in beiden Teilversuchen zu gegenüber der Kontrolle verringerten Kopfgewichten. Der gewählte Aussaatzeitpunkt beider Kleearten lag damit zeitlich zu weit vor der Pflanzung des Kohls. FINCH & EDMONDS (1994) beobachteten für *Trifolium repens* und *T. subterraneum*, MCKINLAY et al. (1996) für *T. subterraneum* und THEUNISSEN & SCHELLING (1996b) für *T. fragiferum* bei Aussaaten des Klees um 1 Monat vor Pflanzung des Weißkohls ebenfalls Ertragsminderungen. Kohl ist zwar eine der konkurrenzkräftigsten Gemüsekulturen, hat jedoch kurz nach der Pflanzung diese Konkurrenzkraft noch nicht voll entwickelt. Erst ab ab der Mitte der Kulturperiode kann der Kohl Verunkrautung ohne Ertragsverluste tolerieren (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Der Aussaatzeitpunkt für die Untersaat sollte daher zur Minimierung interspezifischer Konkurrenz näher an den Zeitpunkt der Pflanzung des Kohls verlegt werden. Verluste in der Ertragsquantität könnten so weiter verringert werden.

Die in Hannover verwendeten flächigen Untersaaten führten zu deutlichen Verringerungen, die Reihenuntersaaten in Hötzum aber nur zu geringen, bei Erdbeerklee (*T. fragiferum*) zu nicht signifikanten Minderungen im Kopfgewicht. Die Reihenuntersaat erscheint daher wegen geringerer interspezifischer Konkurrenz für zukünftige Versuche besser geeignet als eine flächige Untersaat. Unter diesem Gesichtspunkt wäre eine Strohmulchauflage noch günstiger, da in dieser Variante an beiden Standorten die Kopfgewichte statistisch nicht von den Kopfgewichten in der Kontrolle unterscheidbar waren.

Im Vergleich der beiden Kleearten war Erdklee (*T. subterraneum*) unter den regionalen Bedingungen die Untersaat mit dem besseren Wuchsverhalten, da er an beiden Standorten schneller und gleichmäßiger keimte und die höhere Flächendeckung erreichte. Dazu verunkrautete diese Untersaat auch weniger als *T. fragiferum*. Die

Eignung verschiedener Untersaaten wird aber in hohem Maß von regionalen Gegebenheiten wie beispielsweise Klima und Bodentyp abhängen, weshalb der Erdklee nicht generell für alle Regionen als die geeignetere Untersaat betrachtet werden darf. THEUNISSEN & SCHELLING (1996b) stellten unter niederländischen Bedingungen gerade den Erdbeerklee (*T. fragiferum*) als besonders geeignete Untersaat mit geringer interspezifischer Konkurrenz zum Kohl und guten Eigenschaften bei der Unkrautunterdrückung heraus, doch in Hannover und Hötzum erfolgten die Keimung und das anfängliche Wachstum dieser Art verglichen mit dem Erdklee langsam und Unkräuter wurden kaum unterdrückt. THEUNISSEN et al. (1992) beobachteten eine langsame und lückige Keimung von Weißklee (*T. repens*) als Untersaat in den Niederlanden, während Erdklee (*T. subterraneum*) in 10-14 Tagen schnell und gleichmäßig keimte. FINCH & EDMONDS (1994) bestätigten diese Unterschiede zwischen diesen Kleearten für Großbritannien. Der Erdbeerklee (*T. fragiferum*) glich damit in den hier durchgeführten Versuchen im Keimungsverhalten *T. repens*. Er wäre bei einer späteren Aussaat bei Einsetzen des Schadinsektenbefalls eventuell noch nicht ausreichend etabliert.

2.4.2 Auswirkungen der unterschiedlichen Bodenbedeckungen auf Schadinsekten
 Nachfolgend werden die Reaktionen der Schaderreger auf die verschiedenen Bodenbedeckungen diskutiert. Alle 1996 häufiger aufgetretenen Schaderreger werden dabei getrennt besprochen.

2.4.2.1 Mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae* L.)

Sowohl mit Erdklee (*Trifolium subterraneum*) als auch mit Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*) konnte der Befall durch *B. brassicae* in beiden Teilversuchen signifikant gesenkt werden. Die Wirkung von Untersaaten gegenüber *B. brassicae* ist damit nicht direkt von der verwendeten Pflanzenart abhängig. Andere Autoren erzielten ebenfalls mit Kohlmischkulturen niedrigere *B. brassicae*-Dichten: ANDOW et al. (1986) nutzten 2 Grasarten und 2 Sorten von *Trifolium repens*, FINCH & EDMONDS (1994) verwendeten *T. subterraneum* und *T. repens*, VIDAL & BOHLSSEN (1994) benutzten Roggen (*Secale cereale*), COSTELLO & ALTIERI (1995) testeten verschiedene Kleearten und SMITH (1976) untersuchte eine Mischkultur mit Unkräutern. In allen Fällen kam es zu signifikanten Befallsreduktionen.

Die Flächendeckung der Kleeuntersaaten beeinflusste jedoch den *B. brassicae*-Befall. Analog zu der höheren Flächendeckung der flächigen Kleeuntersaaten wurden in Hannover auch wesentlich ausgeprägtere Befallssenkungen als in Hötzum (Reihenuntersaat) beobachtet. Die Ergebnisse der beiden Teilversuche sind zwar aufgrund der unterschiedlichen Standorte nicht direkt vergleichbar, werden aber durch THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980), die mit *Spergula arvensis* als Untersaat in unterschiedlichen Dichten arbeiteten, bestätigt. Sie erzielten eine Abnahme des Befalls mit steigender Untersaatdichte. Zur Senkung des *B. brassicae*-Befalls sollte also eine möglichst hohe Flächendeckung der Untersaat angestrebt werden, wobei die flächige Untersaat günstiger wäre.

Die Strohmulchauflage war hingegen keine geeignete Maßnahme zur Bekämpfung von *B. brassicae*, da sie nur an einem Standort den Befall im Vergleich zur Kontrolle signifikant minderte. Die fehlende Wirkung der Mulchauflage am anderen Standort könnte mit dem dort schnelleren Abbau des Strohs zusammenhängen (Tab. 5, S. 21). Aufgrund dieser Ergebnisse bleibt die Wirkung von Strohmulch unsicher. Strohmulch kann daher im Gegensatz zu den beiden Kleeuntersaaten nicht als Pflanzenschutzmaßnahme gegenüber *B. brassicae* empfohlen werden.

2.4.2.2 Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*)

An beiden Standorten ließen sich die durch den Zwiebelthrips verursachten Schäden mit beiden Kleeuntersaaten gegenüber der Kontrolle signifikant mindern. Auch im Porreeanbau senkten Untersaaten von *T. subterraneum* (THEUNISSEN & SCHELLING 1993) und *T. fragiferum* (THEUNISSEN & SCHELLING 1998) die Thripsschäden. Beide Kleeuntersaaten erwiesen sich damit als wirksame Pflanzenschutzmaßnahmen gegenüber *T. tabaci*.

Da in Hannover und Hötzum zwischen den beiden Kleevarianten keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Thripsschäden am Kohl vorlagen, hat die Art des zur Untersaat verwendeten Klees bei der Bekämpfung dieses Herbivoren wahrscheinlich untergeordnete Bedeutung. THEUNISSEN et al. (1995) bestätigten diese Ergebnisse. Sie verminderten den Anteil der wegen Thripsschäden nicht vermarktbareren Kohlköpfe durch Erdklee- (*Trifolium subterraneum*) und Weißkleeuntersaat (*Trifolium repens*), wobei zwischen den Untersaatvarianten keine signifikanten Unterschiede bestanden. In Hannover wurde jedoch bei der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der *T. subterraneum* -Variante verglichen mit der *T. fragiferum* -Variante eine Verschiebung

zu schlechteren Qualitäten festgestellt. Nach RICHTER et al. (1999) fliegt *T. tabaci* in Deutschland hauptsächlich von Juli bis September mit dem Maximum im August. Da in Hannover Mitte August *T. subterraneum* abzusterben begann, verringerte sich wahrscheinlich die Wirkung dieser Untersaat gerade zur Zeit hohen Befallsdrucks. Eine entsprechende Verschiebung der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen trat in Hötzum nicht auf, da hier *T. subterraneum* im Versuchsverlauf nicht abstarb. Bei Verwendung von *T. subterraneum* muß also das Absterben vor der Ernte des Kohls vermieden werden. Die Aussaat dieses Klees sollte daher nach Möglichkeit weniger als 4 Wochen vor Pflanzung des Kohls stattfinden.

Durch eine Strohmulchauflage wurden die Thripsschäden verglichen mit der Kontrolle nicht vermindert. Im Knoblauchanbau zeigten Mulchauflagen ebenfalls keine Wirkung gegenüber *T. tabaci* (DE OLIVEIRA et al. 1995). Strohmulchauflagen stellen daher zur Verringerung des Thripsbefalls keine geeignete Pflanzenschutzmaßnahme dar.

2.4.2.3 Schadlepidopteren

2.4.2.3.1 Kohlmotte (*Plutella xylostella*)

Keine der verwendeten Bodenbedeckungen erwies sich als wirkungsvolle Pflanzenschutzmaßnahme gegen *P. xylostella*. Der Befall wurde in keiner Variante signifikant gesenkt, obwohl in den flächigen Untersaaten in Hannover tendenziell geringerer Befall als in Kontrolle und Mulchvariante auftrat. TALEKAR & YANG (1993) fanden in Mischkulturen von Kopfkohl mit Erbsen, Knoblauch, Okra, Paprika, Soja, Süßkartoffeln oder Tomaten im Befall mit *P. xylostella* ebenfalls keine Unterschiede zur Reinkultur von Kopfkohl. FERRIN & PHILLIPS (1978) verringerten dagegen durch die Mischkultur von Kohl mit Tomaten den Befall durch *P. xylostella*. THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) erzielten in dem System Rosenkohl / *Spergula arvensis* gegenüber der reinen Rosenkohlkultur verringerte Raupen- und Puppenanzahlen. THEUNISSEN & SCHELLING (1996) bestätigten die Wirkung von *S. arvensis* als Untersaat gegenüber *P. xylostella* in Weißkohl; Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*) als Untersaat minderte den Befall nicht. Im Gewächshaus beobachteten aber sowohl DOVER (1986) als auch KIENEGGER & FINCH (1997) an Kohl mit Weißklee (*T. repens*) beziehungsweise Erdklee (*T. subterraneum*) als Untersaaten eine verringerte Eiablage. Möglicherweise hängen diese zum Teil gegensätzlichen Ergebnisse in besonderem Maß von Pflanzenart,

Wuchsform, Höhe und Dichte der Untersaat ab. Daher sollte in weiteren Versuchen mit Untersaaten mit hoher Flächendeckung gearbeitet werden. Eine erfolgreiche Bekämpfung von *P. xylostella* mittels Untersaat oder Strohmulchauflage dürfte dennoch nur schwer zu erreichen sein.

2.4.2.3.2 Gammaeule (*Autographa gamma*)

Autographa gamma reagierte weder auf Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*) als Untersaat noch auf eine Strohmulchauflage. Diese sind daher als Pflanzenschutzmaßnahme gegen *A. gamma* ungeeignet, wirken sich aber auch nicht nachteilig aus. Die Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum*) dagegen förderte die polyphage *A. gamma*. KOCH (1992) nennt als Futterpflanze neben Kohl, Flachs, Taubnesseln, Ziest und Tabak auch Klee, jedoch ohne Artangabe. FORSTER & WOHLFAHRT (1980) geben an, daß *A. gamma* bei Massenaufreten in Kleefeldern große Schäden verursachen kann. Aufgrund der Beobachtung von Eiern und Raupen am Erdklee (siehe Kap. 3) ist dieser ebenso wie der Kohl als Futterpflanze für *A. gamma* zu betrachten. Eine entsprechende Situation wurde bereits von LEHMHUS et al. (1996) in Weißkohl mit Erdkleeuntersaat beschrieben. *A. gamma* trat am Kohl jedoch fast ausschließlich an Außenblättern auf und verursachte in allen Varianten, auch der Erdkleevariante, nur geringe oder keine nachweisbaren Fraßschäden am Erntegut (Abb.11). Dies wird durch FORSTER et al. (1992) bestätigt, die die Verteilung von Schadlepidopteren auf der Kohlpflanze untersuchten und dabei nahezu 100% der *A. gamma*-Raupen an Außen- und Umblättern von Kopfkohl fanden. Kopfbefall durch *A. gamma* und daraus resultierende Qualitätseinbußen erscheinen somit nur in besonders starken Befallsjahren möglich. Daher ist höherer Befall in der Erdkleeuntersaat tolerierbar, wenn diese Untersaat gegenüber anderen Schaderregern gute Wirkung hat.

2.4.2.3.3 Erdruppen

Im Strohmulch traten verglichen mit den übrigen Varianten signifikant höhere Pflanzenausfälle durch Erdruppen (*Noctua pronuba*, *Agrotis exclamationis*, *Euxoa tritici*) auf. Erdruppen sind nachtaktiv und verbergen sich tagsüber in den obersten Bodenschichten. Nach ESBJERG (1992) sind Erdruppen der Wintersaateule *Agrotis segetum* empfindlich gegenüber extremen Temperaturen und hoher Bodenfeuchte, insbesondere in den ersten Larvenstadien. Bei Annahme dieser Mortalitätsfaktoren

auch für andere Erdruppen könnte die Bevorzugung der Strohmulchvariante mit mikroklimatisch günstigen Bedingungen in der Mulchauflage zusammenhängen. Nachdem bei den 3 nachgewiesenen Arten die Raupen im August schlüpfen, überwintern und sich erst im Juni des Folgejahres verpuppen (KOCH 1992), müssen die im Mai / Juni aufgetretenen Pflanzenausfälle von überwinterten Raupen verursacht worden sein. Die in beiden Teilversuchen erhöhten Pflanzenausfälle im Strohmulch deuten daher auf eine Akkumulation zuwandernder Raupen in der von der Bodenoberflächenstruktur bevorzugten Mulchvariante hin. Starkes Auftreten von Erdruppen spricht damit gegen die Verwendung einer Strohmulchauflage als Alternative zu Untersaaten. Die Untersaaten sind zwar nicht zur Verminderung des Erdruppenbefalls geeignet, haben aber zumindest keine nachteilige Wirkung.

2.4.2.3.4 Schäden durch Raupen

Raupenfraßschäden waren weder durch Untersaaten noch durch Strohmulch gegenüber der Kontrolle signifikant zu verringern. In der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bestanden zwischen Untersaaten einerseits und Strohmulch- und Kontrollvarianten andererseits signifikante Unterschiede. An beiden Standorten war in den Untersaaten gerade der Anteil nicht vermarktbarer Köpfe erhöht. Damit wird der Wert von Untersaaten als Pflanzenschutzmaßnahme in Frage gestellt, da Schadlepidopteren am Kohl eine bedeutende Schaderregergruppe darstellen (vgl. HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992). Im Gewächshaus wiesen KIENEGGER & FINCH (1997) an Kohl in einer Erdkleeuntersaat (*T. subterraneum*) jedoch für alle untersuchten Lepidopteren (*Plutella xylostella*, *Artogeia rapae*, *Pieris brassicae*, *Mamestra brassicae*, *Evergestis forficalis*) eine Verminderung der Eiablage nach. THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) stellten in Untersaaten von *Spergula arvensis* in unterschiedlicher Dichte eine Verringerung der Raupenfraßschäden mit zunehmender Flächendeckung der Untersaat fest. THEUNISSEN et al. (1995) beobachteten im Freiland signifikante Verminderungen der Raupenfraßschäden bei Kleeuntersaatkulturen, wobei zwischen verschiedenen Kleearten keine signifikanten Unterschiede bestanden. FINCH & EDMONDS (1994) fanden in einer Weißkleeuntersaat (*T. repens*) verminderte Raupenfraßschäden, nicht aber in einer Erdkleeuntersaat (*T. subterraneum*). Aufgrund dieser sehr unterschiedlichen Ergebnisse kann die Wirkung der Untersaaten auf Schadlepidopteren noch nicht abschließend beurteilt werden.

Bei zukünftigen Versuchen muß neben *Plutella xylostella* insbesondere der Kleine Kohlweißling (*Artogeia rapae*) beachtet werden, da diese Art nach *P. xylostella* die meisten Fraßschäden am Erntegut verursachte, obwohl an den bonitierten Pflanzen nur einzelne Raupen nachgewiesen wurden. Die sehr ausgeprägte Bevorzugung des Kohlkopfes durch diese Art wurde bereits von FORSTER et al. (1992) festgestellt.

2.4.2.4 Kleine Kohlflyge (*Delia radicum*)

Strohmulch ist als Pflanzenschutzmaßnahme gegenüber der Kohlflyge ungeeignet, da bei Eiablage im Boden an beiden Versuchsstandorten die Strohmulchvariante sogar im Vergleich mit der Kontrolle deutlich bevorzugt wurde. Vergleichbare Versuche von HELLQVIST (1996) mit Gerstenstrohmulch und Mulch aus Gras-Schnitt in Blumenkohl führten dagegen in beiden Mulchtypen zur geringeren Anteilen befallener Pflanzen gegenüber einer unbehandelten Kontrolle. Da dort aber die Große Kohlflyge *D. floralis* mit über 90% der Tiere dominierte, sind die Unterschiede möglicherweise auf ein anderes Wirtswahlverhalten dieser Art zurückzuführen. MATTHEWS-GEHRINGER & HOUGH-GOLDSTEIN (1988) beobachteten ebenso eine signifikante Reduktion des *D. radicum*-Befalls in Strohmulch, stellten aber in Mulch aus geschnittenem Klee erhöhten Befall fest.

Der Anteil befallener Köpfe wurde durch beide flächigen Untersaaten in Hannover signifikant vermindert, nicht aber durch die Reihenuntersaaten in Hötzum. Dieser Unterschied weist auf einen möglichen Zusammenhang mit der Flächendeckung der Untersaaten hin. Zur Bekämpfung der Kohlflyge sollte demnach eine Untersaat mit möglichst hoher Flächendeckung eingesetzt werden. Nachdem sowohl in Hannover als auch in Hötzum keine signifikanten Unterschiede zwischen Erdklee- und Erdbeerkleevariante bestanden, ist anzunehmen, daß die Wirkung unabhängig von der als Untersaat gewählten Pflanzenart war und beide Kleearten die gleiche Eignung zur Reduktion des Kohlflygenbefalls aufwiesen.

2.4.2.5 Kohlerdföhe (*Phyllotreta spec.*)

Der Befall durch die beiden Kohlerdflohart *Phyllotreta undulata* und *Phyllotreta atra* wurde in Hötzum durch beide Untersaaten signifikant gesenkt. In Hannover führten beide Untersaaten zwar ebenfalls zu gegenüber der Kontrolle verringertem Befall, aber die Unterschiede waren bei der hohen Variabilität der Kovariate Pflanzengröße nicht signifikant. Befallsminderungen erzielten auch LATHEEF et al. (1984) und ANDOW et al.

(1986) in Nordamerika bei Einsatz verschiedener Mischkulturen gegen den eingeschleppten Kohlerdfloh *Phyllotreta cruciferae* sowie LEHMUS et al. (1996) bei flächiger Erdkleeuntersaat in Weißkohl gegenüber *P. atra* und *P. undulata*. ANDOW et al. (1986) wiesen in 3 verschiedenen Grasuntersaaten und 2 verschiedenen *Trifolium repens*-Sorten gegenüber der Kontrolle signifikant geminderten Befall von *P. cruciferae* nach. Zwischen den verschiedenen Untersaaten stellten ANDOW et al. (1986) aber keine signifikanten Unterschiede fest. Auch in Hannover und Hötzum gab es zwischen dem Befall in der Erdkleevariante und der Erdbeerkleevariante weder für *P. atra* noch für *P. undulata* signifikante Unterschiede. Die Wirkung der Untersaat war damit nicht von der verwendeten Kleeart abhängig. Untersaaten als Pflanzenschutzmaßnahme erwiesen sich jedoch gegenüber Kohlerdflohen als nicht ausreichend, weil die Untersaaten während der letzten Boniturtermine in Hötzum bei hohem Befallsdruck bis zu 120 Tieren pro Pflanze keine Wirkung zeigten. Im Gegensatz zur Situation in Hötzum blieb die Anzahl Kohlerdföhe in Hannover schon in der Kontrolle unter 15 Tieren pro Pflanze. LATHEEF et al. (1984), ANDOW et al. (1986) und LEHMUS et al. (1996), die alle Befallsreduktionen in Mischkulturen feststellten, beobachteten in ihren Untersuchungen ebenfalls niedrigen Befallsdruck mit unter 15 Tieren pro Pflanze in der Kontrolle. Die Fraßschäden durch Erdflöhe waren ebenfalls in Hannover in den Untersaaten signifikant niedriger als in der Kontrolle, in Hötzum dagegen nicht. Bei niedrigem Befall hatten die Untersaaten demnach eine bessere Wirkung als bei hohem Befall, was auf einen möglichen Einfluß der Erdflohdichte auf das Wirtswahlverhalten und Dispersionsverhalten hindeutet. Als Pflanzenschutzmaßnahme gegen Kohlerdflohbefall aber sind Untersaaten demnach nur bedingt geeignet.

Die mit der Strohmulchauflage erzielten Ergebnisse sind uneinheitlich. Da sich der Befall in Hannover gegenüber der Kontrolle erhöhte, in Hötzum jedoch verringerte, ist die Reaktion der Kohlerdföhe gegenüber Strohmulch nicht vorhersehbar. Die Mulchauflage kann somit nicht als Pflanzenschutzmaßnahme gegen Kohlerdföhe empfohlen werden.

2.4.3 Pilzliche Schaderreger

Einzig bedeutende Pilzerkrankung war 1996 Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*). *P. brassicae* gilt als die gefährlichste Erkrankung im Kohlanbau mit starker Beeinträchtigung der Kopfbildung bei Kopfkohl, wobei die Schäden desto größer sind, je früher die Infektion erfolgt (CRÜGER 1991). In den ersten 30 Tagen nach der Infektion

beeinträchtigt die Krankheit das Pflanzenwachstum jedoch noch nicht (LUDWIG-MÜLLER 1999). Daher bleibt der Einfluß auf den Ertrag in diesem Fall ungeklärt. Da von der Kontrolle über Strohmulch- und Erdkleevariante zur Erdbeerkleevariante eine Verschiebung zu geringerem Befall auftrat, ist eine Reaktion auf die Untersaatkultur nicht auszuschließen. Die Reaktionen phytopathogener Pilze auf Untersaaten sind bisher jedoch kaum untersucht. THEUNISSEN & SCHELLING (1996a) fanden in Lauchkulturen geringe, aber signifikante Reduktionen des Anteils von Lauchrost (*Puccinia alii*) befallener Pflanzen und diskutieren als Ursache durch die Untersaat bedingte Veränderungen der Wirtsqualität. Entsprechende Mechanismen könnten in der Kohluntersaatkultur wirken. Aber auch das weniger ausgedehnte Wurzelsystem der kleineren Pflanzen in der Untersaat könnte zu geringeren Anzahlen von Kontakten mit den Sporen von *P. brassicae* und damit zu schwächerem Befall führen. Inwieweit Untersaaten tatsächlich den Befall durch *Plasmodiophora brassicae* mindern können, bleibt fraglich und müßte eingehender untersucht werden.

2.4.4 Abschließende Beurteilung der untersuchten Bodenbedeckungen als Pflanzenschutzmaßnahme

Kopfgewicht und Flächenertrag in der Strohmulchvariante entsprachen an beiden Standorten den in der Kontrollvariante erzielten Ergebnissen. Daher hätte sie eine Alternative zu Untersaaten darstellen können. Die Strohmulchauflage war jedoch gegenüber den meisten Schadinsektenarten unwirksam und einige Arten wurden sogar gefördert. Dies steht im Gegensatz zu anderen Ergebnissen (HELLQVIST 1996, MATTHEWS-Gehring & HOUGH-GOLDSTEIN 1988), konnte aber in beiden Teilversuchen beobachtet werden. Die Qualität des Ernteguts war an beiden Standorten gegenüber der Kontrolle nicht verbessert. Diese Anbaumethode kann daher nicht als Pflanzenschutzmaßnahme im Weißkohlanbau genutzt werden.

Beide Kleeuntersaaten, Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) und Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum* cv. Palestine) verringerten Kopfgewicht beziehungsweise Flächenertrag des Kohls in gleichem Maß. Daher kann davon ausgegangen werden, daß sie eine vergleichbare interspezifische Konkurrenz auf den Kohl ausüben und diesbezüglich beide eine vergleichbare Eignung als Untersaaten aufweisen. Da die Art der Kleeausbringung (flächig oder in Reihen) zwischen den zwei Teilversuchen variiert wurde, kann die Eignung der unterschiedlichen Aussaatformen

(flächig oder in Reihen) nicht im direkten Vergleich beurteilt werden. Aber angesichts des in Hötzum geringfügig, in Hannover stark verringerten Flächenertrags des Weißkohls in den Untersaatvarianten ist die Reihenuntersaat wahrscheinlich als günstigeres Anbausystem zu betrachten. Die Verringerung des Flächenertrags in beiden Teilversuchen deutet allerdings darauf hin, daß die Ausbringung der Untersaat vier Wochen vor Pflanzung des Kohls zu früh ist. Die Aussaat des Klees sollte zeitlich näher an die Pflanzung des Kohls gelegt werden.

Beide untersuchten Kleeuntersaaten ermöglichen die Reduktion des Schadinsektenbefalls im Kohlanbau. Der Befall durch die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*), den Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*), die Kohlflye (*Delia radicum*) und mit Einschränkungen ebenfalls der Befall durch Kohlerdföhe (*Phyllotreta spec.*) wurden vermindert. Populationsdynamik und Schäden am Kohl unterschieden sich in den untersuchten Kleeuntersaaten *Trifolium subterraneum* und *Trifolium fragiferum* in den meisten Fällen nicht signifikant. Dies wird durch entsprechende Untersuchungen anderer Autoren bestätigt (vgl. FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, THEUNISSEN et al. 1995, LATHEEF et al. 1984, ANDOW et al. 1986). Die Wirkungsweise dieser beiden Kleearten ist demnach identisch. Die an beiden Standorten geringfügig höhere Flächendeckung der Erdkleeuntersaat erschien in diesem Zusammenhang unbedeutend.

Direkte Vergleiche der Ergebnisse flächig oder in Reihen ausgebrachter Untersaaten sind aufgrund der zwei verschiedenen Versuchsstandorte nicht zulässig. Am Versuchsstandort mit flächiger Ausbringung der Untersaaten zeigte sich eine ausgeprägte Wirkung gegenüber Schadinsekten und die Qualität des Ernteguts wurde durch die Untersaaten signifikant verbessert. Am Standort mit Reihenuntersaat war die Wirkung gegen Schadinsekten schwach ausgeprägt und die Qualität des Ernteguts war gegenüber der Kontrolle nicht verbessert. Daher wäre bei alleiniger Betrachtung der Wirkung auf Schadinsekten eine flächige Untersaat für weitere Versuche zu empfehlen. Ein besonderes Problem stellt in diesem Zusammenhang die Gruppe der Schadlepidopteren dar. Die hier durchgeführten Versuche konnten Befall und Schäden durch Lepidopteren nicht senken. Andere Untersuchungen erbrachten zum Teil keine Reaktionen, meist aber verminderten Befall (vgl. SMITH 1976, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN et al. 1995, LEHMHUS et al. 1996, KIENEGGER & FINCH 1997). Damit erscheint prinzipiell auch diese Schaderregergruppe durch Untersaaten bekämpfbar. Bislang sind Erfolge oder Mißerfolge bei der

Bekämpfung von Schadlepidopteren jedoch nicht prognostizierbar. Da diese Gruppe aber hohen Einfluß auf die Qualität des Ernteguts haben kann, bleibt bei starkem Lepidopterenbefall für den Anbauer zunächst der Einsatz herkömmlicher Pflanzenschutzmaßnahmen unerlässlich.

Eine erfolgreiche Untersaat muß nach den hier erzielten Ergebnissen gegensätzliche Anforderungen erfüllen: Die Verminderung des Schadinsektenbefalls wird durch eine hohe Flächendeckung der Untersaat begünstigt. Zur Vermeidung der Verluste in der Ertragsquantität ist eher schwaches Wachstum der Untersaat erwünscht, was eine geringe Flächendeckung impliziert.

Unter Berücksichtigung obiger Ergebnisse lassen sich Vor- und Nachteile der beiden Aussaatformen abwägen: Vorteil der Reihenaussaat ist die räumliche Trennung des frisch gepflanzten, noch konkurrenzschwachen Kohls von der Kleeuntersaat zu Kulturbeginn. Aufgrund der Verminderung der interspezifischen Konkurrenz gerade bei Jungpflanzen minimieren sich konkurrenzbedingte Ertragsverluste. Auch die Unkrautbekämpfung würde erleichtert, da zwischen den Reihen gehackt werden kann. Nachteilig sind jedoch die nicht so ausgeprägten Schadinsektenreduktionen in der Reihenuntersaat.

Bei Pflanzung in eine flächige Kleeuntersaat steht der Kohl von Anfang an in einer starken Konkurrenzsituation. Mit Verlusten bei der Ertragsquantität ist zu rechnen. Das Entfernen der Unkräuter mittels Hacken ist in flächiger Untersaat nicht möglich, Entfernen per Hand bedeutet einen zu hohen Arbeitsaufwand. Vorteil einer flächigen Untersaat ist die starke Schadinsektenreduktion.

Für weitere Versuche bietet sich eine Kompromißlösung an, um die Vorteile der beiden Ausbringungsarten zu vereinen: Als eine der gegenüber Unkräutern konkurrenzkräftigsten Gemüsearten (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993) kann Kohl möglicherweise auch in einer Reihenuntersaat mit Aussaat um die Pflanzung des Kohls gute Ertragsmengen erbringen. Die Untersaat sollte statt in Einzelreihen zwischen den Kohlreihen in mehrfachen Reihen ausgebracht werden. Auf diese Weise wäre die Konkurrenz zwischen Hauptfrucht (Kohl) und Nebenfrucht (Kleeuntersaat) anfangs herabgesetzt. Dennoch würde die Flächendeckung der Untersaat schneller als in einer einfachen Reihenuntersaat zunehmen.

2.5 Literatur

- ALTIERI, M.A. & LETOURNEAU, D.K. (1982): Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- ANDOW, D.A. (1991): Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36, 561-586.
- ANDOW, D.A., NICHOLSON, A.G., WIEN, H.C., WILLSON, H.R. (1986): Insect populations on cabbage grown with living mulches. *Environmental Entomology* 15, 293-299.
- BLOOD SMYTH, J. A., DAVIES, J., EMMET, B. J., LOLE, M., PATERSON, C., POWELL, V. (1992): Supervised control of aphid and caterpillar pests in Brassica crops. *IOBC / WPRS Bulletin* 15(4), 9-15.
- BRUST, G.E. (1994): Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado Potato Beetle populations and damage in potato. *Biological Control* 4, 163-169.
- COAKER, T.H. (1980): Insect pest management in brassica crops by intercropping. *IOBC / WPRS Bulletin* 3(1), 117-125.
- COSTELLO, M.J. & ALTIERI, M.A. (1995): Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52, 187-106.
- CRÜGER, G. (1991): Krankheiten und Schädlinge einzelner Gemüsearten - Kohlgemüse. In: CRÜGER, G. (Ed.) *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. 3. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 30-61.
- DE OLIVEIRA, A.P., CASTELLANE, P.D., DE BORTOLI, S.A. & BANZATTO, D.A. (1995): Effect of genotypes, nitrogen, mulching and deltamethrin on the incidence of thrips in garlic. *Horticultura Brasileira, Brasilia* 13, 202-205.
- DOVER, J.W. (1986): The effect of labiate herbs and white clover on *Plutella xylostella* oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 42, 243-247.
- ESBJERG, P. (1992): Temperature and soil moisture - two major factors affecting *Agrotis segetum* Schiff. (Lep., Noctuidae) populations and their damage. *IOBC / WPRS Bulletin* 15(4), 82-91.

- FINCH, S. (1992): An introduction to integrated pest management in field vegetable crops. IOBC / WPRS Bulletin 15(4), 49-52.
- FINCH, S. & EDMONDS, G.H. (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. IOBC / WPRS Bulletin 17(8), 159-167.
- FORSTER, R., HILDENHAGEN, R., HOMMES, M., SCHORN-KASTEN, K. (1992): Integrierter Pflanzenschutz im Gemüsebau: Praktizierung von Bekämpfungsschwellen für Kohlschädlinge. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH.
- FORSTER, W. & WOHLFAHRT, T.A. (1980): Die Schmetterlinge Mitteleuropas: Band IV: Eulen (Noctuidae). Stuttgart, Franckh`sche Verlagshandlung.
- FREULER, J., MEYER, H., PIGNON, P., LINIGER, C. (1996): Undersowing cabbage and leek plants with clover during 1994 and 1995. IOBC / WPRS Bulletin 19(11), 107.
- HELLQVIST, S. (1996): Mulching with grass-clippings in cauliflower: effects on yield and brassica root flies (*Delia* spp.). International Journal of Pest Management 42 (1), 39-46.
- HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 213.
- KIENEGGER, M. & FINCH, S. (1997): A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. Entomologia Experimentalis et Applicata 84, 165-172.
- Koch, M. (1991): Schmetterlinge. 3. Auflage Radebeul, Neumann Verlag.
- LANGER, V. (1992) The use of a living mulch of white clover on the control of the cabbage root fly (*Delia radicum*) in white cabbage. IOBC / WPRS Bulletin 15(4), 102-103.
- LATHEEF, M.A., ORTIZ, J.H., SHEIK, A.Q. (1984): Influence of intercropping on *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae) Populations on collard plants. Journal of Economic Entomology 77, 1180-1184.
- LEHMUS, J., VIDAL, S., HOMMES, M. (1996): Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover.

- IOBC / WPRS Bulletin 19(11), 115-121.
- LUDWIG-MÜLLER, J. (1999): *Plasmodiophora brassicae*, the causal agent of clubroot disease: a review on molecular and biochemical events in pathogenesis. Journal of Plant Diseases and Protection 106 (2), 109-127.
- MATTHEWS-GEHRINGER, D. & HOUGH-GOLDSTEIN, J. (1988): Physical barriers and cultural practices in cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) management on broccoli and Chinese cabbage. Journal of Economic Entomology 81, 354-360.
- MCKINLAY, R., MCCREATH, M., ARMSTRONG, G. (1996): Undersowing cabbages with clover and its effect on the infestation levels of the cabbage root fly. IOBC / WPRS Bulletin 19(11), 122-127.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & BAUMANN, T. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. Landwirtschaft Schweiz 6, 401-412.
- PERRIN, R.M. & PHILLIPS, M.L. (1978): Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. Entomologia Experimentalis et Applicata 24, 385-393.
- RICHTER, E., HOMMES, M. & KRAUTHAUSEN, H.-J. (1999): Investigation on the supervised control of *Thrips tabaci* in leek and onion crops. IOBC / WPRS Bulletin 22(5), 61-72.
- SMITH, J. (1976): Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects of Brussels sprouts. Annals of Applied Biology 83, 15-29.
- SPSS INC. (1998): SYSTAT® for Windows Version 8.0, Chicago.
- TALEKAR, N.S. & YANG, J.C. (1993): Influence of crucifer cropping system on the parasitism of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) by *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae) und *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). Entomophaga 38 (4), 541-550.
- THEUNISSEN, J. (1994a): Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification - An overview. Pesticide Science 42, 65-68.
- THEUNISSEN, J. & DEN OUDEN, H. (1980): Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. Entomologia Experimentalis et Applicata 27, 260-268.

- THEUNISSEN, J., BOOJ, C.J.H., LOTZ, L.A.P. (1995): Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74, 7-16.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996a): Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996b): Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurrey. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 128-135.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1998): Infestation of leek by *Thrips tabaci* as related to spatial and temporal patterns of undersowing. *Biocontrol* 43, 107-119.
- Vandermeer, J. (1989): *The ecology of intercropping*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VIDAL, S. & BOHLSSEN, W. (1994): What makes intercropped cauliflower plants less susceptible to *Brevicoryne brassicae*? *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 159-167.

3 Variation des Aussaatzeitpunktes der Untersaat

3.1 Einleitung

Das Bild der modernen Agrarlandschaft wird von Monokulturen beherrscht, deren Erträge durch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen gesichert werden. Die anfangs positive Einstellung der Bevölkerung gegenüber chemischen Pflanzenschutz begann sich jedoch mit der Entdeckung von Pestizidrückständen und ihren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu verändern. Der Wertewandel hin zu einem höheren Gesundheits- und Umweltbewußtsein beeinflusst auch das Nachfrageverhalten der Verbraucher. Aus veränderten Verbraucherwünschen nach umweltschonend erzeugten Produkten resultierenden indirekte Auswirkungen wie restriktivere gesetzliche Auflagen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und ein Rückgang der Anzahl zugelassener Pflanzenschutzmittel (ORTH 1993).

Ein alternativer Ansatz zur Verminderung der Verluste durch Schaderreger beruht auf einer Änderung der pflanzenbaulichen Praxis. Die Diversifikation von Agrarökosystemen durch Kombination verschiedener Pflanzenarten in einem Anbausystem kann den Schadinsektenbefall im Vergleich zu Monokulturen senken (ALTIERI & LETOURNEAU 1982, ANDOW 1991, THEUNISSEN 1997) Mischkulturen sind in den letzten Jahren wiederholt als Möglichkeit zur Verminderung des Schaderregerbefalls in Gemüsekulturen diskutiert worden. Die Gemüseproduktion mit Untersaaten stellt einen Sonderfall solcher Mischkulturen dar. In diesem System werden zeitgleich eine Hauptfrucht und eine niedrigwüchsige Nebenfrucht, die nicht geerntet wird, angebaut (FINCH 1993, THEUNISSEN 1994a). Für Gemüseproduzenten können neue pflanzenbaulichen Methoden aber nur unter bestimmten Voraussetzungen Anreize bieten: Die Wirksamkeit der Kulturmethode gegen Schaderreger muß gesichert sein, konkurrenzbedingte Ertragsverluste dürfen nicht auftreten und die Anwendung darf nicht komplizierter sein als herkömmliche Anbaupraktiken (VANDERMEER 1989). Versuche mit entsprechenden Kultursystemen im Kohlanbau zeigten aber, daß einer praktischen Nutzung dieser neuen Pflanzenschutzmaßnahme noch einige Hindernisse entgegenstehen.

Interspezifische Konkurrenz zwischen den verschiedenen Pflanzenarten in Mischkulturen führt häufig zu einer gegenüber der Reinkultur verringerten Ertragsquantität (THEUNISSEN et al. 1995; THEUNISSEN & SCHELLING 1996b; FINCH & EDMONDS 1994). Solche durch die Anbaumethode bedingten Verluste müssen für die

Praxis minimiert werden. Zum Erreichen einer den im konventionellen Kohlanbau erzielten Erträgen vergleichbaren Ertragsmenge wäre eine möglichst späte Aussaat der Kleeuntersaat vorteilhaft. Damit würde der Zeitraum interspezifischer Konkurrenz zwischen Kohl und Untersaat verkürzt.

An Kohl treten viele verschiedene Schaderregerarten auf. Die durch einzelne Arten verursachten wirtschaftliche Schäden können dabei in verschiedenen Jahren und Regionen sehr unterschiedlich sein (HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992). Untersaaten können durch Senkung des Schadinsektenbefalls am Gemüse die Qualität desselben erhöhen (THEUNISSEN et al. 1995; THEUNISSEN & SCHELLING 1996b, LEHMUS et al. 1996). Um aber einen Einfluß auf die Populationsdynamik von Schaderregern ausüben zu können, muß eine Untersaat bereits zum Beginn der Besiedlung des Kohls durch Schadinsekten im Feld etabliert sein. Zu diesem Zweck sollte die Aussaat möglichst frühzeitig erfolgen.

Im Jahr 1997 wurde mit Versuchen zum Aussaatzeit der Untersaat (*T. subterraneum*) die beste zeitliche Abstimmung zwischen Haupt- und Nebenfrucht gesucht. Ziel war, eine gute Wirkung gegenüber Schaderregern und Unkräutern zu gewährleisten und dabei die Ertragsverluste durch auftretende interspezifische Konkurrenz möglichst gering zu halten.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchsanlage

Die Versuche wurden auf Flächen des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz in Hannover und der BBA Braunschweig in Hötzum durchgeführt. An beiden Standorten wurde eine randomisierte Blockanlage mit vier Versuchsvarianten in sechs Wiederholungen angelegt (Abb. 1). Die Aussaat der Erdklee-Untersaat (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) erfolgte 2 Wochen vor, gleichzeitig mit und zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls. In der Kontrollvariante wurde der Weißkohl ohne Bodenbedeckung und ohne Insektizidbehandlung kultiviert (Abb. 1).

2	1	4	3	3	4
4	3	2	1	2	1
2	4	3	1	3	2
3	1	2	4	4	1

Abb.1: Anlage der Versuchsfläche in Hannover und Hötzum 1997; 1 = Aussaat 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, 2 = Aussaat gleichzeitig mit Pflanzung, 3 = Aussaat 2 Wochen nach Pflanzung, 4 = Kontrolle.

In den 1997 durchgeführten Versuchen wurden die Kohlreihen im Abstand von 75 cm angelegt, um den Erdklee (*T. subterraneum*, 20 kg / ha) in Doppelreihen zwischen die Kohlreihen zu säen. Damit konnten die Untersaaten mit einem Luftkissenmäher (Flymow 40 cm Schnittbreite) gemäht werden. Bei der Versuchsanlage wurde für beide Versuchsflächen eine Reihenuntersaat mit Doppelreihen von Erdklee gewählt. Die Ausbringung der Untersaaten erfolgte mittels Saatmaschine (Lochstärke: 5 für *Trifolium subterraneum*). Mahd der Untersaat und Entfernung des Unkrauts wurden durchgeführt wenn notwendig. In allen Varianten erfolgte die gleiche Düngung. Weitere Versuchsparameter sind Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Kulturdaten der beiden Versuchsflächen 1997

	Hannover	Hötzum
Weißkohlsorten	Minicole	Minicole
Anbausystem	Untersaat in Doppelreihen	Untersaat in Doppelreihen
Varianten	4 (3 unterschiedl. Aussaatzeitpkte für Untersaat, Kontrolle)	4 (3 unterschiedl. Aussaatzeitpkte für Untersaat, Kontrolle)
Wiederholungen	6 Plots je Variante	6 Plots je Variante
Plotgröße	6 m x 4,5 m	6 m x 6 m
Aussaat Weißkohl	16.04.97	17.04.97
Pflanzung Weißkohl	21.05.97	26.05.97
Pflanzabstände	50 cm x 75 cm	50 cm x 75 cm
Pflanzen / Plot	64	96
Aussaat d. Untersaaten		
zuvor	7.05.97	14.05.97
gleichzeitig	22.05.97	27.05.97
nachher	4.06.97	10.06.97
Düngung	250kg N/ ha	250kg N/ ha
Ernte / Endbonitur	21.08.97	27.08.97

3.2.2 Bonituren

Am Standort Hannover wurden wöchentlich je Wiederholung 18 Pflanzen visuell auf Schaderreger untersucht. In Hötzum wurden ebenfalls 18 Pflanzen in Abständen von 2 Wochen auf Schaderregerbefall bonitiert. Im Juli (17.7. in Hannover, 22.7. in Hötzum) wurde aufgrund der Zunahme des Schadinsektenbefalls an beiden Standorten die Anzahl der bonitierten Pflanzen auf 12 Pflanzen je Wiederholung reduziert. Daneben wurde in Hannover wöchentlich, in Hötzum alle 2 Wochen die Flächendeckung des Kohls, der Untersaaten und Unkräuter einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt. Zur Endbonitur wurden aus jeder Wiederholung jeder Variante in Hannover 18, in Hötzum 16 Köpfe mit Umblättern geerntet. An Umblättern und Köpfen erfolgte dann eine Erfassung der Fraßschäden durch Raupen und Erdflöhe in % der Blattfläche und des Schaderregerbefalls. Zusätzlich wurde bei Raupenfraß am Kopf auch die Tiefe der Schäden bonitiert, d.h. bis zum wievielten Blatt der Kopf geschält werden mußte, um frei von Fraßschäden zu sein. Thrips- und Kohlfliengenschäden an den Kohlköpfen wurden wie unten beschrieben aufgenommen.

Thripse (*Thrips tabaci*) konnten aufgrund ihrer verborgenen Lebensweise in den Kohlköpfen bei den visuellen Schaderregerbonituren nicht erfaßt werden. Daher wurden bei der Endbonitur die Flächendeckung der Korkwucherungen aufgenommen, die die Pflanze als Reaktion auf die Saugtätigkeit der Thripse bildet. Da an den 6 äußersten Kopfblättern die stärksten Schäden auftreten, wurde an diesen in der Endbonitur der Anteil geschädigter Blattfläche in % bonitiert.

Befall durch die Kleine Kohlflyge (*Delia radicum*) wurde ebenfalls gesondert bonitiert. Zur Erfassung der Eiablage im Boden wurden 3 Pflanzen in jeder Wiederholung mit handelsüblichen Eimanschetten versehen. Die abgelegten Eier wurden jede Woche gezählt und danach zur Vermeidung von Mehrfachzählungen aus den Manschetten entfernt. Die Zählung erfolgte in Hannover wöchentlich, in Hötzum alle zwei Wochen. Kopfbefall durch *D. radicum* trat ebenfalls auf, war von außen aber meist nicht erkennbar. Daher wurde er erst bei der Endbonitur in % befallener Blattfläche erfaßt.

Das Erntegut wurde anhand der Schäden in Qualitätsklassen eingeteilt. Die Klassierung des Blattlausbefalls und der Raupenfraßschäden erfolgte nach FORSTER et al. (1992). Für die Schäden durch Thripse und Kohlfiegen wurden die 1996 aufgestellten Qualitätsklassen angewendet. Die Beurteilungskriterien für die Einteilung in die Qualitätsklassen sind unter den einzelnen Schaderrregern im Ergebnisteil aufgeführt.

Um die Stärke des Kohlherniebefalls zu ermitteln, wurden Anzahl und Größe der durch die Krankheit verursachten Wucherungen an den Wurzeln aufgenommen. Diese Bonitur erfolgte nach der Ernte für sämtliche Pflanzen in allen Wiederholungen. Die Beurteilungskriterien, nach denen die Einteilung in Befallsklassen erfolgte, werden im Ergebnisteil aufgeführt.

3.2.3 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware SYSTAT 8.0 durchgeführt. Die Daten zur Populationsentwicklung der Schadinsekten wurden zuvor $\log(n+1)$ -transformiert. Für die in Prozentwerten erhobenen Daten (Flächendeckung von Kohl und Klee, Fraßschäden) erfolgte vor der statistischen Auswertung eine arcsin-Transformation.

Um zu testen, ob signifikante Unterschiede in der Flächendeckung von Kohl und Klee sowie der Populationsdynamik von Schadinsekten in den Varianten vorlagen, wurde eine RM-ANOVA durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden erfolgte für die

Flächendeckung des Kohls für Einzeltermine eine ANOVA mit anschließendem Tukey-Test. Ergaben sich in der Populationsdynamik der Schadinsekten in einer RM-ANOVA signifikante Unterschiede, wurde für Einzeltermine eine ANCOVA mit anschließendem Tukey-Test durchgeführt. Als Kovariate wurde die Flächendeckung des Kohls in die ANCOVA einbezogen, da die Anzahl der Schadinsekten in Beziehung zur Pflanzengröße stehen kann. Die Kopfgewichte zur Ernte wurden mittels ANOVA getestet. Die Schäden an Umblättern und Kopf wurden ebenfalls mittels ANOVA getestet, da sie in % beschädigter Blattfläche aufgenommen wurden. Damit bestand bereits ein direkter Bezug zur Pflanzengröße und eine ANCOVA war nicht zulässig. Zum Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Qualitätsklassen bei Schadinsektenbefall und der Schadensklassen bei Kohlherniebefall erfolgten G-Tests. In allen angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse erst bei $P < 0,05$ als signifikant betrachtet.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Entwicklung der Untersaaten

Die Flächendeckung der zu verschiedenen Zeiten gesäten Untersaaten glich sich sowohl in Hannover als auch in Hötzum im Versuchsverlauf an. Dieser Prozeß erfolgte in Hannover jedoch wesentlich schneller als in Hötzum, obwohl die Aussaaten in Hötzum nur jeweils eine Woche später als in Hannover erfolgten (vgl. Tab. 1). An beiden Versuchsstandorten verschwanden im Versuchsverlauf die signifikanten Unterschiede in der Flächendeckung der zwei Wochen zuvor gesäten Untersaat und der gleichzeitig mit der Pflanzung des Kohls gesäten Untersaat. In Hannover glichen sich die Deckungsgrade des Klees in diesen beiden Varianten schon Ende Juni (25.6.) an, in Hötzum dagegen erst Anfang August (5.8.) (Abb. 2, Tab. 2, Tab. 3). Die zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls gesäte Untersaat lief an beiden Standorten im Vergleich mit den anderen Varianten verlangsamt auf. Sie erreichte in Hannover Anfang August (3.8.) die gleiche Flächendeckung wie die übrigen Untersaaten. In Hötzum näherte sich die Flächendeckung der Untersaat in der späten Variante Ende August den anderen an, erreichte sie aber bis zum Ende des Versuchs nicht.

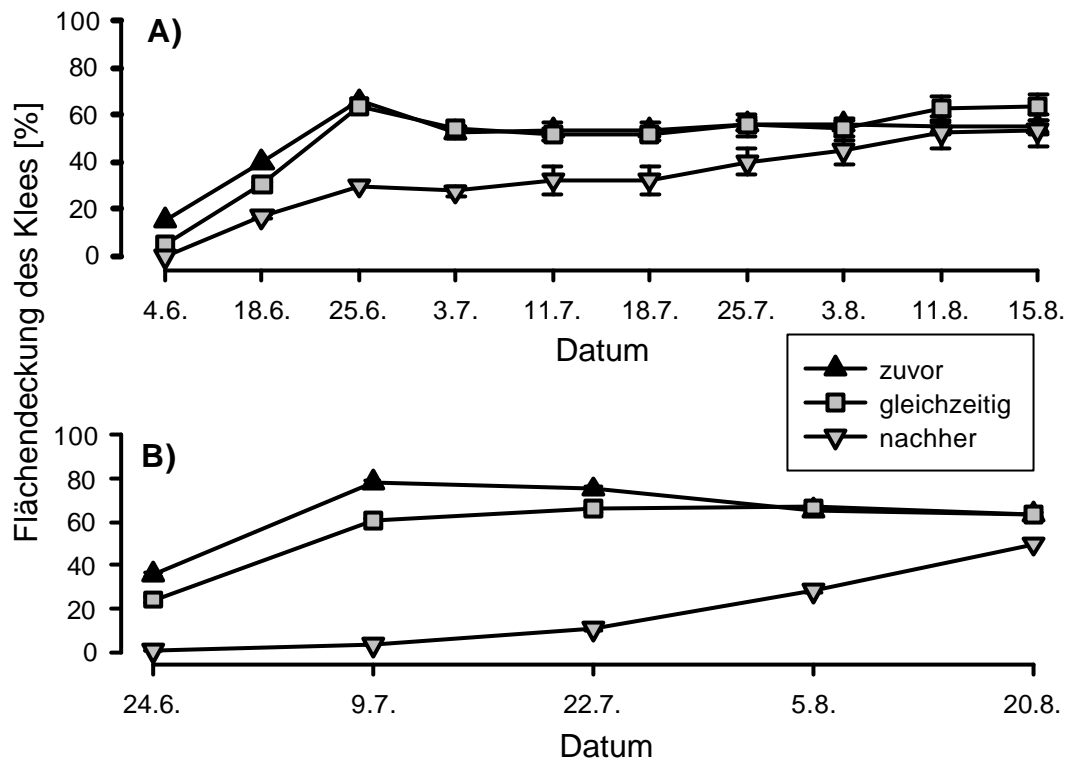


Abb. 2: Flächendeckung des Erdklee in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klee 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klee zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klee 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 2: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik von zur Flächendeckung des Erdklee in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hannover und Hötzum 1997

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	1,349	2	10,182	0,002
	Datum	4,604	9	76,652	0,000
	Var x Datum	0,533	18	4,433	0,000
	Error	0,901	135		
Hötzum	Var	4,422	2	1598,340	0,000
	Datum	2,056	4	654,053	0,000
	Var x Datum	1,110	8	176,516	0,000
	Error	0,047	60		

Tab. 3: Paarweise Vergleiche der Flächendeckung des Erdkleees an 3 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Tests nach ANOVA: Hannover: 18.6.: df = 2; F = 235,207; p < 0,001; 25.6.: df = 2; F = 266,712; p < 0,001; 3.8.: df = 2; F = 235,207; p = 0,240; Hötzum: 22.7.: df = 2; F = 574,061; p < 0,001; 5.8.: df = 2; F = 574,838; p < 0,001; 20.8.: df = 2; F = 72,449; p < 0,001) ; zuvor = Aussaat des Kleees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Kleees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Kleees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Ha. 18.6.	zuvor	gleich	nach	Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleichzeitig	0.000	1.000		gleichzeitig	0.000	1.000	
nachher	0.000	0.000	1.000	nachher	0.000	0.000	1.000

Ha. 25.6.	zuvor	gleich	nach	Hö. 5.8.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleichzeitig	0.250	1.000		gleichzeitig	0.303	1.000	
nachher	0.000	0.000	1.000	nachher	0.000	0.000	1.000

Ha. 3.8.	zuvor	gleich	nach	Hö. 20.8.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleichzeitig	0.998	1.000		gleichzeitig	1.000	1.000	
nachher	0.064	0.058	1.000	nachher	0.000	0.000	1.000

3.3.2 Entwicklung des Kohls

Weder in Hannover noch in Hötzum traten 1997 signifikante Unterschiede in der Flächendeckung der Kohlpflanzen in den verschiedenen Varianten auf. In Hannover nahm die Flächendeckung des Kohls in den Varianten bis Anfang Juli zu, um dann mit dem Absterben der äußersten Blätter bis zur Ernte wieder leicht abzunehmen. Aufgrund des frühzeitig auftretenden Befalls durch Kohlhernie (siehe 3.3.4) waren auch innerhalb jeder Variante zwischen den Wiederholungen deutliche Wachstumsunterschiede vorhanden. Die in Hötzum verwendeten Kohljungpflanzen waren qualitativ schlechter als in Hannover, da während der Anzucht im Gewächshaus die Lichtintensität zeitweise nicht ausreichend war. Als Folge traten zum Teil Verbrennungerscheinungen an den Blättern des frisch ausgepflanzten Kohls auf. Entgegen der Situation in Hannover erfolgte in Hötzum eine langsame Zunahme der Flächendeckung über den ganzen Versuchszeitraum (Abb. 3, Tab. 4).

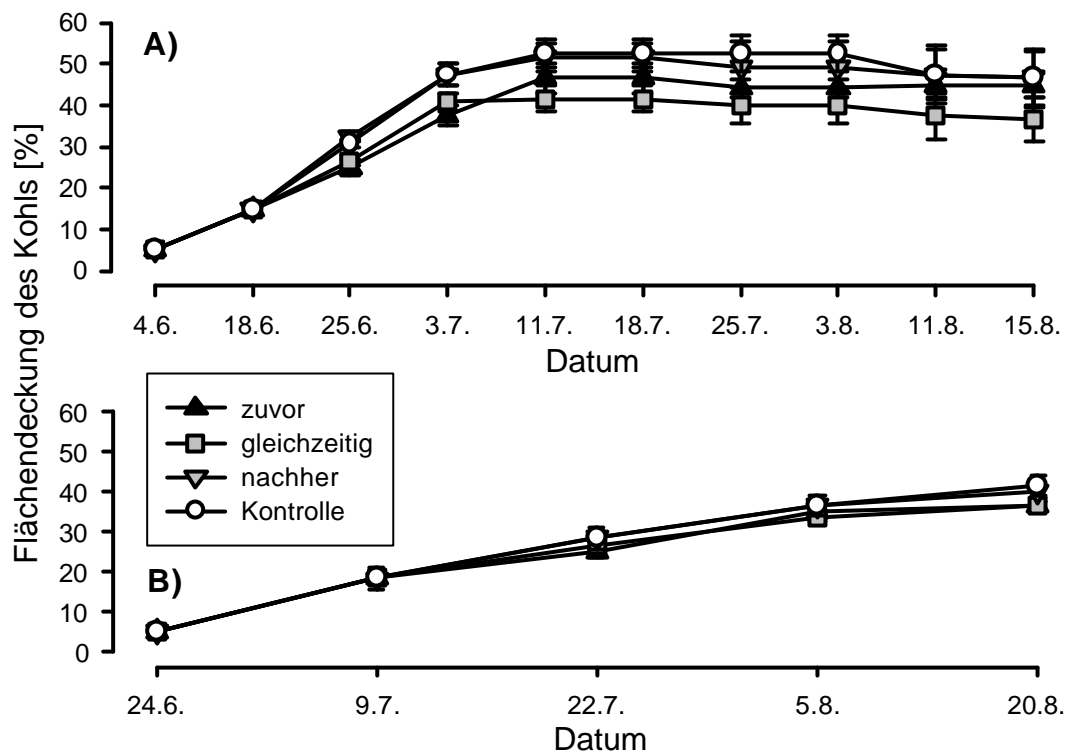


Abb. 3: Flächendeckung des Weißkohls in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötзум 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 4: RM-ANOVA über alle Varianten zur Flächendeckung des Weißkohls in den Versuchsvarianten in Hannover und Hötзум 1997

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,389	3	1,801	0,180
	Datum	0,811	7	27,817	0,000
	Var x Datum	0,059	21	0,672	0,855
	Error	0,583	140		
Hötзум	Var	0,015	3	2,638	0,078
	Datum	0,658	20	594,320	0,000
	Var x Datum	0,009	9	2,650	0,012
	Error	0,022	60		

Die Flächenerträge waren an beiden Standorten aufgrund der weiten Abstände zwischen den Kohlreihen von 75 cm gering. In Hannover waren die Kopfgewichte aller Varianten zur Ernte untereinander nicht signifikant verschieden (Abb. 4). In Hötзум traten dagegen große Unterschiede auf. Die Kohlköpfe aus den zuvor und gleichzeitig mit der Pflanzung gesäten Untersaaten hatten gegenüber den Köpfen aus der 2 Wochen später gesäten Untersaat und der Kontrolle signifikant geringere Gewichte.

Untereinander unterschieden sie sich jedoch nicht. Ebenso unterschieden sich die Kopfgewichte aus spät gesäter Untersaat und Kontrolle nicht signifikant (Abb. 4).

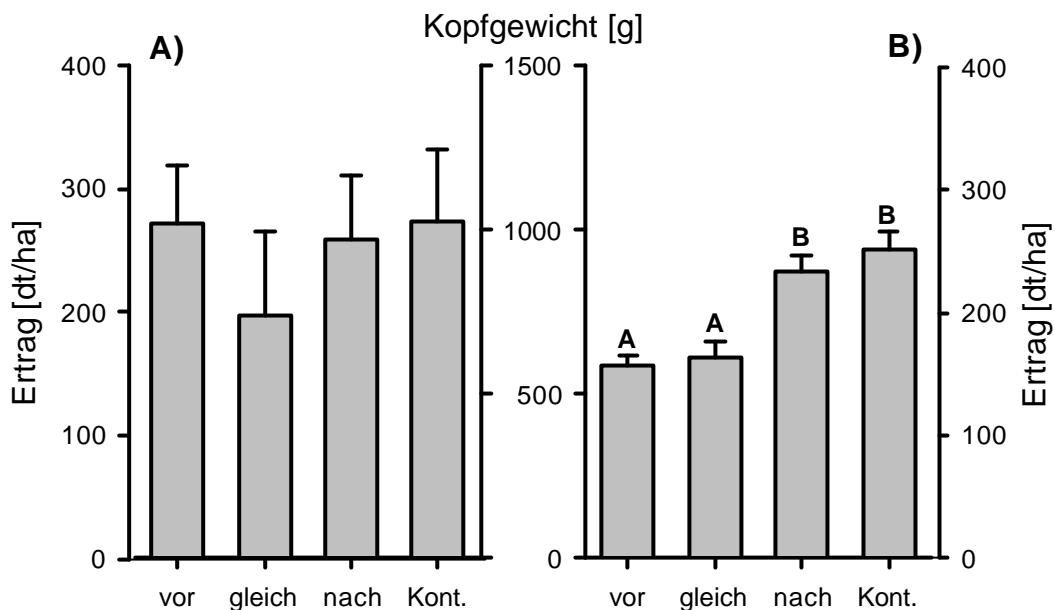


Abb. 4: Kopfgewichte und Flächenertrag des Weißkohls in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; in Hannover keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA df = 3; F = 0,408; p = 0,749), in Hötzum signifikante Unterschiede (ANOVA df = 3; F = 14,606; p < 0,001); unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Varianten; vor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleich = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nach = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

3.3.3 Schadinsekten

Im Folgenden wird ein Überblick über die Reaktionen der wichtigsten Schadinsekten während des Versuchsjahres 1997 gegeben. Dabei werden nur die Arten aufgeführt, deren Populationsdichten im Verlauf der Versuche 0,1 Entwicklungsstadien je Pflanze überschritten.

3.3.3.1 Mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*)

Befallsdruck und Populationsentwicklung von *B. brassicae* unterschieden sich an beiden Standorten stark (Abb. 5). Während in Hötzum zum Zeitpunkt maximalen Befalls

in der Kontrolle im Mittel um 300 Kohlblattläuse pro Pflanze auftraten, wurden in Hannover nur sehr niedrige Dichten von 16 Tieren pro Pflanze erreicht. Dabei war der Befall in Hannover auf den Kohlpflanzen in allen Untersaaten ab dem 24.7. signifikant geringer als in der Kontrolle. Die Populationsdynamik von *B. brassicae* in den verschiedenen Untersaatvarianten war dagegen statistisch nicht unterschiedlich (Tab. 5, Tab. 6).

Auch in Hötzum wurde der Befall in den Untersaatvarianten gegenüber der Kontrolle gesenkt. Zum Zeitpunkt des höchsten Befalls ergab sich eine deutliche Staffelung der Populationsdichten von *B. brassicae* entsprechend dem variierten Aussaatzeitpunkt für die Kleeuntersaaten beziehungsweise entgegengesetzt der Flächendeckung des Klees (Abb. 5). Die Variante mit früher Untersaat wies schon ab dem 22.7. signifikant geringeren Befall als die Kontrollvariante auf. Bei gleichzeitiger Untersaat war ab dem 5.8. signifikant geringerer Befall als in der Kontrollvariante festzustellen. In der Variante mit zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat wurden signifikante Unterschiede zur Kontrolle erst zum 20.8. beobachtet. Gegenüber den Varianten mit zuvor und gleichzeitig gesäter Untersaat war der Befall in dieser Variante nur am 5.8. signifikant erhöht (Tab. 5, Tab. 6).

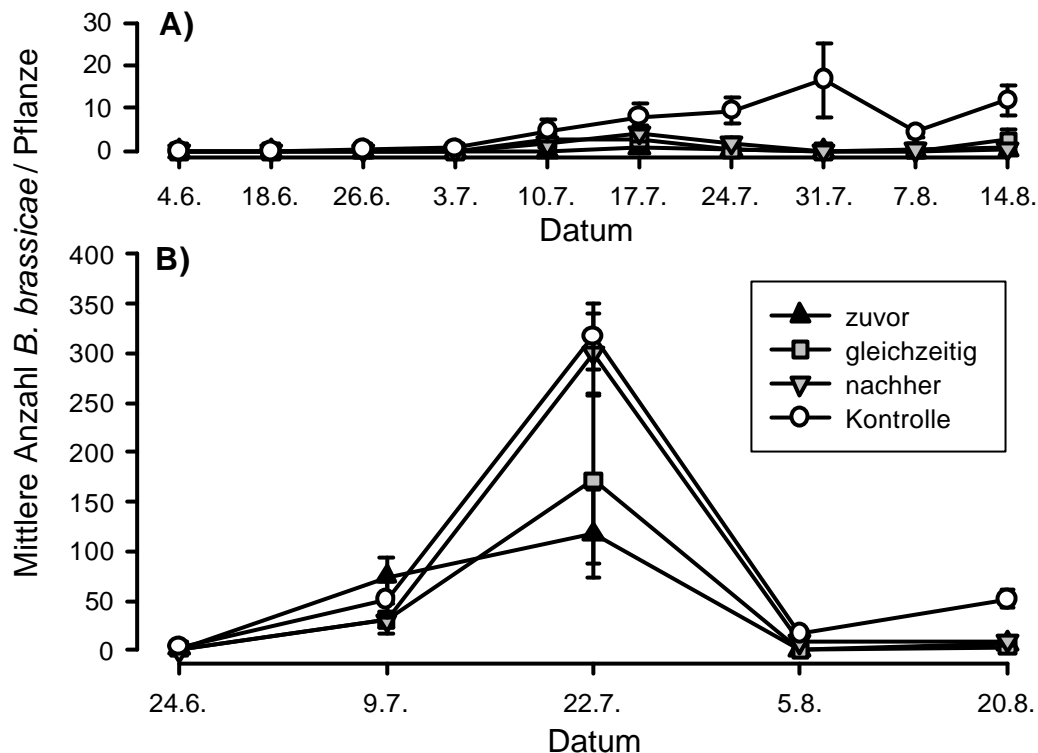


Abb. 5: Befall durch die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 5: RM-ANOVA über alle Varianten für die Populationsdynamik von *B. brassicae* in Hannover und Hötzum 1997

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	10,684	3	18,352	0,000
	Datum	3,744	7	8,843	0,000
	Var x Datum	4,270	21	3,362	0,000
	Error	8,467	140		
Hötzum	Var	6,848	3	10,368	0,000
	Datum	55,665	4	117,438	0,000
	Var x Datum	5,710	12	4,057	0,000
	Error	9,480	80		

Tab. 6: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Brevicoryne brassicae* / Pflanze an 4 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 17.7.: df = 3; F = 1,464; p = 0,256; 24.7.: df = 3; F = 6,211; p = 0,004; 31.7.: df = 3; F = 25,814; p < 0,001; 14.8.: df = 3; F = 11,326; p < 0,001; Hötzum: 9.7.: df = 3; F = 2,041; p = 0,142; 22.7.: df = 3; F = 3,832; p = 0,027; 5.8.: df = 3; F = 16,978; p < 0,001; 20.8.: df = 3; F = 5,489; p = 0,007)

Ha. 17.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.846	1.000			gleichzeitig	0.121	1.000		
nachher	0.709	0.995	1.000		nachher	0.455	0.830	1.000	
Kontrolle	0.190	0.639	0.713	1.000	Kontrolle	0.876	0.398	0.873	1.000

Ha. 24.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.999	1.000			gleichzeitig	0.807	1.000		
nachher	0.874	0.936	1.000		nachher	0.057	0.201	1.000	
Kontrolle	0.006	0.011	0.021	1.000	Kontrolle	0.045	0.163	0.999	1.000

Ha. 31.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 5.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	1.000	1.000			gleichzeitig	1.000	1.000		
nachher	0.993	0.989	1.000		nachher	0.004	0.011	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.071	1.000

Ha. 14.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.915	1.000			gleichzeitig	0.643	1.000		
nachher	0.989	0.986	1.000		nachher	0.999	0.620	1.000	
Kontrolle	0.000	0.002	0.001	1.000	Kontrolle	0.048	0.006	0.022	1.000

An beiden Standorten zeichneten sich alle Untersaatvarianten zur Ernte gegenüber der Kontrollvariante durch signifikant geringere Anteile von Köpfen mit Verschmutzung durch *B. brassicae* aus. Zwischen den Untersaatvarianten gab es weder in Hötzum noch in Hannover signifikante Unterschiede im Kopfbefall (Tab. 7).

Tab. 7: Anteil durch *Brevicoryne brassicae* - Befall verschmutzter Köpfe zur Endbonitur in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hannover und Hötzum; an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (ANCOVA (Kovariate Kopfgewicht bei Ernte): Hannover: $df = 3$; $F = 9,332$; $p = 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 7,853$; $p = 0,001$); unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen Varianten; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls, SF = Standardfehler

Varianten	Anteil befallener Köpfe [%]					
	Hannover	SF	Hötzum	SF		
zuvor	6,944	4,041	A	35,278	8,420	a
gleichzeitig	6,536	3,631	A	30,648	4,003	a
nachher	7,937	2,934	A	41,458	5,592	a
Kontrolle	35,142	10,737	B	75,764	3,015	b

In Hötzum bestanden in der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen (Tab. 8) zwischen der Kontrolle und allen Untersaatvarianten hochsignifikante Unterschiede, nicht jedoch zwischen den verschiedenen Untersaatvarianten. In Hannover war aufgrund der geringen Anzahl Köpfe in den Qualitätsklassen 2 – 4 in den Untersaaten der G-Test nicht anwendbar. An beiden Standorten waren in den Kontrollen insbesondere die Anteile der Klassen 2 und 4 gegenüber den Untersaatvarianten erhöht (Abb. 6, Tab. 9).

Tab. 8: Qualitätskriterien zur Beurteilung des Kopfbefalls durch *Brevicoryne brassicae* am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterien
0	Kopf + Umblätter befallsfrei
1	Kopf mit bis zu 5 <i>B.brassicae</i> , Umblätter mit bis zu 10 <i>B.brassicae</i>
2	Kopf mit bis zu 5 <i>B.brassicae</i> , Umblätter mit über 10 <i>B.brassicae</i>
3	Kopf nach Abputzen von höchstens 3 Blättern befallsfrei
4	Kopf auch nach Abputzen von 3 Blättern mit Befall bzw. Verschmutzung

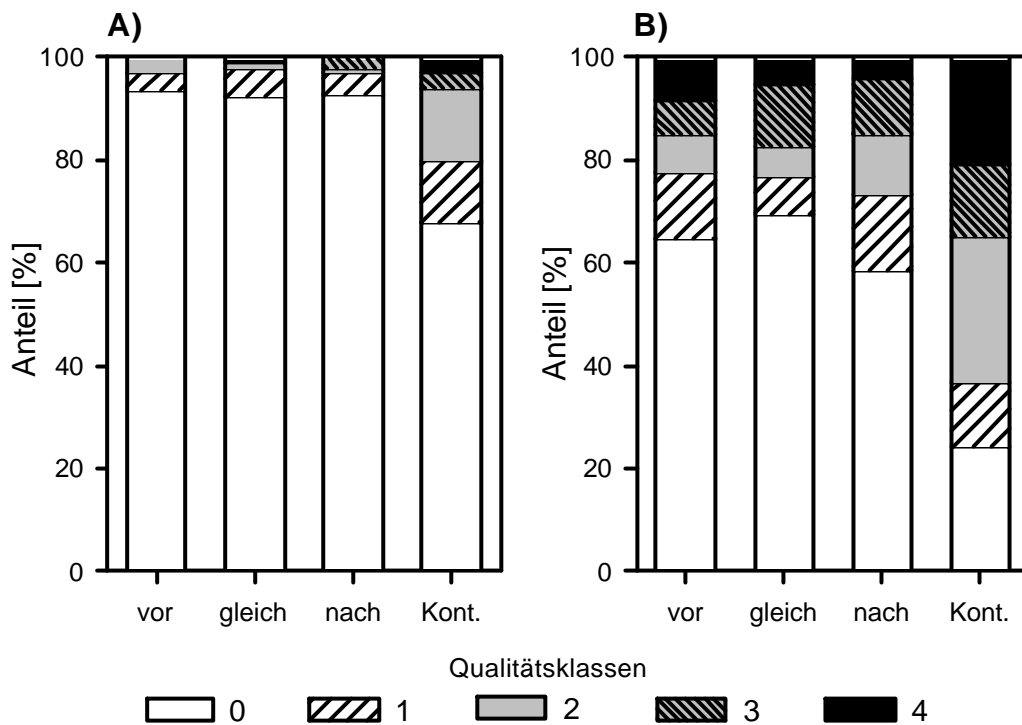


Abb. 6: Anteile der Qualitätsklassen bei Kopfbefall durch *Brevicoryne brassicae* an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1996, zu Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. 8; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 9: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Kopfbefall durch *B. brassicae* in Hötzum; für Hannover nicht durchführbar, da zuwenig Köpfe in den Klassen 2 – 4 vorhanden

Varianten	G	DF	P
Gesamt	66,187	12	0,000
zuvor ↔ gleich.	3,909	4	0,418
zuvor ↔ nach.	3,632	4	0,458
zuvor ↔ Kont.	37,581	4	0,000
gleich. ↔ nach.	5,338	4	0,254
gleich. ↔ Kont.	47,015	4	0,000
nach. ↔ Kont.	32,661	4	0,000

3.3.3.2 Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*)

Der Zwiebelthrips verursachte in Hannover wesentlich stärkere Schäden an den Kohlköpfen als in Hötzum. Untersaaten verminderten an beiden Standorten die Schäden. Zwischen den Untersaatvarianten bestand in Hannover kein signifikanter

Unterschied. Die Schäden an den Kohlköpfen aus allen Untersaatvarianten erwiesen sich aber gegenüber der Kontrolle als signifikant verringert. In Hötzum wiesen nur die Varianten mit 2 Wochen zuvor und gleichzeitig mit Pflanzung des Kohls gesättem Klee signifikant geringere Schäden als die Kontrolle auf. Dagegen traten hier in der spät gesäten Variante stärkere Schäden auf als in den zuvor und gleichzeitig gesäten Varianten, wobei aber weder die Unterschiede zur Kontrolle, noch zu den anderen Varianten signifikant waren (Tab. 10).

Tab. 10: Thripsschäden an den Kohlköpfen zur Endbonitur in den Versuchsvarianten in Hötzum und Hannover; zwischen den Varianten an beiden Standorten signifikante Unterschiede in den Schäden; (ANOVA: Hannover: $df = 3$; $F = 8,893$; $p = 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 6,569$; $p = 0,003$); unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen Varianten; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls, SF = Standardfehler

Varianten	Saugschäden [%]					
	Hannover	SF	Hötzum	SF		
zuvor	4,312	0,415	A	0,083	0,022	a
gleichzeitig	4,944	0,542	A	0,098	0,028	a
nachher	4,354	0,502	A	0,239	0,045	ab
Kontrolle	11,260	2,091	B	0,350	0,080	b

Bei Einteilung der Thripsschäden in Qualitätsklassen zeigten sich die geringeren Schäden in Hötzum auch daran, daß dort in keiner der Versuchsvarianten Köpfe in den Qualitätsklassen 3 und 4 vorkamen. Die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen war an beiden Standorten in allen Untersaatvarianten hochsignifikant verschieden von der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der Kontrolle. In Hannover gab es diesbezüglich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Untersaaten, wogegen in Hötzum auch zwischen allen Untersaaten hochsignifikante Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bestanden (Abb. 7, Tab. 11, Tab. 12).

Tab. 1: Qualitätskriterien zur Beurteilung der Thripsschäden am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterium
0	oberste 6 Kopfblättern frei von Saugschäden
1	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden bis zu 1% der Blattfläche
2	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden von 1,1- 4% der Blattfläche
3	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden von 4,1- 10% der Blattfläche
4	oberste 6 Kopfblättern mit Saugschäden über 10% der Blattfläche

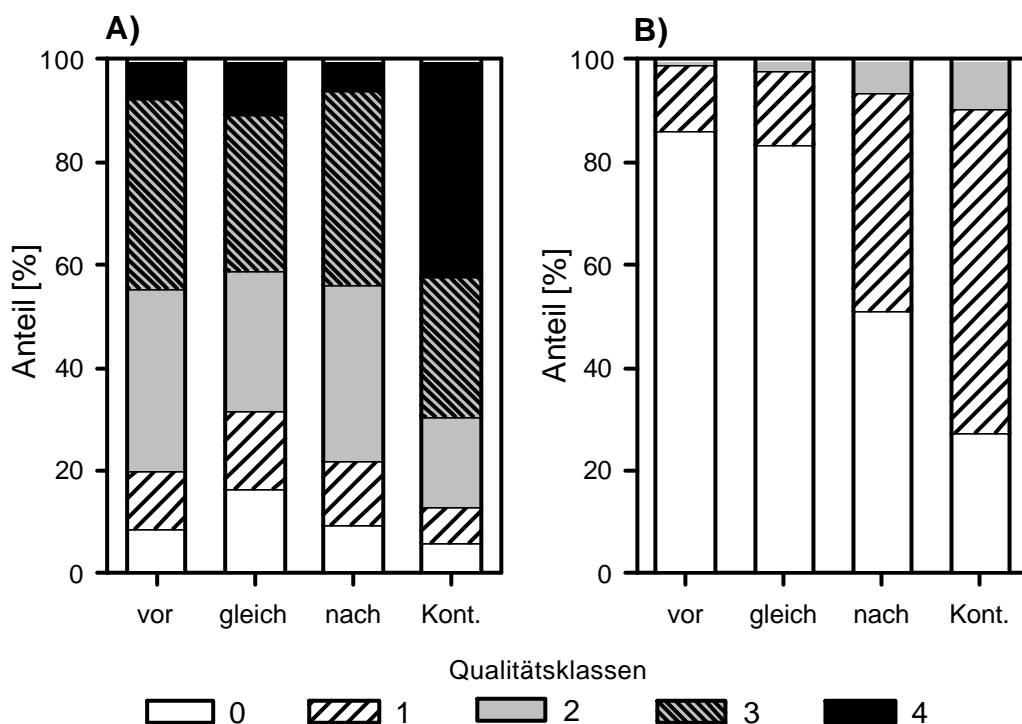


Abb. 7: Anteile der Qualitätsklassen bei Thripsschäden an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1997, zu Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. 11; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 2: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Thripsschäden in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten; in Hötzum fehlten Köpfe mit den Qualitätsklassen 3 und 4

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	df	P	G	df	P
Gesamt	62,688	12	0,000	98,467	6	0,000
zuvor ↔ gleich.	5,186	4	0,269	0,461	2	0,794
zuvor ↔ nach.	0,232	4	0,994	27,949	2	0,000
zuvor ↔ Kont.	36,888	4	0,000	71,116	2	0,000
gleich. ↔ nach.	4,705	4	0,319	22,843	2	0,000
gleich. ↔ Kont.	28,832	4	0,000	63,165	2	0,000
nach. ↔ Kont.	38,763	4	0,000	11,266	2	0,004

3.3.3.3 Schadlepidopteren

Bedeutendste Schadlepidopteren waren 1997 in Hannover die Kohleule (*Mamestra brassicae*), in Hötzum der Kleine Kohlweißling (*Artogeia rapae*) und die Kohlmotte (*Plutella xylostella*). Weitere Lepidopterenarten traten nur mit einzelnen Raupen auf und waren ökonomisch unbedeutend.

3.3.3.3.1 Kohleule *Mamestra brassicae*

In Hötzum traten 1997 nur einzelne Raupen von *Mamestra brassicae* auf. In Hannover dagegen wurden in der Kontrolle und der Variante mit Kleeaussaat nach Pflanzung des Kohls sogar Dichten über 1 Raupe/ Pflanze erreicht (Abb. 8). Nach dem Ergebnis des RM-ANOVA lagen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten vor (Tab. 13). Für die einzelnen Boniturtermine im Zeitraum höheren Befalls vom 18.6. bis 17.7. ergab die ANCOVA mit der Flächendeckung des Kohls als Kovariate jedoch keine signifikanten Unterschiede (Tab. 14).

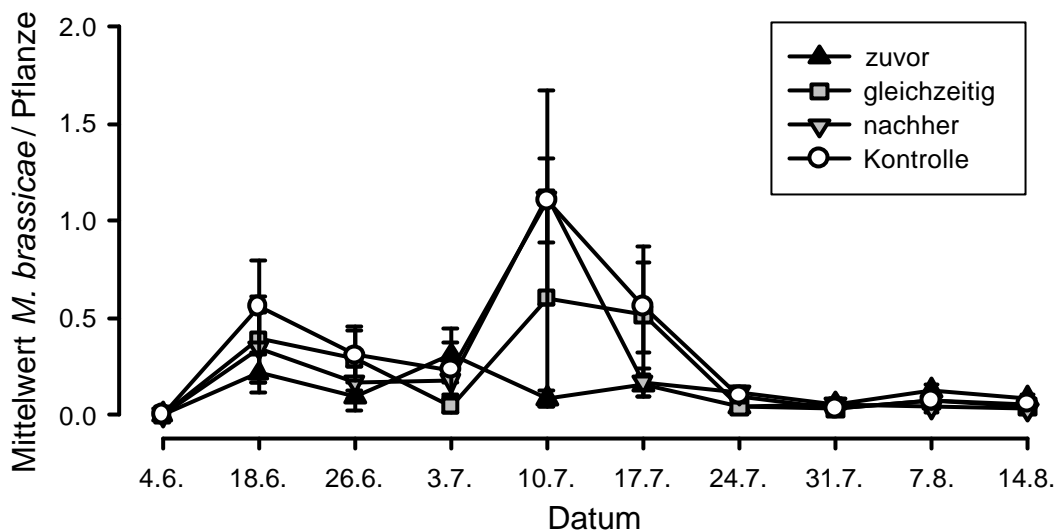


Abb. 8: Populationsdynamik der Kohleule (*Mamestra brassicae*) in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Varianten in Hannover 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 13: RM-ANOVA über alle Varianten für die Populationsdynamik von *M. brassicae* in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hannover 1997

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,092	3	3,171	0,047
	Datum	0,591	8	7,388	0,000
	Var x Datum	0,331	24	1,380	0,124
	Error	1,599	160		

Tab. 14: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Mamestra brassicae* / Pflanze an 4 ausgewählten Boniturterminen in Hannover 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover 18.6.: df = 3; F = 0,486; p = 0,696; 26.6.: df = 3; F = 0,653; p = 0,591; 3.7.: df = 3; F = 1,790; p = 0,183; 10.7.: df = 3; F = 2,607; p = 0,082);

Ha. 18.6.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Ha. 3.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.947	1.000			gleichzeitig	0.512	1.000		
nachher	0.972	0.999	1.000		nachher	0.957	0.275	1.000	
Kontrolle	0.638	0.914	0.871	1.000	Kontrolle	0.882	0.183	0.993	1.000

Ha. 26.6.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Ha. 10.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.709	1.000			gleichzeitig	0.913	1.000		
nachher	0.959	0.987	1.000		nachher	0.186	0.538	1.000	
Kontrolle	0.665	0.991	0.886	1.000	Kontrolle	0.083	0.318	0.963	1.000

3.3.3.3.2 Kleiner Kohlweißling (*Artogeia rapae*)

Der Befall durch *Artogeia rapae* war in Hannover mit maximal 0,1 Entwicklungsstadien pro Pflanze zu gering für eine Aussage zur Wirkung der Untersaaten auf diesen Schaderreger. In Hötzum wurden bei Dichten bis zu 0,4 Tieren pro Kohlpflanze signifikante Unterschiede festgestellt (Abb. 9, Tab. 15). Die Kontrolle wies ab dem 22.7. höheren Befall als die Untersaaten auf. Signifikant waren diese Differenzen nur am 22.7. zu den Versuchsvarianten mit zwei Wochen vor und zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls gesäeter Kleeuntersaat. Zwischen den verschiedenen Untersaatvarianten mit unterschiedlicher Flächendeckung des Klees ergaben sich im Befall keine signifikanten Unterschiede (Tab. 16).

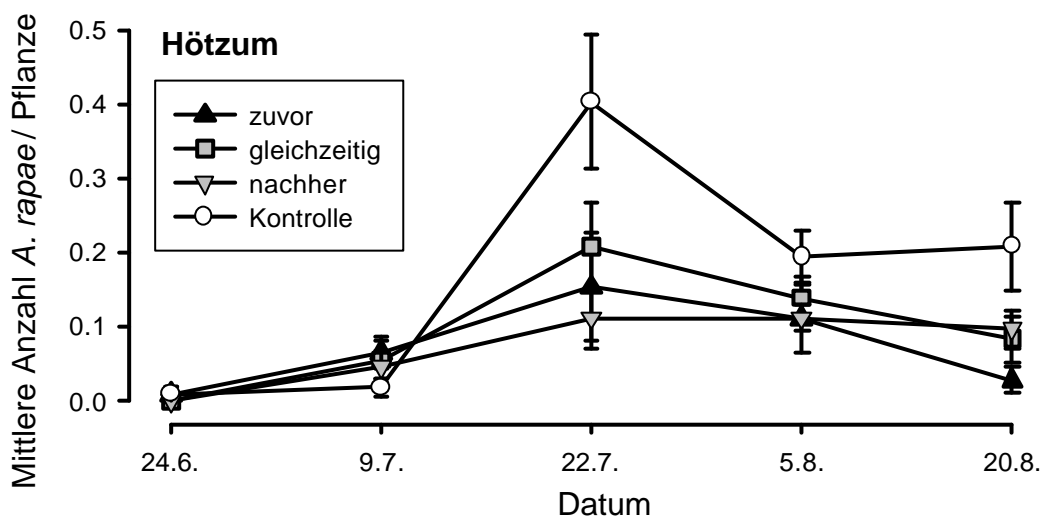


Abb. 9: Populationsdynamik des Kleinen Kohlweißlings (*Artogeia rapae*) in den Versuchsvarianten in Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls.

Tab.15: RM-ANOVA über alle Varianten für die Populationsdynamik von *Artogeia rapae* in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hötzum 1997.

Faktor	SS	DF	F	P
Var	0,022	3	4,466	0,015
Datum	0,091	4	22,713	0,000
Var x Datum	0,032	12	2,677	0,004
Error	0,080	80		

Tab. 16: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Artogeia rapae* / Pflanze an 4 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 9.7.: df = 3; F = 0,937; p = 0,442; 22.7.: df = 3; F = 5,319; p = 0,008; 5.8.: df = 3; F = 1,310; p = 0,300; 20.8.: df = 3; F = 2,565; p = 0,085) für Befall des Kohls in Hötzum mit *Artogeia rapae*; dargestellt 4 Boniturtermine mit höherem Befall

Hö. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 5.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeiti	0.988	1.000			gleichzeitig	0.801	1.000		
nachher	0.918	0.989	1.000		nachher	0.998	0.760	1.000	
Kontrolle	0.409	0.598	0.779	1.000	Kontrolle	0.474	0.956	0.340	1.000

Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeiti	0.634	1.000			gleichzeitig	0.658	1.000		
nachher	0.957	0.911	1.000		nachher	0.650	0.999	1.000	
Kontrolle	0.012	0.083	0.018	1.000	Kontrolle	0.063	0.329	0.242	1.000

3.3.3.3 Kohlmotte (*Plutella xylostella*)

In Hannover überstiegen die Dichten der Kohlmotte während des ganzen Versuchszeitraums in keiner Variante 0,1 Tiere pro Pflanze, weshalb keine Reaktionen auf die Untersaaten festzustellen waren. Vergleichbar niedrige Dichten wurden an den ersten vier Boniturterminen in Hötzum festgestellt, während zur letzten Feldbonitur in Hötzum am 20.8. in allen Varianten hohe Larvendichten vorhanden waren (Abb. 10). Zum Zeitpunkt des höchsten Befalls ergab sich eine deutliche Staffelung der Populationsdichten von *P. xylostella* entsprechend dem variierten Aussaatzeitpunkt für die Kleeuntersaaten. Der Befall war desto höher, je geringer die Flächendeckung des Klees war. Der Befall in der Kontrolle war signifikant höher als in allen übrigen Varianten. Die Variante mit 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls gesättem Klee wies einen signifikant höheren Befall auf als die Varianten mit zuvor und gleichzeitig gesätter Untersaat, während die beiden letztgenannten sich nicht signifikant unterschieden (Tab. 17, Tab. 18).

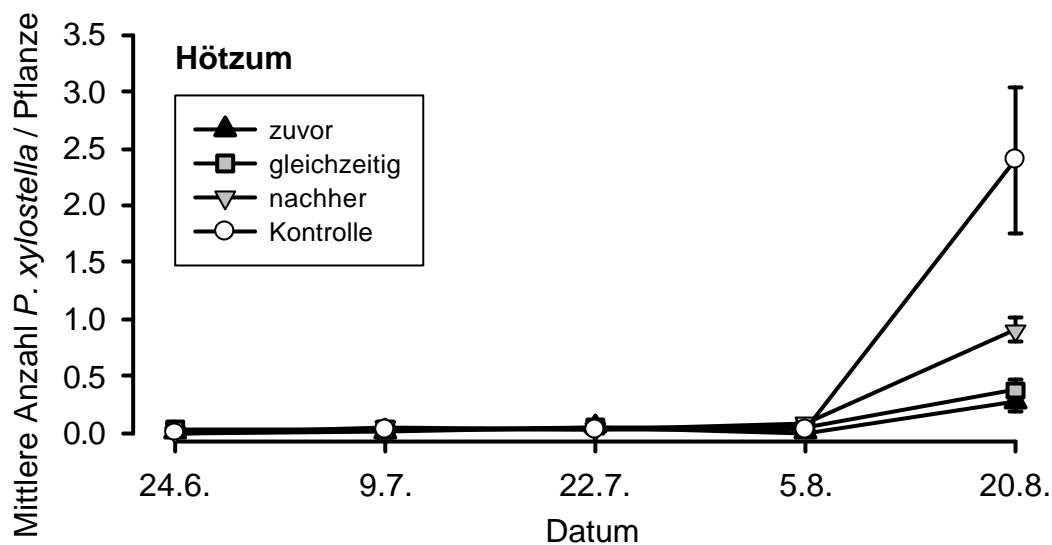


Abb. 10: Populationsdynamik der Kohlmotte (*Plutella xylostella*) in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hötzum; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 17: RM-ANOVA über alle Varianten für die Populationsdynamik von *Plutella xylostella* in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in Hötzum 1997

Faktor	SS	DF	F	P
Var	0,113	3	16,907	0,000
Datum	1,100	4	87,612	0,000
Var x Datum	0,471	12	12,511	0,000
Error	0,251	80		

Tab. 18: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Plutella xylostella* / Pflanze an zwei ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hötzum 22.7.: df = 3; F = 0,344; p = 0,794; 20.8.: df = 3; F = 11,103; p < 0,001)

Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	1.000	1.000			gleichzeitig	0.958	1.000		
nachher	0.889	0.862	1.000		nachher	0.048	0.116	1.000	
Kontrolle	0.889	0.862	1.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.013	1.000

3.3.3.4 Schäden durch Raupen

Die Raupenfraßschäden am Erntegut lagen in Hannover in allen Varianten in ähnlicher Höhe und waren daher nicht signifikant unterschiedlich. In Hötzum waren die Schäden an Umblättern und Köpfen in der Kontrolle am höchsten. Die geringsten Schäden traten

in der Variante mit zuvor gesäter Untersaat auf. Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich jedoch ebenfalls nicht (Tab. 19).

Tab. 19: Fraßschäden durch Raupen an Umblättern und Kopf des Weißkohls in Hötzum und Hannover 1997; Unterschiede zwischen den Varianten an beiden Standorten nicht signifikant (ANOVA: Hannover: Umblätter: $df = 3$; $F = 0,502$; $p = 0,685$; Kopf: $df = 3$; $F = 0,020$; $p = 0,996$; Hötzum: Umblätter: $df = 3$; $F = 2,848$; $p = 0,063$; Kopf: $df = 3$; $F = 1,036$; $p = 0,398$)

Varianten	Anteil der Fraßschäden [%]											
	Hannover						Hötzum					
	Umblätter	SF	Kopf	Sf	Umblätter	SF	Kopf	SF				
zuvor	2,066	0,422	A	0,302	0,124	A'	0,967	0,236	a	0,470	0,138	a'
gleichzeitig	1,535	0,353	A	0,302	0,142	A'	0,728	0,109	a	0,782	0,184	a'
nachher	1,651	0,197	A	0,288	0,090	A'	1,097	0,116	a	1,148	0,291	a'
Kontrolle	1,615	0,330	A	0,268	0,072	A'	1,525	0,275	a	1,765	0,402	a'

In Hannover war die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der zuvor gesäten Variante signifikant verschieden von der mit Pflanzung des Kohls gesäten Variante und von der Kontrolle. Am Standort Hötzum unterschied sich die zuvor gesäte Variante signifikant von der Variante mit nach Pflanzung ausgebrachter Untersaat sowie der Kontrollvariante. Die Variante mit gleichzeitiger Untersaat war ebenso signifikant verschieden von der nach Pflanzung gesäten Variante und der Kontrolle. Dabei war in Hötzum von der frühen und gleichzeitigen Varianten gegenüber der späten Variante und der Kontrollvariante eine Verschiebung zu besseren Qualitäten erkennbar (Abb. 11, Tab. 20, Tab. 21).

Tab. 20: Qualitätskriterien zur Beurteilung des Raupenfraßes am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterien
0	Kopf + Umblätter ohne Fraßschaden
1	Kopf ohne Fraßschaden, Umblätter mit bis zu 1% Blattflächenverlust
2	Kopf ohne Fraßschaden, Umblätter mit über 1% Blattflächenverlust
3	Kopf nach Abputzen von höchstens 3 Blättern ohne Fraßschaden
4	Kopf auch nach Abputzen von 3 Blättern mit Fraßschaden

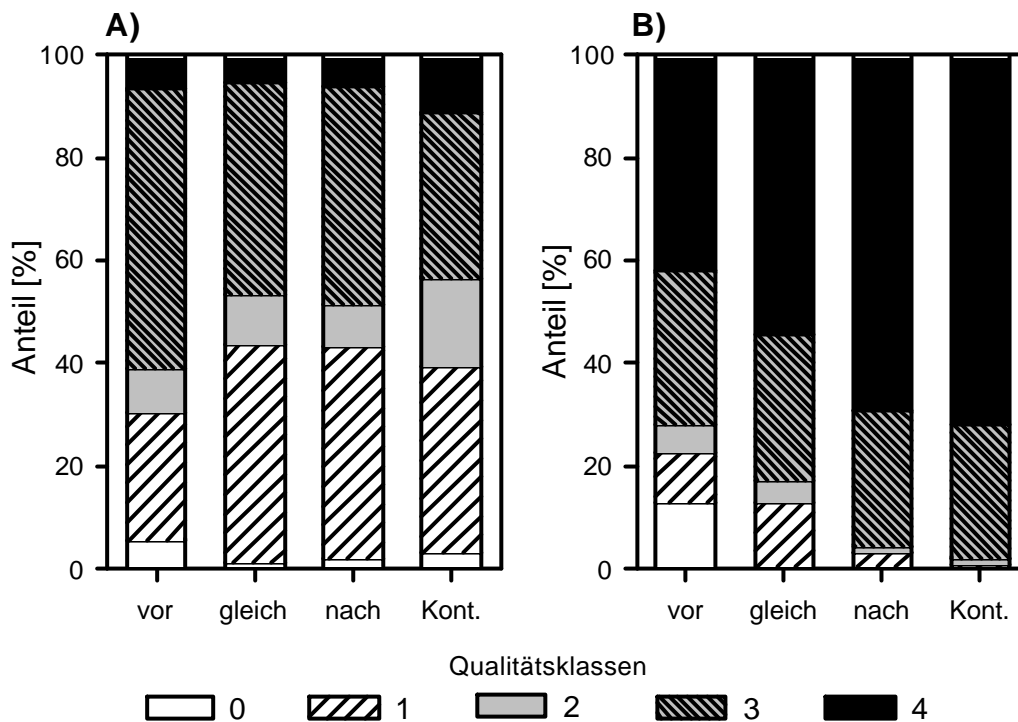


Abb. 11: Anteile der Qualitätsklassen bei Raupenbefall an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötзум 1997, Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. 20; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 21: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Fraßschäden in den Versuchsvarianten; für den G-Test in Hötзум mußten die Qualitätsklassen 0 - 1 sowie 2 - 3 jeweils zu einer Klasse zusammengezogen werden

Varianten	Hannover			Hötзум		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	22,284	12	0,034	44,216	6	0,000
zuvor ↔ gleich.	9,882	4	0,042	3,836	2	0,147
zuvor ↔ nach.	7,528	4	0,110	24,762	2	0,000
zuvor ↔ Kont.	12,979	4	0,011	32,973	2	0,000
gleich. ↔ nach.	0,484	4	0,975	9,670	2	0,008
gleich. ↔ Kont.	6,233	4	0,182	15,376	2	0,000
nach. ↔ Kont.	6,310	4	0,177	0,778	2	0,678

3.3.3.4 Kleine Kohlflye (*Delia radicum*)

An beiden Versuchsstandorten war der Befall durch *D. radicum* 1997 nur schwach. Bei der Eiablage im Boden ergaben sich weder in Hannover noch in Hötзум signifikante

Unterschiede zwischen den Varianten (Abb. 12, Tab. 22). Die Anzahlen abgelegter Eier waren dabei an beiden Standorten über den gesamten Versuchszeitraum niedrig und es waren nie alle bonitierten Pflanzen mit Eiern belegt. Zu den meisten Boniturterminen wurden im Mittel unter 10 Eier / Pflanze festgestellt. Beziehungen zur Flächendeckung der zu unterschiedlichen Zeiten gesäten Untersaaten waren nicht zu erkennen.

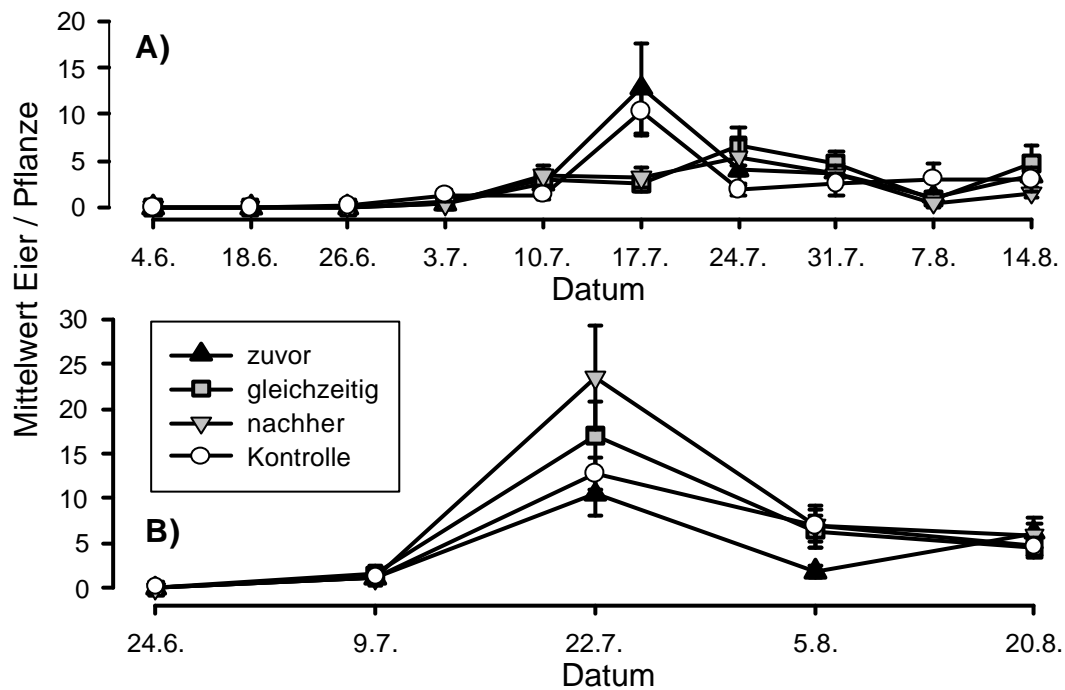


Abb. 12: Mittlere Anzahl Eier der Kohlflye (*Delia radicum*) in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 22: RM-ANOVA zur Eiablage von *Delia radicum* in den Versuchsvarianten in Hannover und Hötzum

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,114	3	0,196	0,898
	Datum	10,285	7	20,953	0,000
	Var x Datum	2,985	21	2,027	0,008
	Error	9,817	140		
Hötzum	Var	0,233	3	0,948	0,436
	Datum	18,437	4	69,721	0,000
	Var x Datum	0,730	12	0,920	0,531
	Error	5,289	80		

Der Anteil durch die Kohlflye befallener Kohlköpfe wurde in Hannover durch die frühe und die gleichzeitige Untersaat gegenüber der Kontrollvariante signifikant vermindert,

nicht aber durch die späte Untersaat. Die Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten waren nicht signifikant. Den geringsten Anteil befallener Köpfe wies die Variante mit gleichzeitig gesäter Untersaat auf. In Hötzum traten in den Untersaatvarianten um so höhere Anteile befallener Köpfe auf, je später der Aussaattermin für die Untersaat lag. Der Anteil befallener Köpfe in der als Kontrolle dienenden Reinkultur war gegenüber allen Untersaatvarianten erhöht. Diese in Hötzum beobachteten Unterschiede erwiesen sich jedoch als nicht signifikant (Tab. 23).

Tab. 23: Anteil der Kohlköpfe mit Kohlfiegenbefall zur Endbonitur in Hötzum und Hannover; in Hannover Unterschiede zwischen den Varianten signifikant (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Kopfgewicht bei Ernte: Hannover: $df = 3$; $F = 8,198$; $p = 0,001$; Hötzum: $df = 3$; $F = 2,524$; $p = 0,088$); unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen Varianten

Varianten	Anteil befallener Köpfe [%]					
	Hannover	SF		Hötzum	SF	
zuvor	39,074	3,800	A	29,167	6,678	a
gleichzeitig	28,063	8,351	A	35,641	5,323	a
nachher	47,876	10,386	AB	48,681	7,071	a
Kontrolle	65,545	6,864	B	65,486	4,919	a

Die Häufigkeitsverteilung der Klassen unterschied sich in Hannover in allen Untersaatvarianten signifikant von der Kontrolle. Außerdem erwiesen sich die Varianten mit gleichzeitig und nachher ausgesäter Untersaat als signifikant verschieden (Abb. 13, Tab. 24, Tab. 25). In Hötzum konnten die Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung aufgrund der geringen Anteile der Qualitätsklassen 2 – 3 nicht mittels G-Test auf Signifikanz überprüft werden. Es trat aber von der Kontrolle über spät gesäte und gleichzeitig gesäte Variante zur zuvor gesäten Variante eine Verschiebung zu besseren Qualitäten auf. Nicht vermarktbar Köpfe der Qualitätsklasse 4 gab es an keinem Standort.

Tab. 24: Qualitätskriterien zur Beurteilung des Kohlfliengenschadens am Erntegut

Qualitätsklassen	Beurteilungskriterien
0	frei von Schäden
1	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern bis zu 1% der Blattfläche
2	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern auf 1,1- 4% der Blattfläche
3	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern auf 4,1- 10% der Blattfläche
4	Fraßgänge an den obersten 6 Kopfblättern über 10% der Blattfläche oder Schäden tiefer als 6 Blätter reichend

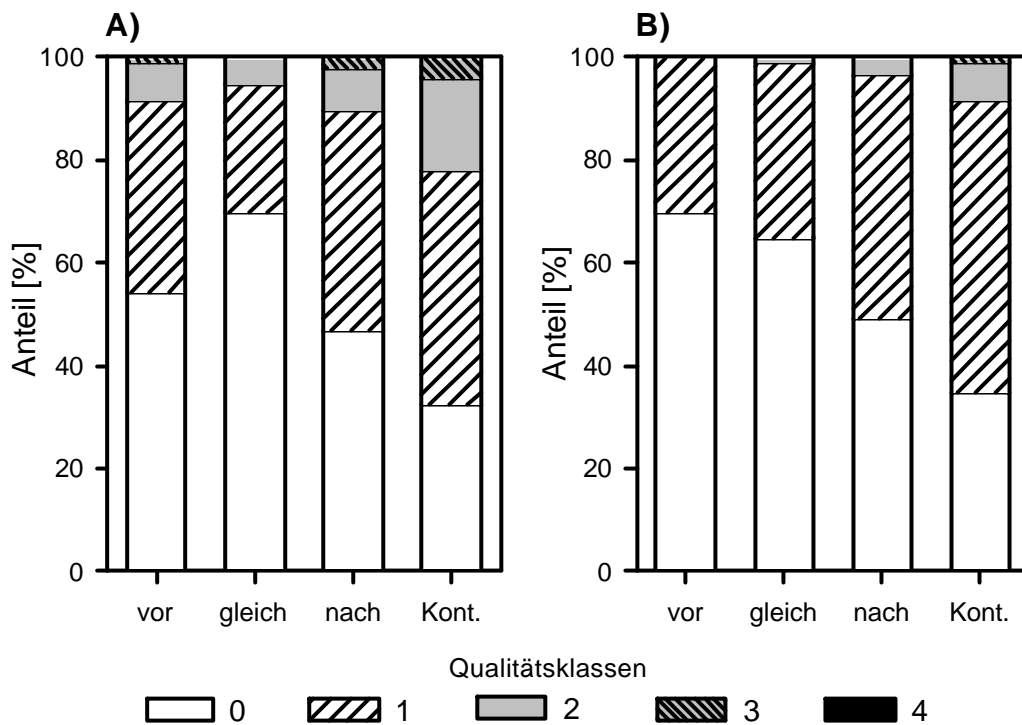


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Kohlfliegenschäden an den Kohlköpfen zur Ernte in A) Hannover und B) Hötzum 1997, Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. 24; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 25: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in den Versuchsvarianten bei Kopfbefall in Hannover, die Klassen 2 - 3 wurden für den Test zusammengezogen

Varianten	G	df	P
Gesamt	32,833	6	0,000
zuvor ↔ gleich.	4,882	2	0,087
zuvor ↔ nach.	1,115	2	0,573
zuvor ↔ Kont.	12,994	2	0,002
gleich. ↔ nach.	10,074	2	0,006
gleich. ↔ Kont.	29,419	2	0,000
nach. ↔ Kont.	6,975	2	0,031

3.3.3.5 Kohlerdföhe (*Phyllotreta atra*, *Ph. undulata*)

Während Kohlerdföhe in Hannover fehlten, gehörten sie in Hötzum zu den bedeutendsten Schadinsekten. Dabei war der Schwarze Kohlerdfloh (*Ph. atra*) die

häufigere Art. Beide Arten gemeinsam erreichten in der 2. Generation Dichten um 100 Tiere pro Kohlpflanze (Abb. 14).

Gegenüber den zu verschiedenen Zeiten gesäten Untersaaten reagierten die beiden Arten *Phyllotreta atra* und *Phyllotreta undulata* in gleicher Weise. Die Befallsdichte in der vor Pflanzung des Kohls ausgesäten Variante erwies sich am 9.7. gegenüber der Befallsdichte in der zwei Wochen später gesäten Variante und der Kontrollvariante als signifikant geringer. Ebenso war der Befall in der Variante mit gleichzeitig gesättem Klee am 9.7. signifikant niedriger als in der Kontrolle und der spät gesäten Variante. Zwischen den Varianten mit zuvor und gleichzeitig gesättem Klee konnten keine Unterschiede nachgewiesen werden. Zwischen der Kontrolle und der Variante mit spät gesäter Untersaat traten ebenfalls bei beiden Arten keine signifikanten Unterschiede im Befall auf. Dagegen war am 22.7. der Befall in allen Untersaatvarianten statistisch nicht unterscheidbar, aber signifikant niedriger als in der Kontrolle. Dies galt ebenfalls sowohl für *Phyllotreta atra* als auch für *Phyllotreta undulata*. Am 5.8. und 20.8., den beiden Boniturterminen mit hohen Erdflohdichten von über 40 Tieren / Kohlpflanze, konnten zwischen den Varianten keine statistisch signifikanten Unterschiede im Befall nachgewiesen werden (Tab. 26, Tab. 27). Bei hohem Befall hatten also selbst die etablierten Untersaaten keine Wirkung.

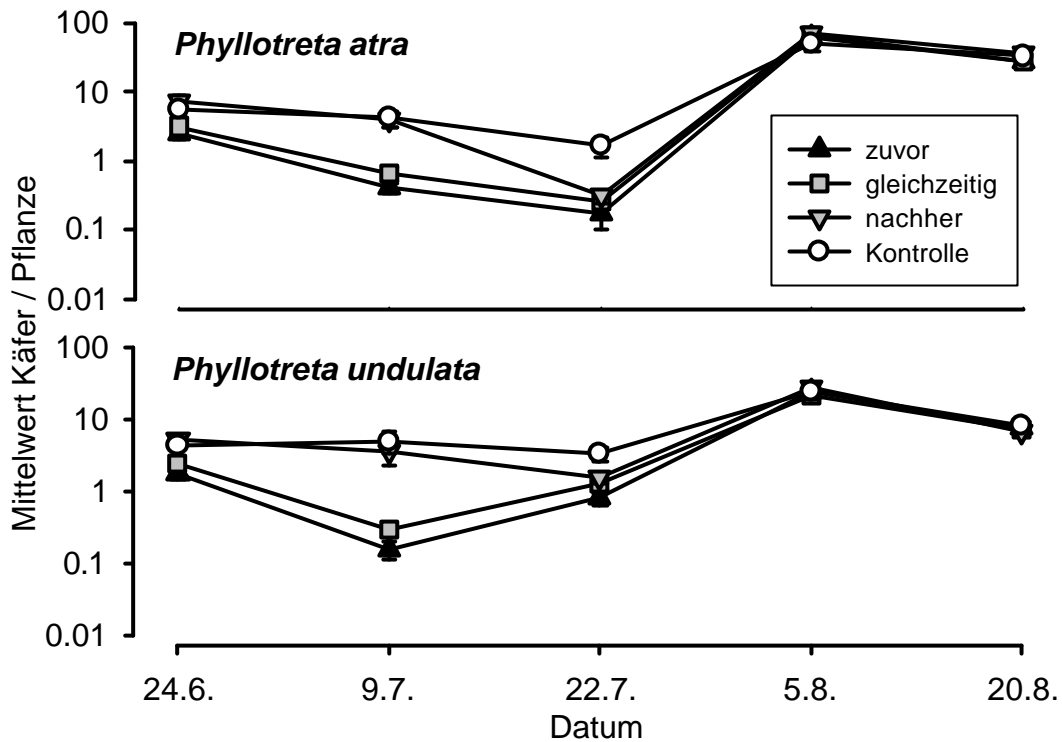


Abb. 14: Populationsdynamik der Kohlerdföhe *Phyllotreta atra* und *Phyllotreta undulata* in den Versuchsvarianten in Hötzum 1997; beachte log-Skalierung auf der Ordinate; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 26: RM-Anova über alle Varianten für die Populationsdynamik der Kohlerdföhe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* in den Versuchsvarianten in Hötzum

Species	Faktor	SS	df	F	P
Phyllotreta atra	Var	1,179	3	40,190	0,000
	Datum	46,460	4	561,898	0,000
	Var x Datum	1,353	12	5,456	0,000
	Error	1,654	80		
Phyllotreta undulata	Var	1,449	3	32,873	0,000
	Datum	17,078	4	184,975	0,000
	Var x Datum	1,411	12	5,092	0,000
	Error	1,847	80		

Tab. 27: Paarweise Vergleiche der Anzahl Kohlerdföhe / Pflanze an zwei ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: *P. atra* 9.7.: df = 3; F = 22,214; p < 0,001; 22.7.: df = 3; F = 7,721; p = 0,001; 5.8.: df = 3; F = 3,183; p = 0,057; 20.8.: df = 3; F = 2,674; p = 0,077; *P. undulata* 9.7.: df = 3; F = 19,460; p < 0,001; 22.7.: df = 3; F = 7,302; p = 0,002; 5.8.: df = 3; F = 0,589; p = 0,630; 20.8.: df = 3; F = 0,334; p = 0,801)

P.a. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	P.u. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleich	0.886	1.000			gleich	0.967	1.000		
nach	0.000	0.000	1.000		nach	0.000	0.001	1.000	
Kont.	0.000	0.000	0.998	1.000	Kont.	0.000	0.000	0.624	1.000

P.a. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	P.u. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.996	1.000			gleichzeitig	0.516	1.000		
nachher	0.996	1.000	1.000		nachher	0.271	0.924	1.000	
Kontrolle	0.006	0.005	0.004	1.000	Kontrolle	0.001	0.014	0.043	1.000

P.a. 5.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.	P.u. 5.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.922	1.000			gleichzeitig	0.983	1.000		
nachher	0.996	0.983	1.000		nachher	0.956	0.858	1.000	
Kontrolle	0.146	0.077	0.080	1.000	Kontrolle	0.889	0.989	0.588	1.000

P.a. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.	P.u. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.998	1.000			gleichzeitig	0.981	1.000		
nachher	0.077	0.103	1.000		nachher	0.833	0.957	1.000	
Kontrolle	0.415	0.492	0.800	1.000	Kontrolle	1.000	0.997	0.859	1.000

Die Fraßschäden waren mit knapp unter 20 % an den Umblättern und etwas unter 5% am Kopf sehr hoch. Zwischen den Varianten gab es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 28).

Tab. 28: Fraßschäden durch Kohlerdföhe an Umblättern und Kopf des Weißkohls in den Versuchsvarianten in Hötzum 1997; Unterschiede zwischen den Varianten nicht signifikant (ANOVA: Umblätter: df = 3; F = 1,036; p = 0,398; Kopf: df = 3; F = 1,612; p = 0,218)

Varianten	Fraßschäden [%]					
	Umblätter	SF	Kopf	SF		
zuvor	17,484	1,556	A	3,545	0,908	a
gleichzeitig	18,953	1,417	A	2,824	0,658	a
nachher	19,125	0,745	A	4,777	0,758	a
Kontrolle	15,969	1,835	A	4,914	0,823	a

Für die Fraßschäden durch Kohlerdföhe wurden dieselben Qualitätskriterien wie für den Raupenbefall angewandt (vgl. Tab. 20). Dabei wurden in allen Varianten nur die Qualitätsklassen 2 und 3 festgestellt, da die Kohlerdföhe zwar an Umblättern und

äußersten Kopfblättern vergleichsweise große Schäden verursachten, diese jedoch nicht tiefer als bis zum dritten Kopfblatt reichten. Die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der Variante mit gleichzeitiger Aussaat des Klees war signifikant unterschiedlich zur Häufigkeitsverteilung in der Kontrolle und der spät gesäten Variante. Weitere Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bestanden nicht (Abb.15, Tab. 29).

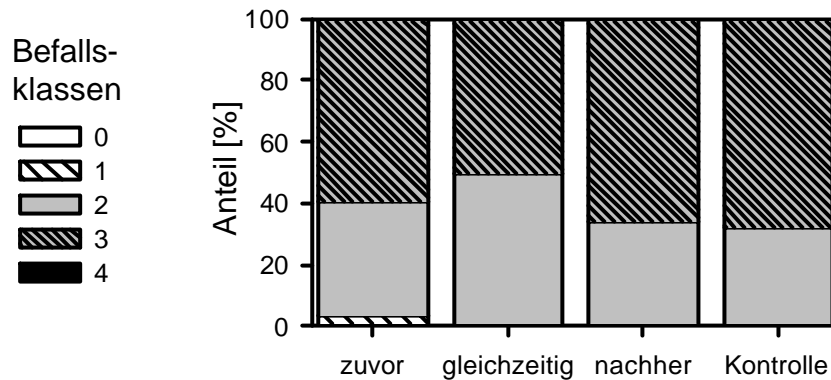


Abb. 15: Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen bei Fraßschäden durch Kohlerdföhe an den Kohlköpfen zur Ernte in Hötzum 1997, Beurteilungskriterien f. Qualitätsklassen vgl. Tab. 20; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Tab. 29: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten bei Schäden durch Kohlerdföhe in Hötzum, die Klassen 1 - 2 wurden für den Test zusammengezogen

Varianten	G	df	P
Gesamt	7,541	3	0,057
zuvor ↔ gleich.	1,561	1	0,212
zuvor ↔ nach.	0,929	1	0,335
zuvor ↔ Kont.	1,498	1	0,221
gleich. ↔ nach.	4,884	1	0,027
gleich. ↔ Kont.	6,124	1	0,013
nach. ↔ Kont.	0,066	1	0,798

3.3.4 Pilzliche und bakterielle Erreger

Die Wirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat auf die Epidemiologie von oberirdisch aufgetretener Pilzinfektionen (*Alternaria spec.*, *Mycosphaerella*

brassicicola, *Sclerotinia sclerotiorum*) und Bakterienweichfäule (*Erwinia carotovora*) war nicht festzustellen, da diese in allen Varianten nur an Einzelpflanzen beobachtet wurden. Einzige bedeutende Erkrankung des Kohls war 1997 die Kohlhernie, die nur auf der Versuchsfläche in Hannover auftrat. Im Vorjahr zeigte auf dieser Fläche gesäter Gelbsenf (*Sinapis alba*) keine Befallssymptome. Ursachen für das plötzliche starke Auftreten der Kohlhernie auf einer im Vorjahr befallsfreien Fläche konnten nicht gefunden werden. Erste oberirdisch erkennbare Symptome (Schlappen einzelner Pflanzen), die auf den Befall hindeuteten, wurden schon am 18.6. beobachtet. Auch in diesem Jahr konnte keine Beziehung zwischen den Parametern Versuchsvariante und Befall festgestellt werden. Die prozentualen Anteile befallener Pflanzen in den Varianten waren nicht signifikant verschieden (ANOVA: $df = 3$; $F = 1,778$; $p = 0,184$). Bei der Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede zwischen allen Varianten mit Ausnahme der Kontrolle und der Variante mit gleichzeitiger Untersaat (Abb. 16, Tab. 31)

Tab. 30: Boniturschema zur Beurteilung des Kohlherniebefalls an den Wurzeln zur Ernte

Befallsklasse	Beurteilungskriterien
0	keine Wucherungen
1	bis 5 kleine Wucherungen (bis je $1 \times 1 \times 1 \text{cm}^3$)
2	> 5 kleine bis 10 mittlere W. (bis je $5 \times 5 \times 5 \text{cm}^3$)
3	> 10 mittlere bis 1 sehr große W. ($10 \times 10 \times 10 \text{cm}^3$)
4	> 1 sehr große W.

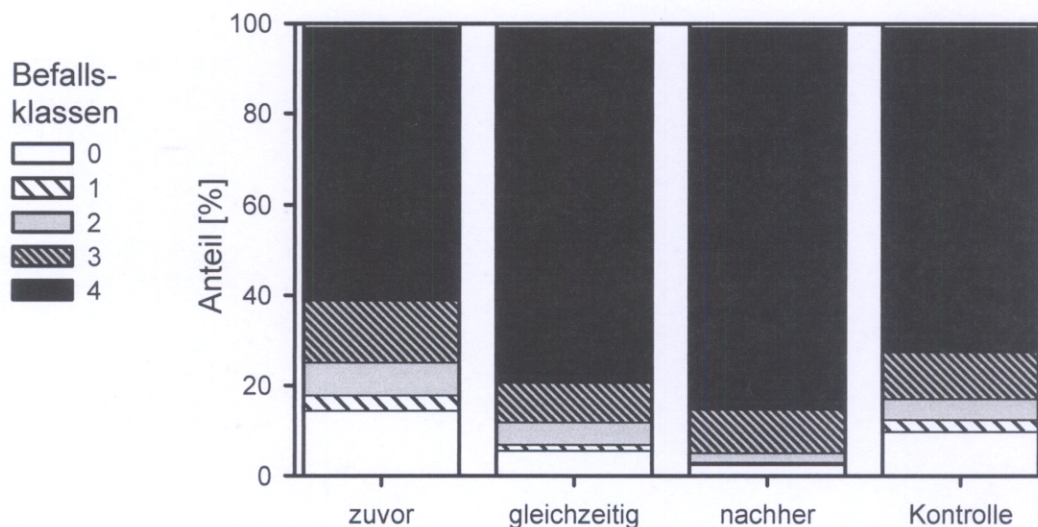


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen der Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae* Worr.) in Hannover 1997, zuvor = Variante mit Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleich. = Aussaat des Klees gleichzeitig mit Pflanzung des Kohls, nach. = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls, Kont. = Kontrolle; Beurteilung der Befallsstärke nach den Kriterien in Tab. 30.

Tab. 31: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen der Kohlpflanzen in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten

Varianten	G	df	P
Gesamt	84,425	12	0,000
zuvor ↔ gleich.	34,063	4	0,000
zuvor ↔ nach.	74,482	4	0,000
zuvor ↔ Kont.	11,661	4	0,020
gleich. ↔ nach.	11,520	4	0,021
gleich. ↔ Kont.	7,694	4	0,103
nach. ↔ Kont.	31,274	4	0,000

3.3.5 Schaderregerbefall insgesamt

Zur abschließenden Beurteilung der durch alle Schadinsekten verursachten Schäden wurden die Schäden zusammengefaßt ausgewertet (Abb. 17, Tab. 32). In Hannover war bei gemeinsamer Berücksichtigung der durch alle Herbivoren verursachten Schäden in den Untersaatvarianten eine signifikante Verschiebung zu besseren Qualitäten festzustellen. Zwischen den Untersaatvarianten gab es aber signifikanten Unterschiede. In Hötzum unterschied sich die Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in der frühen und der gleichzeitigen Variante signifikant von der

Häufigkeitsverteilung in der Kontrollvariante. Signifikant waren auch die Unterschiede der frühen und der gleichzeitigen Variante zur später gesäten Variante. Weitere signifikanten Unterschiede traten nicht auf.

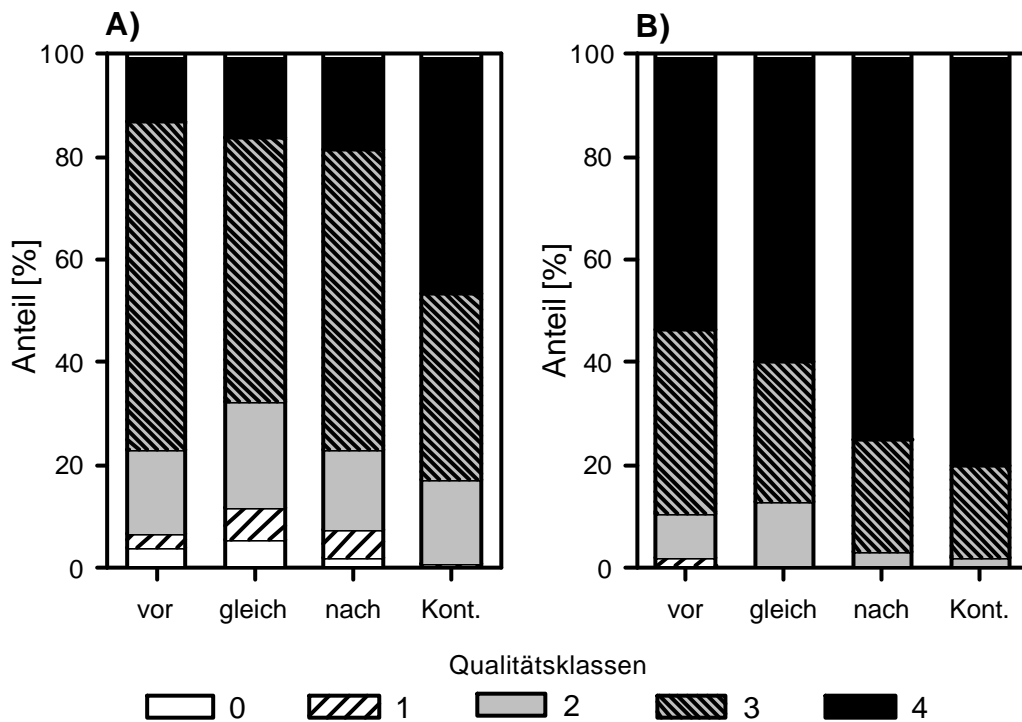


Abb. 17: Verteilung des Ernteguts auf die Qualitätsklassen in den Varianten mit zu unterschiedlichen Zeiten gesäten Untersaaten unter Berücksichtigung aller Schäden; Klassen 0-1 geeignet zur Frischvermarktung mit Umblatt; 0-2 geeignet zur Frischvermarktung und Lagerung; 0-3 geeignet zur industriellen Verarbeitung, 4 für Vermarktung nicht geeignet

Tab. 32: Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen in den Varianten mit zu unterschiedlichen Zeiten gesäten Untersaaten unter Berücksichtigung aller Schäden

Varianten	Hannover			Hötzum		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	45,933	9	0,000	25,259	6	0,000
zuvor ↔ gleich.	3,468	3	0,325	1,522	2	0,467
zuvor ↔ nach.	1,208	3	0,751	10,239	2	0,006
zuvor ↔ Kont.	32,377	3	0,000	16,770	2	0,000
gleich. ↔ nach.	2,210	3	0,530	7,923	2	0,019
gleich. ↔ Kont.	28,055	3	0,000	13,057	2	0,001
nach. ↔ Kont.	22,105	3	0,000	0,798	2	0,671

Im Flächenertrag des vermarktbaren Weißkohls ergaben sich an beiden Standorten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. In Hötzum waren die Flächenerträge aufgrund der sehr hohen Anteile nicht vermarktbarer Köpfe in den Varianten mit unter 100 dt / ha extrem gering (Abb. 18).

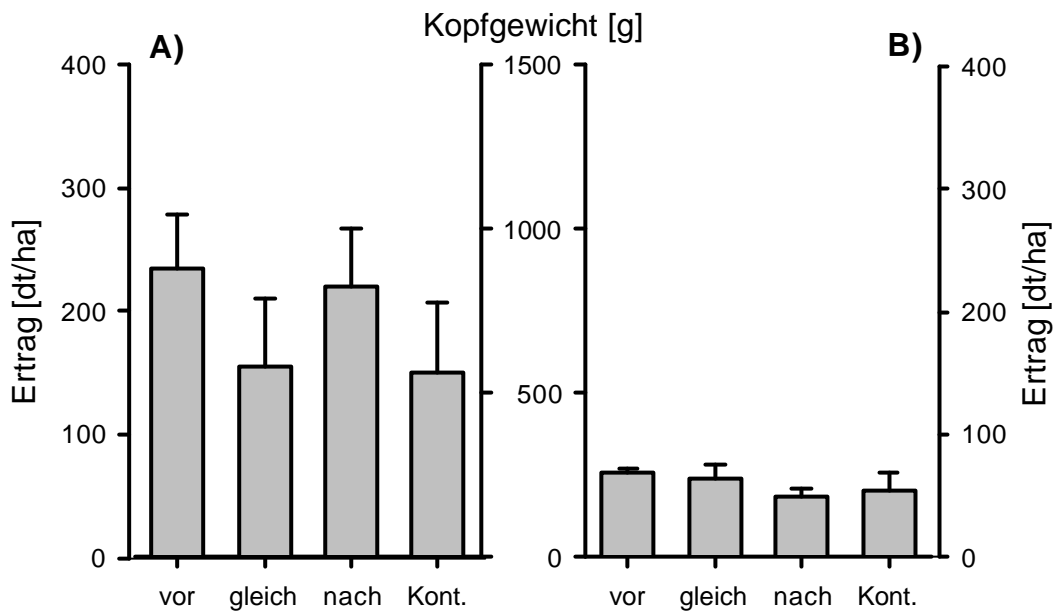


Abb. 18: Kopfgewichte und Flächenertrag des vermarktbaren Weißkohls in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; an beiden Standorten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA: Hannover: $df = 3$; $F = 0,730$; $p = 0,449$; Hötzum: $df = 3$; $F = 0,965$; $p = 0,223$); vor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleich = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nach = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

3.4 Diskussion

3.4.1 Auswirkungen unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat

In Hannover bestanden zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede im Kopfgewicht, während in Hötzum bei geringerer Qualität der Jungpflanzen die Kopfgewichte in der frühen und der gleichzeitigen Untersaatvariante niedriger als in der späten Untersaat und der Kontrolle waren. In Hannover wurden außerdem trotz starken Kohlherniebefalls im Mittel höhere Flächenerträge erzielt als in Hötzum. Dies deutet darauf hin, daß bei Anwendung der Untersaatkultur die Qualität der verwendeten Jungpflanzen sehr gut sein muß, da sonst ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber der Untersaat stark herabgesetzt ist.

Die hohe Konkurrenzkraft des Kopfkohls gegenüber anderen Pflanzen führt dazu, daß Verunkrautung ab der Mitte der Kulturperiode ohne Ertragsverluste toleriert werden kann (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). (MÜLLER-SCHÄRER & POTTER 1991) nehmen entsprechende Konkurrenz durch Untersaaten an und schlagen daher eine zeitlich so gelegte Aussaat der Untersaat vor, daß die Keimung erst in der Mitte der Kulturperiode erfolgt. Zur Verminderung des Schadinsektenbefalls wäre dieser Zeitpunkt aber zu spät. Reihenuntersaaten vermindern durch die Abstände zwischen Klee und Kohl die Konkurrenz zu Beginn der Kulturperiode. In Hannover traten selbst bei einer 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls gesäten Reihenuntersaat von Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Germalton) keine signifikanten Unterschiede im Kopfgewicht zur Kontrolle mehr auf. Die interspezifische Konkurrenz der Untersaat gegenüber dem Kohl erscheint damit in allen Varianten für die praktische Anwendung ausreichend abgeschwächt, sofern kräftige Kohljungpflanzen zur Verfügung stehen.

Unterschiede in der Flächendeckung des Kohls in den verschiedenen Varianten traten weder in Hannover noch in Hötzum auf. Die Flächendeckung des Kohls kann daher nicht als Indikator dafür dienen, ob Kopfgewicht und Flächenertrag in einer Untersaat vermindert sind.

Die späte Erdklee-Untersaat zeigte an beiden Standorten über einen langen Zeitraum signifikant geringere Flächendeckung als die beiden übrigen, sich in der Flächendeckung schnell angleichenden Untersaatvarianten. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß der 2 Wochen zuvor gepflanzte, schon etablierte Kohl in diesem Fall die konkurrenzstärkere Pflanzenart war.

3.4.2 Schadinsekten

Nachfolgend werden die Reaktionen der verschiedenen Schaderreger auf die zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Erdkleeuntersaaten diskutiert. Alle 1997 häufiger aufgetretenen Arten werden dabei getrennt behandelt.

3.4.2.1 Mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae* L.)

An beiden Versuchsstandorten wurde mit Erdkleeuntersaaten (*Trifolium subterraneum* cv. Geralt) der *B. brassicae*-Befall im Vergleich zur Kontrolle signifikant reduziert, was den Ergebnissen anderer Untersuchungen (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, ANDOW et al. 1986, VIDAL 1997) entspricht. In Hötzum waren die Blattlauspopulationen am Kohl umso geringer, je höher die Flächendeckung der Untersaat in einer Variante war und signifikante Unterschiede zur Kontrolle waren desto früher festzustellen, je früher die Untersaat ausgesät worden war. Anhand dieser Ergebnisse ist ein Einfluß der Flächendeckung der Untersaat und damit indirekt des Aussaatzeitpunktes der Untersaat auf die Populationsdynamik von *B. brassicae* anzunehmen. Entsprechend erzielten THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) mit zunehmendem Flächenanteil einer *Spergula arvensis*-Untersaat auch zunehmende Befallsreduktionen. TUKAHIWA & COAKER (1982) beobachteten bei zwei Mischkulturen von Rosenkohl mit Gartenbohnen ebenfalls deutlich stärkere Reduktionen in der Variante mit der höheren Anzahl Bohnenpflanzen, signifikant waren diese Unterschiede jedoch nicht.

Auch in Hannover wurden in allen Untersaatvarianten signifikante Verminderungen des Befalls gegenüber der Kontrolle erzielt. Beziehungen zur Flächendeckung der Untersaat wurden hier aber nicht festgestellt. Eine Erklärung dafür bietet die in Hannover schnellere Annäherung der Flächendeckungen der Untersaaten aneinander. Außerdem war der *B. brassicae*-Befall in Hannover sehr gering. Diese beiden Faktoren könnten dazu geführt haben, daß hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten erkennbar wurden.

Sowohl 2 Wochen vor als auch mit Pflanzung des Kohls gesäte Erdklee-Doppelreihen sind demnach zur Verminderung des *B. brassicae*-Befalls an Weißkohl geeignet, da sie an beiden Standorten zu signifikant geringerem Befall führten. Die 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgebrachte Untersaat erscheint aufgrund der am Standort Hötzum erst zum letzten Boniturtermin signifikanten Befallsreduktionen weniger empfehlenswert. Nachdem an beiden Standorten die Verschmutzung der Köpfe durch

B. brassicae zur Ernte in allen Varianten gleichermaßen gegenüber der Kontrolle verringert wurde, wären bei Betrachtung der Erntequalität die 3 Zeitpunkte zur Ausbringung der Untersaat allerdings gleich geeignet.

3.4.2.2 Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*)

An beiden Standorten führten Untersaaten gegenüber der Kontrolle zu signifikanten Verringerungen der Thripsschäden. Das entspricht den Untersuchungen an Zwiebeln in der Mischkultur mit Karotten sowie an Lauch und Kohl in Kleeuntersaaten (UVAH & COAKER 1984; THEUNISSEN 1994b; THEUNISSEN et al. 1995, THEUNISSEN & SCHELLING 1996a). In Hannover ließen sich die Schäden in den zeitlich gestaffelt ausgebrachten Untersaatvarianten statistisch nicht unterscheiden, was darauf hindeutet, daß der Aussaatzeitpunkt an diesem Standort nicht von Bedeutung war. Dementsprechend stellten auch THEUNISSEN & SCHELLING (1998) bei Untersaaten von Erdbeerklee in Lauch 15 Tage und 2 Tage vor Pflanzung des Lauchs zwischen diesen Untersaatvarianten keine Unterschiede im Thripsbefall fest, während für beide Untersaatvarianten signifikante Unterschiede zur Monokultur bestanden.

In Hötzum wurden die Thripsschäden nur in den Varianten mit früher und gleichzeitiger Untersaat gegenüber der Kontrolle signifikant vermindert. Die Schäden in der Variante mit später Untersaat lagen in der Höhe zwischen den Schäden in der Kontrolle und den anderen Untersaatvarianten. Nach RICHTER (1998) setzt der Haupteinflug von *T. tabaci* in Niedersachsen Ende Juli bis Anfang August ein. Bei frühen und gleichzeitigen Untersaaten hatte der Klee zu dieser Zeit an beiden Standorten eine Flächendeckung von 55% überschritten. Die Flächendeckung der späten Untersaat betrug in Hannover am 25.7. 40%, in Hötzum am 22.7. aber nur 11%. Damit hatte zur Zeit des Haupteinflugs die spät gesäte Untersaat in Hötzum, die die Thripsschäden nicht signifikant minderte, die geringste Flächendeckung. Die Minderung des Thripsbefalls ist demnach von der Flächendeckung der Untersaat und damit indirekt auch dem Aussaattermin abhängig. 2 Wochen vor als auch zur Pflanzung des Kohls gesäte Erdklee-Doppelreihen sind zur Verminderung der Thripsschäden an Weißkohl anwendbar, da sie an beiden Standorten zu signifikant geringerem Befall führten. Die 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgebrachte Untersaat ist als weniger geeignet anzusehen, da ihre Flächendeckung bei langsamem Wachstum bis zum Einflug der Thripse unter Umständen noch nicht zur Verminderung des Befalls ausreicht.

3.4.2.3 Schadlepidopteren

3.4.2.3.1 Kohleule (*Mamestra brassicae*)

Zwischen den verschiedenen Varianten wurden an den einzelnen Boniturterminen keine signifikanten Unterschiede im Befall durch *M. brassicae* gefunden. Allenfalls sind im ersten Monat Tendenzen zu einer Senkung des Raupenbefalls durch die frühe Untersaat vorhanden. Dagegen bewirkten THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) durch Untersaaten von *Spergula arvensis* in Rosenkohlkulturen Befallsminderungen. Der Befall war um so weiter verringert, je größer die Flächendeckung der Untersaat war. Da dieses Ergebnis hier nicht reproduziert wurde, kann diese Pflanzenschutzmaßnahme nicht generell zur Bekämpfung dieses Schadinsekts empfohlen werden.

3.4.2.3.2 Kohlmotte (*Plutella xylostella*)

Nur am letzten Boniturtermin (20.8.) trat *P. xylostella* in Hötzum 1997 in hoher Populationsdichte auf. In der Kontrolle war signifikant höherer Befall als in den übrigen Varianten festzustellen. Dieses Ergebnis steht in Gegensatz zu TALEKAR & YANG (1993), die in verschiedenen Mischkulturen von Kopfkohl mit anderen Pflanzenarten keine Befallsunterschiede zur Reinkultur fanden, stimmt aber überein mit Ergebnissen von PERRIN & PHILLIPS (1978), THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) sowie THEUNISSEN & SCHELLING (1996b), die durch Mischkulturen Befallsreduktionen bewirken konnten. Die zum letzten Boniturtermin in Hötzum festgestellten Befallsminderungen waren in den Varianten mit früher und gleichzeitiger Untersaat gleich stark, in der späten Variante dagegen nicht so ausgeprägt. Das deckt sich damit, daß die beiden erstgenannten Untersaaten an den letzten Boniturterminen auch gleiche Flächendeckung aufwiesen, wohingegen die Flächendeckung des später gesäten Klees deutlich geringer war. Die Flächendeckung der Untersaat hatte demnach auch Einfluß auf den Befall durch *P. xylostella*. Dies wird jedoch durch THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) nicht bestätigt. Sie fanden in dem System Rosenkohl / *Spergula arvensis* in den Untersaatvarianten mit unterschiedlichen Anzahlen von Untersaatreihen zwar gegenüber der reinen Rosenkohlkultur reduzierte Raupen- und Puppenanzahlen, konnten aber keine Beziehung des Befalls zur Flächendeckung der Untersaat erkennen.

3.4.2.3.3 Kleiner Kohlweißling (*Artogeia rapae*)

Nur die frühe und die späte Untersaatvariante zeigten an dem Boniturtermin mit dem höchsten Befall (22.7.) signifikante Unterschiede zur Kontrolle. Dabei handelte es sich gerade um die Varianten mit der höchsten und der geringsten Flächendeckung der Untersaaten. An weiteren Boniturterminen bestanden nur Tendenzen zu verringertem Befall in den Untersaaten. Daher hatte die Flächendeckung beziehungsweise der Aussaattermin der Untersaat wahrscheinlich nur untergeordnete Bedeutung.

Die Untersuchungen anderer Autoren lieferten kein einheitliches Bild bezüglich der Reaktionen dieser Art auf Mischkulturen. SMITH (1976) stellte in der Mischkultur von Rosenkohl mit Unkräutern verringerten Befall fest. KIENEGGER & FINCH (1997) bestätigten in Käfigversuchen eine geringere Eiablage an Kohl mit Erdkleeuntersaat gegenüber Kohl auf freiem Boden. Dagegen beobachteten LEHMUS et al. (1996) keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Befall einer konventionellen Weißkohlkultur und einer Untersaatvariante mit Erdklee (*Trifolium subterraneum*). THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) konnten bei unterschiedlichen Untersaatdichten von *Spergula arvensis* in Rosenkohl in keiner Variante Minderungen des Befalls gegenüber der Kontrollvariante feststellen. Aber nach THEUNISSEN (1994b) nahm die Eiablage in Untersaatkulturen mit Weißklee (*Trifolium repens*) mit zunehmender Untersaatdichte ab.

Die Bedeutung der Flächendeckung der Untersaat für den Befall durch *A. rapae* kann nach diesen sehr unterschiedlichen Ergebnissen nicht abschließend beurteilt werden. Mischkulturen und gerade auch Untersaaten können nach diesen Ergebnissen zumindest in einigen Fällen den Befall senken. Doch da ihre Wirkung nicht zuverlässig ist, sind Untersaaten generell als Pflanzenschutzmaßnahme gegen *A. rapae* ungeeignet.

3.4.2.4 Kleine Kohlfliege (*Delia radicum*)

An beiden Standorten traten in den Untersaatvarianten bei nur geringer Eiablage im Boden weder gegenüber der Kontrolle noch untereinander signifikante Unterschiede in der Eiablage von *D. radicum* auf. Im Gegensatz dazu waren bei THEUNISSEN & SCHELLING (1992), FINCH & EDMONDS (1994), LEHMUS et al. (1996) die Anzahlen abgelegter Eier in Kohlkulturen mit Kleeuntersaaten im Vergleich mit konventionellen Kohlkulturen vermindert. Aber MCKINLAY (1994) beobachtete in Rettichkulturen mit Kleeuntersaaten im Vergleich mit einer Kontrollvariante ohne Untersaat keine

verringerten Schäden. Hier könnte ein Zusammenhang mit dem Aussaatzeitpunkt und indirekt auch der Flächendeckung bestehen, da in den erstgenannten Untersuchungen die Aussaat des Klees mindestens 4 Wochen vor Pflanzung des Kohls erfolgte, während bei MCKINLAY die Kleeaussaat in den Untersaatvarianten zugleich mit der Aussaat des Rettichs und einen Monat danach erfolgte. THEUNISSEN et al. (1995) beobachteten, daß die Eiablage am Kohl in Kleeuntersaaten erst bei Eiablage der dritten Generation signifikant geringer als in der Kontrollvariante war und die deutlichsten Unterschiede bei hoher Populationsdichte der Kohlflye und einer geschlossenen Kleedecke auftraten. Damit deutet sich ein Zusammenhang zwischen Eiablage und Flächendeckung der Untersaat an. Dies wird durch COAKER (1980) bestätigt. Er erzielte in Mischkulturen von Rosenkohl mit Weißklee, Weidelgras und Spinat Reduktionen in der Anzahl von Eiern und Puppen, die positiv mit der Flächendeckung durch die Untersaaten korreliert waren. Wenn also Untersaaten gegen die Eiablage der Kohlflye im Boden eingesetzt werden sollten, empfiehlt sich eine möglichst hohe Flächendeckung derselben und damit eine frühzeitige Aussaat.

Die Ursachen für den 1997 fehlenden Nachweis verringerter Eiablage im Boden sind unklar. Möglicherweise war bei den geringen Eizahlen die Anzahl der mit Eimanschetten versehenen Bonitурpflanzen zu gering. Die Verteilung des Kopfbefalls bestätigte aber den Einfluß der Flächendeckung der Untersaaten, da in Hannover die 2 Wochen vor und die zur Pflanzung des Kohls gesäte Variante den Kopfbefall signifikant stärker senkten als die 2 Wochen spätere Untersaat. In Hötzum bestanden keine signifikanten Unterschiede, aber eine Tendenz zur Abschwächung der Wirkung der Untersaat mit abnehmender Flächendeckung war auch dort erkennbar.

Sowohl 2 Wochen vor als auch zur Pflanzung des Kohls gesäte Erdklee-Doppelreihen können dazu eingesetzt werden, den Kopfbefall zu vermindern. Die 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgebrachte Untersaat ist aufgrund der schwächeren Wirkung weniger geeignet.

3.4.2.5 Kohlerdföhe (*Phyllotreta spec.*)

Die zu verschiedenen Zeiten ausgebrachten Untersaaten senkten den Befall durch *Phyllotreta undulata* und *Phyllotreta atra* signifikant. Wie im Vorjahr (Kapitel 1) bestanden nur bei Populationsdichten unter 15 Tieren pro Pflanze signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. ALTIERI & GLIESSMAN (1983), LATHEEF et al. (1984), ANDOW et al. (1986) und GARCIA & ALTIERI (1992) erzielten in verschiedenen

Mischkulturen signifikante Verminderungen des Befalls durch den Kohlerdfloh *Phyllotreta cruciferae*. LEHMUS et al. (1996) minderten den Befall mit *Ph. atra* und *Ph. undulata* in Weißkohl durch eine Erdkleeuntersaat. In allen obengenannten Untersuchungen lagen die Kohlerdflohichten über den ganzen Untersuchungszeitraum unter 15 Tieren pro Pflanze. Solange in Hötzum entsprechend niedrige Dichten vorhanden waren, bestanden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Untersaatvarianten und Kontrolle. Bei höheren Dichten zwischen 40 und 70 Tieren pro Pflanze waren keine signifikanten Unterschiede mehr vorhanden. Damit bestätigte sich der im Vorjahr (vgl. Kap.1) vermutete Einfluß der Befallsstärke auf die Reaktionen gegenüber der Untersaat.

Es zeigte sich aber auch, daß bei niedriger Befallsdichte für beide Erdflöhen am 9.7. der Befall in den Varianten mit früher und gleichzeitiger Untersaat (Flächendeckung 78% und 61%) signifikant niedriger war als in der Variante mit später Untersaat (Flächendeckung 4%) und der Kontrolle, während am 22.7. alle Untersaatvarianten (Flächendeckung 75%, 65% und 11%) geringeren Befall aufwiesen als die Kontrolle. Damit deutete sich auch für die Kohlerdföhe eine Abhängigkeit des Befalls von der Flächendeckung der Untersaat an. Da aber bei hohen Erdflöhichten keine Versuchsvariante den Befall signifikant verminderte und nur die Variante mit gleichzeitiger Untersaat geringfügig verbesserte Qualität zeigte, erwies sich keine der zu verschiedenen Zeiten gesäten Untersaaten als wirksame Pflanzenschutzmaßnahme bei starkem Erdflöhbefall.

Kohlerdföhe wurden jedoch als Überträger der Pilzerkrankung *Alternaria brassicicola* nachgewiesen (DILLARD et al. 1998). Daher ist möglicherweise auch eine Bekämpfung bei niedrigen Populationsdichten notwendig. Die frühe oder gleichzeitige Untersaat sind dabei wegen ihrer größeren Flächendeckung und damit besseren Wirkung der späten Untersaat vorzuziehen.

3.4.3 Pilzliche und bakterielle Erreger

Die Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*), der einzige bedeutender pilzliche Schaderreger im Versuch, scheint durch Untersaaten nicht bekämpfbar zu sein, da die Anteile befallener Pflanzen in den Varianten nicht signifikant unterschiedlich waren. Signifikante Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Befallsklassen können ihre Ursache zum Teil in unterschiedlichen Zeitpunkten der Infektion haben. Verschleppung und Verteilung der Sporen durch Begehen und Bearbeitung der Fläche könnten die

Verbreitung des Befalls auf der gesamten in den Vorjahren befallsfreien Versuchsfläche erklären. Als Pflanzenschutzmaßnahme gegen Kohlhernie sind Untersaaten nicht brauchbar, sie scheinen den Befall aber auch nicht zu fördern.

Die Bedeutung, die als Nichtwirtspflanzen bezeichnete Arten für den Kohlhernie haben, ist jedoch noch nicht völlig geklärt. Bei einer Reihe von Pflanzen, die nicht zu den Brassicaceen gehören, darunter auch die Fabaceen Rotklee (*Trifolium pratense*) und Luzerne (*Medicago sativa*), kann der Pilz in die Wurzelhaare eindringen, ohne daß es aber zu Befallssymptomen kommt, da nur das erste Entwicklungsstadium erreicht wird (BOCHOW 1962). Nach LUDWIG-MÜLLER (1999) kommt es an einigen Pflanzen anderer Familien (*Beta vulgaris*, Chenopodiaceae; *Tropaeolum majus*, Tropaeolaceae) jedoch zur Entwicklung ähnlicher Pilzstrukturen wie an Brassicaceen. Die Inokulation von Extrakten aus diesen Pflanzen bewirkt den Ausbruch der Krankheit an den inokulierten Brassicaceen. Daher sollte die Kombination von Brassicaceen mit Pflanzen anderer Familien in Hinblick auf die Kohlhernie noch eingehender untersucht werden.

3.4.4 Abschließende Beurteilung der untersuchten Bodenbedeckungen als Pflanzenschutzmaßnahme

In Hannover war das Kopfgewicht des gesamten Weißkohls in den Varianten nicht signifikant unterschiedlich, wogegen in Hötzum die zwei Wochen vor Pflanzung des Kohls und die zur Pflanzung ausgebrachte Untersaat ein verringertes Kopfgewicht bewirkten. Unter Berücksichtigung der kräftigeren Jungpflanzen in Hannover läßt sich ableiten, daß bei guter Qualität der Jungpflanzen Kleeuntersaaten zwei Wochen vor beziehungsweise zur Pflanzung des Kohls mit der Kontrollvariante vergleichbare Kopfgewichte hervorbringen können, während Jungpflanzen mit geringerer Qualität kein entsprechendes Kopfgewicht erreichen. Gemüseproduzenten müssen also die Gewähr haben, Kohljungpflanzen von besonders guter Qualität zu erhalten.

Kopfgewichte und Flächenertrag des vermarktaren Weißkohls in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten waren an beiden Standorten zwischen den Varianten nicht signifikant unterschiedlich. Danach erscheinen alle Varianten gleich geeignet. Der Flächenertrag ist aber in allen Varianten aufgrund des weiten Abstands zwischen den Kohlreihen, bedingt durch die Doppelreihen Klee, eigentlich zu gering. Nach FRICKE et al. (1999) sollte Weißkohl im 3. und 4. Satz einen Flächenertrag von 500-650 dt/ha liefern. Hier wurden aber selbst in den Kontrollen nur unter 300 dt/ha erbracht, bei alleiniger Berücksichtigung des vermarktaren Anteils

sogar nur um 200dt/ha (Hannover) beziehungsweise unter 100 dt/ha (Hötzum). Hauptursache dafür ist die durch die Doppelreihen Klee bedingte geringere Anzahl Kohlpflanzen auf der Fläche (26666 Pfl./ha statt 40000 Pfl./ha). Eine andere Sortenwahl könnte den Flächenertrag unter Umständen verbessern, doch eine Angleichung an den oben genannten Flächenertrag bleibt fraglich.

Die Untersaaten brachten beim Erntegut an beiden Standorten in der Häufigkeitsverteilung der Qualitätsklassen eine Verschiebung zu besseren Qualitäten. Nur für die späte Untersaat in Hötzum, die besonders langsam wuchs und die geringste Flächendeckung aufwies, waren die Unterschiede zur Kontrolle nicht signifikant. Damit deutet sich die Abhängigkeit der Wirkung der Untersaat von ihrer Flächendeckung an. Deutlicher zeigt sich das für die einzelnen Schadinsektenarten. Nach den vorliegenden Ergebnissen verringerte die untersuchte Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum* cv. Geralton) den Befall durch alle aufgetretenen Schadinsekten. Bei allen Arten mit Ausnahme der Kohleule (*Mamestra brassicae*) und des Kleinen Kohlweißlings (*Artogeia rapae*) wurde eine Abhängigkeit von der Flächendeckung der Untersaat und damit indirekt vom Aussaattermin der Untersaat deutlich. Die Auswirkungen der zwei Wochen vor Pflanzung des Kohls und der zur Pflanzung ausgebrachten Untersaat waren dabei nicht unterschiedlich. Diese Untersaatvarianten weisen also dieselbe Eignung zur Schadinsektenbekämpfung auf. Der Befall in der nach Pflanzung des Kohls ausgebrachten Untersaat war dagegen weniger gesenkt (vgl. *Brevicoryne brassicae*, *Thrips tabaci*, *Plutella xylostella*, *Delia radicum*, *Phyllotreta*-Arten), zum Teil sogar nicht signifikant verschieden von der Kontrolle (vgl. *Thrips tabaci*, *Delia radicum*, *Artogeia rapae*). Daher ist die Aussaat der Kleeuntersaat 2 Wochen nach der Pflanzung des Kohls als Pflanzenschutzmaßnahme ungeeignet.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen kann davon ausgegangen werden, daß die beteiligten Schadinsektenarten auf eine bestimmte Flächendeckung der Untersaatkultur mit unterschiedlich starken Befallsreduktionen reagieren. Da die geringsten Reaktionen auf die Kleeuntersaaten bei den Schadlepidopteren festgestellt wurden, diese aber am Kohl eine Gruppe mit hohem Einfluß auf die Qualität des Ernteguts darstellen, könnte selbst bei Anwendung einer Untersaatkultur mit hoher Flächendeckung die Notwendigkeit herkömmlicher Pflanzenschutzmaßnahmen bestehen bleiben.

3.5 Literatur

- ALTIERI, M.A. & GLIESSMAN, S.R. (1983): Effects of plant diversity on the density and herbivory of the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* Goeze, in California collard cropping systems. *Crop Protection* 2 (4), 497-501.
- ALTIERI, M.A. & LETOURNEAU, D.K. (1982): Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- ANDOW, D.A. (1991): Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review on Entomology* 36, 561-586.
- ANDOW, D.A, NICHOLSON, A.G., WIEN, H.C., WILLSON, H.R. (1986): Insect populations on cabbage grown with living mulches. *Environmental Entomology* 15, 293-299.
- BICKELMANN, U. (1998): Vermarktungsnormen für Obst und Gemüse. Bonn: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e. V.
- Bochow, H. (1962): Die Kohlhernie und ihre Bekämpfung. Biologische Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Flugblatt 32.
- COAKER, T.H. (1980): Insect pest management in brassica crops by intercropping. *IOBC / WPRS Bulletin* 3(1), 117-125.
- DILLARD, H.R., COBB, A.C. & LAMBOY, J.S. (1998): Transmission of *Alternaria brassicicola* to cabbage by flea beetles (*Phyllotreta cruciferae*). *Plant Disease* 82, 153-157.
- FINCH, S. (1993): Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. *Crop Protection* 12 (6), 423-430.
- FINCH, S. & EDMONDS, G.H. (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 159-167.
- FORSTER, R., HILDENHAGEN, R., HOMMES, M., SCHORN-KASTEN, K. (1992): Integrierter Pflanzenschutz im Gemüsebau: Praktizierung von Bekämpfungsschwellen für Kohlschädlinge. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH.

- FRICKE, A., MANDAU, U., SCHUBACH, A. & UHTE, R. (1999): Datensammlung für die Betriebsplanung im Intensivgemüsebau. Hannover: Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V, 7.Auflage.
- GARCIA, M.A. & ALTIERI, M.A. (1992): Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behaviour. *Entomologia experimentalis et applicata* 62, 201-209.
- LATHEEF, M.A., ORTIZ, J.H., SHEIK, A.Q. (1984): Influence of intercropping on *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae) Populations on collard plants. *Journal of Economic Entomology* 77, 1180-1184.
- LEHMHUS, J., VIDAL, S., HOMMES, M. (1996): Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 115-121.
- LUDWIG-MÜLLER, J. (1999): *Plasmodiophora brassicae*, the causal agent of clubroot disease: a review on molecular and biochemical events in pathogenesis. *Journal of Plant Diseases and Protection* 106 (2), 109-127.
- MCKINLAY, R., MCCREATH, M., ARMSTRONG, G. (1996): Undersowing cabbages with clover and its effect on the infestation levels of the cabbage root fly. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 122-127.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & BAUMANN, T. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 401-412.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & POTTER, C. (1991): Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. *Brighton Crop Protection Conference*, 599-604.
- ORTH, U. (1993): Betriebswirtschaftliche Folgen umweltschonender Pflanzenschutzverfahren im Gemüsebau. *Forschungsberichte zur Ökonomie im Gartenbau* 74, 1-207.
- PERRIN, R.M. & PHILLIPS, M.L. (1978): Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24, 385-393.
- RICHTER, E. (1998): Populationsdynamik und integrierte Bekämpfung von Thrips

- tabaci Lind. (Thysanoptera: Thripidae) an Porree und Zwiebeln. Göttingen: Cuvillier-Verlag.
- SMITH, J. (1976): Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects of Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83, 15-29.
- SPSS INC. (1998): SYSTAT® for Windows Version 8.0, Chicago.
- TALEKAR, N.S. & YANG, J.C. (1993): Influence of crucifer cropping system on the parasitism of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) by *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae) und *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). *Entomophaga* 38 (4), 541-550.
- THEUNISSEN, J. (1994a): Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification - An overview. *Pesticide Science* 42, 65-68.
- THEUNISSEN, J. (1994b) Effects of intercropping on pest populations in vegetable crops. *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 153-158.
- THEUNISSEN, J. (1997): Reactions of insects to undersowing in field vegetables. *Proceedings of Experimental & Applied Entomology* 8,.
- THEUNISSEN, J. & DEN OUDEN, H. (1980): Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 27, 260-268.
- THEUNISSEN, J., BOOJ, C.J.H., LOTZ, L.A.P. (1995): Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74, 7-16.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1992): Cabbage-clover intercropping: Reactions of *Delia radicum*. *Proceedings of Experimental & Applied Entomology* 3, 191-196.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996a): Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996b): Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurrey. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 128-135.
- TUKAHIRWA, E. M. & COAKER, T. H. (1982). Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas; reduced *Brevicoryne brassicae* infestations and influence

on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in *Delia brassicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 32, 129-146

UVAH, I.I.I. & COAKER, T.H. (1984): Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 36, 159-167.

VIDAL, S. (1997): Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown Brussels sprouts. *Biological Agriculture & Horticulture* 15 (1-4), 285-295.

4 Unkräuter und Schadinsekten in Untersaaten

4.1 Einleitung

Das Auftreten von Unkräutern in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen führt aufgrund der interspezifischen Konkurrenz zwischen Unkraut und Kulturpflanze um Nährstoffe, Wasser und Licht vielfach zu Ertragsverlusten. Zusätzlich können Unkräuter eine Quelle für Schaderregerbefall an Kulturpflanzen darstellen, da sie von Pathogenen oder Schadinsekten als alternative Wirte genutzt werden. Dadurch ermöglichen Unkräuter Schaderregern auch das Überdauern zu Zeiten, in denen geeignete Kulturpflanzen nicht zur Verfügung stehen (FINCH & ACKLEY 1977, HOMMES 1983, CRÜGER 1991). Aus diesen Gründen ist die chemische oder mechanische Bekämpfung von Unkräutern zur Optimierung des Ertrags meist unumgänglich. Wegen der hohen Qualitätsanforderungen an die Produkte ist gerade der Gemüsebau im Vergleich mit anderen pflanzenbaulichen Bereichen ein besonders herbizid-intensiver Produktionszweig. Die Herbizidanwendung stellt jedoch auf lange Sicht keine Lösung dar, da sie zum einen durch Resistenzbildung seitens der Unkräuter immer wieder in Frage gestellt wird und zum anderen zur hohen chemischen Belastung der Agrarökosysteme beiträgt (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Mischkulturen bieten sich als mögliche Alternative an. Die Unterdrückung von Unkräutern ist als eine wichtige positive Eigenschaft der Mischkultur bekannt (VANDERMEER 1989, LIEBMAN & DYCK 1993). Deshalb gehören Mischkulturen neben anderen Kulturmaßnahmen wie Fruchtwechsel, Sortenwahl und Anpassung des Saatzeitpunktes zu den ältesten Konzepten der Unkrautbekämpfung (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Eine besondere Form der Mischkultur ist die Untersaatkultur, in der der Anbau einer Hauptfrucht in Kombination mit einer niedrigwüchsigen Nebenfrucht erfolgt, die nicht geerntet wird. Auch mit Untersaaten wurden in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen Versuche zur Eindämmung von Unkräutern durchgeführt (HARTL 1989, MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993).

Kohl gehört mit seinen vielen Kulturvarietäten zu den wichtigsten Freilandgemüseulturen in Mitteleuropa (HOMMES 1983). Er gilt zwar als eine gegenüber Verunkrautung konkurrenzstarke Gemüsekultur, aber eine Verunkrautung in der ersten Hälfte der Kulturperiode kann dennoch zu Ertragsverlusten führen (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Außerdem können Krankheiten und Schädlinge von mit

dem Kohl verwandten Unkräutern aus der Familie Brassicaceae auf ihn übergehen (CRÜGER 1991). Daher hat die Regulierung bestimmter Unkräuter für die Kultur hohe Bedeutung.

Untersaaten wie Klee werden ebenfalls von Schaderregern befallen, die in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen wirtschaftliche Bedeutung haben können (LEWIS & THOMAS 1991, CRÜGER 1991). Unter dem Aspekt der praktischen Anwendung von Untersaaten ergeben sich folgende Fragestellungen:

Welchen Einfluß hat die Art der Untersaat auf das Auftreten von Unkräutern?

Welche Schaderreger dominieren in Kleeuntersaaten? Sind Auswirkungen auf verwandte Kulturen zu befürchten?

Wie wirkt sich das Auftreten von Brassicaceen-Unkräutern in der Untersaat auf Schaderreger des Kohls aus?

4.2 Material und Methoden

4.2.1 Versuchsanlage

In den Jahren 1996-1998 wurden an drei Standorten Versuche zur Eignung von Untersaaten als Pflanzenschutzmaßnahme im Kohlanbau durchgeführt. Dabei wurde untersucht, inwieweit Untersaaten zur Verringerung des Schadinsektenbefalls und des Unkrautaufkommens in Kohlkulturen geeignet sind.

Die Versuche erfolgten in Hannover und Ruthe auf Flächen des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Universität Hannover sowie in Hötzum auf Flächen der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig. Alle Versuche wurden in randomisierten Blockanlagen angelegt. Als Kontrollvariante diente in allen Versuchen eine Kohltreinkultur ohne Bodenbedeckung. 1996 wurden Strohmulch und 2 verschiedene Kleeuntersaaten als Bodenbedeckungen getestet (Abb. 1A)). Daneben wurden in einem weiteren Versuch verschiedene Pflanzenarten aus unterschiedlichen Familien als Untersaaten verwendet (Abb. 2A)). 1997 wurden die Aussaatzeitpunkte der Untersaat variiert (Abb. 1A)). 1998 erfolgte die Durchführung von Sortenversuchen zur Eignung unterschiedlicher Weißkohlsorten für den Anbau in der Untersaatkultur (Abb. 1B)). Daneben wurde 1998 ein Versuch zur Eignung von Untersaatmischungen durchgeführt (Abb. 2B)). In dem 1996 durchgeführten Versuch mit verschiedenen Untersaaten und dem 1998 durchgeführten Versuch mit Untersaatmischungen wurde eine Variante mit Erdkleeuntersaat (*T. subterraneum*) angelegt, um anhand dieser in Vorversuchen bereits getesteten Untersaat die übrigen Varianten besser beurteilen zu können.

Das Entfernen der Unkräuter erfolgte in den jungen Untersaaten zu Versuchsbeginn manuell. Später in der Saison wurden Untersaaten und Unkräuter mittels Motorsense (1996) beziehungsweise mittels Flymo-Luftkissenmäher mit 40cm Schnittbreite (1997 und 1998) kurz gehalten. Die als Kontrolle dienenden Kohltreinkulturen wurden zur Unkrautbekämpfung gehackt, wenn erforderlich.

A)

2	4	3	4
3	1	2	1
4	2	4	3
3	1	1	2
3	2	4	2
1	4	1	3

B)

1 / US	3 / K	4 / US	2 / K
1 / K	3 / US	4 / K	2 / US
4 / US	3 / K	2 / US	1 / K
4 / K	3 / US	2 / K	1 / US
2 / US	4 / K	1 / US	3 / K
2 / K	4 / US	1 / K	3 / US
1 / US	2 / K	3 / US	4 / K
1 / K	2 / US	3 / K	4 / US
3 / US	1 / K	4 / US	2 / K
3 / K	1 / US	4 / K	2 / US
4 / US	3 / K	2 / US	1 / K
4 / K	3 / US	2 / K	1 / US

Abb. 1: Anordnung der Versuchsglieder in randomisiertem Blockdesign, **A)** Versuche 1996 und 1997 mit vier Varianten, (1996: Strohmulch (1), *Trifolium subterraneum* (2), *T. fragiferum* (3), Kontrolle (4); 1997: Variation des Aussaatzeitpunkts der Untersaat: 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls (1), zur Pflanzung des Kohls (2), 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls (3), Kontrolle (4)); **B)** Versuche 1998 mit vier Kohlsorten: Minicole (1), Castello (2), Quisto (3), Erdeno (4), jeweils mit freiem Boden (K) und mit Untersaat (US)

A)

1	2
6	4
7	3
2	5
4	1
3	7
5	6

B)

2	4	3	4
3	1	2	1
4	2	1	3
3	1	4	2

Abb. 2: Anordnung der Versuchsglieder in randomisiertem Blockdesign, **A)** Versuch 1996 mit verschiedenen Untersaaten, *Trifolium subterraneum* (1), *Medicago lupulina* (2), *Lotus corniculatus* (3), *Calendula officinalis* (4), *Matricaria recutita* (5), *Carum carvi* (6), Kontrolle (7) **B)** Versuch 1998 mit Untersaatmischungen, Mischung 1 (1) = *Eschscholzia californica*, *Carum carvi*, *Trifolium resupinatum*, *T. subterraneum*, Mischung 2 (2) = *Vicia villosa*, *Trigonella foenum-graecum*, *Lotus corniculatus*, *T. subterraneum*; *T. subterraneum* (3), Kontrolle (4)

Tab. 3: Versuchsanlage in den Jahren 1996-98

Jahr	Standort	Versuchs- anlage	Pflanzung des Kohls	Pflanzabstand	Aussaat der Untersaat	Aussaatform	Ernte
1996	Hötzum, Hannover	1 A)	Hannover 24.5., Hötzum 9.5.	Hötzum: 50cm x 50cm Hannover: 60cm x 60cm	Hannover: 29.4., Hötzum: 15.4.	4 Wochen vor Pflanzung des Kohls Hötzum: in einfachen Reihen, Hannover: flächig	Hannover: 13.9. Hötzum: 21.8.
1996	Hannover	2 A)	25.5.	60cm x 60cm	30.4.	flächig, 4 Wochen vor Pflanzung des Kohls	20.9.
1997	Hötzum, Hannover	1 A)	Hannover 21.5., Hötzum 26.5.	50cm x 75cm	Hannover: 7.5., 22.5., 4.6. Hötzum: 14.5., 27.5., 10.6.	in Doppelreihen, 2 Wochen vor, gleichzeitig mit und 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls	Hannover: 21.8. Hötzum: 27.8.
1998	Hötzum, Ruthe	1 B)	Ruthe 26.5., Hötzum 16.5.	50cm x 75cm	Ruthe: 26.5. Hötzum: 15.5.	in Doppelreihen, gleichzeitig mit Pflanzung des Kohls	Ruthe: Castello 11.8., Minicole 11.8., Quisto 31.8., Erdeno 31.8. Hötzum: Castello 23.7., Minicole 30.7., Quisto 13.8., Erdeno 20.8.
1998	Hannover	2 B)	30.5.	50cm x 75cm	30.5.	in Doppelreihen, gleichzeitig mit Pflanzung des Kohls	20.8.

4.2.2 Bonituren

Während aller Versuchsperioden wurden in Zeitabständen von 2 Wochen die Flächendeckungen von Kohl, Untersaaten und Unkräutern abgeschätzt sowie die auftretenden Unkrautarten bonitiert. Das Abschätzen der Flächendeckungen wurde für alle Wiederholungen einzeln durchgeführt. Da der Pflegeaufwand in den verschiedenen Versuchsvarianten unterschiedlich war, wurden in allen Versuchen die für diese Maßnahmen benötigten Arbeitsstunden aufgenommen.

Daneben wurden die Schaderreger in den Untersaaten erfaßt, um festzustellen, ob dort Arten auftreten, die potentielle Schädlinge am Kohl oder in anderen Kulturen darstellen könnten. Diese Bonitur erfolgte in den Versuchen mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen (1996), in den Versuchen mit unterschiedlichen Aussatterminen (1997) und den Sortenversuchen mit verschiedenen Weißkohlsorten (1998). Dabei wurden zwei verschiedene Schaderregergruppen betrachtet. Einerseits wurde der Schaderregerbefall am Klee selbst bonitiert, da die hier auftretenden Schaderreger auch dem Klee verwandte Nutzpflanzen der Familie Fabaceae schädigen könnten und Kleeuntersaaten somit eine Infektionsquelle für andere Kulturen darstellen könnten. Zur Erfassung der Schadinsekten in der Kleeuntersaat wurde ein 25cm x 25cm – Metallrahmen benutzt. Dieser wurde an jedem Boniturtermin 1996 in jeder Variante 6mal, 1997 und 1998 in jeder Variante 18mal ausgebracht und die innerhalb des Rahmens befindlichen Kleepflanzen visuell auf Schaderreger untersucht. Die Bonituren fanden in Hannover 1996 und 1997 sowie in Hötzum 1996 wöchentlich statt, in Hötzum 1997 und 1998 sowie in Ruthe 1998 dagegen zweiwöchentlich. Der Anteil der Kleeblätter mit Fraßschäden wurden in jeder Variante an 6 x 50 Kleeblättern ermittelt.

Auf der anderen Seite wurden die auftretenden Brassicaceen-Unkräuter auf Schaderregerbefall untersucht, da sie potentielle Reservoirs für Schaderreger und Krankheiten des Kohls darstellen. Dazu wurden zu jedem Boniturtermin je Wiederholung 5 Exemplare jeder Brassicaceen-Art visuell auf Schaderregerbefall untersucht, sofern die Arten in entsprechender Anzahl vorhanden waren. Die Wurzeln wurden in Wasser ausgespült und ebenfalls auf Schaderregerbefall (Kohlfliege, Kohlhernie) untersucht.

4.2.3 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware SYSTAT 8.0 durchgeführt. Die Daten zur Populationsentwicklung der Schadinsekten wurden zuvor $\log(n+1)$ -transformiert. Für die in Prozentwerten erhobenen Daten (Flächendeckung von Kohl und Klee, Fraßschäden) erfolgte vor der statistischen Auswertung eine arcsin-Transformation.

Um zu testen, ob signifikante Unterschiede in der Flächendeckung der Unkräuter sowie der Populationsdynamik von Schadinsekten in den Untersaaten und an Brassicaceen-Unkräutern vorlagen, wurden RM-ANOVA durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden in der Flächendeckung von Unkräutern beziehungsweise der Populationsdynamik von Schadinsekten zwischen den Varianten erfolgte für Einzeltermine eine ANOVA mit anschließendem Tukey-Test. In allen angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse erst bei $P < 0,05$ als signifikant betrachtet.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Unkräuter

Die Standorte Hannover, Ruthe und Hötzum erwiesen sich bezüglich des Unkrautaufkommens als sehr unterschiedlich. In Hötzum lag bei geringem Unkrautdruck in den Untersaaten ebenso wie in der Kohlreinkultur ohne Bodenbedeckung die Flächendeckung der Unkräuter immer deutlich unter 5%, weshalb hier keine Unterschiede zwischen den Varianten abschätzbar waren. Hannover wies bis auf eine Ausnahme 1997 hohen Unkrautdruck auf, desgleichen Ruthe 1998.

4.3.1.1 Auswirkungen einer Strohmulchauflage und verschiedener Untersaaten auf das Unkrautaufkommen

Die Kleeuntersaaten Erdklee (*T. subterraneum* cv. Geraldton) und Erdbeerklee (*T. fragiferum* cv. Palestine) unterschieden sich im Wachstum signifikant voneinander (RM-ANOVA: Hannover: $df=1$; $F=69,25$; $p<0,001$; Hötzum: $df=1$; $F=20,85$; $p<0,01$). Analog zu den unterschiedlichen Samengrößen (Tausendkorngewicht: Erdklee = 2g, Erdbeerklee = 1,2g) bestanden Größenunterschiede zwischen den Jungpflanzen der Kleearten. Die Keimung des Erdklees erfolgte 7-15 Tage nach Aussaat, der Erdbeerklee benötigte im Gegensatz dazu 14-20 Tage zur Keimung. Die deutlich kleineren Erdbeerkleepflanzen zeigten einen aufrechten Wuchs mit späterer und schwächerer Ausläuferbildung im Gegensatz zu den flach am Boden ausgebreiteten und schon in den ersten Wochen mit der Ausläuferbildung beginnenden Erdkleepflanzen. An beiden Standorten hatte daher die Erdbeerkleeuntersaat von Beginn an eine geringere Flächendeckung als die Erdkleeuntersaat und die Deckungsgrade der Untersaaten glichen sich erst kurz vor der Ernte einander an (vgl. Kap.1). Dabei verunkrautete die Erdbeerkleeuntersaat am Standort Hannover, wo ein hoher Konkurrenzdruck durch Unkräuter bestand, wesentlich stärker als die Erdkleeuntersaat (Abb. 3). Im Erdklee mußten die Unkräuter nur einmal zu Versuchsbeginn manuell entfernt werden. Dort lag der Unkrautanteil in der Erdkleevariante am ersten Boniturtermin bei 19%, später bei 5-15% der Gesamtfläche. Der Erdbeerklee erwies sich in den ersten 2 Monaten nach Aussaat (29.4.) als kaum konkurrenzfähig gegenüber den Unkräutern, so daß diese dreimal manuell entfernt werden mußten. Dennoch blieb der Unkrautanteil in der Erdbeerkleevariante bis Ende

Juli bei 30% der Fläche und sank dann bis zur Ernte auf 8%. Später wurden die beiden Untersaaten im Abstand von 2-3 Wochen mittels Mahd durch einen Rasentrimmer niedrig gehalten. Die Unterschiede in den Flächenanteilen der Unkräuter in den Kleeuntersaaten waren zu allen Boniturterminen signifikant (Tab. 5). In beiden Kleeuntersaaten handelte es sich bei den dominierenden Unkräutern um dasselbe Artenspektrum mit Flohknöterich (*Polygonum persicaria*), Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*), Kleiner Brennessel (*Urtica urens*), Kleinbütigem Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*) und zu Versuchsbeginn Windenknöterich (*Fallopia convolvulus*). In der regelmäßig gehackten Kontrolle traten im Gegensatz zu den Untersaatvarianten kaum Unkräuter auf; sie war fast im gesamten Versuchszeitraum statistisch von den übrigen Varianten unterscheidbar. Allein am 2.8. bestand zwischen Kontrolle und Erdkleeuntersaat kein signifikanter Unterschied (Tab. 5).

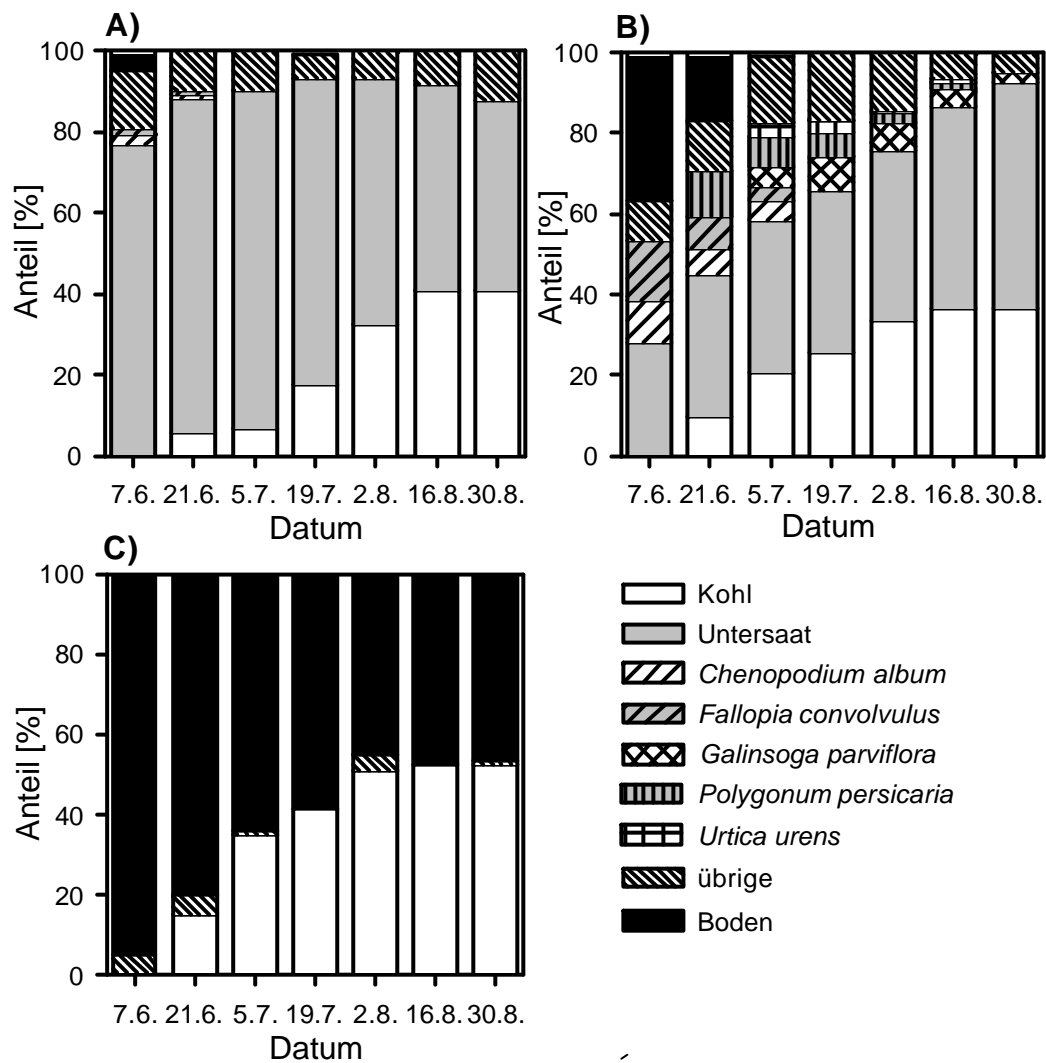


Abb. 3: Flächendeckung des Weißkohls (Sorte Minicole), der Untersaaten und der Unkräuter in flächigen A) Erdklee- und B) Erdbeerkleeuntersaaten sowie C) Kontrolle in Hannover 1996; die Unkrautarten werden nur ab mindestens 5% Flächendeckung in einer Wiederholung einzeln aufgeführt, bei geringerer Flächendeckung unter übrige

Tab. 4: RM-ANOVA zur Flächendeckung der Unkräuter in den Versuchsvarianten in Hannover 1996

Faktor	SS	df	F	P
Var	1,570	3	255,608	0,000
Datum	0,277	6	43,341	0,000
Var x Datum	0,542	18	28,277	0,000
Error	0,128	120		

Tab. 5: Paarweise Vergleiche der Flächendeckungsgrade der Unkräuter am Standort Hannover 1996, Tukey-Tests nach ANOVA (7.6.: df = 3; F = 39,821; p < 0,001; 5.7.: df = 3; F = 150,145; p < 0,001; 2.8.: df = 3; F = 71,299; p < 0,001; 30.8.: df = 3; F = 32,187; p < 0,001)

7.6.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	5.7.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.505	1.000			T.s.	0.000	1.000		
T.f.	0.000	0.000	1.000		T.f.	0.000	0.000	1.000	
Kontrolle	0.373	0.029	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.028	0.000	1.000

2.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.	30.8.	Stroh	T.s.	T.f.	Kont.
Stroh	1.000				Stroh	1.000			
T.s.	0.361	1.000			T.s.	0.274	1.000		
T.f.	0.000	0.000	1.000		T.f.	0.276	0.007	1.000	
Kontrolle	0.004	0.148	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000

Die Situation in der 1996 in Hannover und Hötzum neben den Untersaaten getesteten Strohmulchauflage als Mittel zur Unkrautkontrolle unterschied sich ebenfalls von allen übrigen Varianten. An beiden Standorten keimte das im Strohmulch verbliebene Ausfallgetreide aus. Diese Gerste erreichte Anfang Juli in Hannover eine maximale Flächendeckung von 23%, in Hötzum von 14% (Abb. 4). Danach nahm der Flächenanteil der Gerste wieder ab. Eine Ursache dafür war neben den durchgeführten Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung starker Befall mit Netzfleckenkrankheit (*Drechslera teres*) und Gelbrost (*Puccinia striiformis*). Während in Hannover 100% der Pflanzen durch *D. teres* befallen waren und der Befall mit *P. striiformis* bis 40% der Pflanzen erreichte, wiesen in Hötzum maximal 35% der Gerstenpflanzen Symptome von *D. teres*-Befall und 30% der Pflanzen Rostbefall auf. Außerdem wurden an beiden Standorten an der Gerste Getreideblattläuse und vereinzelte Larven von Getreidehähnchen (*Oulema spec.*) sowie Erdräupenfraß beobachtet.

Auskeimende Unkräuter aus der im Boden vorhandenen Samenbank durchdrangen die Strohmulchauflage in Hannover nur in geringen Anzahlen. Ihre Flächendeckung in dieser Variante überstieg zu keinem Zeitpunkt 5 %. In Hötzum kamen bei allgemein geringem Unkrautauftreten in der gemulchten Versuchsvariante keine Unkräuter auf (Abb. 4). Die Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung war aber allein durch das auskeimende Getreide schon gegenüber der Kohlreinkultur erhöht (Tab. 6).

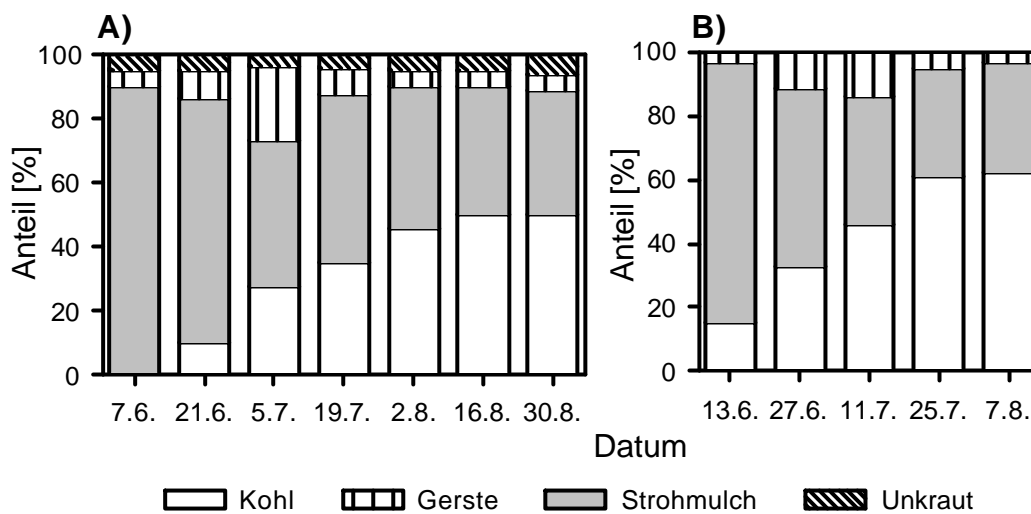


Abb. 4: Flächendeckung von Weißkohl (Sorte Minicole), Mulch (Gerstenstroh), auskeimender Gerste und Unkräutern in der mit Gerstenstroh gemulchten Versuchsvariante an den Standorten A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 6: Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung (Kräutern und Mahd in Untersaaten, Kräutern im Strohmulch, Hacken in der Kontrolle) über den gesamten Versuchszeitraum an den Standorten Hannover und Hötzum 1996, hochgerechnet auf Arbeitsstunden / ha

Standort	Arbeitsstunden / ha in den Varianten			
	Strohmulch	<i>T. subterraneum</i>	<i>T. fragiferum</i>	Kontrolle
Hannover	1396,2	1726,9	4152,0	845,1
Hötzum	277,7	199,1	208,3	213,0

Die Kopfgewichte zur Ernte waren in beiden flächigen Untersaaten in Hannover nur halb so hoch wie in der Kontrolle und damit signifikant reduziert. Zwischen den Untersaaten waren die Unterschiede nicht signifikant. In der Reihenuntersaat in Hötzum trat nur zwischen Kontrolle und Erdkleevariante ein signifikanter Unterschied auf. Das Kopfgewicht in der Strohmulchvariante unterschied sich statistisch nicht von dem in der Kontrolle erzielten Kopfgewicht (Kapitel 1; Abb. 5; Tab.7).

In Hannover wurde 1996 auch die Eignung anderer Pflanzenarten als Untersaaten untersucht. Dieser Versuch war auf einer Fläche mit starkem Unkrautauftreten angelegt. Aufgrund der hohen Artenzahl (mehr als 24 Unkrautarten in jeder Variante) und der geringen Flächendeckung einzelner Arten wurde darauf verzichtet, in Abb. 5 die einzelnen Arten darzustellen. Da jede Variante nur zwei Wiederholungen aufwies,

können die Unterschiede im Unkrautauflkommen nicht statistisch ausgewertet werden. Es zeigten sich jedoch bei allen Varianten in den beiden jeweiligen Wiederholungen gleiche Tendenzen, weshalb die Mittelwerte dargestellt werden. Während die schnell keimenden (Tab.7) und wachsenden Arten Erdklee (*Trifolium subterraneum*), Ringelblume (*Calendula officinalis*), Hornklee (*Lotus corniculatus*) und Kamille (*Chamomilla recutita*) die Unkräuter auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau mit Flächenanteilen meist unter 15% hielten, betrug die Flächendeckung der Unkräuter in den langsam und ungleichmäßig keimenden Untersaaten Kümmel (*Carum carvi*) und Hopfenklee (*Medicago lupulina*) an den meisten Boniturterminen über 50%. Die Ringelblume (*Calendula officinalis*) unterdrückte zwar das Unkrautwachstum mehr als alle anderen Untersaaten, beeinflusste aber auch Wachstum und Kopfgewicht (Abb. 5, Tab. 8) des Kohls besonders negativ. Weitgehende Unkrautunterdrückung bei nicht zu stark vermindertem Wachstum und Kopfgewicht des Kohls wurde nur mit Erdklee (*Trifolium subterraneum*) und Hornklee (*Lotus corniculatus*) erzielt (Abb. 5, Tab. 8). Nach dem Unterpflügen im Herbst trieben zwei der verwendeten Untersaaten im nächsten Frühjahr wieder aus. Während dies bei der Kamille (*Matricaria recutita*) auf Selbstaussaat zurückzuführen war, handelte es sich beim Hornklee (*Lotus corniculatus*) überwiegend um Austrieb aus den untergepflügten Wurzelstöcken.

Tab. 3: Auftreten erster Keimlinge und Zeitpunkt gleichmäßiger Keimung über die ganze Fläche der jeweiligen Variante in Hannover 1996, *T.s.* = *Trifolium subterraneum*, *C.o.* = *Calendula officinalis*, *C.c.* = *Carum carvi*, *M.l.* = *Medicago lupulina*, *L.c.* = *Lotus corniculatus*, *M.r.* = *Matricaria recutita*

Tage nach Aussaat	Arten					
	<i>T.s.</i>	<i>C.o.</i>	<i>C.c.</i>	<i>M.l.</i>	<i>L.c.</i>	<i>M.r.</i>
Erste Keimlinge	7	9	16	13	9	8
Gleichmäßige Keimung	13	15	---	---	17	17

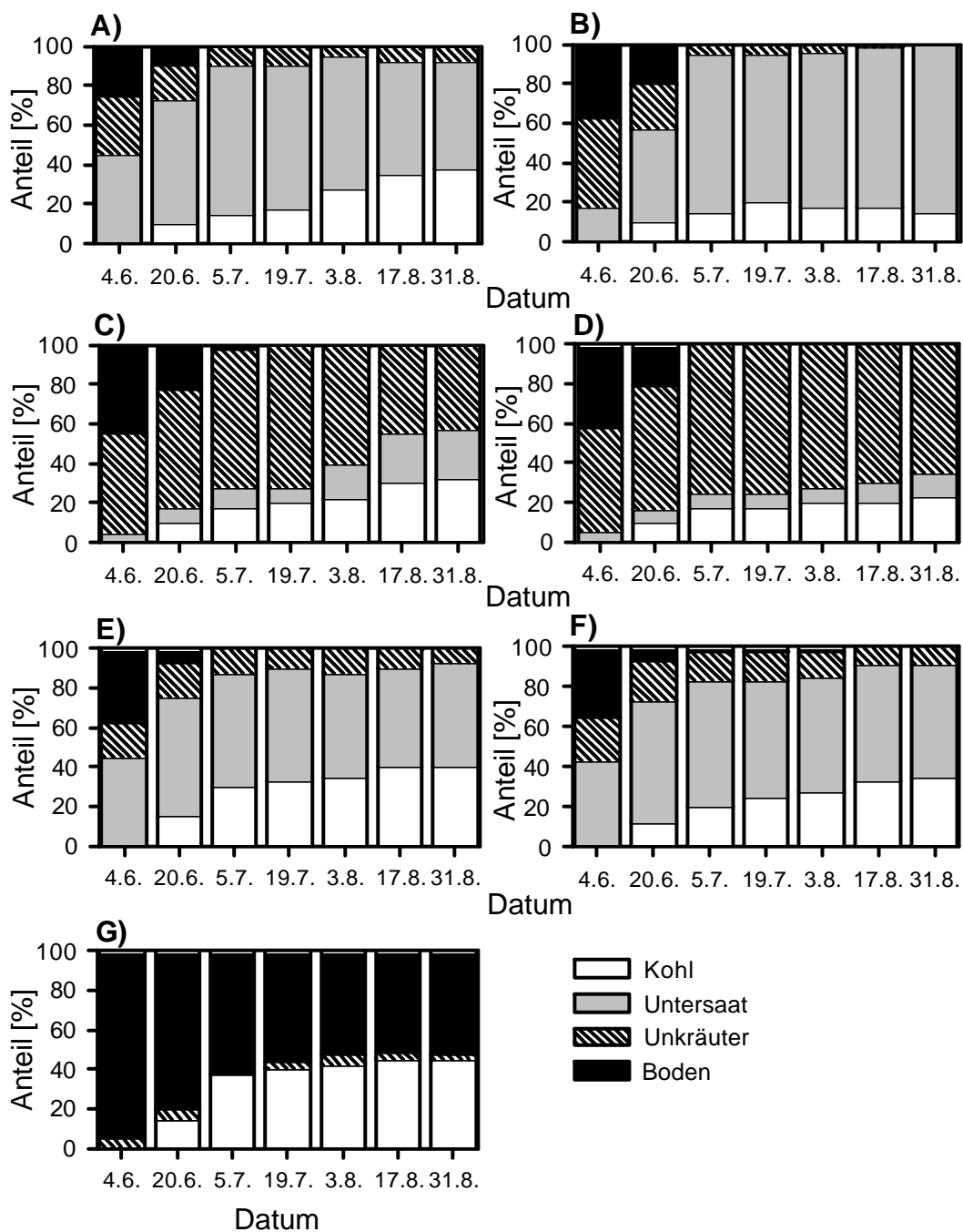


Abb. 5: Flächendeckung verschiedener Untersaaten, der Unkräuter und des Weißkohls (Sorte Minicole) in Hannover 1996; Untersaatvarianten: A) Erdklee (*Trifolium subterraneum*), B) Ringelblume (*Calendula officinalis*), C) Kümmel (*Carum carvi*), D) Hopfenklee (*Medicago lupulina*) E) Hornklee (*Lotus corniculatus*), F) Kamille (*Matricaria recutita*), G) Kontrolle

Tab. 8: Kopfgewichte des Weißkohls in den verschiedenen Untersaaten in Hannover 1996, SF = Standardfehler

Untersaat	Kopfgewicht Weißkohl	SF
Erdklee (<i>Trifolium subterraneum</i>)	1058,834	36,553
Ringelblume (<i>Calendula officinalis</i>)	118,713	56,800
Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	543,506	47,706
Hopfenklee (<i>Medicago lupulina</i>)	488,651	167,568
Hornklee (<i>Lotus corniculatus</i>)	1171,667	167,167
Kamille (<i>Chamomilla recutita</i>)	626,750	40,050
Kontrolle	1771,514	454,333

Tab. 9: Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung (Krauten und Mahd in Untersaaten, Hacken in der Kontrolle) über den gesamten Versuchszeitraum in Hannover 1996, hochgerechnet auf Arbeitsstunden / ha, T.s. = *Trifolium subterraneum*, C.o. = *Calendula officinalis*, C.c. = *Carum carvi*, M.l. = *Medicago lupulina*, L.c. = *Lotus corniculatus*, M.r. = *Matricaria recutita*, in den mit * gekennzeichneten Varianten wurde nach dem 2. Krauten die Verunkrautung zugelassen, da nicht mehr bekämpfbar

Standort	Arbeitsstunden / ha in den Varianten						
	T.s.	C.o.	C.c.*	M.l.*	L.c.	M.r.	Kontrolle
Hannover	2211,9	2340,5	2726,3	3240,7	3755,1	4784,0	1543,2

1998 wurde am Standort Hannover die Eignung von Mischuntersaaten aus verschiedenen Pflanzenarten zur Unkrautunterdrückung untersucht (Abb. 6). Mischuntersaaten führten, verglichen mit der Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum*), nicht zu einer verbesserten Unkrautunterdrückung. Mischung 1 bestand aus gleichen Mengenanteilen Kalifornischer Mohn (*Eschscholzia californica*), Kümmel (*Carum carvi*), Persischer Klee (*Trifolium resupinatum*) und Erdklee (*Trifolium subterraneum*). Mischung 2 bestand aus gleichen Mengenanteilen Zottelwicke (*Vicia villosa*), Bockshornklee (*Trigonella foenum-graecum*), Hornklee (*Lotus corniculatus*) und Erdklee (*T. subterraneum*). Das Unkrautauftreten in der reinen Erdkleeuntersaat war geringer als in den beiden untersuchten Mischungen. Signifikante Unterschiede im Auftreten der Unkräuter wurden aber nur am 5.8. zur Mischung 2 beobachtet (Tab. 11). Die Flächendeckung der Unkräuter in der Kontrolle, war, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, im gesamten Versuchszeitraum signifikant geringer als in den Untersaatvarianten (Tab. 11). In der Flächendeckung der Untersaaten bestanden keine signifikanten Unterschiede in den Varianten, wohl aber in der Flächendeckung der Kohlpflanzen (Flächendeckung Untersaat: df=2; F=1,441; p=0,286; Flächendeckung Kohl df=3; F=12,180; p=0,001). Die dominierenden Unkrautarten waren in allen

Untersaaten die Franzosenkrautarten *Galinsoga parviflora* und *G. ciliata*. Von den übrigen Unkräutern erreichte nur die Kleine Brennessel (*Urtica urens*) in Mischung 1 höhere Dichten. Das Kopfgewicht in der Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum*) war gegenüber den Mischuntersaaten signifikant erhöht, jedoch nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrolle (Tab. 12).

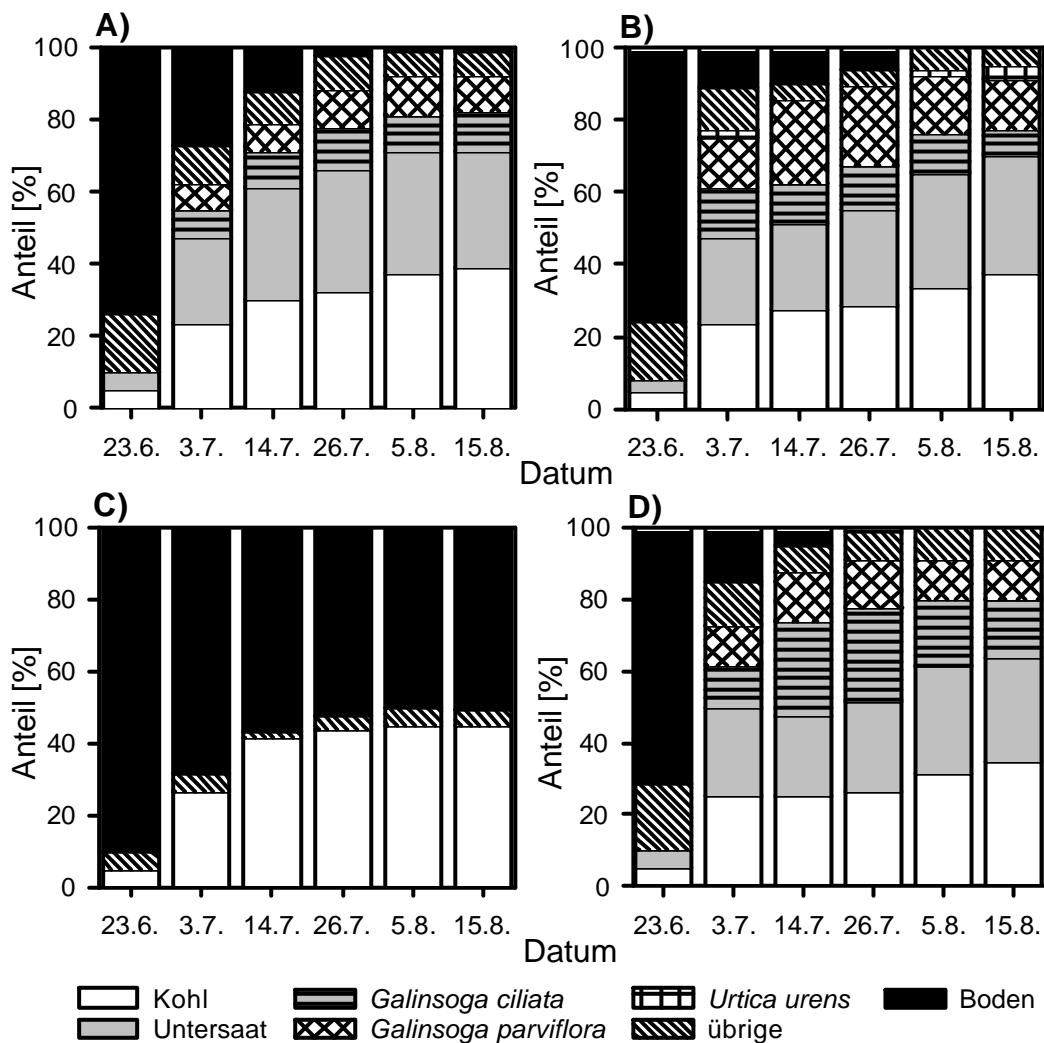


Abb. 6: Flächendeckung von Weißkohl (Sorte Minicole), Untersaat und Unkräutern in Versuchen mit Mischuntersaaten in Hannover 1998; A) Erdkleeuntersaat (*T. subterraneum*) zum Vergleich, B) Mischung 1: *Eschscholzia californica*, *Carum carvi*, *Trifolium resupinatum*, *T. subterraneum*; D) Mischung 2: *Vicia villosa*, *Trigonella foenum-graecum*, *Lotus corniculatus*, *T. subterraneum*; C) Kontrolle; Aussaat aller Untersaaten in Doppelreihen zur Pflanzung des Kohls

Tab. 10: RM-ANOVA zur Flächendeckung der Unkräuter in den Versuchsvarianten in Hannover 1996

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	1,812	3	21,236	< 0,001
	Datum	0,350	5	19,398	< 0,001
	Var x Datum	0,168	15	3,100	< 0,001
	Error	0,217	60		

Tab. 11: Tukey-Tests nach ANOVA (7.6.: df = 3; F = 39,821; p < 0,001; 7.8.: df = 3; F = 150,145; p < 0,001; 1.8.: df = 3; F = 71,299; p < 0,001; 15.8.: df = 3; F = 32,187; p < 0,001) zum Auftreten von Unkräutern in den Versuchsvarianten am Standort Hannover Hannover

3.7.	T.s.	Mix 1	Mix 2	Kont.	14.7.	T.s.	Mix 1	Mix 2	Kont.
T.s.	1.000				T.s.	1.000			
Mix 1	1.000	1.000			Mix 1	0.534	1.000		
Mix 2	0.398	0.398	1.000		Mix 2	0.167	0.824	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.131	0.012	0.003	1.000

26.7.	T.s.	Mix 1	Mix 2	Kont.	5.8.	T.s.	Mix 1	Mix 2	Kont.
T.s.	1.000				T.s.	1.000			
Mix 1	0.686	1.000			Mix 1	0.138	1.000		
Mix 2	0.139	0.616	1.000		Mix 2	0.043	0.900	1.000	
Kontrolle	0.013	0.002	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000

Tab. 12: Kopfgewichte des Weißkohls in den verschiedenen Varianten im Mischuntersaatenversuch 1998, Tukey-Test nach ANOVA(df = 3; F = 19,089; p < 0,001), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, SF = Standardfehler

Untersaat	Kopfgewicht Weißkohl	SF	
Erdklee (<i>Trifolium subterraneum</i>)	947,192	42,744	A
Mischung 1	599,343	76,325	B
Mischung 2	563,875	42,926	B
Kontrolle	1192,142	96,342	A

Tab. 13: Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung (Hacken, Krauten und Mahd in Untersaaten, Hacken in der Kontrolle) über den gesamten Versuchszeitraum an den Standorten Hannover und Hötzum 1996, hochgerechnet auf Arbeitsstunden / ha

Standort	Arbeitsstunden / ha in den Varianten			
	Mischung 1	Mischung 2	<i>T. subterraneum</i>	Kontrolle
Hannover	776,0	888,6	394,9	387,9

Die in Hannover 1996 in beiden Versuchen flächig ausgebrachte Untersaat erwies sich insofern als nachteilig, als daß vor der ersten Mahd die Unkräuter zeitaufwendig per Hand gezogen werden mußten und die Arbeitsstunden/ ha dadurch viel höher als in der Kohlereinkultur wurden (Tab. 6, Tab. 9). Bei Reihenuntersaaten (Hötzum 1996,

Hannover 1998) konnte zur Unkrautbekämpfung vor der ersten Mahd gehackt werden, wodurch die Arbeitsstunden / ha zumindest in Kleeuntersaaten gegenüber der Reinkultur nicht erhöht waren (Tab. 13, Tab. 14, Tab.16).

4.3.1.2 Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat

Im Jahr 1997 wurden mit Erdklee (*T. subterraneum*) als Untersaat die Auswirkungen unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte auf das Unkrautkommen untersucht. Im Gegensatz zum vorangegangenen Versuchsjahr traten aber 1997 Unkräuter sowohl in Hannover als auch in Hötzum nur in sehr geringen Dichten auf. Ihre Flächendeckung betrug an beiden Standorten unter 5%, so daß Auswirkungen unterschiedlicher Aussaattermine auf die Entwicklung der Unkräuter nicht erkennbar waren. Die für Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung erforderliche Arbeitszeit war in allen Varianten vergleichbar, von der Reinkultur zu den frühen Untersaaten allerdings etwas vermindert (Tab. 14).

Tab. 14: Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung (Kräuten und Mahd in Untersaaten, Hacken in der Kontrolle) über den gesamten Versuchszeitraum an den Standorten Hannover und Hötzum 1997, hochgerechnet auf Arbeitsstunden / ha; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls; gleichzeitig = Aussaat des Klees mit der Pflanzung des Kohls; nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls

Standort	Arbeitsstunden / ha in den Varianten			
	zuvor	gleichzeitig	nachher	Kontrolle
Hannover	344,0	350,5	363,8	363,8
Hötzum	148,2	152,8	162,0	162,0

1998 wurden Versuche zur Eignung unterschiedlicher Weißkohlsorten für die Untersaatkultur an den Standorten Hötzum und Ruthe durchgeführt. Die Untersaaten (*Trifolium subterraneum*) wurden dabei zeitgleich mit der Pflanzung des Kohls ausgesät, da sich dies bezüglich Schadinsektenbefall und Arbeitsaufwand am günstigsten erwies. Bei diesen 1998 durchgeführten Versuchen betrug der Unkrautanteil an der Flächendeckung in Hötzum über den gesamten Versuchszeitraum in allen Varianten unter 5%. Anders war dies im gleichen Jahr am Standort Ruthe. Hier erreichten die Unkräuter in den Untersaatvarianten Anteile an der Flächendeckung bis 20%, in den Kontrollen dagegen nur bis 8%. Zwischen den Untersaatvarianten mit unterschiedlichen Kohlsorten bestanden weder in der Flächendeckung des Klees noch in der Flächendeckung des Unkrauts signifikante Unterschiede (Flächendeckung

Untersaat: $df=3$; $F=0,303$; $p=0,823$; Flächendeckung Unkräuter $df=3$; $F=0,602$; $p=0,621$). Gleiches galt für die Unkräuter in den Kontrollen (Flächendeckung Unkräuter $df=3$; $F=0,191$, $p=0,901$), weshalb für den Vergleich die gesamten Untersaatvarianten allen Kontrollen gegenübergestellt wurden (Abb. 7). Die Flächendeckung der Unkräuter erwies sich in der Untersaatkultur als signifikant höher als in der Kontrolle (Tab. 15). Unter den Unkräutern dominierte die Kleine Brennessel (*Urtica urens*). Beide Franzosenkrautarten (*Galinsoga spec.*) fehlten an diesem Standort.

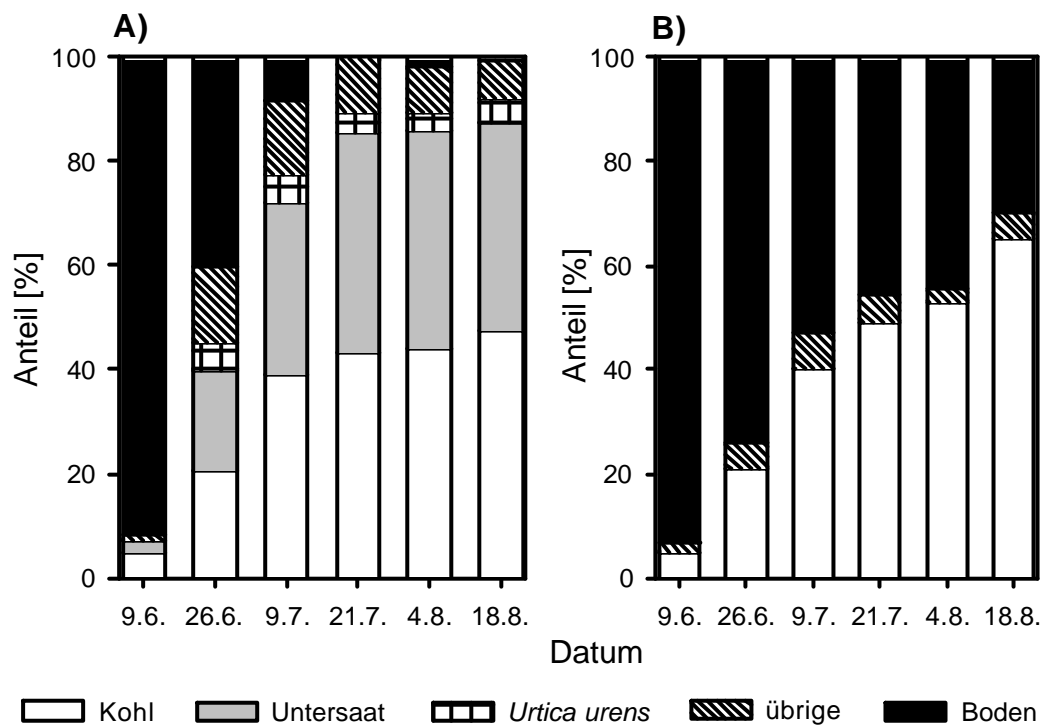


Abb. 7: Flächendeckung von Kohl, Untersaat und Unkräutern in den Versuchen mit verschiedenen Weißkohlsorten in Ruthe 1998; Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum*) gesät in Doppelreihen zur Pflanzung des Kohls

Tab. 15: RM-ANOVA zur Flächendeckung der Unkräuter in Untersaat und Kontrolle in Ruthe 1998

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,599	1	128,714	0,000
	Datum	0,552	4	75,374	0,000
	Var x Datum	0,213	4	29,107	0,000
	Error	0,337	148		

Tab. 16: Arbeitszeit für Pflegemaßnahmen zur Unkrautbekämpfung (Krauten und Mahd in Untersaaten, Hacken in der Kontrolle) über den gesamten Versuchszeitraum an den Standorten Ruthe und Hötzum 1998, hochgerechnet auf Arbeitsstunden / ha

Standort	Arbeitsstunden / ha in den Varianten	
	Untersaat	Kontrolle
Ruthe	396,8	492,0
Hötzum	277,8	277,8

4.3.2 Schadinsekten in der Untersaat

In den Versuchen mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen (1996), mit unterschiedlichen Aussaatterminen für die Untersaat (1997) und mit unterschiedlichen Kohlsorten (1998) wurden die in den Kleeuntersaaten auftretenden Schaderreger erfaßt. Unter diesem Punkt wurden zwei verschiedene Schadinsektengruppen gesondert betrachtet. Herbivorenbefall an den Kleeuntersaaten selbst wurde aufgenommen, da diese Arten auch Nutzpflanzen aus der Familie Fabaceae schädigen. Die auftretenden Brassicaceen-Unkräuter (*Capsella bursa-pastoris*, *Rorippa silvestris*, *Sinapis alba* und *Thlaspi arvense*) wurden auf Schaderregerbefall untersucht, da sie potentielle Reservoirs für Schadinsekten und Krankheiten des Kohls darstellen.

4.3.2.1 Schadinsekten am Klee

Von den am Klee beobachteten Arten traten die Gammaeule (*Autographa gamma*), ein Blattrandrüssler (*Sitona lineatus*) und die Grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) mindestens in einem Versuchsjahr häufiger auf. Andere Schadinsekten waren unbedeutend.

Unter diesen am Klee festgestellten Schaderregern war die polyphage Gammaeule (*Autographa gamma*) die einzige Art, die auch den Weißkohl befiel. Diese Art war nur 1996 häufig, trat in diesem Jahr aber an beiden Versuchsstandorten auf. Dabei wurden am Erdklee (*Trifolium subterraneum*) *A. gamma*-Raupen in höheren Anzahlen und über einen längeren Zeitraum hinweg als am Erdbeerklee (*T. fragiferum*) bonitiert (Abb. 8, Tab. 17). Analog dazu war auch der Befall am Weißkohl in der Erdkleevariante signifikant höher als in der Erdbeerkleevariante (vgl. Kap. 1). Raupenfraß an den Kleeuntersaaten war kaum erkennbar und wurde daher nicht bonitiert.

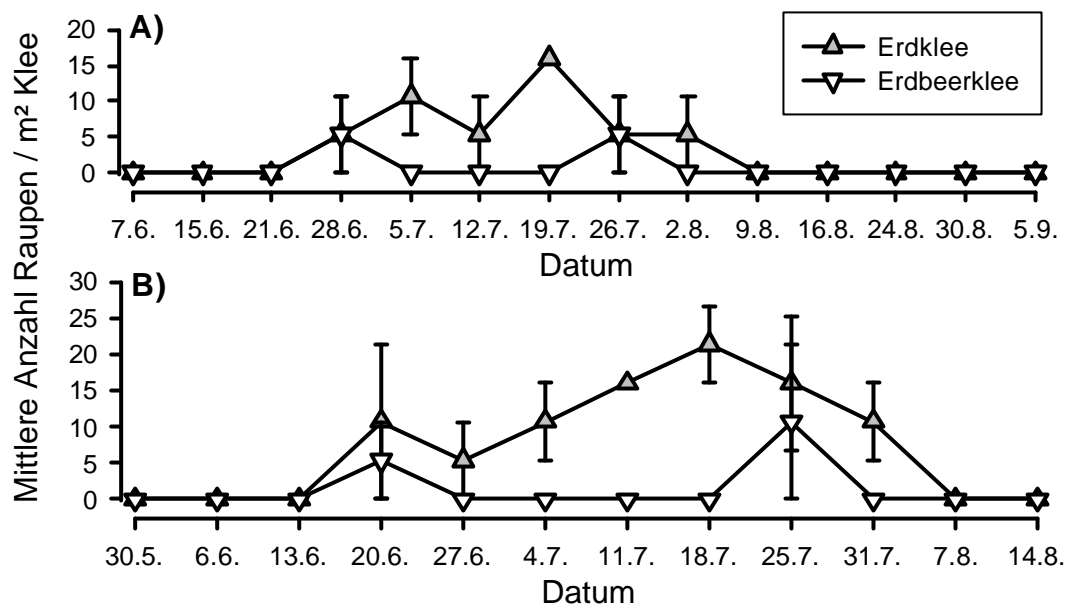


Abb. 8: Populationsdichte der Gammaeule (*Autographa gamma*) in den Kleeuntersaaten in A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 17: RM-ANOVA für die Populationsdynamik von *A. gamma* in Hannover und Hötzum, im Klee nur über die Untersaatvarianten, am Kohl über alle Versuchsvarianten

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,123	1	12,250	0,025
	Datum	0,043	5	0,447	0,810
	Var x Datum	0,103	5	1,079	0,402
	Error	0,380	20		
Hötzum	Var	0,374	1	22,347	0,009
	Datum	0,086	6	0,560	0,758
	Var x Datum	0,130	6	0,843	0,549
	Error	0,615	24		

1996 und 1997 traten am Standort Hötzum Blattrandrüsselkäfer (*Sitona lineatus*, daneben einzelne *S. lepidus*) in größeren Anzahlen in den Kleeuntersaaten auf und verursachten entsprechende Fraßschäden, während am Standort Hannover in beiden Jahren kein Befall beobachtet wurde.

1996 wurden in der Erdbeerkleeuntersaat (*T. fragiferum*) höhere Anzahlen von *S. lineatus* als in der Erdkleeuntersaat (*T. subterraneum*) bonitiert. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. Der Anteil von Blättern mit Fraßschäden waren ebenfalls in der Erdbeerkleeuntersaat (*T. fragiferum*) höher. Dieser Unterschied war signifikant (Abb. 9, Tab. 18).

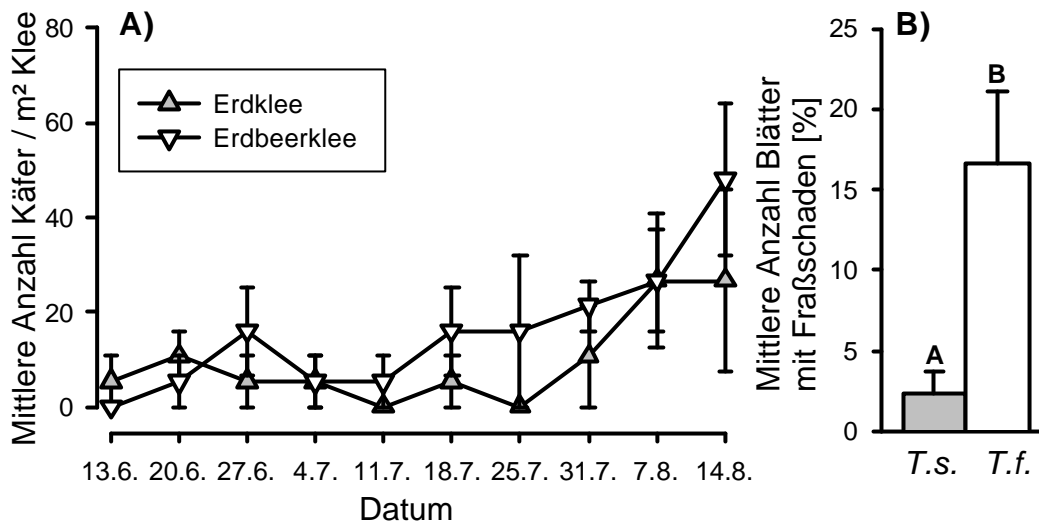


Abb. 9: A) Auftreten von Imagines des Blattrandkäfers *Sitona lineatus* je m² Kleeuntersaat über den Versuchszeitraum in Hötzum 1996 sowie B) Anteil von Blättern mit Fraßschäden durch *Sitona lineatus* an den Kleearten zur letzten Untersaatbonitur am 14.8.; Fraßschäden sind signifikant unterschiedlich (ANOVA df=1; F=9,527; p=0,037), T.s. = Erdklee (*Trifolium subterraneum*); T.f. = Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*)

Tab. 18: RM-ANOVA für das Auftreten von *Sitona lineatus* in den verschiedenen Kleeuntersaaten in Hötzum 1996

Faktor	SS	df	F	P
Var	0,120	1	6,846	0,059
Datum	0,993	9	2,374	0,032
Var x Datum	0,206	9	0,493	0,493
Error	1,674	36		

Bei der 1997 in Hötzum durchgeführten Untersuchung zum günstigsten Aussaatzeitpunkt für die Erdkleeuntersaat (*Trifolium subterraneum*) waren in der 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls gesäten Untersaat zu den meisten Boniturterminen höhere Anzahlen *S. lineatus* als in den übrigen Varianten zu beobachten, während die 2 Wochen nachher gesäte Untersaat bis auf den 24.6. immer die niedrigsten Anzahlen beherbergte (Abb. 10). Diese Unterschiede waren aber nicht signifikant. Für die Fraßschäden zum letzten Boniturtermin fand sich eine entsprechende Abstufung. In diesem Fall ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede (Tab. 19, Tab. 20).

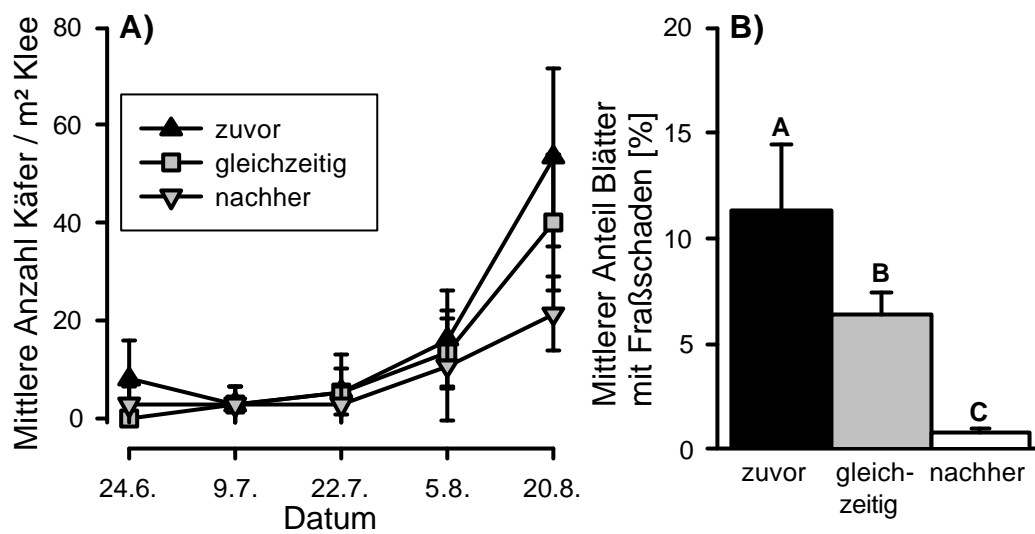


Abb. 10: A) Anzahl Imagines des Blattrandkäfers *Sitona lineatus* je m² Kleeuntersaat über den Versuchszeitraum in Hötzum 1997 und B) Anteil von Blättern mit Fraßschäden durch *Sitona lineatus* an den zu unterschiedlichen Zeiten gesäten Erdkleeuntersaaten (*Trifolium subterraneum*) zur letzten Untersaatbonitur am 20.8.

Tab.19: RM-ANOVA für das Auftreten von *Sitona lineatus* in den zu verschiedenen Zeitpunkten ausgesäten Untersaaten in Hötzum 1997

Faktor	SS	df	F	P
Var	0,143	2	2,267	0,138
Datum	2,410	4	20,503	0,000
Var x Datum	0,156	8	0,663	0,721
Error	1,763	60		

Tab. 20: Tukey-Test nach ANOVA (df=2; F=15,522; p<0,001) für Anteil von Blättern mit Fraßschäden durch *Sitona lineatus* in den zu verschiedenen Zeitpunkten ausgesäten Untersaaten in Hannover und Hötzum 1997

20.8.	2 Wochen vor	Gleichzeitig	2 Wochen nach
2 Wochen vor Pflanzung d. Kohls	1.000		
Gleichzeitig mit Pflanzung d. Kohls	0.046	1.000	
2 Wochen nach Pflanzung d. Kohls	0.000	0.026	1.000

Die Grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) trat sowohl 1996 als auch 1997 an beiden Versuchsstandorten auf. Zwischen den beiden 1996 getesteten Kleeuntersaaten bestanden an beiden Standorten keine signifikanten Unterschiede im Auftreten von *A. pisum*, obwohl an beiden Standorten in der Erdkleevariante (*T. subterraneum*) etwas höhere Anzahlen als in der Erdbeerkleevariante (*T. fragiferum*)

vorhanden waren (Abb. 11, Tab. 21). Der Anteil Alater über den Versuchszeitraum lag im Erdklee an beiden Standorten bei 2,3 %, im Erdbeerkee in Hannover bei 2,2 %, in Hötzum bei 2,0 %.

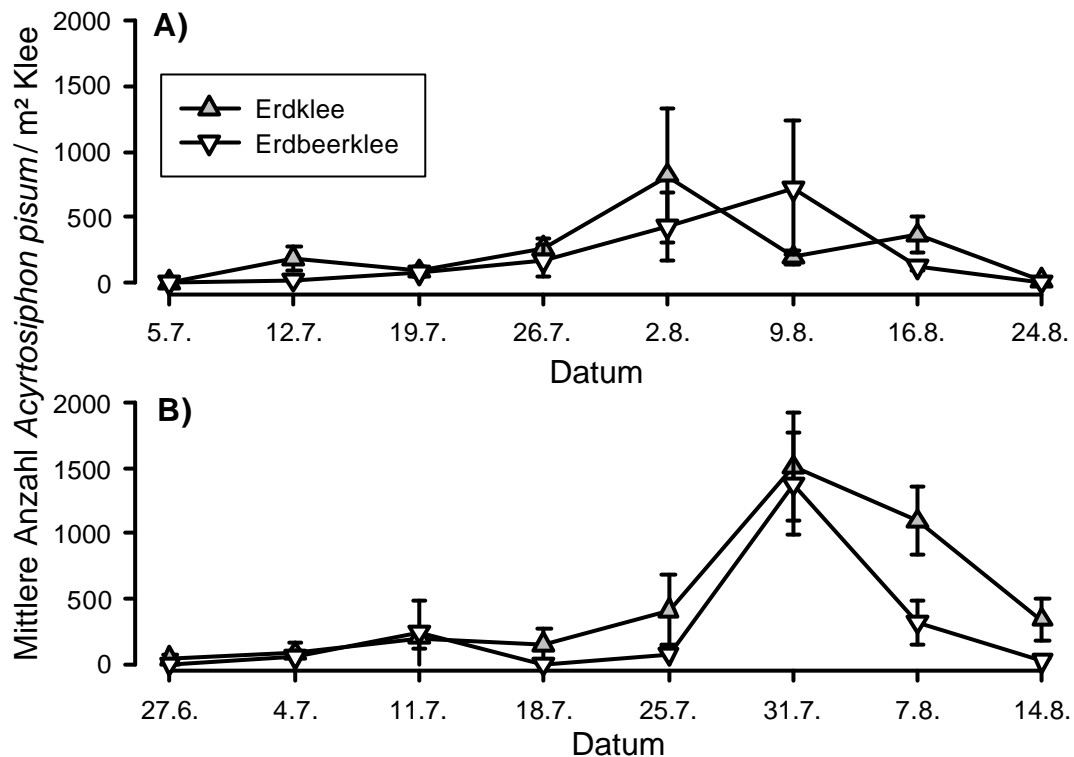


Abb. 11: Befall der Kleeuntersaaten mit der Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) in A) Hannover und B) Hötzum 1996, mittlere Anzahl Blattläuse / m² Kleeuntersaat .

Tab. 21: RM-ANOVA für das Auftreten von *Acyrtosiphon pisum* in den verschiedenen Kleeuntersaaten in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,536	1	2,794	0,170
	Datum	6,354	6	5,737	0,016
	Var x Datum	1,059	6	0,956	0,438
	Error	4,430	24		
Hötzum	Var	92,696	1	5,210	0,085
	Datum	549,308	7	4,111	0,003
	Var x Datum	451,942	7	3,382	0,010
	Error	534,538	28		

Während in der *T. subterraneum* –Untersaat in Hötzum wie in Hannover über 95 % rosafarbene *Acyrtosiphon pisum* beobachtet wurden, überwog an *T. fragiferum* an beiden Standorten mit über 90 % der Tiere eine grüne Morphe von *A. pisum* (Abb. 12).

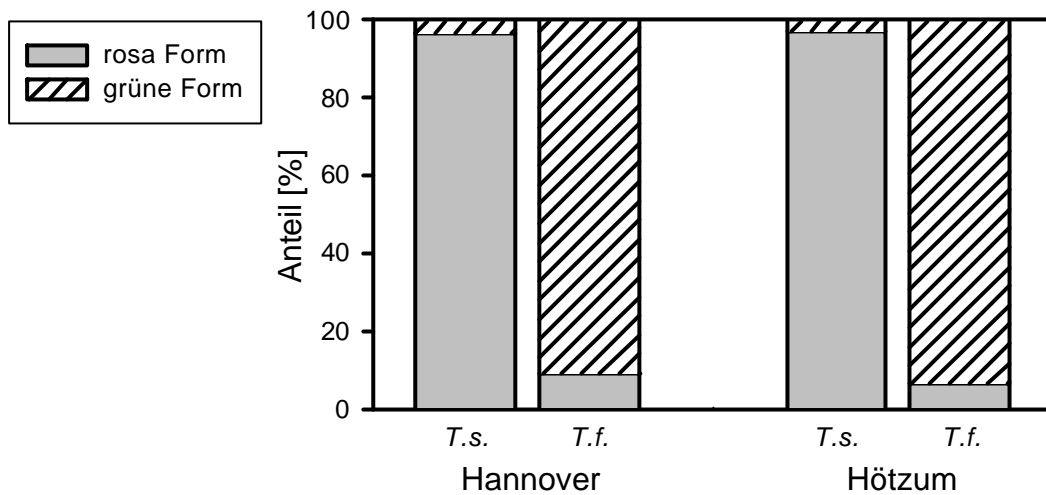


Abb. 12: Prozentuale Anteile der verschiedenen gefärbten Formen an der Gesamtzahl der bonitierten Erbsenblattläuse (*Acyrtosiphon pisum*) in den Erdklee- und Erdbeerkleeuntersaaten in Hannover und Hötzum 1996, T.s. = Erdklee (*Trifolium subterraneum*); T.f. = Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*)

Im Jahr 1997 ergaben sich bei unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten für die Untersaat (*T. subterraneum*) nach RM-ANOVA sowohl in Hannover als auch in Hötzum signifikante Unterschiede im Auftreten von *A. pisum* (Abb. 13, Tab. 22). Post-hoc-Tests (Tukey) nach ANOVA ergaben für Hannover jedoch nur am 25.7. einen signifikanten Unterschied (Tab. 23). Die Blattlausdichte im Klee war zu diesem Datum in der Variante mit Kleeaussaat zur Pflanzung des Kohls gegenüber beiden anderen Untersaaten signifikant erhöht. In Hötzum waren in den ANOVA für einzelne Boniturtermine keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Wie im Vorjahr überwogen in den 1997 ausgebrachten *T. subterraneum* –Untersaaten in Hannover und Hötzum mit Anteilen über 95 % die rosafarbenen Formen von *Acyrtosiphon pisum*.

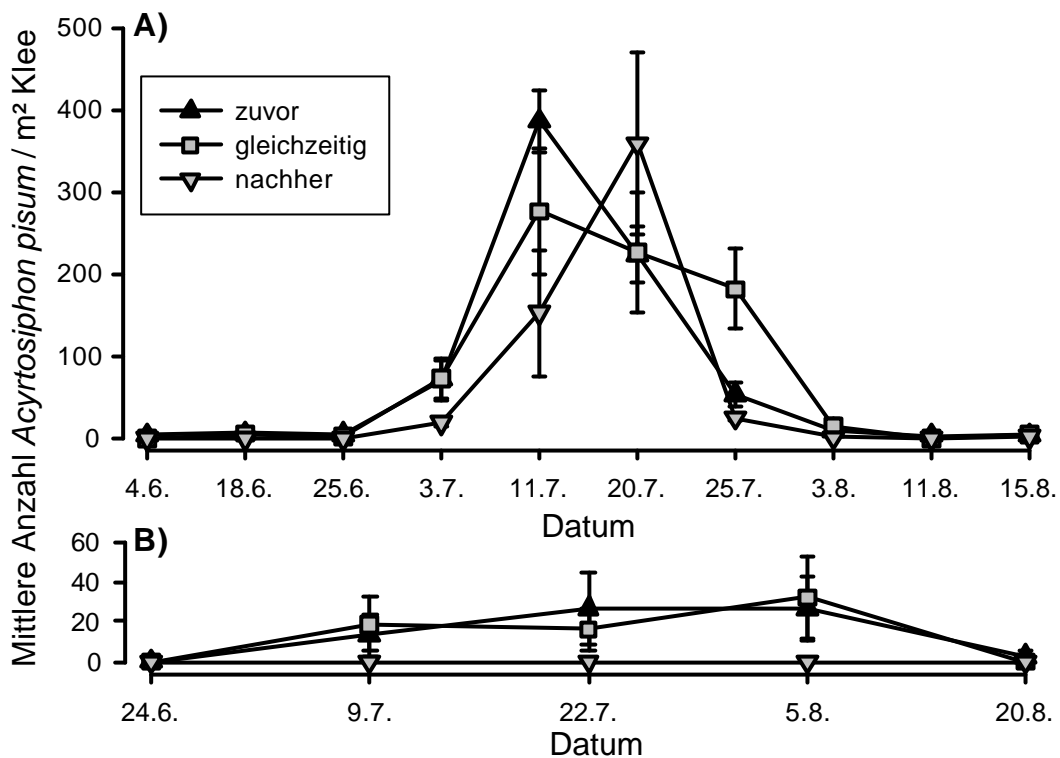


Abb. 13: Auftreten von *Acyrtosiphon pisum* in den zu verschiedenen Zeiten gesäten Erdkleeuntersaaten (*Trifolium subterraneum*) in A) Hannover und B) Hötzum 1997; mittlere Anzahl Blattläuse / m² Kleeuntersaat

Tab. 22: RM-ANOVA für das Auftreten von *Acyrtosiphon pisum* in den zu verschiedenen Zeiten gesäten Erdkleeuntersaaten in Hannover und Hötzum 1997

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,890	2	10,986	0,001
	Datum	34,644	9	98,663	0,000
	Var x Datum	2,219	18	3,159	0,000
	Error	5,267	135		
Hötzum	Var	0,554	2	5,681	0,015
	Datum	0,311	3	1,511	0,224
	Var x Datum	0,180	6	0,439	0,849
	Error	03,082	45		

Tab. 23: Tukey-Tests nach ANOVA an den Standorten Hannover (3.7.: df = 2; F = 3,307; p = 0,065; 11.7.: df = 2; F = 4,240; p = 0,035; 20.7.: df = 2; F = 0,897; p = 0,429; 25.7.: df = 2; F = 12,310; p = 0,001) und Hötzum (9.7.: df = 2; F = 1,119; p = 0,352; 5.8.: df = 2; F = 1,526; p = 0,249) zum Auftreten von *Acyrtosiphon pisum* in den Versuchsvarianten

Han. 3.7.	zuvor	gleich	nach	Han. 11.7.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleich	1.000	1.000		gleich	0.497	1.000	
nach	0.100	0.098	1.000	nach	0.028	0.224	1.000

Han. 20.7.	zuvor	gleich	nach	Han. 25.7.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleich	0.919	1.000		gleich	0.009	1.000	
nach	0.641	0.414	1.000	nach	0.384	0.001	1.000

Höt. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Höt. 5.8.	zuvor	gleich	nach
zuvor	1.000			zuvor	1.000		
gleich	0.955	1.000		gleich	0.998	1.000	
nach	0.513	0.358	1.000	nach	0.301	0.327	1.000

1998 war die Erdkleeuntersaat an beiden Versuchsstandorten Hannover und Ruthe fast vollständig schadinsektenfrei. Nur *Sitona lineatus* wurde an einzelnen Boniturterminen mit Dichten unter 3 Käfer / m² nachgewiesen. Pilzliche Schaderreger fehlten in allen Jahren, abgesehen von leichtem Mehлтаubefall am Erdklee in der Absterbephase desselben.

4.3.2.2 Schadinsekten an Unkräutern der Familie *Brassicaceae*

Wie zuvor dargestellt, konnten die Untersaatkulturen nicht so weitgehend unkrautfrei gehalten werden wie eine Kohlreinkultur auf unbedecktem Boden. Daher erreichten Unkräuter der Familie *Brassicaceae* in Untersaaten höhere Dichten als in der Kontrolle ohne Bodenbedeckung. Unkräuter aus dieser Pflanzenfamilie wurden an allen Versuchsstandorten in allen Jahren von 1996 – 98 festgestellt. Dabei handelte es sich fast ausschließlich um Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*) und Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense*), die in keinem Versuch Schädlingbefall aufwiesen. Allein 1996 traten am Standort Hannover mit Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilder Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*) weitere Arten auf. In der als Kontrolle dienenden Reinkulturvariante und in der Strohmulchvariante fehlten Unkräuter der Familie *Brassicaceae* mit Ausnahme einzelner Jungpflanzen, an denen kein Schädlingbefall festgestellt wurde. In beiden Untersaaten blieben die Anteile aller Brassicaceen-Unkräuter unter 1 % der Flächendeckung. *Sinapis alba* und *Thlaspi arvense* wurden aufgrund des Kleewachstums und der Mahd bis Ende Juli aus den Untersaaten verdrängt und

Rorippa silvestris bis Mitte August, während *Capsella bursa-pastoris* bis zur Ernte in den Untersaaten vorhanden war.

Der Schadinsektenbefall auf den vier verschiedenen Arten war deutlich unterschiedlich. An *C. bursa-pastoris* und *T. arvense* traten über den gesamten Versuchszeitraum keine tierischen Schaderreger auf. Dagegen wurden Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*) und Gelbsenf (*Sinapis alba*) von Kohlerdflöhen (*Ph. undulata*, *Ph. atra*) und Kohlmotte (*Plutella xylostella*) sogar stärker befallen als die Kohlpflanzen in den Untersaatvarianten (Abb. 14, Abb. 15). Die Kohlerdflöhe (*Phyllotreta. undulata*, *P. atra*) erreichten an den Unkräutern *Rorippa palustris* und *Sinapis alba* signifikant höhere Dichten auf als an den Kohlpflanzen der entsprechenden Varianten (Tab. 24, Tab. 25). Entsprechendes galt auch für die Kohlmotte (*P. xylostella*) an *Rorippa silvestris*, während die Populationsdichten an *S. alba* sich von denen am Weißkohl nicht nicht signifikant unterschieden (Tab. 26, Tab. 27). Zwei weitere Arten, Meerrettichblattkäfer (*Phaedon cochleariae*) und Rübsenblattwespe (*Athalia rosae*), die an *R. silvestris* und *S. alba* häufig bonitiert wurden, konnten an den Kohlpflanzen in den Untersaatvarianten nicht beobachtet werden (Abb. 15). Außerdem trat an den beiden genannten Unkräutern mit *P. vittata* eine dritte Kohlerdflohart in vergleichbaren Dichten wie *P. undulata* und *P. atra* auf. Da *P. vittata* am Kohl selbst aber ebenfalls fehlte, wurde für diese Art auf die graphische Darstellung verzichtet.

Andererseits traten verschiedene an den Kohlpflanzen bedeutende Schaderreger nicht an den genannten wilden Brassicaceen auf. Neben *P. xylostella* wurden keine weiteren Schadlepidopteren beobachtet und Befall mit der Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) war ebenfalls nicht festzustellen. An den Wurzeln konnten bei keiner der vier Arten Schäden durch Kohlflye (*Delia radicum*) oder Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) nachgewiesen werden.

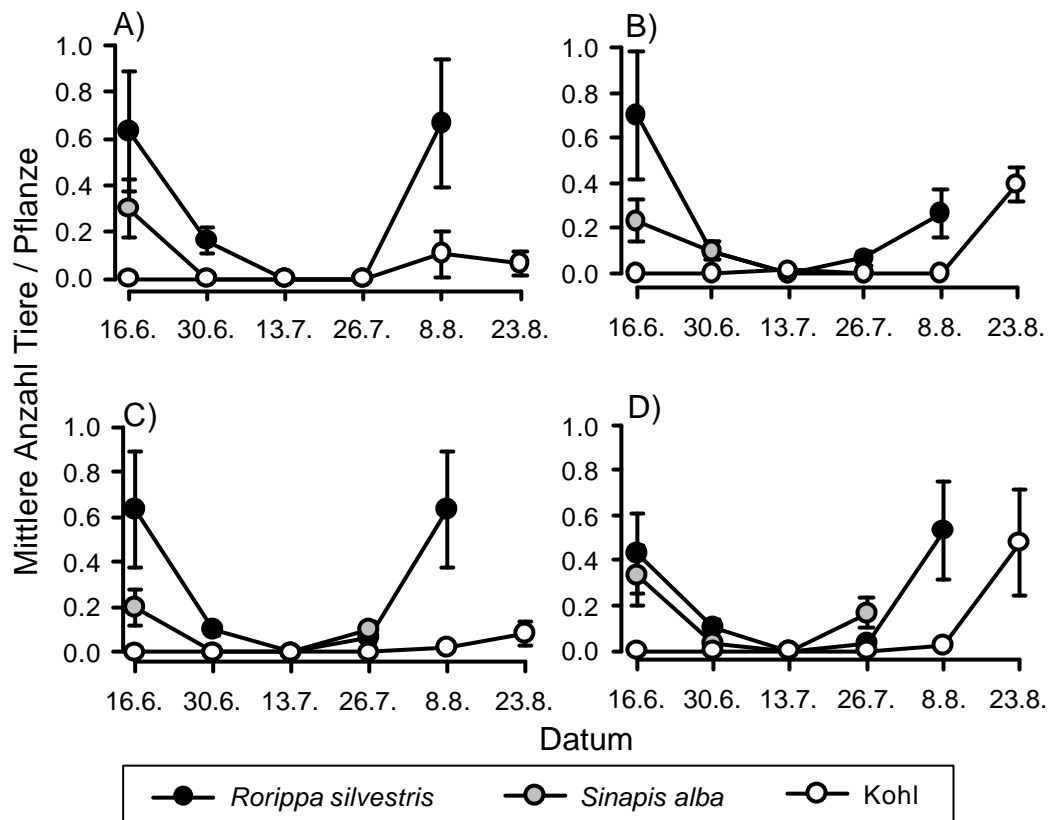


Abb. 14: Auftreten der Kohlerdflöhe *Phyllotreta undulata* und *Ph. atra* an verschiedenen Wirtspflanzen in den Untersaatvarianten, A) *Ph. undulata* in der Erdkleevariante, B) *Ph. atra* in der Erdkleevariante, C) *Ph. undulata* in der Erdbeerkelevariante, D) *Ph. atra* in der Erdbeerkelevariante

Tab. 24: ANOVA für das Auftreten der Kohlerdflöhe *Phyllotreta undulata* und *Ph. atra* an verschiedenen Wirtspflanzen in den Untersaatvarianten in Hannover am 16.6. und 8.8.1996

Datum	Untersaat	Erdflöhart	DF	F	p
16.6.	Erdkleevariante	<i>Ph. undulata</i>	2	9,826	0,002
		<i>Ph. atra</i>	2	19,050	0,000
8.8.	Erdkleevariante	<i>Ph. undulata</i>	1	18,174	0,002
		<i>Ph. atra</i>	1	17,205	0,002
16.6.	Erdbeerkelevariante	<i>Ph. undulata</i>	2	12,318	0,001
		<i>Ph. atra</i>	2	6,116	0,011
8.8.	Erdbeerkelevariante	<i>Ph. undulata</i>	1	14,492	0,003
		<i>Ph. atra</i>	1	5,103	0,047

Tab. 25: Tukey-Tests nach ANOVA für das Auftreten der Kohlerdflöhe *Phyllotreta undulata* und *Ph. atra* an den 3 verschiedenen Wirtspflanzenarten in den Untersaatvarianten am 16.6. 1996, *T.s.* = Erdklee (*Trifolium subterraneum*); *T.f.* = Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*)

Art	<i>T. f.</i> 16.6.	zuvor	gleich	nach	<i>T. s.</i> 16.6.	zuvor	gleich	nach
<i>Phyllotreta undulata</i>	<i>Rorippa silvestris</i>	1.000			<i>Rorippa silvestris</i>	1.000		
	<i>Sinapis alba</i>	0,016	1.000		<i>Sinapis alba</i>	0,110	1.000	
	Weißkohl	0,001	0,236	1.000	Weißkohl	0.001	0,092	1.000
<i>Phyllotreta atra</i>	<i>Rorippa silvestris</i>	1.000			<i>Rorippa silvestris</i>	1.000		
	<i>Sinapis alba</i>	0,572	1.000		<i>Sinapis alba</i>	0,005	1.000	
	Weißkohl	0.010	0.075	1.000	Weißkohl	0.000	0,086	1.000

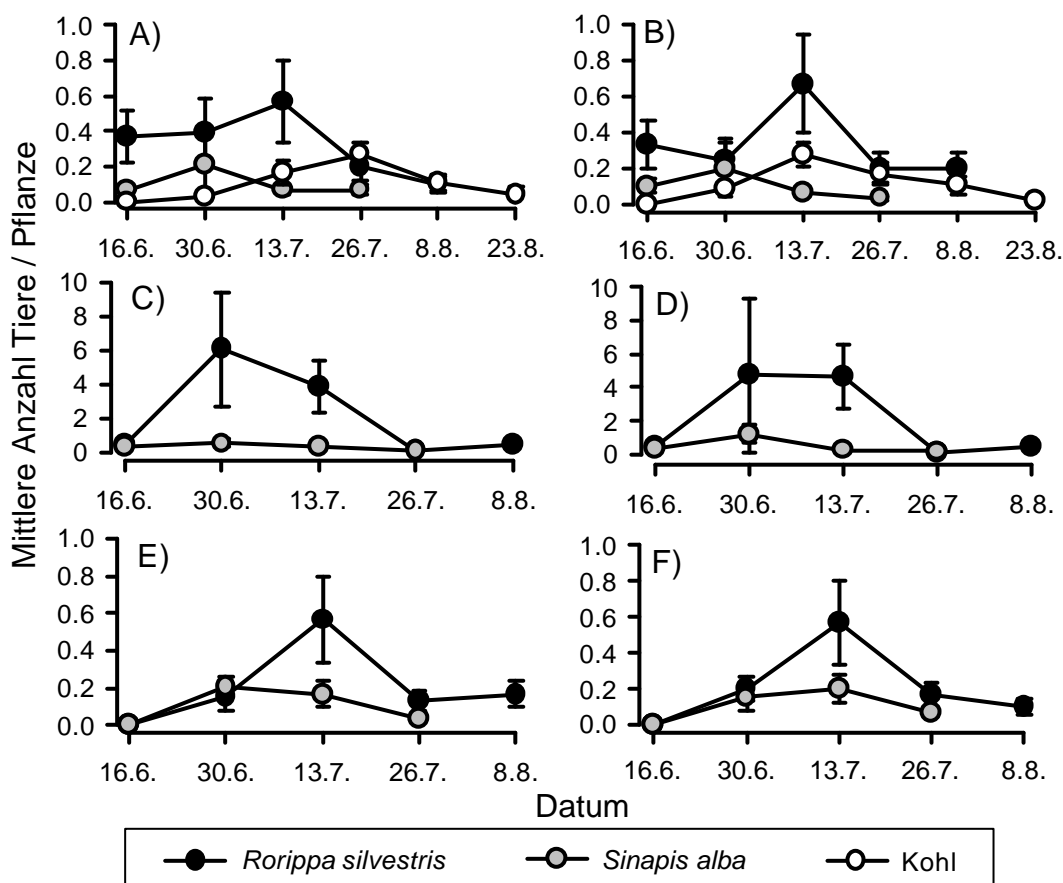


Abb. 15: Auftreten der Kohlmotte (*Plutella xylostella*), des Meerrettichblattkäfers (*Phaedon cochleariae*) und der Rübsenblattwespe (*Athalia rosae*) *Phyllotreta undulata* und *Ph. atra* an verschiedenen Wirtspflanzen in den Untersaatvarianten, A) *P. xylostella* in der Erdkleevariante, B) *P. xylostella* in der Erdkleevariante, C) *Ph. cochleariae* in der Erdbeerkleevariante, D) *Ph. cochleariae* in der Erdbeerkleevariante, C) *A. rosae* in der Erdbeerkleevariante, D) *A. rosae* in der Erdbeerkleevariante; *Ph. cochleariae* und *A. rosae* traten nicht am Weißkohl auf

Tab. 26: RM-ANOVA für das Auftreten von *Plutella xylostella* an den verschiedenen Brassicaceen in den Kleeuntersaaten in Hannover 1996

Variante	Faktor	SS	DF	F	P
Erdbeerklee	Var	0,097	2	11,733	0,001
	Datum	0,055	3	5,857	0,002
	Var x Datum	0,105	6	5,548	0,000
	Error	0,141	45		
Erdklee	Var	0,118	2	13,880	0,000
	Datum	0,040	3	4,116	0,012
	Var x Datum	0,141	6	7,160	0,000
	Error	0,147	45		

Tab. 27: Tukey-Tests nach ANOVA zum Auftreten von *Plutella xylostella* an den 3 verschiedenen Wirtspflanzen (*Rorippa silvestris*, *Sinapis alba*, Weißkohl) in der Erdbeerklee- (*T.fragiferum*) (3.7.: df = 2; F = 3,307; p = 0,065; 11.7.: df = 2; F = 4,240; p = 0,035; 20.7.: df = 2; F = 0,897; p = 0,429; 25.7.: df = 2; F = 12,310; p = 0,001) und Erdkleevariante (*T.subterraneum*) (9.7.: df = 2; F = 1,119; p = 0,352; 5.8.: df = 2; F = 1,526; p = 0,249), *T.f.* = Erdbeerkleevariante, *T.s.* = Erdkleevariante

<i>T. f.</i> 16.6.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl	<i>T. s.</i> 16.6.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl
<i>Rorippa silvestris</i>	1.000			<i>Rorippa silvestris</i>	1.000		
<i>Sinapis alba</i>	0,097	1.000		<i>Sinapis alba</i>	0,014	1.000	
Weißkohl	0,011	0,502	1.000	Weißkohl	0,003	0,6844	1.000
<i>T. f.</i> 13.7.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl	<i>T. s.</i> 13.7.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl
<i>Rorippa silvestris</i>	1.000			<i>Rorippa silvestris</i>	1.000		
<i>Sinapis alba</i>	0,000	1.000		<i>Sinapis alba</i>	0,000	1.000	
Weißkohl	0,005	0,053	1.000	Weißkohl	0,001	0,412	1.000
<i>T. f.</i> 26.7.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl	<i>T. s.</i> 26.7.	<i>R. silv.</i>	<i>S. alb.</i>	Weißkohl
<i>Rorippa silvestris</i>	1.000			<i>Rorippa silvestris</i>	1.000		
<i>Sinapis alba</i>	0,223	1.000		<i>Sinapis alba</i>	0,382	1.000	
Weißkohl	0,961	0,331	1.000	Weißkohl	0,715	0,112	1.000

4.4 Diskussion

4.4.1 Unkräuter

4.4.1.1 Auswirkungen einer Strohmulchauflage und verschiedener Untersaaten auf das Unkrautauflkommen

In Hannover und Hötzum wurden 1996 Versuche mit zwei Untersaaten (*Trifolium subterraneum* und *T. fragiferum*) und einer Strohmulchauflage zur Unkrautunterdrückung durchgeführt. Die Mulchauflage aus Gerstenstroh unterdrückte an beiden Standorten die Unkräuter effektiver als die Untersaaten. HEMBRY & DAVIES (1994) erreichten in Kopfkohl und Blumenkohl durch Ausbringung von Strohmulch ebenfalls eine gute Unkrautunterdrückung, die ab Mitte August etwas nachließ. Kohl als konkurrenzstarke Kultur toleriert jedoch Verunkrautung ab der Mitte der Kulturperiode ohne Ertragsverluste (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993). Strohmulch könnte daher eine Alternative zu chemischer Unkrautbekämpfung im Gemüse darstellen. Der Einsatz von Strohmulch ist aber nicht immer erfolgreich, da im Versuchsverlauf auch höhere Unkrautdichten erreicht werden und Ertragsverluste auftreten können (DAVIES et al. 1993). Hier könnten Zusammenhänge mit dem Abbau des organischen Mulchs bestehen, der im Verlauf der Kulturperiode für Unkräuter leichter zu durchdringen war. Ausfallgetreide im Strohmulch kann ebenfalls zu zusätzlicher Verunkrautung führen, wie in Hannover und Hötzum beobachtet. CRÜGER (1991) empfiehlt die Entfernung von Ausfallgetreide aus nachgebauten Gemüsekulturen, da es sich meist negativ auswirkt. Außerdem könnte der an beiden Standorten beobachtete hohe Schaderregerbefall an der Ausfallgerste für entsprechende Folgekulturen problematisch sein. Strohmulch ist daher nur bedingt zur Unkrautbekämpfung geeignet. Es sollte nur angewendet werden, wenn die im Stroh vorhandenen Mengen an Ausfallgetreide deutlich geringer sind als im vorliegenden Versuch.

Ursache des unterschiedlichen Unkrautauflkommens in Erdklee- (*Trifolium subterraneum*) und Erdbeerkleeuntersaaten (*T. fragiferum*) waren ausgeprägte Unterschiede in Keimungs- und Wachstumsgeschwindigkeit sowie Wuchsform. Neben Umwelteinflüssen hat bei Kleearten und anderen als Futterpflanzen genutzten Fabaceen auch die Saatgröße Einfluß auf das Wachstum der auskeimenden Pflanze. Größere Samen bedeuten aufgrund der höheren gespeicherten Nährstoffmenge schnelleres Wachstum der Jungpflanzen (HUR & NELSON 1985, EVERS 1999). Da die

Unterdrückung von Unkräutern durch Beschattung, Wurzelraum- und Nährstoffkonkurrenz bedingt wird, sind Untersaaten mit schneller Flächendeckung und stärkerem Wachstum geeigneter zur Unkrautunterdrückung als langsam wachsende Arten, wie WERNER (1996) in Mischkulturen von Mais mit verschiedenen Untersaaten zeigte. Dementsprechend wurde 1996 im schneller wachsenden Erdklee (*T. subterraneum*) mit hohem Tausendkorngewicht eine bessere Unkrautunterdrückung erreicht als im langsam wachsenden Erdbeerklee (*T. fragiferum*) mit geringerem Tausendkorngewicht. LNICKI & ENACHE (1992) in New Jersey bestätigten die gute Eignung des Erdklee zur Unterdrückung von Unkräutern in Gemüsekulturen durch Versuche mit Mais, Sojabohnen, Gartenbohnen, Kürbissen, Kopfkohl und Tomaten. In allen Kulturen wurde mit Erdkleeuntersaat der gleiche Grad der Unkrautkontrolle wie bei Herbizideinsatz erreicht. FREULER et al. (1996) beobachteten dagegen in der Schweiz eine Verdrängung der Erdkleeuntersaat durch Unkräuter. BRANDSAETER & NETLAND (1999) untersuchten in Norwegen die Fähigkeit verschiedener Fabaceen zur Unterdrückung von Unkräutern und erzielten mit Zottelwicke (*Vicia villosa*) bessere Resultate als mit Erdklee (*T. subterraneum*). THEUNISSEN & SCHELLING (1996) bezeichneten in den Niederlanden gerade den Erdbeerklee (*T. fragiferum*) als besonders geeignete Untersaat mit guten Eigenschaften bei der Unkrautunterdrückung. Die Konkurrenzfähigkeit einer Untersaat gegenüber Unkräutern hängt also in hohem Maß von den jeweiligen Standortbedingungen ab. Die Eignung einer Untersaat muß daher im lokalen Rahmen bewertet werden. Für die Standorte Hannover und Hötzum am Südrand der Norddeutschen Tiefebene erwies sich der Erdklee (*T. subterraneum*) als eine dem Erdbeerklee (*T. fragiferum*) überlegene Untersaat.

Die besondere Schwierigkeit bei der Unterdrückung von Unkräutern durch Untersaaten ist die Kombination zweier gegensätzlicher Faktoren. Im Idealfall sollte die interspezifische Konkurrenz zwischen Kohl und Untersaat gering und der Kohl dabei der Untersaat überlegen sein. Gleichzeitig sollte die interspezifische Konkurrenz zwischen Untersaat und Unkräutern stark sein und die Unkräuter dabei der Untersaat unterlegen sein. In dem 1996 mit Untersaaten aus unterschiedlichen Pflanzenfamilien durchgeführten Versuch war der Erdklee (*Trifolium subterraneum*) unter Berücksichtigung von Unkrautunterdrückung und Ertrag die geeignetste Untersaat. Allein Hornklee (*Lotus corniculatus*) war in Bezug auf Ertrag und Unkrautunterdrückung annähernd gleich gut geeignet und könnte im Untersuchungsgebiet eine Alternative zur Erdkleeuntersaat darstellen. Die getesteten Asteraceen waren zu konkurrenzkräftig

gegenüber dem Kohl, Kümmel (*Carum carvi*) und Hopfenklee (*Medicago lupulina*) zu konkurrenzschwach gegenüber den Unkräutern. In dem 1998 durchgeführten Versuch mit Mischuntersaaten war der Erdklee (*Trifolium subterraneum*) unter Berücksichtigung von Unkrautunterdrückung und Ertrag eine geeignetere Untersaat als die untersuchten Mischungen. Damit bestätigte sich die besondere Eignung des Erdklee (*T. subterraneum*) als Untersaat unter den klimatischen Bedingungen am Südrand der Norddeutschen Tiefebene.

An Standorten mit hohem Unkrautauflkommen verunkrauteten die Untersaatvarianten in allen Fällen signifikant stärker als die begleitende Kohlereinkultur ohne Bodenbedeckung. Häufiges Hacken ist demnach im Kohlanbau ein effektiveres Mittel der Unkrautbekämpfung als die Anwendung von Untersaaten. Da in Reihenuntersaaten ebenfalls Hacken zur Unkrautregulierung möglich ist und damit die Anzahl der Arbeitsstunden / ha der Reinkultur entspricht, sind sie den flächigen Untersaaten mit der zeitaufwendigeren Unkrautregulierung vorzuziehen.

Als besonders problematische Unkräuter in der Untersaat müssen die Kleine Brennessel (*Urtica urens*) und die Franzosenkrautarten (*Galinsoga spec.*) betrachtet werden, da diese in mehreren Versuchen die Untersaaten durchwachsen konnten und sich als vergleichsweise unempfindlich gegenüber der Mahd erwiesen. Auch MÜLLER-SCHÄRER & POTTER (1991) betrachten die *Galinsoga*-Arten als problematisch, da sie die Untersaat durchwachsen, aber in Untersaatkulturen nicht mechanisch bekämpft werden können. In solchen Fällen empfehlen sie Anwendungen mit für Untersaat und Hauptkultur ungefährlichen Herbiziden. Generell sollten besonders stark unkrautbelastete Flächen, insbesondere mit den genannten Arten, nicht zur Anlage von Untersaatkulturen genutzt werden. Regulierung des Unkrautauflkommens durch Untersaaten ist zwar möglich, jedoch nur bei geringen Dichten in einem Maß, das Herbizidanwendungen oder mechanischer Bekämpfung vergleichbar ist.

4.4.1.2 Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat

1997 war aufgrund geringer Unkrautdichten die Bedeutung unterschiedlicher Aussaattermine der Untersaat für das Unkrautauflkommen nicht zu beurteilen. Nach theoretischen Überlegungen könnten unterschiedliche Aussaattermine für die Untersaaten zu Unterschieden im Unkrautaufltreten führen, da die für die Keimung nötigen klimatischen Bedingungen sich zwischen Arten unterscheiden. Wenn die Flächen aber durch Hacken vorbereitet werden und somit zur Aussaat unkrautfrei sind, sollten sich bei Verwendung einer rasch keimenden Untersaat trotz unterschiedlicher

Aussaatzeitpunkte keine großen Unterschiede im Unkrautauflkommen ergeben. Die an beiden Standorten 1997 nur geringen Unterschiede der Arbeitsstunden / ha in den Varianten deuten ebenfalls darauf hin.

Die 1996 in Hannover durchgeführten Versuche und die 1998 in Hannover und Ruthe durchgeführten Versuche sind aufgrund unterschiedlicher Versuchsjahre und –flächen nicht direkt vergleichbar. Sie zeigen aber, daß eine Regulierung starken Unkrautauflkommens sowohl mit 4 Wochen vor der Pflanzung als auch mit zur Pflanzung gesäter Erdkleeuntersaat möglich ist. Zur Unkrautregulierung ist damit nicht der Zeitpunkt der Einsaat, sondern die Unkrautfreiheit der Versuchsfläche zur Einsaat sowie rasche Keimung und anschließendes Wachstum der Untersaat entscheidend.

4.4.2 Schadinsekten

4.4.2.1 Schadinsekten am Klee

Die in den Kleeuntersaaten aufgetretenen Herbivoren *Autographa gamma*, *Sitona lineatus* und *Acyrtosiphon pisum* sind als Schadinsekten an Erbsen, Saubohnen, Kleearten und Luzerne bekannt. Die polyphage Gammaeule *A. gamma* befällt im Gegensatz zu den oligophagen Fabaceenspezialisten *A. pisum* und *S. lineatus* auch Pflanzen anderer Familien. Im Gemüsebau verursachen diese drei Arten insbesondere in Erbsenkulturen Ertragsverluste und Qualitätseinbußen (CRÜGER 1991, HOFFMANN et al. 1985, FORSTER & WOHLFAHRT 1980).

Nach den 1996 in Hannover und Hötzum erzielten Ergebnissen war der Befall durch *A. gamma* an *T. subterraneum* signifikant höher als an *T. fragiferum*. *A. gamma* ist in Mitteleuropa Sommerzuwanderer aus dem mediterranen Raum (FORSTER & WOHLFAHRT 1980), was die Bevorzugung des ebenfalls mediterranen *T. subterraneum* vor dem mitteleuropäischen *T. fragiferum* erklären könnte. Raupenfraßschäden erschienen an beiden Kleeuntersaaten unbedeutend, könnten aber unterschätzt worden sein, da gekäfigte Tiere im Labor häufig ganze Kleeblätter fraßen. Der Blattrandrüssler *Sitona lineatus* war tendenziell häufiger in der *T. fragiferum*-Untersaat und verursachte dort signifikant höhere Blattschäden, was eine Bevorzugung der mitteleuropäischen Kleeart durch den im selben Raum verbreiteten Herbivoren darstellt. Die beiden Herbivoren *A. gamma* und *S. lineatus* zeigten damit gegensätzliche Präferenzen für die beiden Kleearten. Bei der polyphagen, in Mitteleuropa nur zuwandernden *A. gamma* haben Kleeuntersaaten für den Aufbau hoher Populationen vermutlich geringere Bedeutung

als bei stärker spezialisierten, bodenständigen Herbivoren wie *S. lineatus*. Unter diesem Gesichtspunkt ist der weniger von *S. lineatus* befallene *T. subterraneum* die geeignetere Untersaat.

Die Befallsdichte des dritten Herbivoren *Acyrtosiphon pisum* war 1996 an beiden Kleearten nicht signifikant verschieden. Dennoch ist der Befall in den beiden Varianten möglicherweise nicht gleich zu bewerten, da an *T. subterraneum* eine rote Form und an *T. fragiferum* eine grüne Form dominierte, die sich im Wirtsspektrum unterscheiden könnten. In den 1997 durchgeführten Versuchen mit *Trifolium subterraneum* überwog ebenfalls eine rote Form. Nach MÜLLER (1962), DIXON (1985) und CRÜGER (1991) kommt an der Erbse ausschließlich eine rein grüne Form von *Acyrtosiphon pisum* vor. An Rotklee, Saubohne und Luzerne treten grüne und rote Formen auf. Dabei können rote Klone zum Teil in Abhängigkeit von Umweltbedingungen ergrünen, grüne Klone aber ihre Farbe nicht zu Rot ändern (FRÖHLICH 1962). Damit könnten trotz unterschiedlicher Färbung die gleichen Klone an den verschiedenen Kleearten vorhanden sein. Die an Rotklee, Luzerne und Erbse lebenden Formen entwickeln sich an den jeweils fremden Wirtspflanzen weniger gut (FRÖHLICH 1962, SANDSTRÖM 1994) und die Klone von mehrjährigen Wirten (Rotklee, Luzerne) unterscheiden sich von den an der einjährigen Erbse vorkommenden durch schwächere Vermehrung und geringe Alatenproduktion (BOMMARCO & EKBOM 1996). Bei den Bonituren in den beiden Kleeuntersaaten war der Anteil Alater ähnlich niedrig, was zusammen mit der Wirtsgattung *Trifolium* auf Klone von ausdauernden Wirten hinweist. Beide Untersaaten könnten daher den *A. pisum*-Befall an Futterklee oder Luzerne auf umliegenden Flächen fördern, nicht jedoch den Befall an Erbsen.

In den 1997 durchgeführten Versuchen mit unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten für eine *T. subterraneum*-Untersaat traten in Hötzum *A. pisum* und *S. lineatus* auf. Für beide Arten zeigte sich eine Beziehung zur Flächendeckung der Untersaat mit dem schwächsten Befall in der späten Aussaat, die die geringste Flächendeckung aufwies. In Hannover war *A. pisum* 1997 der einzige bedeutende Schaderreger am Klee. Hier war keine Beziehung des Befalls zu Aussaatzeitpunkt oder Flächendeckung der Untersaat erkennbar. Eine Erklärung bietet die Tatsache, daß sich die Flächendeckung der Untersaaten in Hannover schneller anglich als in Hötzum (vgl. Kap. 2). Eine späte Aussaat der Untersaat kann also den Befall des Klees mit Schaderregern mindern, sie senkt ihn aber nicht immer. Da das Wachstum der Untersaat standort- und witterungsabhängig ist, muß eine konkrete Empfehlung für einen bestimmten

Aussaattermin entfallen. Die späte Aussaat würde außerdem den Zielen des Pflanzenschutzes für den Kohl zuwider laufen, da sie den Schadinsektenbefall am Kohl nur teilweise mindert (vgl. Kap.2).

Zumindest für die Untersuchungsjahre 1996-97 konnte keine stärkere Beeinträchtigung des Klees durch die Schaderreger beobachtet werden. Auffällig waren nur die Schäden durch *Sitona lineatus*. Verglichen mit den in England an Weißklee festgestellten Schäden durch *Sitona spec.*, die von 3 - 62 % geschädigter Blätter reichten (LEWIS & THOMAS 1991), lagen die Schäden in Hötzum 1997 wie auch im Vorjahr im unteren Bereich und haben daher das Kleewachstum wahrscheinlich nicht beeinträchtigt. Schädigung des Klees durch die anderen Schaderreger war an beiden Standorten in beiden Jahren nicht zu erkennen. Kleeuntersaaten können damit weiterhin für Untersaatkulturen genutzt werden. Dabei sollte der Schaderregerbefall an der Untersaat aber beobachtet werden, da weiterer, auch pilzlicher Befall auftreten könnte. Der Anbau anderer Fabaceen sollte nach Möglichkeit nicht räumlich oder zeitlich anschließend erfolgen, da ein Überwecheln von Schaderregern nicht ausgeschlossen werden kann.

4.4.2.2 Schadinsekten an Brassicaceen

Die an allen Versuchsstandorten aufgetretenen Brassicaceen Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*) und Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense*) waren in allen Jahren von 1996 – 98 befallsfrei, was auf geringe Attraktivität oder geringe Wirtseignung dieser Pflanzenarten für die am Kohl lebenden Schaderreger hindeutet.

Sowohl für *Thlaspi arvense* als auch für *Capsella bursa-pastoris* wird geringer Befall in anderen Untersuchungen zumindest für einige Schadinsekten bestätigt. Kohlerdföhe (*Phyllotreta cruciferae*) meiden *Thlaspi arvense* als Futterpflanze (PALANISWAMY et al. 1997). Puppen von *Delia radicum* wurden im Feld an *Thlaspi arvense* nur in geringer Anzahl gefunden. Bei Laborversuchen entwickelten sich an dieser Pflanze nur 2% der Eier zu Puppen, an Kohljungpflanzen aber 38% (FINCH & ACKLEY 1977). *Brevicoryne brassicae* und *Plutella xylostella* können *Thlaspi arvense* als Wirtspflanze nutzen, wobei *B. brassicae* diese Art in Laborversuchen stark befiel (HOMMES 1983, TALEKAR & SHELTON 1993).

Capsella bursa-pastoris kann verschiedenen Schaderregern an Brassicaceen als Wirtspflanze dienen. In Laborexperimenten wurde zwar die Wirtseignung für *Brevicoryne brassicae* und *Plutella xylostella* festgestellt, der Befall aber nicht als stark

beschrieben (HOMMES 1983). *C. bursa-pastoris* gilt auch als Wirt für Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) (CRÜGER 1991). Die Kohlflyge *Delia radicum* tritt an dieser Pflanze im Freiland nicht auf und kann sich auch im Labor an ihr nicht entwickeln (FINCH & ACKLEY 1977).

Die in den Untersaaten verbreitetsten Brassicaceen *Thlaspi arvense* und *Capsella bursa-pastoris* werden damit kaum zum Aufbau hoher Schaderrergerpopulationen in den Untersaaten beitragen, auch wenn sie in Untersaatkulturen in höheren Dichten als in Kohlkulturen ohne Bodenbedeckung auftreten.

An Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilder Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*) traten von den am Kohl beobachteten Herbivoren Kohlerdlöhe (*Phyllotreta atra*, *P. undulata*) und die Kohlmotte (*Plutella xylostella*) auf. Deren Populationsdichten waren zumindest zeitweise signifikant höher als am Kohl, obwohl die Unkräuter wesentlich kleiner und in geringerer Anzahl als die Kohlpflanzen vorhanden waren. Für *Phyllotreta atra*, *P. undulata* und *Plutella xylostella* besitzen *Sinapis alba* und *Rorippa silvestris* daher gegenüber der Kulturpflanze erhöhte Attraktivität. Als Ursache dafür sind höhere Glucosinolatgehalte anzunehmen, wie für *Phyllotreta cruciferae* beschrieben (ALTIERI & SCHMIDT 1986). Zwei weitere an *Sinapis alba* und *Rorippa silvestris* häufige Arten, der Meerrettichblattkäfer (*Phaedon cochleariae*) und die Rübsenblattwespe (*Athalia rosae*), fehlten am Kohl. Das hängt möglicherweise damit zusammen, daß diese Herbivoren weichblättrige Formen wie Chinakohl, Meerrettich und Senf bevorzugen (CRÜGER 1991, KIENEGGER & FINCH 1997).

Über die Wirtseignung von *Rorippa silvestris* für die an Kohl auftretenden Herbivoren wurden keine Literaturangaben gefunden. *Sinapis alba* stellt für *Brevicoryne brassicae* und *Plutella xylostella* eine geeignete Wirtspflanze dar (KLOEN & ALTIERI 1990, TALEKAR & SHELTON 1993). Der mit *Sinapis alba* verwandte Ackersenf *S. arvensis* ist Wirt von *Plasmodiophora brassicae* (CRÜGER 1991). *Sinapis arvensis* erbrachte im Freiland nur einzelne Puppen der Kohlflyge *D. radicum*. Im Labor entwickelten sich an *Sinapis arvensis* und *S. alba* nur 2% der Eier zu Puppen im Gegensatz zu 38% an Kohl (FINCH & ACKLEY 1977). *Sinapis alba* ist für Kohlerdlöhe (*Phyllotreta cruciferae*) eine fast ebenso geeignete Wirtspflanze wie *Brassica*-Arten, gemessen an Überlebensrate, Körpergewicht und Körperfettgehalt (PALANISWAMY et al. 1997). *Sinapis alba* und *Rorippa silvestris* müssen nach dem hier beobachteten Befall und den obigen Literaturangaben eine hohe Attraktivität für einige Schadinsekten besitzen.

Da Brassicaceen in Hannover 1996 in den Untersaaten mit 4 gegenüber dem Klee konkurrenzschwachen Arten in geringen Dichten vertreten waren, von denen nur 2 Arten für Schadinsekten attraktiv waren, verursachten sie keine phytopathologischen Probleme. Auf Untersaatflächen mit hohen Dichten von *Sinapis arvensis*, *S. alba* oder *Rorippa silvestris* könnten sich allerdings hohe Schadinsektenpopulationen an diesen Unkräutern aufbauen. Diese Brassicaceen wurden aber aus den durch Mahd gepflegten Untersaaten im Versuchsverlauf verdrängt. Unter Umständen können die an Unkräutern aufgebauten Schadinsektenpopulationen in solchen Situationen auf den Kohl übergehen.

Einen vergleichbaren Fall beobachteten SRINIVASIN & MOORTHY (1991) in der Mischkultur von Kopfkohl und Indischem Senf (*Brassica juncea*). Die jungen Senfpflanzen waren für die Kohlmotte *Plutella xylostella* attraktiver als der Kohl in der Mischkultur. Während der Kohl in der Mischkultur keinen oder geringen Befall aufwies, entsprach der Befall des Senfs in der Mischkultur dem Befall des Kohls in der Reinkultur. Mit Blühbeginn bildete der Senf keine frischen Blätter mehr und wurde dadurch für *Plutella xylostella* ungeeignet. Der Befall des Kohls in der Mischkultur durch *P. xylostella* stieg darauf an und erreichte dasselbe Niveau wie der Befall des Kohls in der Reinkultur.

SCHELLHORN & SORK (1997) stellten an Kohl in der Mischkultur mit Brassicaceen-Unkräutern höhere Dichten von Kohlerdflohen (*Phyllotreta cruciferae*) und zeitweise auch höhere Dichten der Kohlmotte (*Plutella xylostella*) fest als an Kohl in der Mischkultur mit Unkräutern aus anderen Pflanzenfamilien. Demnach kann eine erhöhte Anzahl von mit der Kulturpflanze verwandten Unkräutern auf einer Fläche durchaus zu höherem Befall der Kulturpflanze führen.

Flächen mit hohen Dichten von Brassicaceen in der Unkrautflora sind aus diesem Grund nur bedingt zur Anlage von Untersaatkulturen im Kohlanbau geeignet. Hier muß berücksichtigt werden, welche Arten auftreten. Bei geringen Dichten von Brassicaceen in der Unkrautflora ist jedoch keine besondere Berücksichtigung derselben erforderlich. Eine dichtwachsende Untersaat wie der Erdklee (*T. subterraneum*) die zur Unkrauteindämmung gemäht wird, führt zur Verdrängung dieser Unkräuter.

4.5 Literatur

- ALTIERI, M.A. & SCHMIDT, L.L. (1986): Population trends of flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) in collard-wild mustard mixtures. *Crop Protection* 5, 170-175.
- BOMMARCO L.O. & NETLAND, J. (1996): Variation in pea aphid population development in three different habitats. *Ecological Entomology* 21, 235-240.
- BRANDSAETER L.O. & NETLAND, J. (1999): Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: I. Field experiments. *Crop Science* 39, 1369-1379.
- CRÜGER, G. (1991): *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. 3. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- DAVIES, D.H.K., DRYSDALE, A., MCKINLAY, R.J. & DENT, J.B. (1993): Novel approaches to mulches for weed control in vegetables. 271-276. In: Proceedings of a conference on crop protection in northern Britain. Dundee, UK, 23.-25.3.1993 Scottish Crop Research Institute.
- DIXON, A.F.G. (1985): *Aphid ecology*. Glasgow und London, Blackie & Son Ltd.
- EVERS, G.W. (1999): Seedling growth comparison of arrowleaf, crimson, rose and subterranean clovers. *Crop Science* 39, 433-440.
- FINCH, S. & ACKLEY, C.M. (1977): Cultivated and wild host plants supporting populations of the cabbage root fly. *Annals of Applied Biology* 85 (1), 13-22.
- FRÖHLICH, G. (1962): Das Verhalten der Grünen Erbsenblattlaus *Acyrtosiphon pisum* (Harris) gegenüber verschiedenen Wirtspflanzen und Temperaturveränderungen. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 51, 55-68.
- FORSTER, W. & WOHLFAHRT, T.A. (1980): *Die Schmetterlinge Mitteleuropas: Band IV: Eulen (Noctuidae)*. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung.
- FREULER, J., MEYER, H., PIGNON, P., LINIGER, C. (1996): Undersowing cabbage and leek plants with clover during 1994 and 1995. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 107.
- Hartl, W. (1989): Influence of undersown clovers on weeds and on the yield of winter

- wheat in organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 27, 389-396
- Hembry, J.K. & Davies, J.S. (1994): Using mulches for weed control and preventing leaching of nitrogen fertiliser. *Acta Horticulturae* 371, 311-317.
- HUR, S.N. & NELSON, C.J. (1985): Cotyledon and leaf development associated with seedling vigor of six forage legumes. 374-376. In: Proceedings of the International Grasslands Congress. Kyoto, Japan. 24.-31.8. 1985. Science Council of Japan, Nishi-nasumo, Japan.
- HOFFMANN, G. M., NIENHAUS, F., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C. & WILBERT, H. (1985): *Lehrbuch der Phytomedizin* 2. Aufl. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey
- HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 213.
- ILNICKI, R.D. & ENACHE, A.J. (1992): Subterranean clover living mulch: an alternative method of weed control. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 40, 249-264.
- KIENEGGER, M. & FINCH, S. (1997): A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 84, 165-172.
- LEWIS, G.C. & THOMAS, B.J. (1991): Incidence and severity of pest and disease damage to white clover foliage at 16 sites in England and Wales. *Annals of Applied Biology* 118, 1-8.
- LIEBMAN, M. & DYCK, E. (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3 (1), 92-122.
- MÜLLER, F.P. (1962) Biotypen und Unterarten der "Erbsenlaus" *Acyrtosiphon pisum* Harris. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 69, 129-136.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & BAUMANN, T. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 401-412.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & POTTER, C. (1991): Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. Brighton Crop Protection Conference, 599-604.
- Palaniswamy, P., Lamb, R.J. & BODNARYK, R.P. (1997): Antibiosis of preferred and

- non-preferred host-plants for the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Canadian Entomologist* 129, 43-49.
- SANDSTRÖM, J. (1994): Performance of pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*) clones on host plants and synthetic diets mimicking the same plants phloem amino acid composition. *Journal of Insect Physiology* 40, 1051-1057.
- SCHELLHORN, N.A. & SORK, V.L. (1997): The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Oecologia* 111, 233-240.
- SRINIVASIN, K. & MOORTHY, P.N. (1991): Indian mustard as a trap crop for management of major lepidopterous pests on cabbage. *Tropical Pest Management* 37(1), 26-32.
- TALEKAR, N.S. & SHELTON, A.M. (1993): Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology* 38, 275-301.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996): Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurrey. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 128-135.
- Vandermeer, J. (1989): *The ecology of intercropping*. Cambridge, Cambridge University Press.
- WERNER, A. (1996): *Die Nutzung zwischenartlicher Konkurrenz in Form von Mischkultursystemen zur biologischen Unkrautbekämpfung in Mais und der Einfluß der Beipflanzen auf die Ertragsbildung der Kulturpflanze*. Diss. Universität Bonn

5 Mechanismen der Schadinsektenreduktion in Untersaatkulturen

5.1 Einleitung

Der zeitlich und räumlich kombinierte Anbau mehrerer Pflanzenarten stellt eine alte, weltweit verbreitete Anbaumethode dar, die als Mischkultur bezeichnet und in der heutigen Zeit hauptsächlich in tropischen Regionen genutzt wird (VANDERMEER 1989). In den gemäßigten Regionen überwiegen aus arbeitstechnischen und Kostengründen Monokulturen, obwohl Mischkulturen verschiedene Vorteile gegenüber Monokulturen aufweisen können. Dazu gehören ein erhöhter Erosionsschutz, die Minderung von Unkrautauflücken, die Reduktion der Nitratauswaschung sowie Senkungen des Schadinsektenbefalls (VANDERMEER 1989, ALTIERI & LETOURNEAU 1982, RSCH et al. 1983, ANDOW 1991). Untersaaten sind eine Sonderform der Mischkultur. In der Untersaatkultur werden auf einer Fläche zeitgleich eine Hauptfrucht und eine niedrigwüchsige Nebenfrucht, die nicht geerntet wird, kombiniert. Für Untersaaten in verschiedenen Gemüsekulturen in gemäßigten Klimabereichen wurden häufig Verminderungen des Schadinsektenbefalls nachgewiesen (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN & SCHELLING 1996a, LEHMHUS et al. 1996). Geringe oder fehlende Wirkungen gegenüber manchen Schadinsekten wurden jedoch ebenfalls beobachtet (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, FINCH & EDMONDS 1994, KLOEN & ALTIERI 1990, LEHMHUS et al. 1996). Um einen gezielten Einsatz der Untersaatkultur mit einer gesicherten Wirkung gegen Schadinsekten im kommerziellen Gemüsebau zu ermöglichen, müssen die Wirkmechanismen identifiziert und erklärt werden (THEUNISSEN 1994b). Als einer der Ersten beschäftigte sich ROOT (1973) mit dieser Fragestellung und formulierte die folgenden zwei Hypothesen:

Feindhypothese:

In stärker diversifizierten Ökosystemen wie Mischkulturen sind die Dichten von natürlichen Gegenspielern der Schadinsekten aufgrund des Vorhandenseins alternativer Beute höher als in Monokulturen. Durch die verglichen mit Monokulturen erhöhten Gegenspielerdichten werden die Schadinsektenpopulationen in Mischkulturen auf niedrigeren Dichten gehalten als in Reinkulturen (ROOT 1973).

Diese Hypothese unterscheidet sich von den übrigen, da der zugrundeliegende Mechanismus im Unterschied zu diesen auf Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Tiergruppen beruht. Sie wird gesondert in Kapitel 5 diskutiert.

Resourcen-Konzentrations-Hypothese:

Spezialisierte Herbivoren werden Standorte mit hoher Wirtspflanzenkonzentration oder fast reinen Beständen eher auffinden als Standorte mit geringer Wirtspflanzenkonzentration. Der Befall durch spezialisierte Herbivoren wird daher in großen oder reinen Beständen von Wirtspflanzen stärker sein (ROOT 1973).

Diese Hypothese beschreibt nur die Auswirkung unterschiedlicher Wirtspflanzendichte, nennt jedoch keinen für die Befallsreduktionen verantwortlichen Mechanismus. Seitdem sind Mechanismen postuliert worden, die zur Minderung des Schadinsektenbefalls führen sollen. Diese sind nachfolgend kurz dargestellt:

Physikalische Barrieren- Hypothese:

Die Wirtspflanze wird durch gleich hohe oder höhere Nichtwirtspflanzen in der Mischkultur von Schadinsekten abgeschirmt. Die Nichtwirtspflanzen fungieren als Barrieren und behindern die Ausbreitungsbewegungen der Schadinsekten im Feld, so daß der Befall in der Mischkultur niedriger als in der Reinkultur bleibt (PERRIN 1977).

Hypothese der optischen Maskierung der Wirtspflanze:

Die Landereaktion eines Schadinsekts wird von der Pflanzenfarbe (MOERICKE 1952) und davon ausgelöst, wie weit die Pflanze in die Flugbahn eines Insekts aufragt (KENNEDY et al. 1961). Jede visuelle Tarnung macht eine Wirtspflanze weniger auffällig für Schaderreger (Feeny 1976). Eine Wirtspflanze wird mit einem grünen Hintergrund von Begleitvegetation daher weniger von Schadinsekten befallen als auf nacktem Boden (SMITH 1976).

Hypothese der Maskierung des Wirtspflanzengeruchs:

Volatile Substanzen von Nichtwirtspflanzen können den Wirtspflanzengeruch so beeinflussen, daß die in Mischkulturen wachsenden Wirtspflanzen schwerer olfaktorisch zu lokalisieren sind und daher weniger von Herbivoren gefunden werden (TAHVANAINEN & ROOT 1972).

Hypothese der Veränderung des Wirtspflanzengeruchs:

In der Mischkultur kann die Wirtspflanze Wurzelexudate von Nichtwirtspflanzen aufnehmen. Ihr Geruchsprofil kann sich dadurch so verändern, daß ihre Attraktivität für spezialisierte Schadinsekten verringert wird (THEUNISSEN 1994b).

In den genannten Hypothesen wurde jeweils die Veränderung eines Parameters beschrieben, die zu einem verringerten Befall in Mischkulturen führen sollte. Anhand der bestehenden Beobachtungen an Mischkulturen mit Kohl entwickelten FINCH & COLLIER (2000) eine generelle Theorie der Wirtswahl von Insekten:

Hypothese der 'appropriate / inappropriate landings' (richtige / falsche Landung):

Die Wirtspflanzensuche verläuft über mehrere Schritte: Olfaktorische Stimuli zeigen dem fliegenden Insekt, daß in der Umgebung Wirtspflanzen vorhanden sind. Grüne Pflanzen sind visuelle Stimuli, das Insekt landet auf einer Pflanze. Landungen auf dem Boden vermeiden Phytophagen nach KOSTAL & FINCH (1994). In einer Reinkultur der Wirtspflanze erfolgen 100% der Landungen auf Wirten. Bei einer Mischkultur wird ein Teil der Landungen auf Nichtwirten stattfinden. Bei Prüfung der Wirtseignung mittels Chemorezeptoren führt die Nichtwirtspflanze nicht zur Eiablage, da keine entsprechenden Stimuli vorhanden sind. Das Insekt fliegt somit wieder auf und das Suchprogramm läuft erneut ab (FINCH & COLLIER 2000).

Weitere Faktoren, die für die Verteilung und die Entwicklung von Insekten Bedeutung haben, sind die Nahrungsqualität der Wirtspflanze und mikroklimatische Umweltbedingungen. Diese Faktoren könnten durch Mischkulturen ebenfalls beeinflußt werden und so zu Unterschieden im Schadinsektenbefall zwischen Misch- und Monokulturen führen.

Bei der Nahrungsqualität für herbivore Insekten spielen der Stickstoffgehalt und hier insbesondere der Gehalt an freien Aminosäuren eine besondere Rolle, da der Stickstoffgehalt der wachstumsbegrenzende Faktor ist (BRODBECK & STRONG 1987). Durch interspezifische Konkurrenz um Nährstoffe könnte die Nahrungsqualität einer Wirtspflanze in Mischkulturen gegenüber Monokulturen verändert sein (ANDOW 1991). Mikroklimatische Unterschiede zwischen Wirtspflanzenstandorten können ebenfalls Auswirkungen auf die Verteilung von Herbivoren haben (BACH 1993). Die dichtereren

Pflanzenbestände in der Mischkultur könnten zu veränderten mikroklimatischen Bedingungen führen. Diese Unterschiede zur Reinkultur von Kohl könnten wiederum die Populationsentwicklung von Schadinsekten beeinflussen.

Während der Jahre 1996 und 1997 wurden die Ansiedlung und die Populationsdynamik der Schadinsekten in Kohlundersaatkulturen erfaßt. Unter dem Aspekt des Verständnisses der Befallsreduktionen in Untersaaten für den praktischen Einsatz ergaben sich für die vorliegende Untersuchung die folgenden Fragestellungen:

Welche der als Ursachen für Befallsreduktionen von Schadinsekten vorgeschlagenen Mechanismen können in der Kohlundersaatkultur tatsächlich festgestellt werden?

Wird die von FINCH & COLLIER (2000) formulierte Hypothese der 'appropriate / inappropriate landings' durch die hier beobachteten Ergebnisse bestätigt?

5.2 Material und Methoden

5.2.1 Freilandversuche

5.2.1.1 Anlage der Freilandversuche

In den Jahren 1996 und 1997 wurden Feldversuche in Weißkohlkulturen (*Brassica oleracea var. capitata* cv. Minicole) zur Auswirkung von Untersaaten auf Schadinsekten und ihre Gegenspieler durchgeführt. Die Anlage der Versuche erfolgte in randomisierten Blockanlagen jeweils an 2 Standorten, einer Fläche des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz in Hannover und einer Fläche der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig in Hötzum.

Im Jahr 1996 wurde die Auswirkung verschiedener Bodenbedeckungen auf die Populationsentwicklung von Schadinsekten untersucht. Als Untersaaten dienten Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geralton) und Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum* cv. Palestine). In einer weiteren Variante wurde eine Strohmulchauflage als Bodenbedeckung verwendet. Die Kontrolle wurde als Kohlereinkultur ohne Bodenbedeckung angelegt (Abb. 1).

2	1	4	3	3	4
4	3	2	1	2	1
2	4	3	1	3	2
3	1	2	4	4	1

Abb. 1: Anlage der Versuchsfläche in Hannover und Hötzum in den Jahren 1996 und 1997; Verteilung der Versuchsvarianten 1996: 1 = Erdkleevariante, 2 = Erdbeerkleevariante, 3 = Strohmulchvariante, 4 = Kontrolle; Verteilung der Versuchsvarianten 1997: 1 = Aussaat 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, 2 = Aussaat gleichzeitig mit Pflanzung, 3 = Aussaat 2 Wochen nach Pflanzung, 4 = Kontrolle

Während des Jahres 1997 erfolgten Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat auf Schadinsekten und ihre Gegenspieler. Als Hauptfrucht diente wiederum Weißkohl der Sorte 'Minicole'. Die Untersaat war Erdklee

(*Trifolium subterraneum* cv. Geraltan). Dieser wurde in Doppelreihen in den Varianten 2 Wochen vor, gleichzeitig mit und 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgesät. Bei der Kontrolle handelte es sich um eine Reinkultur ohne Untersaat .

5.2.2 Bonituren

1996 wurden an beiden Standorten wöchentlich 12 Pflanzen je Wiederholung (72 Pflanzen je Variante) visuell auf Schaderreger bonitiert. Dieser Stichprobenumfang wurde ab dem 31.7. am Standort Hötzum und ab dem 26.7. am Standort Hannover aufgrund des zunehmenden Schadinsektenbefalls auf 8 Pflanzen je Wiederholung (48 Pflanzen je Variante) vermindert. Die Flächendeckung des Kohls und der Untersaaten wurde wöchentlich an beiden Standorten einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt. 1997 wurden in Hannover wöchentlich, in Hötzum alle 2 Wochen je Wiederholung 18 Pflanzen visuell auf Schaderreger untersucht. Dieser Stichprobenumfang wurde ab Mitte Juli (17.7. in Hannover, 22.7. in Hötzum) aufgrund der Zunahme des Schadinsektenbefalls auf 12 Pflanzen je Wiederholung reduziert. In Hannover wurde wöchentlich, in Hötzum alle 2 Wochen die Flächendeckung von Kohl und Untersaaten einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt. Dazu wurden in Hannover 1996 und 1997 mit je drei Tiny-Talk-Temperaturmeßgeräten pro Variante die Temperaturen in 15cm Höhe über dem Boden gemessen.

5.2.3 Untersuchungen zur Nahrungsqualität des Weißkohls

Zur Untersuchung der Nahrungsqualität des Weißkohls für Herbivoren in Untersaaten und Reinkultur wurden Analysen des Gehalts an freien Aminosäuren durchgeführt. Das verwendete Blattmaterial stammte aus dem in Hannover 1997 durchgeführten Freilandversuch mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten. Am 25.7. und am 14.8. wurden jüngere, aber bereits voll entfaltete Blätter, die den sich bildenden Kopf umgaben, als Blattproben für die Aminosäurebestimmung entnommen. Daraus ließen sich nur Aussagen über die Nahrungsqualität für Insekten ableiten, die das gesamte Blattmaterial aufnehmen (Lepidopterenlarven, Dipterenlarven und Coleopteren), nicht jedoch für Phloemsauger wie Aphiden. Daher wurden gezielt weitere Versuche mit der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* durchgeführt, um mögliche Unterschiede in der Wirtseignung des Kohls festzustellen.

5.2.3.1 Analyse der Aminosäuren

Die Amino-Dabs-Methode der Firma Sykam und die Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) ermöglichten die Analyse der freien Aminosäuren im Blattmaterial. Auf die in Eppendorf-Cups vorliegenden Proben wurden als Interner Standard 5 µl Norvalin (0,25 µM/ml) 45 µl Pufferlösung und 100 µl Reagenz zugegeben. Dann wurde gut durchgemischt, 20 min bei 70 °C im Wasserbad inkubiert und 345 µl Probenverdünnung hinzugegeben. Danach wurde nochmals gut durchgemischt und bei 5000 U/min und 21°C für 5 min zentrifugiert. Der Überstand wurde für die Aminosäure-Auftrennung mittels HPLC verwendet.

Die HPLC-Anlage der Firma Sykam bestand aus einem automatischen Probengeber (Fa. Jasco, 851-As Intelligent Sampler), einer Pumpe Typ S 1100 (Solvent Delivery System), einem ternären Niederdruck-Gradientenmischer Typ S 8110, einem S 4110 Säulenofen und einem UV/VIS-201 Photometer (Fa. Linear).

Die Proben wurden auf einer 20 cm langen Grom-Amino-Dabs-Säule (4,6 mm Durchmesser, 5 µm Korngröße, Fa. Sykam) und einer 10 mm langen Vorsäule (4,6 mm Durchmesser, Fa. Sykam) bei einer konstanten Ofentemperatur von 45 °C durch ein binäres Gradientensystem aufgetrennt. 60 µl Probe wurden bei einer Durchflußrate von 1,0 ml auf die Säule injiziert. Die Detektion der einzelnen Aminosäuren erfolgte photometrisch bei 436 nm. Die beiden Fließmittel Acetatpuffer und ein Gemisch von Acetonitril und 2-Propanol dienten als Gradienten. Der Acetatpuffer wurde vor Gebrauch gefiltert (Filterporengröße 0,2 µm). Die Fließmittel mußten frei von Sauerstoff sein und wurden daher zu Beginn eines Laufes mindestens 5 min mit Helium begast. Während der Läufe standen die Fließmittel unter einem Druck von 0,5 bar Helium.

Das Gradientensystem der HPLC und die Aufnahme und Auswertung der Chromatogramme wurden von dem Analyse-Software Axiom (Datenanalyseprogramm 727, Vers. 3.92) des Sykam-Chromatographie-Systems gesteuert. Die Aminosäurepeaks wurden mit einem Standard der Fa. Sigma aus 17 Aminosäuren identifiziert (AA-S-18; 2,5 µM/ml je Aminosäure; Cystin: 1,25 µM/ml, Verdünnung 1:10). Daneben wurden noch Standards einzelner Aminosäuren, die sich nicht im Gemisch befanden, verwendet. Die Quantifizierung erfolgte durch den internen Standard Norvalin.

5.2.3.2 Wirtseignung von Weißkohl für *B. brassicae* im kontrollierten Experiment

An getopften Kohlpflanzen mit und ohne Untersaat wurde untersucht, ob sich Hinweise auf eine Beeinflussung der Wirtseignung des Kohls für *B. brassicae* ergeben. Die in den Versuchen verwendeten Apteren waren selbst von aufgekäfigten Mutterläusen auf den Versuchspflanzen geboren worden und herangewachsen. 2 Wochen nach Absetzen der ersten Larven wurde die Anzahl der abgesetzten Larven je Aptere bestimmt. Die Mutterläuse stammten aus der institutseigenen Zucht. *Brevicoryne brassicae* wurde in Dauerzucht in Insektenkäfigen in einem klimatisierten Raum bei 20 ± 1 °C, 50 – 70 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 gehalten. Als Futterpflanzen dienten Rosenkohl der Sorten 'Asgard' und 'Kundry' sowie Futterkohl der Sorte 'Grüner Ring'. Die in den Versuchen verwendeten Weißkohlpflanzen (*Brassica oleracea* cv. Minicole) und Erdkleepflanzen (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) wurden im Gewächshaus bei 20 ± 2 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 Stunden angezogen. Der Erdklee wurde in diesen Versuchen in die Töpfe zu den 2-wöchigen Kohlpflanzen eingesät, für den ersten Versuch mit 30, für den zweiten Versuch mit 40 saatkörnern je Topf.

5.2.4 Versuche zur Besiedlung des Kohls durch die Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae*

In einem Gewächshausversuch wurde der Einfluß der Untersaat auf die Ausbreitung von apteren *Brevicoryne brassicae* untersucht. In je 12 70cm X 35cm großen Saatschalen wurden Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) in 2 Doppelreihen und als flächige Untersaat ausgesät. Je Schale wurde nach 2 Wochen eine dreiwöchige Kohlpflanze (*Brassica oleracea* cv. Minicole) eingesetzt. Dazu kamen noch 12 Schalen mit Kohlpflanzen ohne Klee. Dann wurden insgesamt 2050 Alate von *B. brassicae* freigesetzt und nach 24h und 48h die Anzahl der auf Kohl, Klee oder Boden gelandeten Alaten erfaßt. Die Versuchsdurchführung erfolgte in einer 6m x 3m großen Gewächshauskabine bei einer Photoperiode von L:D = 16:8 h. Die große Anzahl alater Tiere, die für diesen Versuch nötig war, wurde dadurch erzeugt, daß die Anzuchtplanzen für die Aphiden unter Trockenstreß gesetzt wurden.

In einem weiteren Gewächshausversuch wurde der Einfluß der Untersaat auf die Ausbreitung von apteren *Brevicoryne brassicae* untersucht. In 70cm X 35cm großen Saatschalen wurden zwei dreiwöchige Weißkohlpflanzen der Sorte Minicole mit 50 cm Abstand gesetzt. Eine Kohlpflanze wurde zu Versuchsbeginn mit 20 Mutterläusen

besetzt und von deren Larven 30 L1 auf der Pflanze belassen, die andere blieb unbesetzt. Eine Doppelreihe Erdklee (*Trifolium subterraneum* Geraltton, 2-wöchig) mit gleicher Saatedichte wie im Freiland (10 Pfl. auf 16cm) war in der Hälfte der 60 Wiederholungen zwischen den Kohlpflanzen ausgesät. Der Rand der Schalen war mit Insektenleim bestrichen, so daß die Tiere zum Erreichen der zweiten Kohlpflanze die Kleeuntersaat durchqueren mußten. Jeden zweiten Tag wurde die aphidenbesetzte Pflanze 20s mit Wasser übergossen und 1min geschüttelt, um Störungen zu imitieren. Nach 19 Tagen wurde die Aphidenanzahl an den Kohlpflanzen, dem Klee und dem Boden erfaßt.

5.2.5 Olfaktometerversuche zur Wirtswahl der Kohlmotte *Plutella xylostella* und des Kohlerdflohs *Phyllotreta atra*

Die Olfaktometerversuche wurden mittels eines Y-Olfaktometers mit 6 cm Schenkellänge durchgeführt. Der kontinuierliche Luftstrom wurde mit einer Durchflußrate von 110 ml / min durch das hausinterne Druckluftsystem geliefert, wobei die Luft über Aktivkohle gefiltert wurde. Beleuchtet wurde von oben mittels zweier Leuchtstoffröhren (Sylvania Cool White Fluorescent). Die Kammern mit dem Pflanzenmaterial wurden in allen Versuchen nach jeweils 5 Durchläufen mit Alkohol und Aqua dest. gereinigt und die Seiten mit den Proben wurden gewechselt. Das Olfaktometer wurde jeden Tag entsprechend gereinigt.

Das in den Olfaktometerversuchen verwendete Blattmaterial der Weiß- und Rosenkohlpflanzen (*Brassica oleracea* cv. Minicole und cv. Ikarus) und der Wildbrassicaceen (*Sinapis alba*, *Eruca sativa*, *Brassica nigra*, *Capsella bursa-pastoris*) wurden im Gewächshaus aus Samen bei 20 ± 2 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 Stunden angezogen. Von *Rorippa silvestris* war keine Saat verfügbar, daher wurden von dieser Art im Freiland Stecklinge geschnitten und vor dem Topfen im Wasser bewurzelt. Für die Olfaktometerversuche mit Weißkohl aus Untersaat und Kontrolle wurden Blätter von Freilandpflanzen verwendet.

Plutella xylostella wurde in Dauerzucht in Insektenkäfigen im Gewächshaus bei 20-25 °C, 60 – 80 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 gehalten. Als Futterpflanzen dienten Rosenkohl der Sorte 'Ikarus' und Futterkohl der Sorte 'Grüner Ring'. Die für die Versuche verwendeten Weibchen wurden als Puppen in 1l-Plexiglaszylindern bei 20 ± 2 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte untergebracht. In diesen

wurden sie vor den Versuchen gemeinsam mit Männchen und mit Honiglösung als Nahrung, aber ohne Wirtspflanze, für 5 Tage gehältert.

Phyllotreta atra wurde im Freiland in Hötzum und Ruthe gefangen. Die für die Versuche verwendeten Tiere wurden in 1l-Plexiglaszylindern bei 20 ± 2 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte untergebracht. Als Nahrung diente Futterkohl der Sorte 'Grüner Ring'. Vor den Versuchen im Olfaktometer wurde 2 Tage keine Nahrung gegeben.

5.2.6 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware SYSTAT 8.0 durchgeführt. Die Daten zur Populationsentwicklung der Schadinsekten wurden zuvor $\log(n+1)$ -transformiert. Für die in Prozentwerten erhobenen Daten (Flächendeckung von Kohl und Klee, Fraßschäden) erfolgte vor der statistischen Auswertung eine arcsin-Transformation.

Um zu testen, ob signifikante Unterschiede in der Flächendeckung von Kohl und Klee sowie der Populationsdynamik von Schadinsekten in den Varianten vorlagen, wurden RM-ANOVA durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden erfolgten für die Flächendeckung des Kohls für Einzeltermine ANOVA mit anschließendem Tukey-Test. Ergaben sich in der Populationsdynamik der Schadinsekten im RM-ANOVA signifikante Unterschiede, wurden ANCOVA mit anschließendem Tukey-Test durchgeführt. Als Kovariate wurde die Flächendeckung des Kohls in die ANCOVA einbezogen, da die Anzahl der Schadinsekten in Beziehung zur Pflanzengröße stehen kann. Der Vergleich der Gehalte einzelner Aminosäuren in den Versuchsvarianten mittels H-Test nach Kruskal-Wallis, da nicht in allen Fällen gleiche Probenanzahlen vorlagen. Bei der statistischen Auswertung der Olfaktometerversuche wurde der gegenüber dem normalen G-Test konservativere G-Test mit Williams-Korrektur angewendet, da aufgrund der Art des Versuchs nicht alle Prozentwerte möglich sind. In allen angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse erst bei $P < 0,05$ als signifikant betrachtet. Die einzige Ausnahme war der 48h-Versuch mit der Besiedlung durch Alate im Gewächshaus. Aufgrund des kurzen Versuchszeitraums und der sicher nicht optimalen Flugbedingungen wurden hier auch Unterschiede auf dem 10% -Niveau als signifikant gewertet.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Nahrungsqualität der Wirtspflanze Kohl

Zur Untersuchung der Nahrungsqualität des Weißkohls für Herbivoren in Untersaaten und Reinkultur wurden 1997 Analysen des Gehalts an freien Aminosäuren im Blatt durchgeführt. Mit *Brevicoryne brassicae* wurden weitere Versuche im Gewächshaus durchgeführt, um mögliche Unterschiede in der Wirtseignung des Kohls aus Untersaat und Kontrolle festzustellen.

5.3.1.1 Gehalt an freien Aminosäuren im Blatt

Zwischen den Varianten konnten weder am 25.7. noch am 14.8. Unterschiede im Gesamtgehalt an freien Aminosäuren festgestellt werden (Abb. 2). Zu dem späteren Beprobungsdatum waren die Aminosäuregehalte in allen Varianten höher als zu dem frühen Datum.

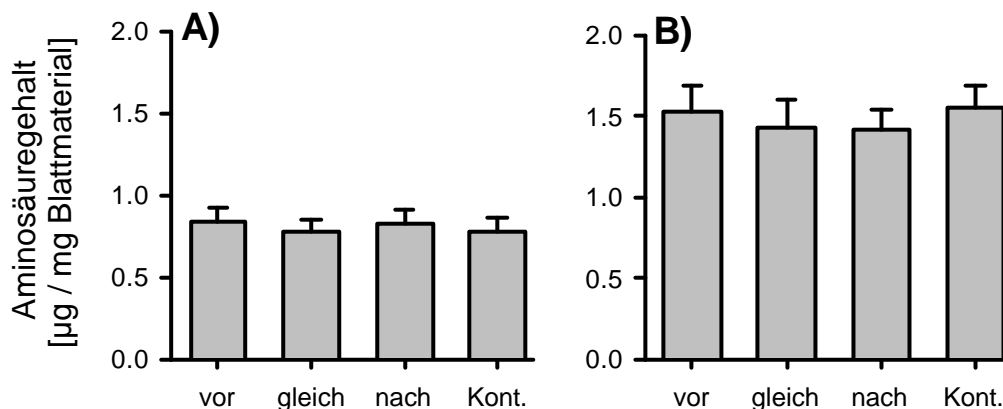


Abb. 2: Gesamtgehalt an freien Aminosäuren im Kohlblatt A) am 25.7. und B) am 14.8. in den Varianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten, für jede Variante $n = 18$, zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede (ANOVA: 25.7.: $df = 3$; $F = 0,084$; $P = 0,969$; 14.8.: $df = 1$; $F = 0,260$; $P = 0,854$).

Bei keiner der freien Aminosäuren ergaben sich zwischen den Varianten Unterschiede im Aminosäuregehalt im Blattmaterial (Abb. 3, Tab.1). Die Aminosäure Cystin wurde an beiden Terminen nur in Einzelproben sicher nachgewiesen und ist daher nicht mit aufgeführt.

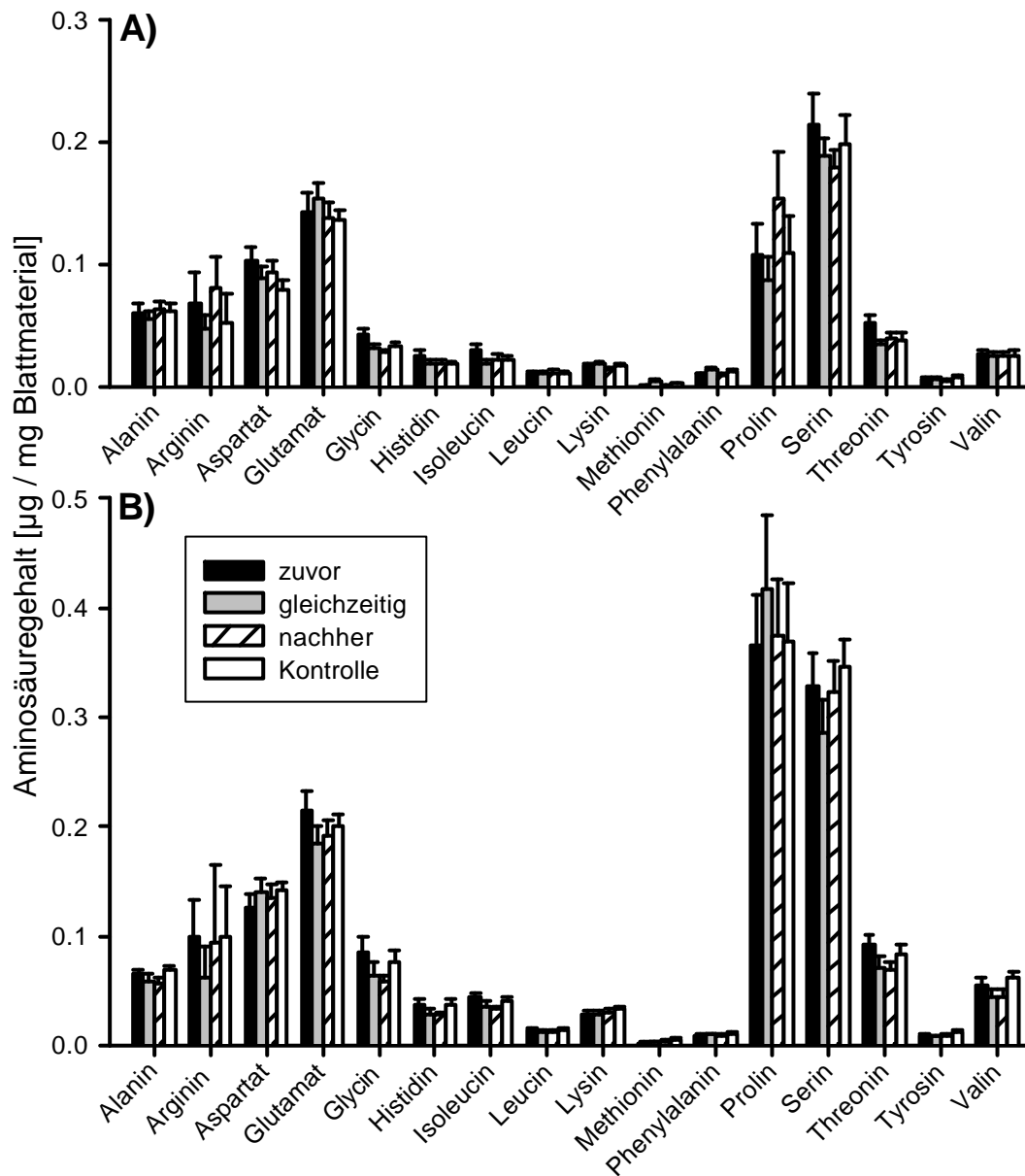


Abb. 3: Gehalte an freien Aminosäuren im Kohlblatt in Hannover A) am 25.7.1997 und B) am 14.8.1997 in den Varianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten, zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls, für jede Variante n = 18.

Tab. 1: Vergleich der Gehalte einzelner Aminosäuren in den Versuchsvarianten mittels H-Test nach Kruskal-Wallis.

Aminosäuren	25.7.			14.8.		
	H	df	P	H	df	P
Alanin	0,835	3	0,841	3,890	3	0,274
Arginin	0,253	3	0,969	2,119	3	0,548
Aspartat	1,629	3	0,653	1,544	3	0,672
Glutamat	0,652	3	0,885	2,274	3	0,517
Glycin	4,012	3	0,260	3,046	3	0,385
Histidin	0,658	3	0,883	1,710	3	0,635
Isoleucin	4,378	3	0,223	3,288	3	0,349
Leucin	0,029	3	0,999	2,311	3	0,511
Lysin	2,554	3	0,466	2,475	3	0,480
Methionin	2,779	3	0,427	1,458	3	0,692
Phenylalanin	4,625	3	0,201	5,773	3	0,123
Prolin	1,829	3	0,609	0,159	3	0,984
Serin	0,510	3	0,917	2,458	3	0,483
Threonin	4,287	3	0,232	3,438	3	0,329
Tyrosin	1,203	3	0,752	5,591	3	0,133
Valin	0,063	3	0,996	4,433	3	0,218

Das Verhältnis der Aminosäuren zueinander ist ernährungsphysiologisch von Bedeutung. Hier wurden im Vergleich der Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten signifikante Unterschiede festgestellt. Signifikante Unterschiede in den relativen Anteilen einzelner Aminosäuren traten am 25.7. bei Glycin, Isoleucin und Threonin auf. Am 14.8. traten nur bei Threonin und Valin signifikante Unterschiede auf (Abb. 4, Tab. 2). In der Untersaatvariante mit zwei Wochen vor Pflanzung des Kohls gesättem Klee unterschied sich der relative Anteil des Glycins am 25.7. signifikant von den beiden anderen Untersaatvarianten, nicht aber von der Kontrolle. Der relative Anteil von Isoleucin in der Variante mit der frühen Untersaat war gegenüber allen anderen Varianten signifikant erhöht. Der relative Anteil des Valin in der als Kontrolle dienenden Kohlereinkultur war signifikant höher als in den Varianten mit gleichzeitig und nach Pflanzung des Kohls gesättem Untersaaten, nicht jedoch gegenüber der Variante mit der frühen Untersaat. In der Untersaatvariante mit 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls gesättem Klee war sowohl in der Probennahme vom 25.7. als auch in der Probennahme vom 14.8. der Anteil des Threonins gegenüber allen übrigen Varianten signifikant erhöht.

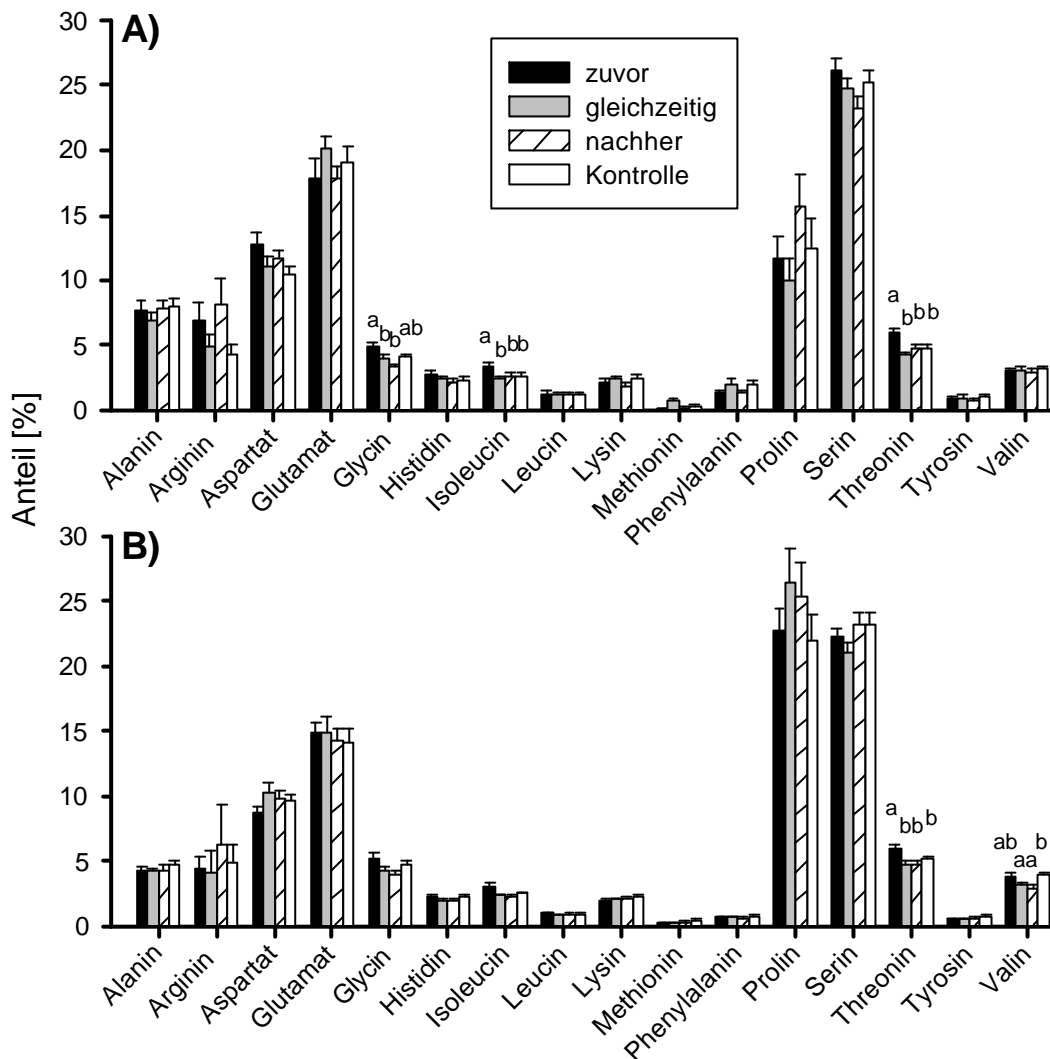


Abb. 4: Relative Anteile der verschiedenen Aminosäuren am Gesamtgehalt im Kohlblatt in Hannover A) am 25.7.1997 und B) am 14.8.1997 in den Varianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten, zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls; für jede Variante $n = 18$, bei einzelnen Aminosäuren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (U-Tests nach H-Test $< 0,005$) gekennzeichnet durch unterschiedliche Buchstaben.

Tab. 2: Vergleich der relativen Anteile der verschiedenen Aminosäuren am Gesamtgehalt im Kohlblatt mittels H-Test nach Kruskal-Wallis.

Varianten	25.7.			14.8.		
	H	df	P	H	df	P
Alanin	2,687	3	0,447	1,493	3	0,684
Arginin	1,504	3	0,681	1,782	3	0,619
Aspartat	3,153	3	0,369	3,641	3	0,303
Glutamat	2,783	3	0,426	0,941	3	0,816
Glycin	15,363	3	0,002	5,282	3	0,152
Histidin	1,521	3	0,678	2,527	3	0,470
Isoleucin	8,165	3	0,043	6,761	3	0,080
Leucin	0,074	3	0,995	2,152	3	0,541
Lysin	1,905	3	0,592	0,816	3	0,846
Methionin	1,601	3	0,659	0,831	3	0,842
Phenylalanin	2,360	3	0,501	3,687	3	0,297
Prolin	3,307	3	0,347	4,592	3	0,204
Serin	3,296	3	0,296	2,614	3	0,455
Threonin	15,395	3	0,002	14,058	3	0,003
Tyrosin	0,903	3	0,825	4,492	3	0,213
Valin	0,704	3	0,873	10,897	3	0,012

5.3.1.2 Wirtseignung von Kohl mit und ohne Erdklee-Untersaat für *B. brassicae*

In der Anzahl der abgesetzten Larven traten weder bei der geringeren Dichte des Klees von 30 Erdkleepflanzen je Topf in noch bei der höheren Dichte von 40 Erdkleepflanzen je Topf signifikante Unterschiede zur Kontrolle ohne Erdklee auf (Abb. 5).

Das Trockengewicht der Apteren wies keine signifikanten Unterschiede in den Varianten auf. Im Trockengewicht der Larven ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (Abb. 6).

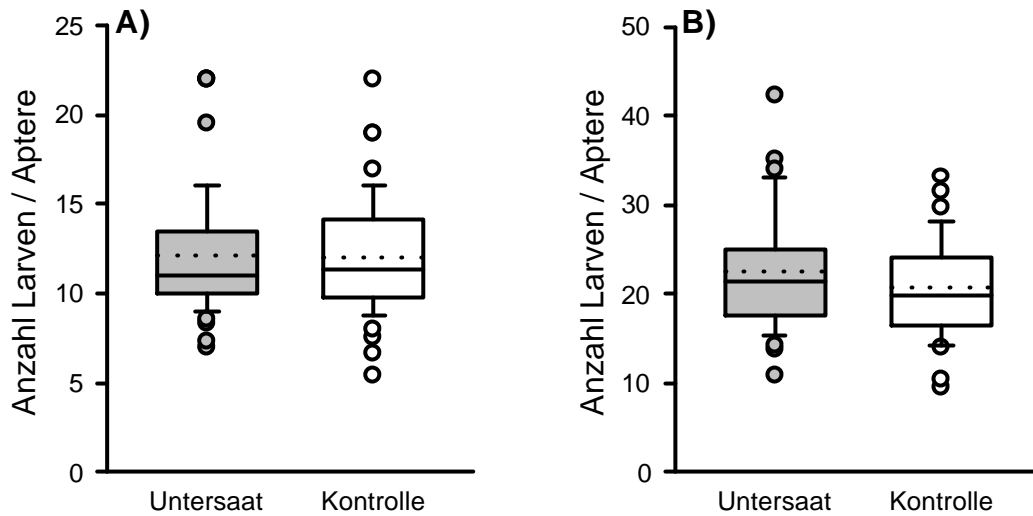


Abb. 5: Anzahl Larven je Aptere von *Brevicoryne brassicae* auf Kohl in Erdkleeuntersaat und Kontrolle A) Untersaat mit 30 Erdkleepflanzen je Topf, Anzahl Töpfe $n = 30$ für beide Varianten B) mit 40 Erdkleepflanzen je Topf, Anzahl Töpfe $n = 45$ für beide Varianten; Median = gestrichelte Linie, Mittelwert = durchgezogene Linie; Unterschiede zwischen den Varianten nicht signifikant (ANOVA: A): $df = 1$; $F = 0,005$; $P = 0,945$; B): $df = 1$; $F = 0,059$; $P = 0,809$).

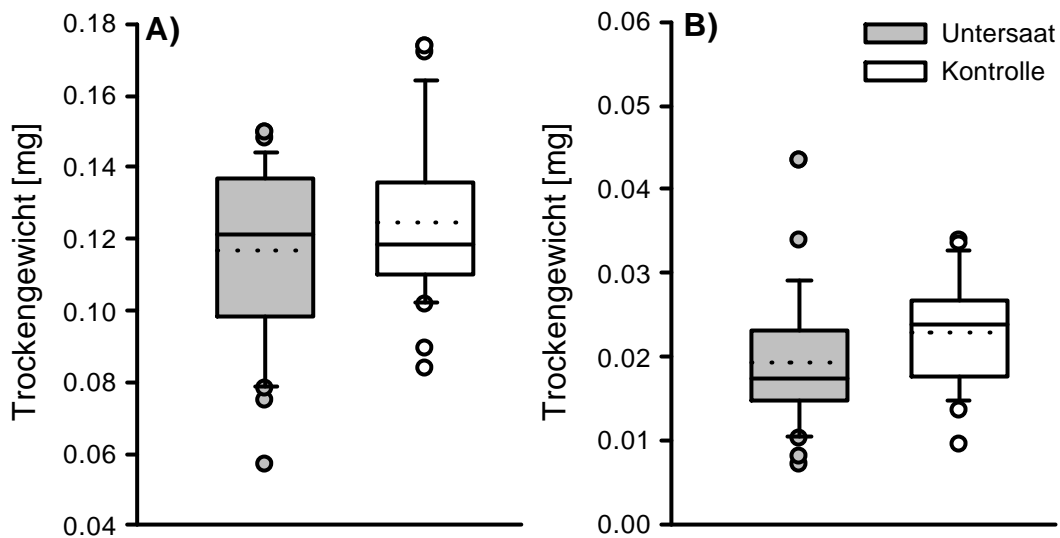


Abb. 6: Trockengewicht der A) Apteren und B) Larven von *Brevicoryne brassicae* von Kohlpflanzen mit Untersaat (30 Erdkleepflanzen je Topf) und Kontrolle; $n = 30$ für beide Varianten, gepunktete Linie = Mittelwert, durchgezogene Linie = Median; Unterschiede nicht signifikant (ANOVA: A): $df = 1$; $F = 1,437$; $P = 0,236$; B): $df = 1$; $F = 3,343$; $P = 0,073$).

5.3.2 Reaktionen einzelner Schadinsektenarten

In Feld- und Gewächshausversuchen wurden die unterschiedlichen Reaktionen von verschiedenen Schadinsektenarten auf Untersaaten untersucht. Dabei wurden Befall und Schäden durch sehr kleine Schadinsekten (*Brevicoryne brassicae*, *Thrips tabaci*) stärker gemindert als Befall oder Schäden durch mittelgroße Arten (*Delia radicum*, *Phyllotreta*-Arten). Die geringsten Befallsminderungen wurden bei den Schadlepidopteren beobachtet. Ausgewählt für eine nähere Darstellung wurden die Mehligke Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* als eine besonders stark durch die Untersaat im Befall geminderte Art, die Kohlmotte *Plutella xylostella* als häufigste Schadlepidoptere und der Kohlerdflöhen *Phyllotreta atra* aufgrund der möglicherweise dichteabhängigen Reaktion auf die Untersaat. Allein bei den Kohlerdflöhen wurden auch Ergebnisse für die Strohmulchvariante dargestellt, da sich diese in Hannover 1996 anders als bei den anderen hier vorgestellten Arten, im Befall deutlich von allen anderen Varianten abhob.

5.3.2.1 Mehliges Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* L.

Beide Kleearten als Untersaaten in Kohlkulturen führten 1996 zur signifikanten Minderung der Anzahlen von *B. brassicae* auf den Kohlpflanzen. Diese Befallsminderungen waren unabhängig von der als Untersaat verwendeten Pflanzenart. In Abb. 7 ist als Beispiel die Verteilung von *B. brassicae* in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover am 1.8.1996 dargestellt.

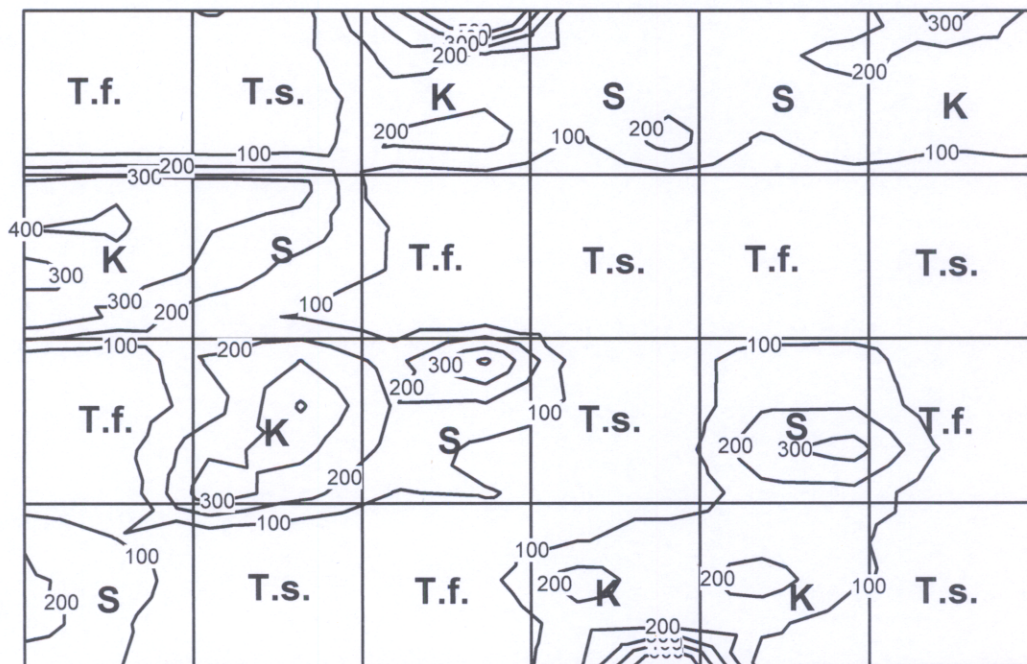


Abb. 7: Verteilung der Mehligen Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* auf die Versuchsvarianten in Hannover während des Populationsmaximums am 1.8.1996; S = Strohmulch; T.s. = Erdklee; T.f. = Erdbeerklee; K = Kontrolle.

Aufgrund der starken Befallsreduktionen in Hannover bei flächiger Untersaat und der mäßig ausgeprägten Befallsminderungen in Hötzum ist eine Abhängigkeit von der Flächendeckung der Untersaat wahrscheinlich. Reihenuntersaat und flächige Untersaat konnten aber wegen der unterschiedlichen Standorte nicht direkt verglichen werden. Untersaatkulturen verringerten außerdem an beiden Standorten die Anzahl befallener Kohlpflanzen signifikant (Abb. 8). In Hannover traten große Unterschiede zwischen den Anteilen befallener Pflanzen in der Kontrollvariante und den Varianten mit flächiger Untersaat auf, während in Hötzum zwischen Kontrolle und den Varianten mit Reihenuntersaat nur geringe Unterschiede beobachtet wurden. In Hannover wurden

vor und nach dem Zeitpunkt der höchsten Populationsdichte in den Untersaatvarianten signifikant geringere Anteile befallener Pflanzen festgestellt als in der Kontrolle. Lediglich zum Zeitpunkt der höchsten Populationsdichte (1.8.96) waren keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle feststellbar (Tab. 4). Zwischen den beiden Varianten mit unterschiedlichen Kleeuntersaaten bestanden keine signifikanten Unterschiede im Anteil befallener Pflanzen (Tab. 4). In Hötzum waren nur am letzten Boniturtermin signifikante Unterschiede der Untersaatvarianten zur Kontrolle vorhanden. Zwischen den Untersaatvarianten bestanden auch am Standort Hötzum keine signifikanten Unterschiede (Tab. 4).

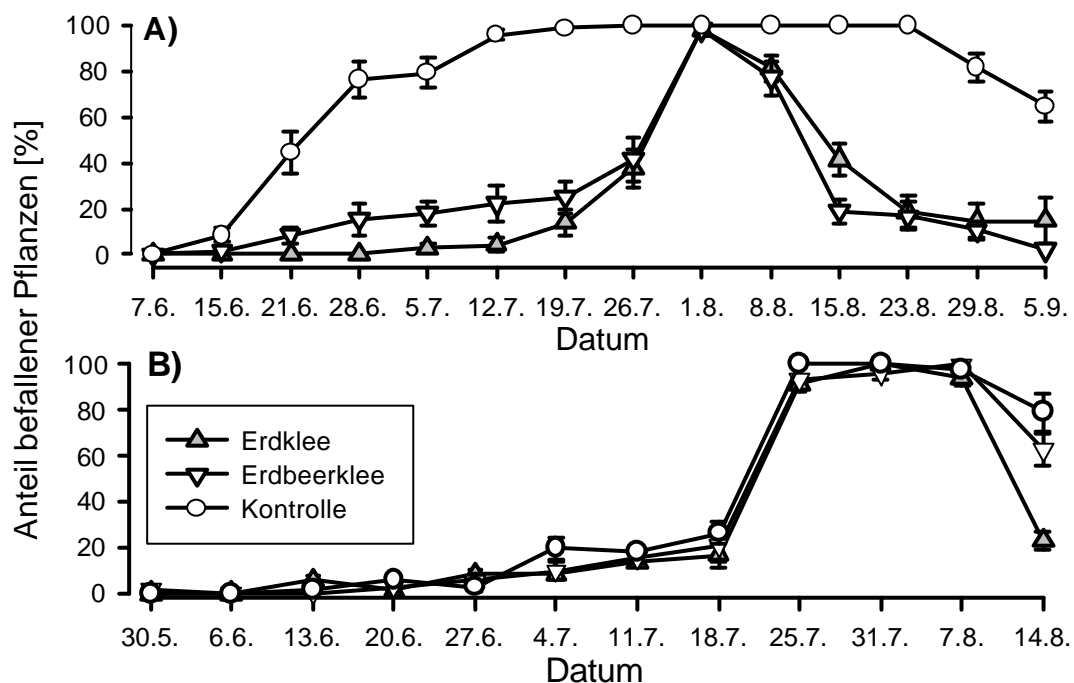


Abb. 8: Anteil von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen in den Varianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 3: RM-ANOVA über alle Varianten für den Anteil von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	40,636	3	203,901	0,000
	Datum	58,405	12	159,519	0,000
	Var x Datum	20,312	36	18,492	0,000
	Error	7,323	240		
Hötzum	Var	0,689	3	7,760	0,001
	Datum	90,185	9	420,340	0,000
	Var x Datum	2,952	27	4,593	0,000
	Error	4,291	180		

Tab. 4: Paarweise Vergleiche der Anteile der von *Brevicoryne brassicae* befallenen Pflanzen an 4 beziehungsweise 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover 21.6.: df = 3; F = 7,740; p = 0,001; 19.7.: df = 3; F = 25,206; p < 0,001; 1.8.: df = 3; F = 0,566; p = 0,644; 29.8.: df = 3; F = 5,409; p = 0,007; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 3,783; p = 0,028; 7.8.: df = 3; F = 8,435; p = 0,001); T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 21.6.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 19.7.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.998	1.000		T.f.	0.659	1.000	
Kontrolle	0.621	0.180	1.000	Kontrolle	0.002	0.000	1.000

Ha. 1.8.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 29.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	1.000	1.000		T.f.	0.974	1.000	
Kontrolle	0.666	0.660	1.000	Kontrolle	0.008	0.022	1.000

Hö. 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 14.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.812	1.000		T.f.	0.083	1.000	
Kontrolle	0.062	0.280	1.000	Kontrolle	0.002	0.270	1.000

1997 wurde die Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte und damit einhergehend unterschiedlicher Flächendeckungen der Untersaat auf den Schadinsektenbefall untersucht. Dabei zeigte sich an beiden Standorten Hannover und Hötzum, daß sowohl die Populationsdichte von *B. brassicae* als auch die Anzahl besiedelter Pflanzen vom Aussattermin beziehungsweise von der Flächendeckung der Untersaat bei der Besiedlung abhängig war. An beiden Standorten hatte die 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls gesäte Untersaat, die am schnellsten hohe Flächendeckung erreichte, auch die stärkste Wirkung gegenüber *B. brassicae* (Abb. 9, Tab. 5, Tab. 6).

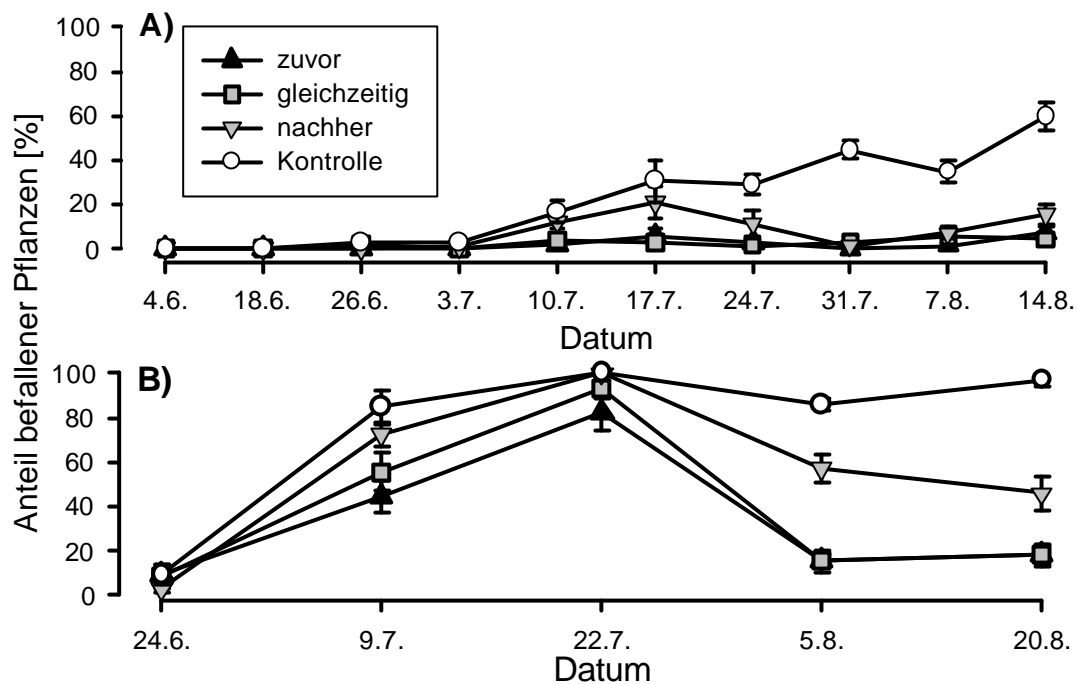


Abb. 9: Anteil von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen bei zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaaten in A) Hannover und B) Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls.

Tab. 5: RM-ANOVA über alle Varianten für die Anteile von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen bei zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaaten in Hannover und Hötzum 1997.

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	2,247	3	37,518	0,000
	Datum	0,886	7	17,199	0,000
	Var x Datum	1,315	21	8,502	0,000
	Error	1,031	140		
Hötzum	Var	8,306	3	49,357	0,000
	Datum	21,593	4	157,801	0,000
	Var x Datum	4,455	12	10,852	0,000
	Error	2,737	80		

Tab. 6: Paarweise Vergleiche der Anteile der von *Brevicoryne brassicae* befallenen Pflanzen an 4 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 17.7.: df = 3; F = 2,058; p = 0,140; 24.7.: df = 3; F = 2,322; p = 0,108; 31.7.: df = 3; F = 55,476; p < 0,001; 14.8.: df = 3; F = 28,243; p < 0,001; Hötzum: 9.7.: df = 3; F = 6,669; p = 0,003; 22.7.: df = 3; F = 5,130; p = 0,009; 5.8.: df = 3; F = 47,505; p < 0,001; 20.8.: df = 3; F = 41,351; p < 0,001).

Ha. 17.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.980	1.000			gleichzeitig	0.832	1.000		
nachher	0.571	0.826	1.000		nachher	0.162	0.548	1.000	
Kontrolle	0.086	0.225	0.584	1.000	Kontrolle	0.003	0.017	0.223	1.000

Ha. 24.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.997	1.000			gleichzeitig	0.269	1.000		
nachher	0.699	0.838	1.000		nachher	0.013	0.285	1.000	
Kontrolle	0.002	0.005	0.015	1.000	Kontrolle	0.013	0.285	1.000	1.000

Ha. 31.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 5.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.894	1.000			gleichzeitig	0.995	1.000		
nachher	0.990	0.981	1.000		nachher	0.000	0.000	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000

Ha. 14.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 20.8.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.984	1.000			gleichzeitig	1.000	1.000		
nachher	0.681	0.498	1.000		nachher	0.106	0.107	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	0.000	1.000

Die Besiedlung der Kohlpflanzen durch Alate begann 1996 an den beiden Standorten Hannover und Hötzum in allen Varianten vor dem 15.6., mit der Erdkleevariante in Hannover als einziger Ausnahme. Alate traten dort nicht vor dem 12.7. auf. In Hannover begann ein stärkerer Einflug mit mehreren Alaten pro Kohlpflanze in der als Kontrolle dienenden Kohlreinkultur ab dem 19.7., in den beiden Kleeuntersaaten jedoch erst am 1.8 (Abb. 10). In Hötzum erfolgte erst ab dem 25.7.1996 eine stärkere Besiedlung durch Alate. Die höchsten Anzahlen Alater traten in der Kontrollvariante auf. An beiden Standorten wiesen die Kohlpflanzen in den verschiedenen Untersaatvarianten im Vergleich mit der Reinkultur signifikant weniger Alate pro Pflanze auf (Abb. 10, Tab. 7). In Hannover wurden ab dem 19.7., in Hötzum ab dem 20.7. in den Untersaaten signifikant geringere Anzahlen als in der Kontrolle festgestellt. Aber sowohl in Hannover als auch in Hötzum waren die Varianten mit verschiedenen Kleeuntersaaten untereinander statistisch nicht unterscheidbar (Tab. 8).

Auch in den Anteilen befallener Pflanzen wurden zwischen den Varianten signifikante Unterschiede festgestellt (Abb. 10, Tab. 7). In flächiger Untersaat in Hannover

erschiene diese ausgeprägter als in der Reihenuntersaat in Hötzum. Bei Einbeziehung des Kofaktors Pflanzengröße konnten aufgrund der hohen Varianz des Kofaktors in Hannover nur zwischen Erdbeerkelevariante und Kontrolle am 19.7. signifikante Unterschiede in den Anteilen befallener Pflanzen festgestellt werden. In Hötzum waren die Anteile befallener Pflanzen nur am 25.7. in beiden Untersaatvarianten als signifikant geringer als in der Kontrolle, an weiteren Boniturterminen aber nicht (Tab. 9).

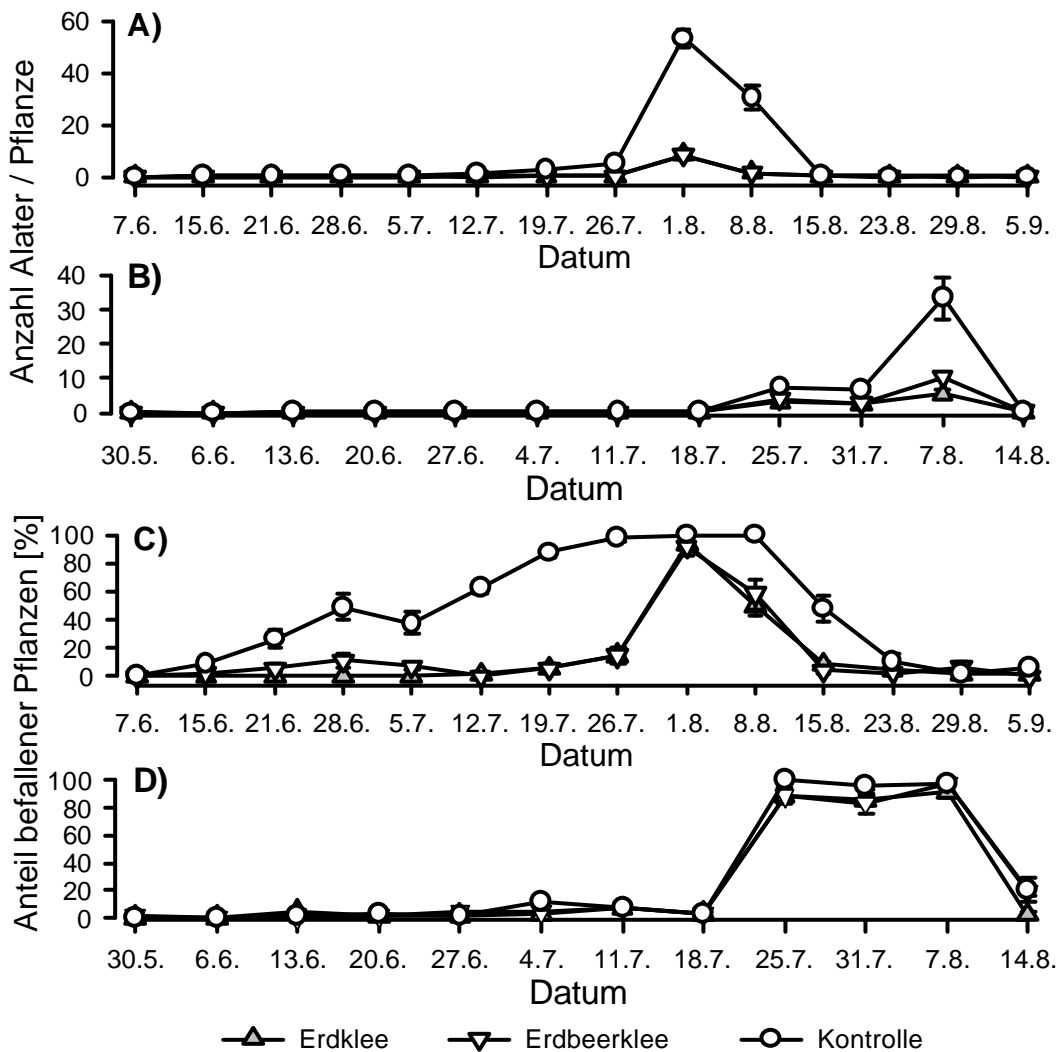


Abb. 10: Auftreten von Alaten von *B. brassicae* bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Tab. 7: RM-ANOVA über alle Varianten für die Anzahl Alater / Pflanze und den Anteil von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen bei unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover (Alate / Pflanze)	Var	6,638	3	215,698	0,000
	Datum	48,660	12	663,721	0,000
	Var x Datum	9,673	36	43,980	0,000
	Error	1,466	240		
Hötzum (Alate / Pflanze)	Var	0,717	3	20,010	0,000
	Datum	36,284	9	633,509	0,000
	Var x Datum	2,615	27	15,220	0,000
	Error	1,145	180		
Hannover (Anteil besiedelter Pflanzen)	Var	8,213	3	111,805	0,000
	Datum	63,531	12	222,294	0,000
	Var x Datum	12,678	36	14,786	0,000
	Error	5,716	240		
Hötzum (Anteil besiedelter Pflanzen)	Var	0,528	3	7,370	0,002
	Datum	60,849	9	272,930	0,000
	Var x Datum	12,699	27	18,987	0,000
	Error	4,459	180		

Tab. 8: Paarweise Vergleiche der Anzahl alater *Brevicoryne brassicae* / Pflanze an 4 beziehungsweise 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover 21.6.: df = 3; F = 0,803; p = 0,508; 19.7.: df = 3; F = 8,204; p = 0,001; 1.8.: df = 3; F = 10,634; p < 0,001; 29.8.: df = 3; F = 36,664; p < 0,001; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 7,790; p = 0,001; 7.8.: df = 3; F = 22,588; p < 0,001); T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 21.6.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	0.991	1.000	
Kontrolle	0.818	0.621	1.000

Ha. 1.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	1.000	1.000	
Kontrolle	0.001	0.001	1.000

Hö. 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	0.869	1.000	
Kontrolle	0.001	0.006	1.000

Ha. 19.7.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	0.998	1.000	
Kontrolle	0.090	0.007	1.000

Ha. 29.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	0.982	1.000	
Kontrolle	0.000	0.000	1.000

Hö. 7.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000		
T.f.	0.031	1.000	
Kontrolle	0.000	0.001	1.000

Tab. 9: Paarweise Vergleiche der Anteile der von *Brevicoryne brassicae* befallenen Pflanzen an 4 beziehungsweise 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover 21.6.: df = 3; F = 3,123; p = 0,050; 19.7.: df = 3; F = 9,071; p = 0,001; 1.8.: df = 3; F = 0,759; p = 0,531; 29.8.: df = 3; F = 0,953; p = 0,435; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 7,229; p = 0,002; 7.8.: df = 3; F = 10,773; p < 0,001); T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 21.6.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 19.7.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.943	1.000		T.f.	1.000	1.000	
Kontrolle	0.520	0.278	1.000	Kontrolle	0.124	0.015	1.000

Ha. 1.8.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 29.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.999	1.000		T.f.	0.734	1.000	
Kontrolle	0.631	0.561	1.000	Kontrolle	0.968	0.788	1.000

Hö. 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 7.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.951	1.000		T.f.	0.342	1.000	
Kontrolle	0.008	0.023	1.000	Kontrolle	0.393	1.000	1.000

In Hannover traten 1997 bei sehr niedrigen *B. brassicae*- Dichten nur einzelne Alate auf; daher erfolgte keine Darstellung für diesen Standort. Am Standort Hötzum waren 1997 nur am 22.7. signifikante Unterschiede in den Anzahlen alater *B. brassicae* auf den Pflanzen feststellbar (Abb. 11; Tab. 10, Tab. 11). Dabei war der Befall in den Varianten mit zwei Wochen vor Pflanzung des Kohls und zur Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat signifikant unterschiedlich gegenüber der Kontrolle und der Variante mit zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat. Zwischen der frühen und der gleichzeitigen Variante bestanden aber keine signifikanten Unterschiede. Ebenso waren zwischen der zwei Wochen später gesäten Variante und der Kontrolle keine signifikanten Unterschiede zu beobachten.

Beim Anteil von Alaten besiedelter Pflanzen ergab sich ein ähnliches Bild (Abb. 11, Tab. 10, Tab. 12). In der zwei Wochen vor Pflanzung des Kohls gesäten Untersaat war allerdings schon am 9.7. der Anteil befallener Pflanzen gegenüber der Kontrolle signifikant verringert. Am 22.7. war der Anteil befallener Pflanzen in den Varianten mit zwei Wochen vor und zur Pflanzung des Kohls gesäten Untersaaten signifikant niedriger als in der Kontrolle und der Variante mit zwei Wochen nach Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat. Die Anteile befallener Pflanzen waren aber zwischen den beiden erstgenannten ebenso wie zwischen den beiden letztgenannten nicht unterschiedlich.

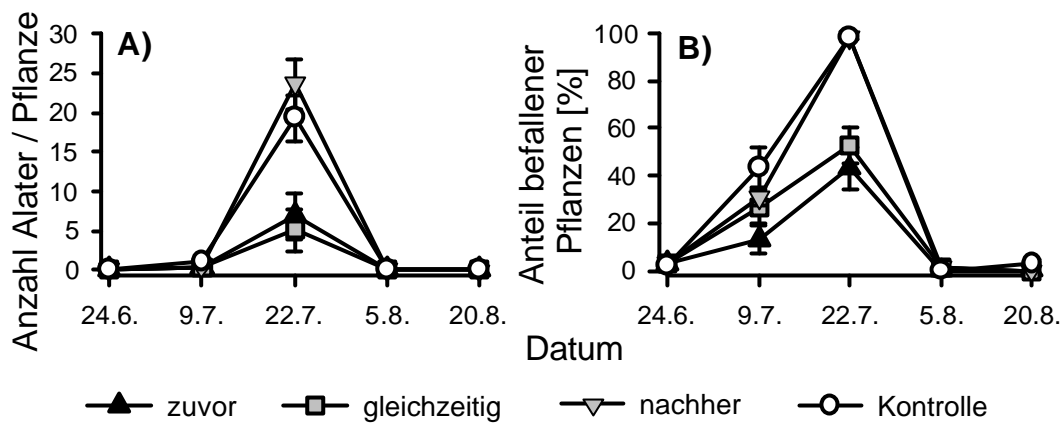


Abb. 11: Auftreten von Alaten der Mehligen Kohlblattlaus *B. brassicae* bei zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaaten in Hötzum 1997; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls.

Tab. 10: RM-ANOVA über alle Varianten für den Anteil von der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* befallener Pflanzen bei zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaaten mit unterschiedlicher Flächendeckung in Hötzum 1997

Faktor		SS	df	F	P
Alate / Pflanze	Var	0,735	3	7,549	0,001
	Datum	17,305	4	165,848	0,000
	Var x Datum	2,244	12	7,170	0,000
	Error	2,087	80		
Anteil besiedelter Pflanzen	Var	1,718	3	34,141	0,000
	Datum	17,920	4	290,719	0,000
	Var x Datum	4,463	12	24,136	0,000
	Error	1,233	80		

Tab. 11: Paarweise Vergleiche der Anzahl alater *Brevicoryne brassicae* / Pflanze an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 9.7.: df = 3; F = 1,596; p = 0,223; 22.7.: df = 3; F = 6,898; p = 0,002).

Hö. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.972	1.000			gleichzeitig	0.996	1.000		
nachher	0.992	0.889	1.000		nachher	0.018	0.007	1.000	
Kontrolle	0.382	0.199	0.543	1.000	Kontrolle	0.041	0.016	0.973	1.000

Tab 12: Paarweise Vergleiche der Anteile der von *Brevicoryne brassicae* befallenen Pflanzen an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 9.7.: df = 3; F = 3,724; p = 0,029; 22.7.: df = 3; F = 33,945; p < 0,001).

Hö. 9.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Hö. 22.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0.489	1.000			gleichzeitig	0.757	1.000		
nachher	0.297	0.982	1.000		nachher	0.000	0.000	1.000	
Kontrolle	0.017	0.270	0.453	1.000	Kontrolle	0.000	0.000	1.000	1.000

Ein 1996 in Hannover durchgeführter Versuch zur Eignung weiterer Pflanzenarten als Untersaaten minderte den Befall mit *B. brassicae* gegenüber der Kontrolle bei allen verwendeten Untersaaten. Das galt sowohl für die hochwüchsige Untersaaten Ringelblume (*Calenula officinalis*), Kamille (*Matricaria recutita*) und Hornklee (*Lotus corniculatus*), die ebenso hoch wie der Kohlwaren oder ihn überragten, als auch für die niedrigeren Untersaaten Hopfenklee (*Medicago lupulina*), Kümmel (*Carum carvi*) und Erdklee (*Trifolium subterraneum*). Ebenso verringerten alle Untersaaten die Besiedlung durch Alate (Abb. 12). Da nur zwei Wiederholungen je Variante vorlagen, erfolgte für diesen Versuch allerdings keine statistische Auswertung.

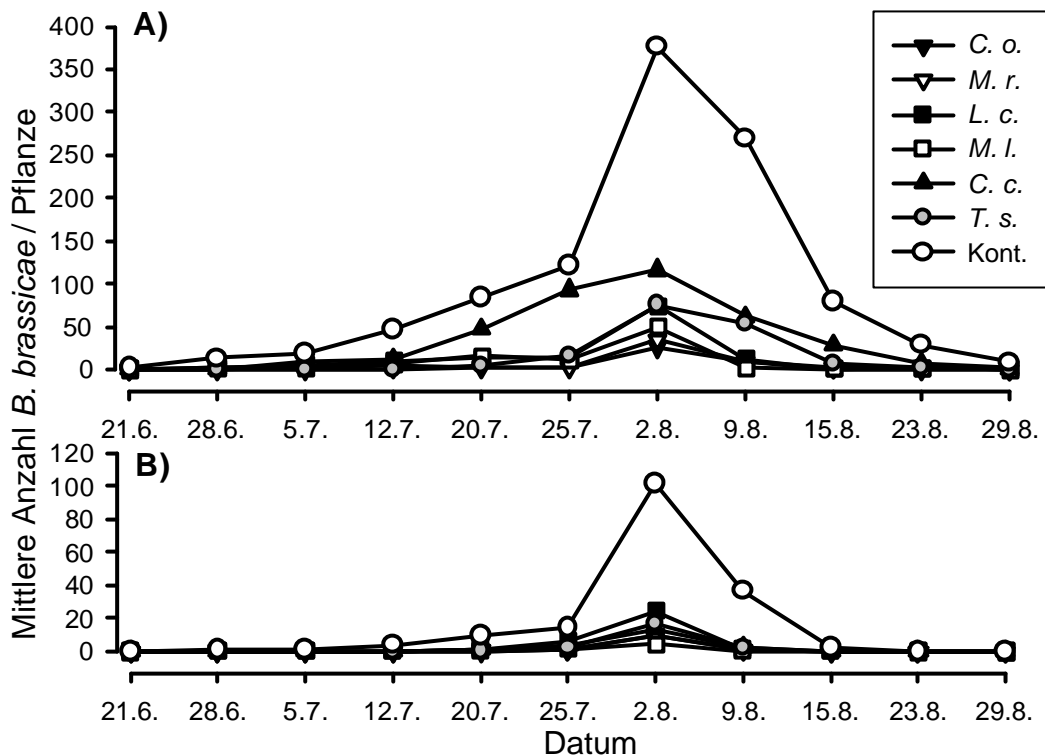


Abb. 12: Auftreten der Mehligen Kohlblattlaus *B. brassicae* bei unterschiedlichen Untersaaten in Hannover 1996; A) Gesamtpopulation, B) Alate; C.o. = Ringelblume (*Calenula officinalis*) M.r. = Kamille (*Matricaria recutita*) L.c. = Hornklee (*Lotus corniculatus*) M.l. = Hopfenklee (*Medicago lupulina*) C.c. = Kümmel (*Carum carvi*) T.s. = Erdklee (*Trifolium subterraneum*), Kont = Kontrolle.

Der Hauptteil der Besiedlung durch Alate fand in allen Versuchen in einem kurzen Zeitraum statt und wurde nicht in jedem Jahr an jedem Standort zeitlich genau erfaßt. Um festzustellen, ob eine Beziehung zwischen der relativen Anzahl Alater auf den Pflanzen und dem Kohlanteil an der Gesamtflächendeckung der Vegetation bestand, wurde daher die relative Anzahl Alater je Pflanze, bezogen auf die jeweilige Alatenanzahl in der Kontrolle, von 3 Boniturterminen vor bis zum Datum des maximalen Befalls gegen den Anteil des Kohls an der Flächendeckung der gesamten Vegetation aufgetragen. Bei einem Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,30$ bestand ein leicht positiver Zusammenhang (Abb. 13).

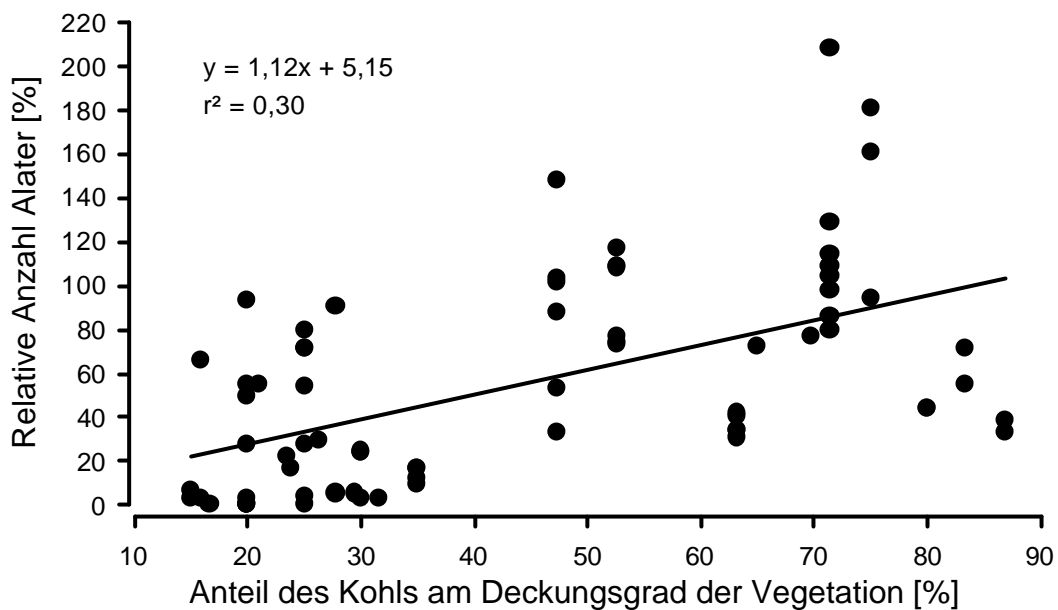


Abb. 13: Beziehung zwischen der relativen Anzahl Alater in den Versuchsvarianten (bezogen auf die Kontrolle = 100%) und dem Anteil des Kohls an der Flächendeckung der gesamten Vegetation.

Eine Minderung der Besiedlung durch Alate in der Untersaatkultur ließ sich auch im Gewächshaus nachweisen. Dabei zeigte sich deutlich der Einfluß des relativen Anteils des Kohls an der Flächendeckung der gesamten Vegetation. Am stärksten wurden die Kohlpflanzen in der Kontrolle besiedelt, am schwächsten der Kohl in der flächigen Untersaat. Auf dem 5 %-Niveau erwiesen sich alle Unterschiede allerdings als nicht signifikant. Dagegen waren die Unterschiede zwischen Kontrolle und flächiger Untersaat auf dem 10%-Niveau signifikant. Das war sowohl 24 Stunden als auch nach 48 Stunden nach Freisetzung der Alaten der Fall. Die Besiedlung des Kohls in der Reihenuntersaat unterschied sich weder 24 Stunden noch 48 Stunden nach Freisetzung der Alaten signifikant von den anderen Varianten (Abb. 14). Die Anzahlen Alater auf der gesamten Vegetation unterschieden sich weder nach 24 noch nach 48 Stunden signifikant zwischen den Varianten (Abb. 14). Der Anteil nicht reagierender Tiere war in diesem Versuch sehr hoch. Von 2050 freigesetzten Alaten landeten in 48 Stunden nur 16 % (343 Tiere) im Versuch.

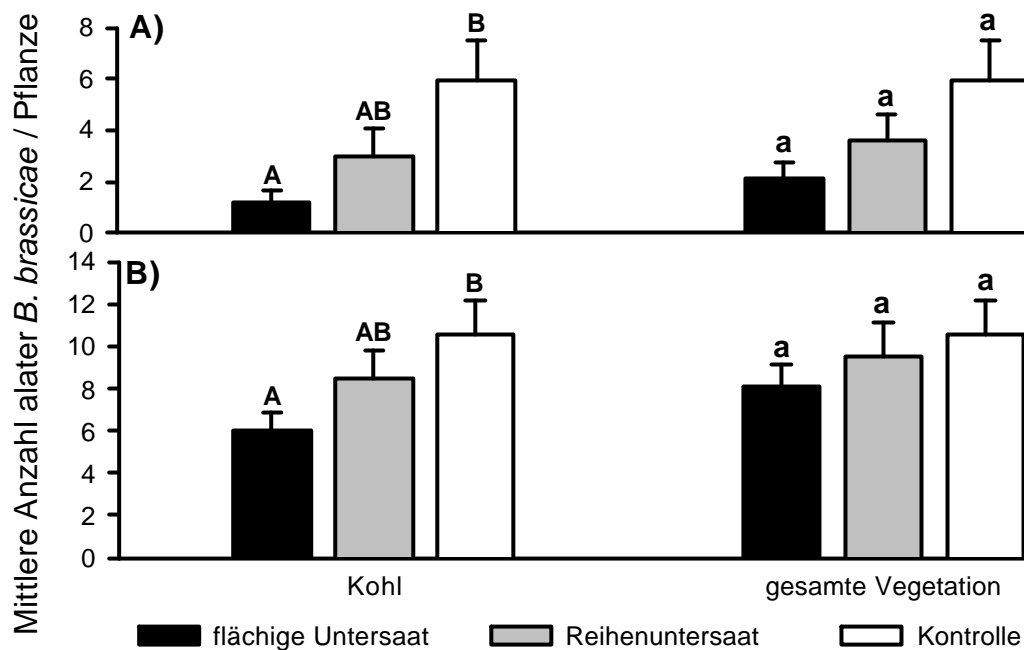


Abb. 14: Besiedlung von Kohl in flächiger Untersaat, Reihenuntersaat und auf freiem Boden durch Alate von *B. brassicae* nach A) 24 h und B) 48 h nach Freisetzung der Alaten, für Alate auf Kohl bestanden auf dem 10% - Niveau signifikante Unterschiede (nach 24 h: $df = 2$; $F = 2,999$; $P = 0,064$; nach 48 h: $df = 2$; $F = 2,634$; $P = 0,087$), für Alate auf der gesamten Vegetation bestanden keine signifikanten Unterschiede (nach 24 h: $df = 2$; $F = 1,395$; $P = 0,262$; nach 48 h: $df = 2$; $F = 0,506$; $P = 0,607$), für alle Varianten $n = 12$, unterschiedliche Buchstaben indizieren Unterschiede auf dem 10%-Niveau.

In einem weiteren Gewächshausversuch wurde untersucht, ob die Untersaat die Ausbreitung von apteren *Brevicoryne brassicae* beeinflusst. Bei 50 cm Abstand zwischen einer zu Versuchsbeginn mit 30 L1-Larven besetzten und einer unbesiedelten Kohlpflanze wurden die zuvor unbesiedelten Kohlpflanzen in einem Zeitraum von 19 Tagen mit im Mittel 10 *B. brassicae* besiedelt. Eine Doppelreihe Klee mit gleicher Saatkichte wie im Freiland verringerte die Besiedlung der 2. Kohlpflanze gegenüber der Kontrolle ohne Klee signifikant auf 1,4 *B. brassicae* / Pflanze. Die mittlere Anzahl *B. brassicae* auf der zu Versuchsbeginn mit 30 L1-Larven besetzten 1. Pflanze und auf dem Boden und Klee in den Aussaatschalen waren dagegen nicht signifikant unterschiedlich (Abb. 15).

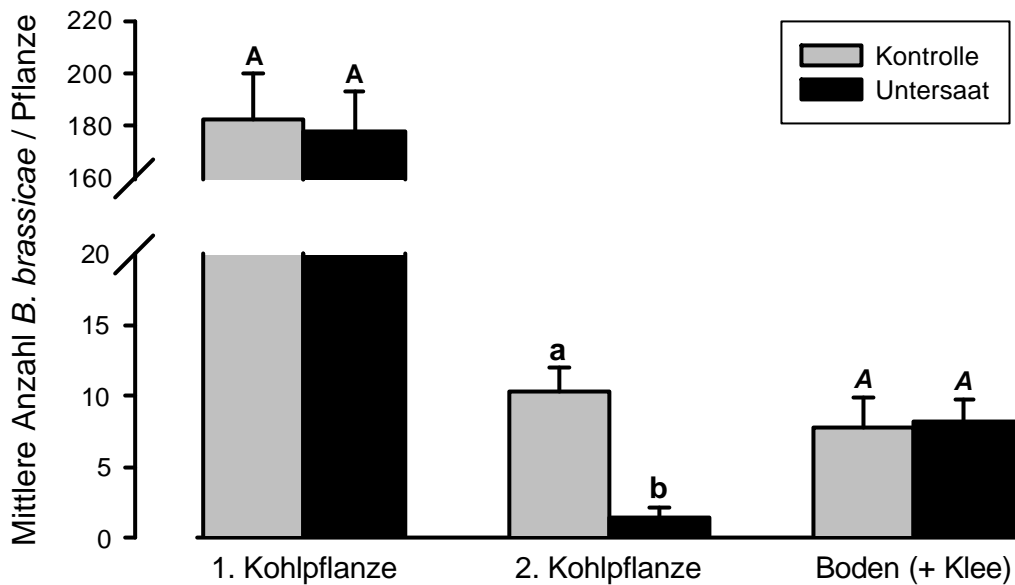


Abb. 15: Mittlere Anzahl *B. brassicae* auf der zu Versuchsbeginn mit 30 L1-Larven besetzten 1. Pflanze, auf der zu Versuchsbeginn unbesiedelten 2. Pflanze und in der Aussaatschale, Anzahl Wiederholungen $n = 30$, unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

Zwischen den Varianten mit Kleeuntersaaten und der Kontrolle wurden sowohl 1996 als auch 1997 Unterschiede im Mikroklima festgestellt. In den Kleeuntersaaten herrschen kühlere Bedingungen als in der Kontrolle und die Entwicklung von *B. brassicae* erfolgte langsamer. Gradtage ($^{\circ}\text{D}$) sind die Tage mit Temperaturen ab einem bestimmten Schwellenwert, ab dem die Weiterentwicklung des Insekts möglich ist. Für *B. brassicae* wurden die von HUGHES (1963) und RAWORTH (1984) festgestellten Werte benutzt, da diese besonders große Unterschiede aufwiesen. Als Schwellentemperatur, ab der eine Entwicklung stattfindet, wurden von Hughes (1963) 5°C ermittelt und eine Generation benötigte von der Geburt bis zum Absetzen eigener Larven $140,8^{\circ}\text{D}$. Nach Raworth (1984) war der für die Schwellentemperatur ermittelte Wert von $6,7^{\circ}\text{C}$ bei einer Generationsdauer von $166,0^{\circ}\text{D}$ von der Geburt bis zum Absetzen eigener Larven. 1996 betrug die Unterschiede sowohl nach HUGHES (1963) als auch nach RAWORTH (1984) zwischen beiden Untersaatvarianten und der Kontrolle um 70°D und damit weniger als eine Generation von *B. brassicae*. 1997 lagen die Unterschiede zwischen den zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaatvarianten und der Kontrolle nach HUGHES (1963) bei $58 - 103^{\circ}\text{D}$, nach RAWORTH (1984) bei $64 - 100^{\circ}\text{D}$. Die geringsten

Unterschiede zur Kontrolle bestanden in der Variante mit früh gesäter Untersaat, die größten Unterschiede mit zur Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat. Die Unterschiede der Variante mit spät gesäter Untersaat zur Kontrolle lagen mit nach HUGHES (1963) 80° beziehungsweise nach RAWORTH (1984) 83°D dazwischen. Die Unterschiede betragen demnach in allen Fällen deutlich weniger als eine Generation (Abb. 16).

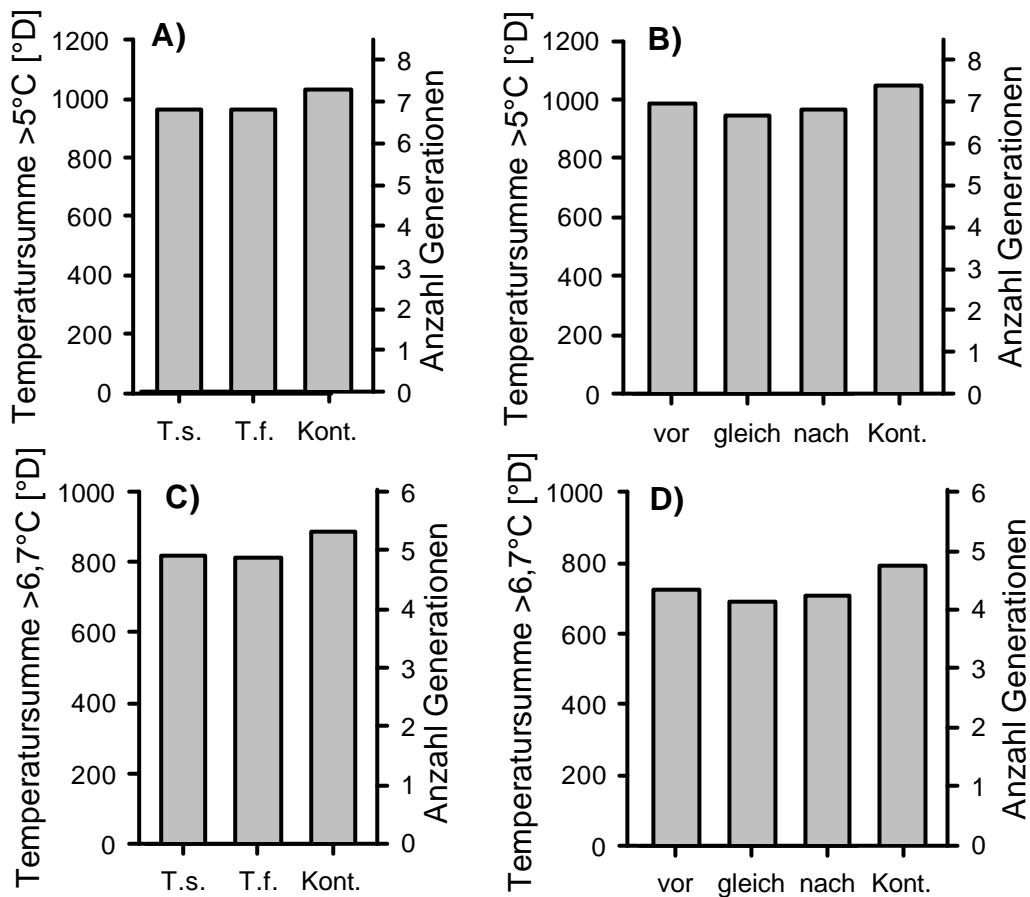


Abb. 16: Maximale Anzahl Generationen von *B. brassicae*, die nach Hughes (1963) in den Jahren A) 1996 und B) 1997 sowie nach Raworth (1984) in den Jahren C) 1996 und D) 1997 in Hannover in den verschiedenen Varianten möglich waren.

5.3.2.2 Schwarzer Kohlerdfloh *Phyllotreta atra*

Kohlerdföhe traten 1996 in Hannover und Hötzum auf, während sie 1997 nur in Hötzum beobachtet wurden. Dabei konnte zwischen gestreiften Tieren und schwarzen Tieren unterschieden werden. Viele Individuen waren aber im Feld nicht mit Gewißheit

einer Art zuzuordnen. Zur Feststellung der Anteile der Arten wurden 1996 an 3 Terminen in Hötzum und einem Termin in Hannover je Variante 60 Tiere im Labor determiniert (Ausnahme Hötzum 14.8.: 120 Tiere je Variante). An beiden Standorten wurden drei gestreifte (*Phyllotreta undulata*, *P. nemorum* und *P. vittata*) und zwei dunkle Erdflöhen (*P. atra*, *P. nigripes*) am Kohl festgestellt. Während bei den gestreiften Arten *P. undulata* dominierte und die übrigen nur in Einzelexemplaren vertreten waren, war bei den dunklen Erdflöhen neben *P. atra* an diesen Boniturterminen in allen Varianten ein geringer Anteil *P. nigripes* (1,7% - 4,9%) vorhanden. Die Anteile von *P. nigripes* in den Varianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen waren aber nicht signifikant unterschiedlich (Tab. 13). *P. atra* und *P. undulata* traten in der Untersaatkultur auch an den Brassicaceen *Rorippa silvestris* und *Sinapis alba* auf, wobei die Anzahl Tiere pro Pflanze trotz wesentlich kleinere Pflanzen höher war als am Kohl. Eine weitere gestreifte Kohlerdflöhenart (*Phyllotreta vittata*) wurde nie am Kohl festgestellt, sondern trat ausschließlich an diesen Brassicaceen-Unkräutern auf, an denen sie gleich hohe Dichten wie *P. atra* und *P. undulata* erreichte. Die genannten Unkräuter traten allerdings nur in geringen Dichten und nie über die ganze Kulturperiode auf.

Tab. 13: Anteile des Kohlerdflöhs *Phyllotreta nigripes* an ausgewählten Boniturterminen in Hötzum und Hannover 1996 (Tukey-Tests nach ANOVA: Hötzum: 13.6.: df = 3; F = 0,192; p = 0,900; 7.8.: df = 3; F = 0,075; p = 0,973; 14.8.: df = 3; F = 0,113; p = 0,951; Hannover 23.8.: df = 3; F = 0,130; p = 0,941) Hö. = Hötzum, Ha. = Hannover; Sf = Standardfehler.

Varianten	Anteil [%]							
	Hö. 13.6.	Sf	Hö. 7.8.	Sf	Hö. 14.8.	Sf	Ha. 23.8.	Sf
Stroh	3.39	3.39	3.08	1.95	3.31	1.65	3.33	2.11
<i>T. subt.</i>	1.67	1.67	4.62	3.15	4.13	2.37	3.51	2.22
<i>T. frag.</i>	1.69	1.69	3.28	2.07	4.17	2.01	1.72	1.72
Kontrolle	3.39	2.14	3.23	3.23	4.88	1.78	3.33	3.33

Die Arten *Phyllotreta atra* und *Phyllotreta undulata* verhielten sich gleich gegenüber der Untersaatkultur. Daher wurden im Folgenden in den Abbildungen nur die Ergebnisse für die etwas häufigere Art *Phyllotreta atra* dargestellt. Es wurden allein bei den Kohlerdflöhen auch Ergebnisse für die Strohmulchvariante dargestellt, da sich diese in Hannover 1996 anders als bei den anderen hier vorgestellten Arten, im Befall deutlich von allen anderen Varianten abhob. Für beide Kohlerdflöhe ergaben sich 1996 in Hannover signifikante Befallsunterschiede zwischen verschiedenen Varianten. Bei den über den ganzen Versuchszeitraum geringen Populationsdichten in Hannover waren

signifikante Unterschiede vorhanden. Die Strohvariante wies in Hannover den höchsten Befall auf. Auch die Kontrolle war signifikant stärker befallen als die Untersaatvarianten. Da zwischen den Varianten an diesem Standort große Unterschiede in der Flächendeckung des Kohls vorlagen, waren nach den Varianzanalysen an einzelnen Boniturterminen zum Teil signifikante Unterschiede vorhanden, wo nach den Kovarianzanalysen mit der Flächendeckung des Kohls als Kovariate keine Signifikanz bestand. Daher wurden für diesen Standort an 2 Terminen die Ergebnisse von Varianzanalyse und Kovarianzanalyse dargestellt (Tab. 14). Zwischen Erdklee- und Erdbeerkleeuntersaat bestanden zu keinem Datum Unterschiede.

Tab. 14: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Phyllotreta atra* / Pflanze an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover 1996 (Tukey-Test nach ANOVA: 15.8.: df = 3; F = 20,064; p < 0,001; 23.8.: df = 3; F = 30,998; p < 0,001; und nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 15.8.: df = 3; F = 7,758; p = 0,001; 23.8.: df = 3; F = 21,259; p < 0,001), unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

Datum	Varianten	Mittlere Anzahl Tiere / Pflanze	SF	Tukey-Test nach ANOVA	Tukey-Test nach ANCOVA
15.8.1996	Strohmulch	2.542	0.539	A	a
	Erdklee	0.104	0.060	B	b
	Erdbeerklee	0.125	0.065	B	b
	Kontrolle	1.188	0.370	C	ab
23.8.1996	Strohmulch	2.083	1.115	A'	a'
	Erdklee	0.125	0.000	B'	b'
	Erdbeerklee	0.125	0.046	B'	b'
	Kontrolle	0.729	0.208	C'	c'

Abb. 17 stellt die räumliche Verteilung von *Phyllotreta atra* in den Varianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen bei maximaler Populationsdichte am 23.8.1996 dar. *Phyllotreta undulata* reagierte bei geringeren Populationsdichten ähnlich, weshalb die Ergebnisse für diese Art nicht dargestellt wurden.

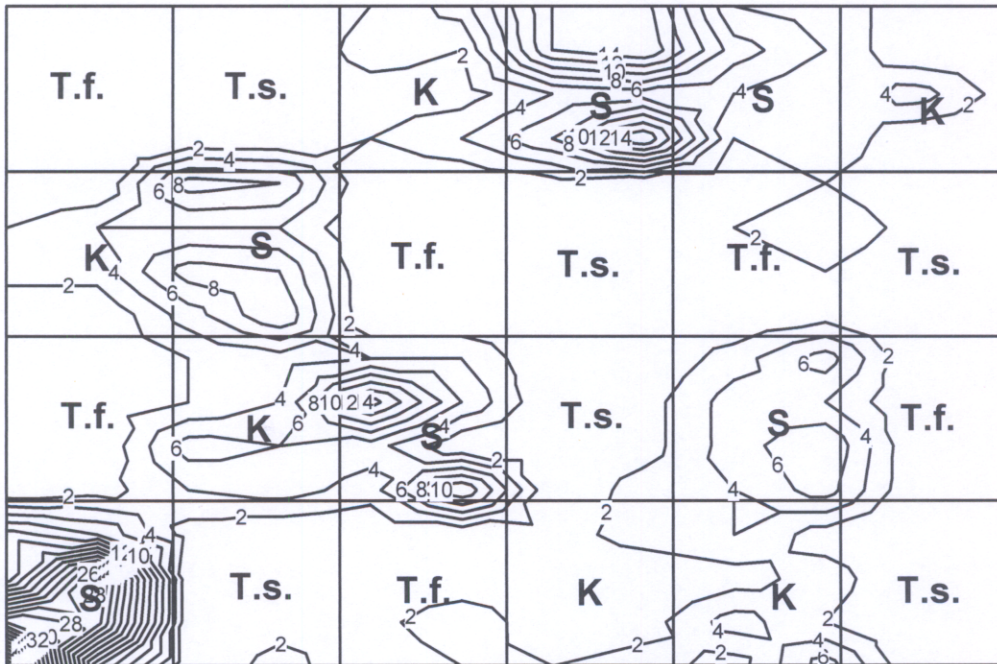


Abb. 17: Verteilung des Kohlerdflahs *Phyllotreta atra* auf die Versuchsvarianten in Hannover am 23. 8. 1996; S = Strohmulch; T.s. = Erdklee; T.f. = Erdbseeklee; K = Kontrolle.

Beide Kohlerdflah-Arten traten in Hötzum 1996 in weitaus höheren Dichten als in Hannover auf. Das galt sowohl für die überwinterte Generation als auch für die zweite Generation. In der Populationsdynamik der Kohlerdflöhe waren bei niedrigen Dichten auch in Hötzum zwischen Kontrolle und Untersaaten signifikante Unterschiede vorhanden. In der Strohmulchvariante reagierten die Kohlerdflöhe in Hötzum ebenso wie in den Untersaatvarianten. Bei niedrigen Populationsdichten war der Befall auch in dieser Variante gegenüber der Kontrolle vermindert. Bei hohen Populationsdichten über 40 Tiere beider Arten / Pflanze waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten und der Kontrolle feststellbar (Tab. 15). Der Befall in der Strohmulchvariante war am 7.8. nur aufgrund der räumlichen Verteilung der Wiederholungen signifikant niedriger als in der Kontrolle (Abb. 18). Bezüglich der Signifikanz der Ergebnisse bestanden, anders als in Hannover, zwischen Varianzanalyse und Kovarianzanalyse keine Unterschiede. Daher wurden nur Ergebnisse der Kovarianzanalyse dargestellt (Tab. 15).

Tab. 15: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Phyllotreta atra* / Pflanze an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1996 (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 11.7.: df = 3; F = 21,214; p < 0,001; 7.8.: df = 3; F = 3,524; p = 0,035), unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

Datum	Varianten	Mittlere Anzahl Tiere / Pflanze	SF	
11.7.1996	Strohmulch	0.167	0.022	A
	Erdklee	0.083	0.022	A
	Erdbeerklee	0.056	0.028	A
	Kontrolle	0.875	0.206	B
7.8.1996	Strohmulch	21.583	4.366	A'
	Erdklee	38.729	6.179	AB'
	Erdbeerklee	32.083	7.763	AB'
	Kontrolle	38.938	4.246	B'

Bei dem hohen Befall am 7.8. und am 14.8.1996 war eine Abhängigkeit von der topographischen Lage der Wiederholungen vorhanden. Der Befall war an einem Feldrand wesentlich stärker als auf dem Rest der Fläche, ohne daß erkennbare Unterschiede zu dem übrigen Versuchsfeld vorlagen (Abb. 18). Es waren weder Begrenzungen wie Hecken oder Zäune noch optisch differenzierbare Unterschiede im Wachstum und Erscheinungsbild der Kohlpflanzen festzustellen. Außerdem verhielt sich keine andere Schadinsektenart an diesem Feldrand entsprechend.

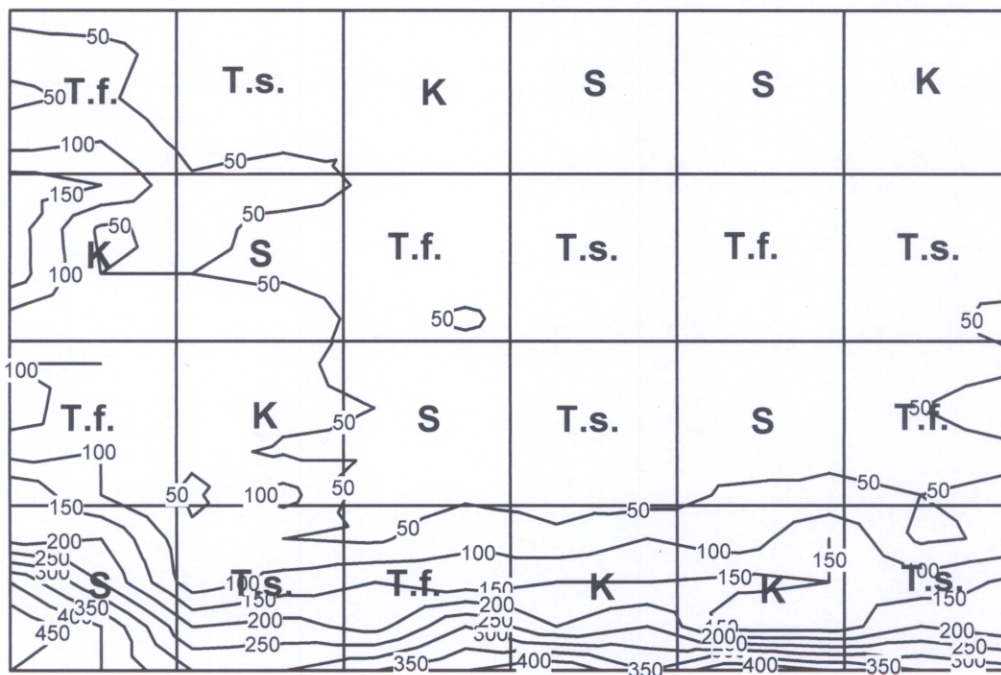


Abb. 18: Verteilung des Kohlerdflohs *Phyllotreta atra* auf die Versuchsvarianten in Hötzum am 14.8.1996; S = Strohmulch; T.s. = Erdklee; T.f. = Erdbeerklee; K = Kontrolle.

1997 traten Kohlerdföhe nur in Hötzum auf. Im Zeitraum geringer Dichten bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, wobei der Befall mit abnehmendem Flächenanteil der Untersaat beziehungsweise zunehmendem Flächenanteil des Kohls an der gesamten Vegetation zunahm. Bei hohen Dichten war der Befall in den Varianten wie im Vorjahr nicht signifikant unterschiedlich (Tab. 16). Bezüglich der Signifikanz der Ergebnisse gab es keine Unterschiede zwischen Varianzanalyse und Kovarianzanalyse, weshalb nur die Ergebnisse der letzteren dargestellt wurden.

Tab. 16: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Phyllotreta atra* / Pflanze an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hötzum 1997 (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 9.7.: df = 3; F = 22,214; p < 0,001; 22.7.: df = 3; F = 7,721; p = 0,001; 5.8.: 11.7.: df = 3; F = 3,183; p = 0,057); Sf = Standardfehler, unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

Datum	Varianten	Mittlere Anzahl Tiere / Pflanze	Sf	
9.7.1997	Zuvor	0.398	0.068	A
	Gleichzeitig	0.648	0.160	A
	Nachher	3.963	1.016	B
	Kontrolle	4.154	1.042	B
22.7.1997	Zuvor	0.167	0.068	A'
	Gleichzeitig	0.264	0.095	A'
	Nachher	0.306	0.060	A'
	Kontrolle	1.639	0.508	B'
5.8.1997	Zuvor	62.778	6.909	A
	Gleichzeitig	63.472	5.681	A
	Nachher	71.944	6.498	A
	Kontrolle	49.167	10.728	A

Anhand der räumlichen Verteilung des Befalls über die Versuchsfläche am 9.7. wurde nochmals deutlich, daß die Dichten bei dem geringen Befall in der Variante mit spät gesäter Untersaat und der Kontrolle höher waren als in den Varianten mit zwei Wochen vor und zur Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat (Abb. 19).

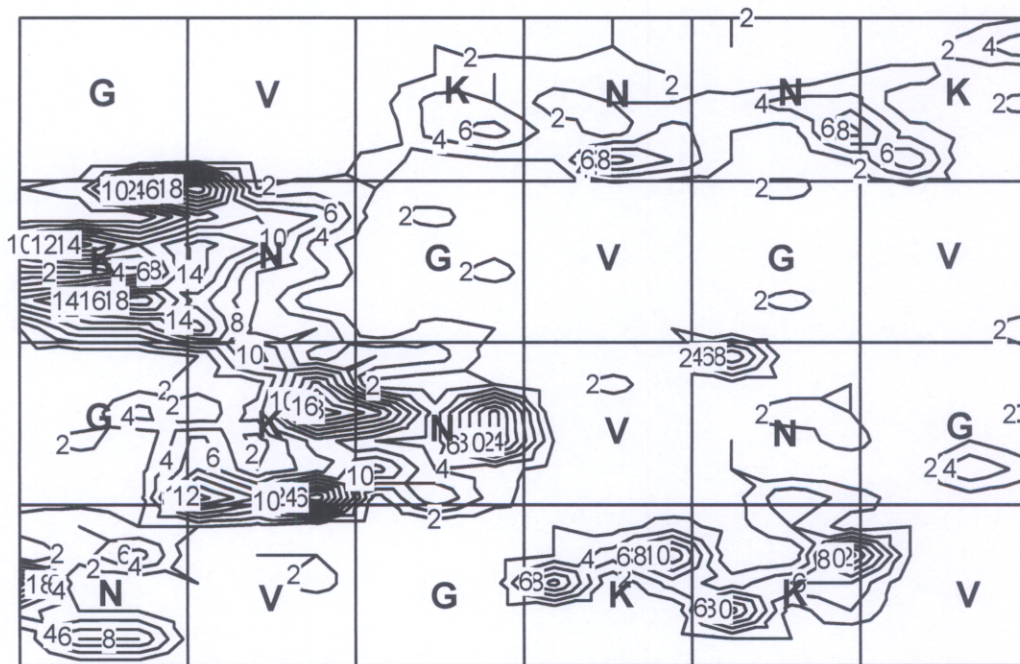


Abb. 19: Verteilung des Kohlerdflohs *Phyllotreta atra* auf die Versuchsvarianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Erdklee-Untersaaten in Hötzum am 9.7.1997; V = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls; G = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls; N = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls; K = Kontrolle.

Bei den hohen Dichten am 5.8. und 20.8. war der Befall über die gesamte Versuchsfläche verteilt, ohne daß Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar wurden (Abb. 20). Zu keinem Boniturtermin wurde eine Konzentration des Befalls in einem bestimmten Bereich des Versuchsfeldes beobachtet, wie das im Jahr zuvor gegen Ende der Kulturperiode in Hötzum der Fall war.

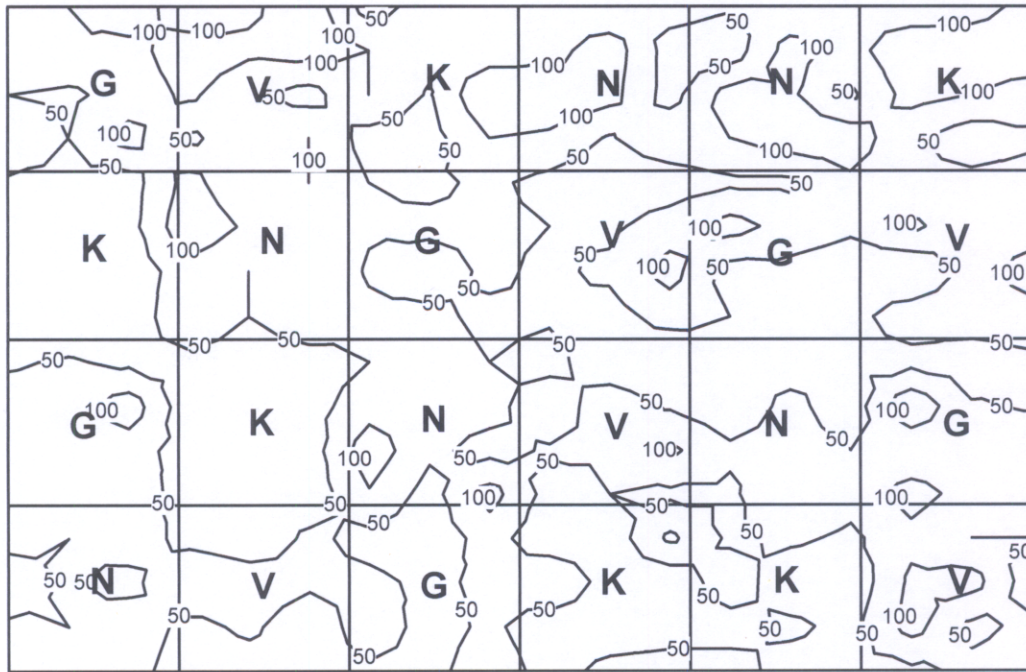


Abb. 20: Verteilung des Kohlerdflohs *Phyllotreta atra* auf die Versuchsvarianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Erdklee-Untersaaten in Hötzum am 5.8.1997; V = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls; G = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls; N = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls; K = Kontrolle.

1996 erfolgte ein weiterer Feldversuch zur Eignung anderer Pflanzenarten als Untersaaten. Bei den geringen Populationsdichten auf der Versuchsfläche hatten die Untersaaten Auswirkungen auf die Populationsdynamik der Kohlerdföhe. Es ergaben sich aber nicht bei allen verwendeten Untersaaten Befallsminderungen. Die Untersaaten aus Kamille (*Matricaria recutita*) und aus Hopfenklee (*Medicago lupulina*) minderten den Befall durch *Phyllotreta atra* nicht, während Ringelblume (*Calenula officinalis*), Hornklee (*Lotus corniculatus*) und Kümmel (*Carum carvi*) ebenso wie Erdklee (*Trifolium subterraneum*) den Befall senkten (Abb. 21). Die Ergebnisse sind jedoch nicht statistisch abgesichert, da in diesem Versuch nur zwei Wiederholungen je Variante vorlagen.

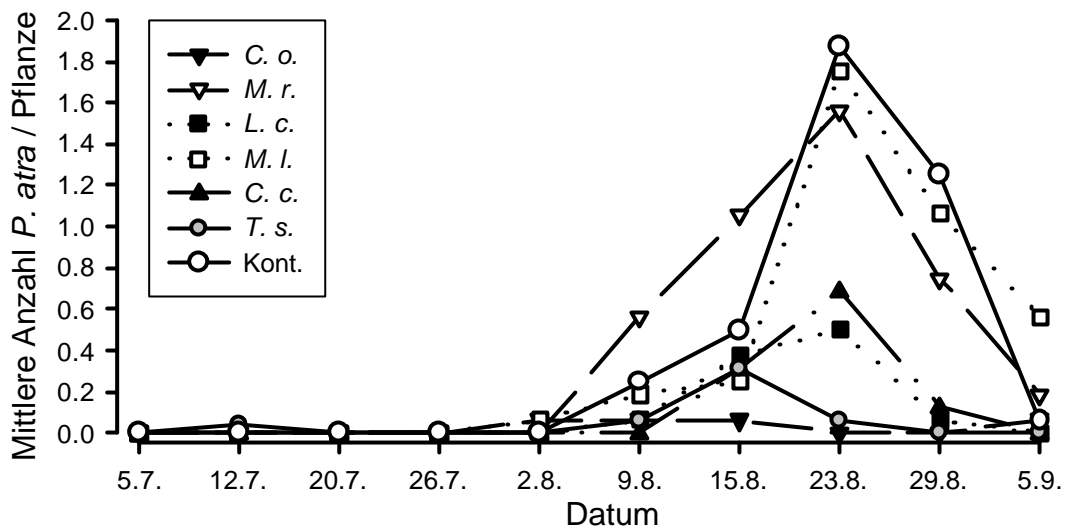


Abb. 21: Auftreten des Kohlerdflohs *Phyllotreta atra* bei unterschiedlichen Untersaaten in Hannover 1996; C.o. = Ringelblume (*Calenula officinalis*) M.r. = Kamille (*Matricaria recutita*) L.c. = Hornklee (*Lotus corniculatus*) M.I. = Hopfenklee (*Medicago lupulina*) C.c. = Kümmel (*Carum carvi*) T.s. = Erdklee (*Trifolium subterraneum*), Kont = Kontrolle.

Wahlversuche mit *P. atra* im Y-Olfaktometer erbrachten keine Hinweise auf eine Bevorzugung der Kohlpflanzen aus der Reinkultur gegenüber den Kohlpflanzen aus der Erdkleeuntersaat. Der Geruch von Kohl allein wurde gegenüber dem Geruch von Kohl und Erdklee zusammen ebenfalls nicht bevorzugt. Dagegen wurden verschiedene andere Brassicaceen gegenüber dem Weißkohl entweder deutlich bevorzugt (*Sinapis alba*, *Rorippa silvestris*) oder waren im Vergleich mit dem Weißkohl weniger attraktiv für *P. atra* (*Capsella bursa-pastoris*) (Tab. 17).

Tab. 17: Reaktionen von *Phyllotreta atra* im Y-Olfaktometer gegenüber Wirtspflanzengerüchen, Vergleich mit Erwartungswerten (Gleichverteilung) mittels G-Test mit Williams-Korrektur.

Testpflanzen (A / B)	Anteil [%]		Wiederholungen n	Statistik		
	A	B		G	df	P
Minicole K / Luft	94,74	5,26	19	18,030	1	0,000
Minicole K / <i>Sinapis alba</i>	30,00	70,00	20	3,211	1	0,073
Minicole K / <i>Rorippa silvestris</i>	26,32	73,68	19	4,325	1	0,038
Minicole K / <i>Capsella bursa-pastoris</i>	89,47	10,53	19	13,205	1	0,000
Minicole K / Minicole U	48,57	51,43	35	0,028	1	0,867
Minicole K / Minicole U + <i>Trifolium subterraneum</i>	51,28	48,72	39	0,025	1	0,873
Minicole K / Minicole K + <i>Trifolium subterraneum</i>	47,22	52,78	36	0,110	1	0,741

5.3.2.2.1 Kohlmotte *Plutella xylostella* L.

Die kohlschädigenden Lepidopterenarten traten in den einzelnen Versuchsjahren und an den einzelnen Standorten in unterschiedlicher Häufigkeit auf. Die häufigste Art war die Kohlmotte *Plutella xylostella*, weshalb hier das Verhalten dieser Art betrachtet wurde. In Hannover war 1996 der Befall des Kohls mit *P. xylostella* in beiden flächigen Untersaaten vom Beginn der Besiedlung bis Mitte Juli gegenüber der Kontrolle gemindert. Das galt sowohl für die Anzahl Entwicklungsstadien / Pflanze als auch für den Anteil befallener Pflanzen. Die Unterschiede in der Anzahl Tiere / Pflanze waren jedoch nicht signifikant und sind daher hier nicht dargestellt. Die Unterschiede im Anteil befallener Pflanzen erwiesen sich als signifikant (Abb. 22, Tab. 18, Tab. 19). Unter Berücksichtigung der Flächendeckung des Kohls als Kovariate waren die Anteile befallener Pflanzen jedoch statistisch nicht unterschiedlich (Tab. 19). In Hötzum bei Reihenuntersaat trat *P. xylostella* in allen Versuchsvarianten gleichermaßen auf, ohne daß es signifikante Unterschiede in der Populationsentwicklung gab. Diese Ergebnisse galten sowohl für die Anzahl Tiere pro Pflanze als auch für die Anteile befallener Pflanzen in den Varianten.

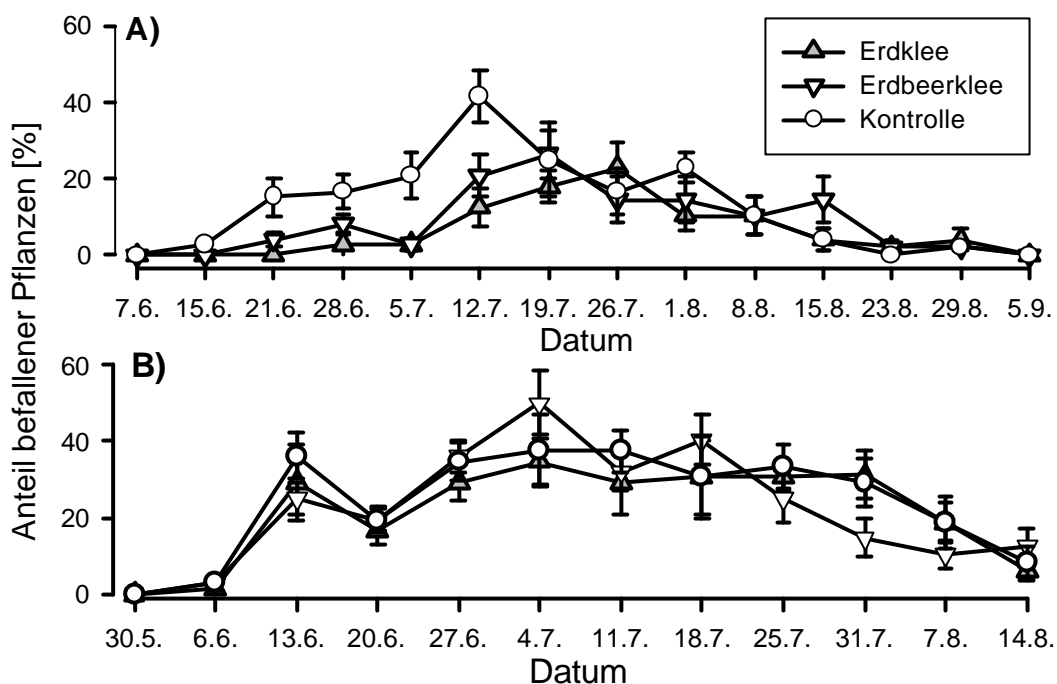


Abb. 22: Anteil der von der Kohlmotte *Plutella xylostella* befallenen Pflanzen in den Versuchen mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 18: RM-ANOVA über alle Varianten für den Anteil von der Kohlmotte *Plutella xylostella* befallener Pflanzen in den Versuchen mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	df	F	P
Hannover	Var	0,293	3	4,609	0,013
	Datum	2,981	12	20,979	0,000
	Var x Datum	0,914	36	2,144	0,000
	Error	2,841	240		
Hötzum	Var	0,033	3	0,272	0,845
	Datum	3,558	10	17,497	0,000
	Var x Datum	0,712	30	1,159	0,271
	Error	4,096	200		

Tab. 19: Paarweise Vergleiche für den Anteil von der Kohlmotte *Plutella xylostella* befallener Pflanzen an 3 ausgewählten Boniturterminen in Hannover 1996 (Tukey-Tests nach ANOVA: 21.6.: df = 3; F = 6,256; p = 0,004; 5.7.: df = 3; F = 7,970; p = 0,001; 19.7.: df = 3; F = 2,814; p = 0,065 und nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 21.6.: df = 3; F = 1,254; p = 0,318; 5.7.: df = 3; F = 2,220; p = 0,119; 19.7.: df = 3; F = 2,987; p = 0,057)

Tukey-Tests nach ANOVA				Tukey-Tests nach ANCOVA			
21.6.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.	21.6.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.
<i>T.s.</i>	1.000			<i>T.s.</i>	1.000		
<i>T.f.</i>	0.722	1.000		<i>T.f.</i>	0.946	1.000	
Kontrolle	0.005	0.046	1.000	Kontrolle	0.725	0.582	1.000
5.7.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.	5.7.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.
<i>T.s.</i>	1.000			<i>T.s.</i>	1.000		
<i>T.f.</i>	1.000	1.000		<i>T.f.</i>	1.000	1.000	
Kontrolle	0.009	0.009	1.000	Kontrolle	0.900	0.590	1.000
19.7.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.	19.7.	<i>T.s.</i>	<i>T.f.</i>	Kont.
<i>T.s.</i>	1.000			<i>T.s.</i>	1.000		
<i>T.f.</i>	0.853	1.000		<i>T.f.</i>	0.834	1.000	
Kontrolle	0.883	1.000	1.000	Kontrolle	0.431	0.346	1.000

In Hannover betrug die Populationsdichte der Kohlmotte im Jahr 1997 während des ganzen Versuchszeitraums in keiner Variante mehr als 0,1 Raupen pro Pflanze, weshalb keine Reaktionen auf die Untersaaten festzustellen waren. Vergleichbar niedrige Dichten wurden an den ersten vier Boniturterminen in Hötzum festgestellt. Nur bei der letzten Feldbonitur in Hötzum am 20.8. trat *P. xylostella* in allen Varianten mit hohen Larvendichten auf. Zu diesem Termin ergab sich eine deutliche Staffelung der Populationsdichten und des Anteils befallener Pflanzen. Der Befall war um so höher, je geringer die Flächendeckung des Klees beziehungsweise je später der Aussaattermin der Erdklee-Untersaat war. Der Befall in der Kontrolle war signifikant höher als in allen übrigen Varianten. Die Variante mit 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls gesättem Klee wies einen signifikant höheren Befall auf als die Varianten mit zuvor und gleichzeitig gesätter Untersaat. Letztere unterschieden sich statistisch nicht. Das galt sowohl für die Anzahl Raupen / Pflanze als auch für die Anteile befallener Pflanzen (Abb. 23).

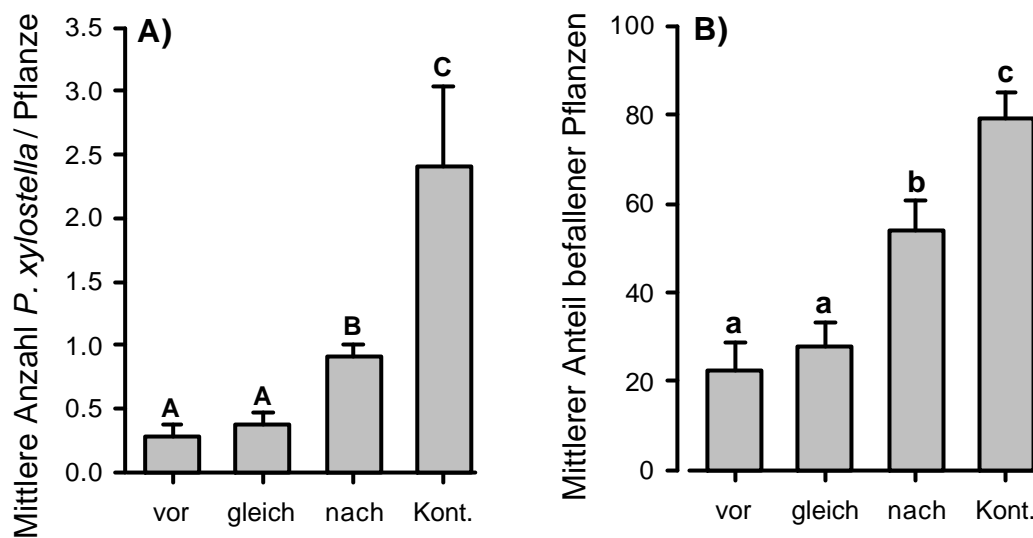


Abb. 23: A) Anzahl Larven der Kohlmotte (*Plutella xylostella*) / Pflanze und B) Anteil der von *P. xylostella* befallenen Kohlpflanzen in den zu unterschiedlichen Zeiten eingesäten Versuchsvarianten am 20.8. 1997 in Hötzum; zwischen den Varianten signifikante Unterschiede (Tukey-Tests nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Mittlere Anzahl Tiere / Pflanze: $df = 3$; $F = 11,103$; $p < 0,001$; Anteil befallener Pflanzen: $df = 3$; $F = 10,536$; $p < 0,001$); vor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleich = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nach = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls; Kont. = Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

Die Wirkung verschiedener anderer Pflanzenarten als Untersaaten gegen Befall durch *P. xylostella* wurde ebenfalls geprüft. Da nur zwei Wiederholungen je Variante angelegt werden konnten, erfolgte in diesem Versuch keine statistische Auswertung. Zwischen den Untersaatvarianten mit unterschiedlich wachsenden Pflanzenarten bestanden durchaus Unterschiede. Die Populationsmaxima in den Varianten mit der den Kohl überragenden Kamille (*Matricaria recutita*), dem die gleiche Höhe wie der Kohl erreichenden Hornklee (*Lotus corniculatus*) und den niedrigeren Untersaaten Hopfenklee (*Medicago lupulina*) und Kümmel (*Carum carvi*) lagen höher als in der Kontrolle und waren um eine Woche nach hinten verschoben. Die Populationen in den Varianten mit der höchsten Untersaat Ringelblume (*Calenula officinalis*) und der niedrigsten Untersaat Erdklee (*Trifolium subterraneum*) erreichten niedrigere beziehungsweise gleiche Höchstdichten wie in der Kontrolle (Abb. 24).

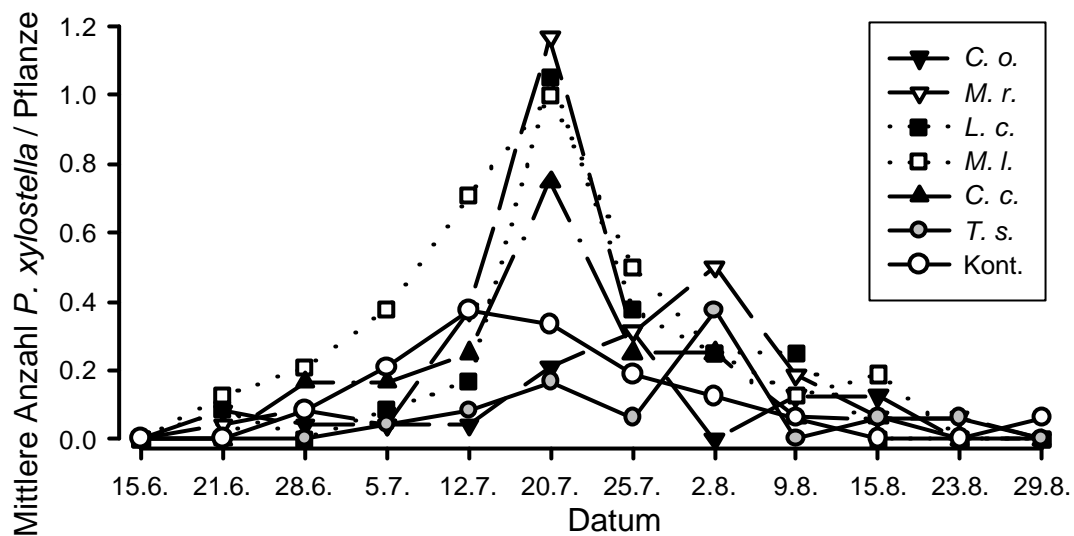


Abb. 24: Auftreten der Kohlmotte *P. xylostella* bei unterschiedlichen Untersaaten in Hannover 1996; C.o. = Ringelblume (*Calendula officinalis*) M.r. = Kamille (*Matricaria recutita*) L.c. = Hornklee (*Lotus corniculatus*) M.l. = Hopfenklee (*Medicago lupulina*) C.c. = Kümmel (*Carum carvi*) T.s. = Erdklee (*Trifolium subterraneum*), Kont = Kontrolle.

Wahlversuche mit Weibchen von *P. xylostella* im Y-Olfaktometer und mit Weißkohl der Sorte Minicole aus Untersaatkultur und Reinkultur erbrachten keine Hinweise auf eine Bevorzugung der Pflanzen aus der Reinkultur. Der für die Aufzucht von *P. xylostella* verwendete Rosenkohl der Sorte Ikarus wurde im Olfaktometer gegenüber der Weißkohlsorte Minicole ebenfalls nicht bevorzugt. Dagegen wurden verschiedene andere Brassicaceen gegenüber dem Weißkohl entweder deutlich bevorzugt (*Sinapis alba*, *Rorippa silvestris*, *Eruca sativa*) oder abgelehnt (*Capsella bursa-pastoris*) (Tab. 20).

Tab. 20: Reaktionen von eiablagebereiten *P. xylostella* – Weibchen im Y-Olfaktometer gegenüber Wirtspflanzengerüchen, Vergleich mit Erwartungswerten (Gleichverteilung) mittels G-Test mit Williams-Korrektur.

Testpflanzen (A / B)	Anteil [%]		Wiederholungen n	Statistik		
	A	B		G	df	P
Minicole K / Luft	100,00	0,00	28	-	-	-
Minicole K / <i>Eruca sativa</i>	17,86	82,14	28	12,319	1	0,001
Minicole K / <i>Brassica nigra</i>	33,33	66,67	27	3,003	1	0,083
Minicole K / <i>Sinapis alba</i>	20,69	79,31	29	10,453	1	0,001
Minicole K / <i>Rorippa silvestris</i>	36,36	63,64	55	4,105	1	0,042
Minicole K / <i>Capsella bursa-pastoris</i>	92,31	7,69	26	21,528	1	0,000
Minicole K / Rosenkohl 'Ikarus'	44,44	55,56	18	0,216	1	0,641
Minicole K / Minicole U	52,17	47,83	23	0,042	1	0,837
Minicole K / Minicole U	50,88	49,12	57	0,017	1	0,895
Minicole K / Minicole U + <i>Trifolium subterraneum</i>	55,36	44,64	55	0,018	1	0,893
Minicole K / Minicole K + <i>Trifolium subterraneum</i>	50,91	49,092	56	0,638	1	0,424

Zwischen den Untersaatvarianten und der Kontrolle bestanden auch mikroklimatische Unterschiede. Die Untersaaten waren kühler und feuchter als die zur Kontrolle dienende Kohltreinkultur. Unterer Schwellenwert für die Entwicklung von *P. xylostella* sind 7,3 °C und die Dauer einer Generation beträgt 283 °D (HARCOURT 1954). Damit waren ab dem ersten Auftreten von *P. xylostella* im Versuch in der Kontrolle 3 Generationen möglich, in den Untersaatvarianten aber nur 2,7 Generationen (Abb. 25).

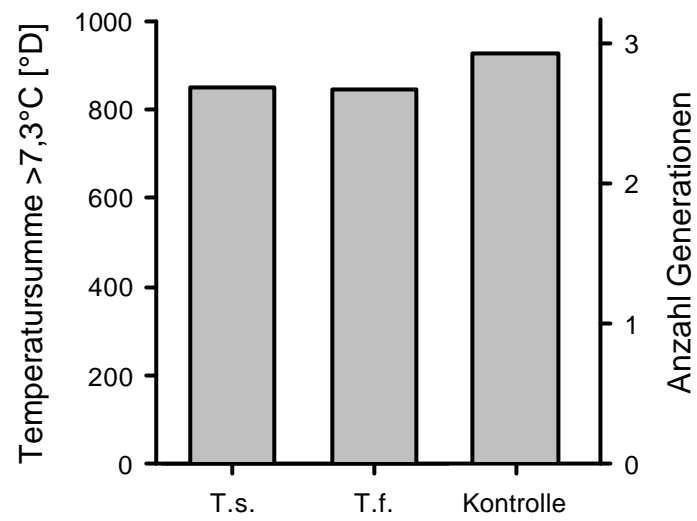


Abb. 2: Maximale Anzahl Generationen von *Plutella xylostella*, die unter den Temperaturbedingungen in den verschiedenen Varianten möglich waren; T.s. = Erdklee; T.f. = Erdbeerklee.

5.4 Diskussion

5.4.1 Nahrungsqualität

Die Nahrungsqualität einer Wirtspflanze für Herbivoren wird durch verschiedene Größen bestimmt. Zu den wichtigsten Faktoren gehören der Stickstoffgehalt, der Proteingehalt und der Gehalt an freien Aminosäuren in der Pflanze. Da der Stickstoffgehalt, der Proteingehalt und der Gehalt an freien Aminosäuren sich im allgemeinen unter Streßbedingungen für die Pflanze erhöhen, kann sich auch die Wirtsqualität einer Pflanze unter Stress für die Herbivoren erhöhen (WHITE 1984, BRODBECK & STRONG 1987, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Jedoch bedeutet eine Pflanze unter Stress nicht generell eine Verbesserung der Wirtsqualität. An Gehölzen werden zum Beispiel holzbohrende und saugende Insekten meist durch Stress gefördert, während beißende Insekten und Gallbildner im allgemeinen negativ beeinflusst werden (KORICHEVA et al. 1998). Mögliche Streßfaktoren in Mischkulturen stellen Wasserkonkurrenz und Nährstoffkonkurrenz dar, insbesondere um Stickstoff (VANDERMEER 1989). Trockenstress bewirkt eine Akkumulation von freien Aminosäuren und Proteinen, eine geringere Verfügbarkeit von Bodenstickstoff hat aber eine mindernde Wirkung auf den Gehalt dieser Stoffe (BRODBECK & STRONG 1987, BERNAYS & CHAPMAN 1994, MILES et al 1982). Demnach können Wasserkonkurrenz und Stickstoffkonkurrenz einander entgegengesetzte Auswirkungen haben, mit der Folge, daß ihre Auswirkungen sich in der Untersaatkultur möglicherweise teilweise wieder aufheben. Am Standort Hannover konnte 1997 anhand der freien Aminosäuren kein erhöhter Stress für den Kohl in der Untersaat nachgewiesen werden, da die Aminosäuregehalte im Blattmaterial weder insgesamt noch bei getrennter Betrachtung der einzelnen Aminosäuren signifikant verschieden waren. Die Minderung des Befalls durch die Mehligke Kohlblattlaus (*B. brassicae*), Kohleule (*Mamestra brassicae*) und Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*) sowie des Kopfbefalls durch die Kleine Kohlflye (*Delia radicum*) in Hannover 1997 (vgl. Kapitel 2) hatte demnach andere Ursachen. VIDAL (1997) untersuchte die Parameter Blattwassergehalt, Trockengewicht und Stickstoffgehalt für Rosenkohl in Kontrolle und Untersaatkultur. Er fand keine signifikanten Unterschiede in diesen Parametern, beobachtete aber dennoch signifikant geringeren *B. brassicae*-Befall am Kohl mit Weidelgrasuntersaat (*Lolium perenne*). COSTELLO & ALTIERI (1995) stellten keine Beziehung zwischen dem Wachstum der *B. brassicae*-Populationen und dem Blattstickstoffgehalt in verschiedenen Mischkulturen

fest. Sie konnten in den Untersaatkulturen auch keine Beziehung zwischen unterschiedlicher Düngung und Blattstickstoffgehalt nachweisen. Der Befall durch *Brevicoryne brassicae* und *Myzus persicae* war in den Untersaatvarianten aber reduziert. Nach diesen Ergebnissen konnte an Kohl in der Untersaatkultur keine verminderte Nahrungsqualität nachgewiesen werden. Dieser Faktor war damit nicht die Ursache für kleinere Schadinsektenpopulationen.

In den relativen Anteilen einiger Aminosäuren bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Doch bis auf Threonin handelte es sich dabei am 25.7. und am 14.8. um unterschiedliche Aminosäuren. Die relativen Anteile von Threonin waren an beiden Probeterminen in der Variante mit früher Untersaat zwar nur wenig, aber doch signifikant höher als in den übrigen Varianten. Ob die Erhöhung des relativen Anteils des Threonins ein Anzeichen von Streß darstellte, konnte in dieser Arbeit nicht untersucht werden. Die Möglichkeit besteht jedoch, da die Unterschiede nur zu der früh gesäten Variante mit der dichtesten Untersaat bestanden und zwischen den Varianten mit später gesäten Untersaaten und der Kontrolle keine signifikanten Unterschiede auftraten. VAN EMDEN & BASHFORD (1971) stellten fest, daß die Wachstumsrate von *Brevicoryne brassicae* mit dem Gehalt von Threonin im Blattmaterial positiv korreliert war. Der erhöhte relative Anteil von Threonin in der Variante mit der frühen Untersaat könnte sich daher möglicherweise ebenfalls positiv auf die Populationsentwicklung von *B. brassicae* in dieser Variante auswirken. Im Freilandversuch in Hannover 1997 waren aber die Populationen in allen Untersaatvarianten gegenüber der Kontrolle reduziert, was bedeutete, daß andere Mechanismen den Befall beeinflussten. Nach VIDAL (1997) war bei mit gleichen Ausgangsdichten von *B. brassicae* in Kohlundersaatkultur und Kohlreinkultur ausgepflanzten Kohlpflanzen das Populationswachstum der Aphiden in der Untersaatkultur stärker. Als Ursache dafür könnte eine verbesserte Nahrungsqualität des in die Untersaat ausgepflanzten Kohls in Betracht kommen, bedingt durch erhöhten Streß aufgrund der härteren Konkurrenzsituation in der Untersaat.

Anhand der obengenannten Ergebnisse konnte nicht auf Verschlechterungen der Nahrungsqualität als Ursache für geringeren Herbivorenbefall geschlossen werden. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß in allen Varianten gleichermaßen Befall durch Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) auftrat. Auch Pathogene stellen Stressfaktoren dar, die Einfluß auf die Aminosäurekonzentrationen haben können (WHITE 1984). Neben den durch die Untersaat bedingten Konkurrenzeffekten können

demnach pathogenbedingte Veränderungen in den Aminosäuregehalten vorgelegen haben. Eine weitere Schwierigkeit bei der Analyse der Gehalte an freien Aminosäuren besteht in den oft hohen Unterschieden zwischen einzelnen Proben. VAN EMDEN & BASHFORD (1971) stellten in Blattmaterial von Kohl, MOLL (1996) in Phloemsaft von Bohnen und FIEBIG (2000) in Phloemsaft von Weizen große Variabilität in den Gehalten freier Aminosäuren fest. In der hier durchgeführten Untersuchung bestanden diesbezüglich ebenfalls große Unterschiede zwischen den Proben. Bei solcher hohen Variabilität könnten Unterschiede zwischen den Varianten aber einfach verdeckt sein.

Bezüglich der Nahrungsqualität wurde *Brevicoryne brassicae* als Phloemsauger gesondert betrachtet. Für Phloemsauger hängt die Nahrungsqualität von dem Gehalt an freien Aminosäuren im Phloemsaft ab, der sich von dem Gehalt an freien Aminosäuren im gesamten Blattmaterial unterscheidet. Unter Stress steigen insbesondere die Phloemkonzentrationen von Aminosäuren, bedingt durch Proteindegradation und Verlagerung von Ressourcen aus absterbenden Blättern. Deswegen können gerade Phloemsauger durch Stress besonders gefördert werden (BRODBECK & STRONG 1987, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Bei den Gewächshausversuchen mit *Brevicoryne brassicae* ergab sich jedoch kein Beleg für geringere Nahrungsqualität des in einer Erdklee-Untersaat wachsenden Kohls. Zwischen den Varianten waren weder in der Anzahl Larven je Aptere noch in den Gewichten von Apteren und Larven signifikante Unterschiede zwischen Untersaatvariante und Kohlreinkultur festzustellen. Auch dieses Ergebnis sprach gegen eine generell geringere Nahrungsqualität in Untersaaten als Hauptursache für die im Feld beobachtete Verminderung des Befalls durch *Brevicoryne brassicae*.

Die Annahme, daß in der Nahrungsqualität kaum Unterschiede zwischen Untersaaten und Reinkultur auftraten, kann jedoch nach den Ergebnissen von einem Standort und der Untersuchung nur einer Komponente nicht generalisiert werden. Bezüglich der Nahrungsqualität der Wirtspflanzen in Untersaatkulturen müssen daher in Zukunft weitere, umfassendere Untersuchungen erfolgen. Dabei muß neben Stickstoffgehalt und Gehalt an freien Aminosäuren auch der Glucosinolatgehalt untersucht werden, da dieser ebenfalls großen Einfluß auf den Schadinsektenbefall hat (GIAMOUSTARIS & MITHEN 1995, PALANISWAMY et al. 1997, COLE 1998, BARTLETT et al. 1994).

5.4.2 Schadinsekten

Im Folgenden wird das Verhalten der Schadinsektenarten *Brevicoryne brassicae*, *Plutella xylostella* und *Phyllotreta atra* in Hinblick auf die in der Einleitung genannten Hypothesen diskutiert.

5.4.2.1 Mehliges Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* L.

Untersaaten minderten den Befall durch *Brevicoryne brassicae*. Dabei wurden sowohl die Anzahl Tiere pro Pflanze als auch der Anteil befallener Pflanzen gegenüber der Kohlreinkultur vermindert. Signifikante Reduktionen des *B. brassicae*-Befalls wurden bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen mit Kohl-Untersaatkulturen und Mischkulturen mit andern Gemüsen festgestellt (SMITH 1976, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, TUKAHIRWA & COAKER 1982, ANDOW et al. 1986, COSTELLO & ALTIERI 1995, LEHMUS et al. 1996, KIENEGGER & FINCH 1997, VIDAL 1997). Da Aphiden Wirtspflanzen über größere Distanzen mittels alater Morphen durch die Luft erschließen (DIXON 1985), ist dieser Anteil der Population bei der Erstbesiedlung eines Kohlfeldes durch *B. brassicae* von besonderer Bedeutung. In den Feldversuchen in Hannover und Hötzum 1996 und 1997 wurden bei Kohl in Untersaaten im Vergleich mit der Reinkultur verringerte Alatenanzahlen pro Pflanze und verringerte Anteile durch Alate besiedelter Pflanzen festgestellt. In anderen Untersuchungen mit *B. brassicae* wurde ebenfalls verringerte Kolonisation durch Alate als eine Ursache kleinerer Populationen auf Kohl in der Mischkultur festgestellt (SMITH 1976, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, TUKAHIRWA & COAKER 1980, KIENEGGER & FINCH 1997, VIDAL 1997). Damit wird die Ressourcen-Konzentrations-Hypothese (ROOT 1973) bestätigt, wonach spezialisierte Herbivoren wie *B. brassicae* Standorte mit reinen Beständen beziehungsweise hoher Wirtspflanzenkonzentration leichter lokalisieren als Standorte mit gemischten Beständen beziehungsweise geringer Wirtspflanzenkonzentration. Diese Hypothese beschreibt jedoch lediglich die Auswirkung von Veränderungen der Reinheit des Wirtspflanzenbestandes auf Schadinsektenanzahlen, während der zugrundeliegende Mechanismus nicht erklärt wird.

ROOT (1973) trennte außerdem nicht zwischen den Auswirkungen unterschiedlich reiner Bestände und unterschiedlich großer Flächen von Wirtspflanzen auf spezialisierte Herbivoren. GREZ & GONZALES (1995) stellten jedoch fest, daß unterschiedlich große Flächen von Kopfkohl auf nacktem Boden in der *B. brassicae*-Dichte keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, der Befall in kleineren Flächen also

nicht geringer war. Da Mischkulturen dagegen den *B. brassicae*-Befall an Kohl senkten, muß gerade in der Kombination von Wirtspflanze und Nichtwirtspflanze die Ursache für den verringerten Befall liegen.

Die Mechanismen, die den Befallsminderungen durch Untersaaten zugrunde liegen, beeinflussen demnach schon die erste Besiedlung der Pflanzen. Nach der Hypothese der physikalischen Barrieren (PERRIN 1977) wird die Wirtspflanze durch gleich hohe oder höhere Nichtwirtspflanzen vor Schadinsekten abgeschirmt, da diese Barrieren die Ausbreitungsbewegungen von Schadinsekten im Feld behindern. In den in Hannover und Hötzum durchgeführten Versuchen mit Erdklee (*Trifolium subterraneum*) und Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum*) überragte der Kohl aber die Kleeuntersaaten. *B. brassicae*-Befall und Alateinflug wurden dennoch signifikant vermindert. Hochwüchsige Untersaaten wie Ringelblume (*Calendula officinalis*), Kamille (*Matricaria recutita*) und Hornklee (*Lotus corniculatus*), die ebenso hoch wie der Kohl waren oder ihn überragten, führten gegenüber der Kontrolle nicht zu stärkeren Befallsminderungen als niedrige Untersaaten wie Hopfenklee (*Medicago lupulina*), Kümmel (*Carum carvi*) und Erdklee (*Trifolium subterraneum*), die vom Kohl überragt wurden. Smith (1976) stellte auch an Kohl, der von einem am Boden liegenden Ring aus grünem Schaumgummi oder von einer Bodenaufgabe aus Grasschnitt umgeben war, geringere Anzahlen alater *B. brassicae* fest als an Kohl auf freiem Boden. Eine Barrierenwirkung der Untersaat gegenüber einfliegenden Alaten kann daher nicht die Hauptursache für die im Vergleich zur Kontrolle verringerten Alatenanzahlen und kleineren Populationen von *B. brassicae* in Untersaaten und anderen Mischkulturen sein. Ein Beitrag der Untersaat als physikalische Barriere zur Befallsminderung kann allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Dagegen ist die optische Maskierung der Wirtspflanze nach den Ergebnissen von Hannover und Hötzum 1996 und 1997 als Hauptursache für den geringeren Alateinflug und die Befallsreduktion zu betrachten. Nach dieser Hypothese sind Wirtspflanzen mit einem grünen Hintergrund von Begleitvegetation für Schadinsekten weniger auffällig als auf nacktem Boden und werden daher weniger befallen (SMITH 1976). Alate Aphiden orientieren sich im Flug visuell und fliegen bevorzugt die Farbe Gelb an, wobei ein Erdbodenuntergrund die Anziehung für die Alaten verstärkt (MOERICKE 1954, DIXON 1985). Gelbschalen und Kohlpflanzen in verunkrauteten Kohlkulturen zogen in den Untersuchungen von SMITH (1976) weniger alate Aphiden an als Gelbschalen und Kohlpflanzen auf freiem Boden in der Reinkultur. COSTELLO (1995)

fand in Brokkolikulturen mit Untersaat nur geringe Veränderungen in der spektralen Zusammensetzung des Lichts, stellte aber signifikant geringere Intensitäten der spektralen Reflektion bei Vorhandensein einer Kleeuntersaat fest. Insbesondere die Intensitäten im Gelbbereich (550-590nm) waren positiv mit der Anzahl alater *B. brassicae* in den aufgestellten Wasserschalen korreliert. Mit zunehmender Flächendeckung der Hauptkultur glichen sich die Werte zwischen Brokkolireinkultur und Untersaatkultur an. Nach Smith (1976) wurden Rosenkohlpflanzen umgeben von einem Hintergrund von Begleitvegetation, von einer Bodenaufgabe aus frischem Grasschnitt oder einem breiten Ring aus grünem Schaumgummi weniger von alaten *B. brassicae* besiedelt als Rosenkohl auf nacktem Boden. Landungen erfolgen bei Alaten in „Befallsstimmung“ auf jeder grünen Pflanze (MOERICKE 1954). Die Ursache dafür könnte darin begründet sein, daß die Lichtreflektion von den Blättern vieler verschiedener Pflanzenarten ähnlich ist (PROKOPY & OWENS 1983). Daraus ließ sich folgern, daß die Wirtspflanzen durch einen grünen Hintergrund, wie ihn normalerweise andere Pflanzen bilden, tatsächlich optisch maskiert wurden, während der Kontrast zwischen Pflanze und Boden in der Reinkultur aufgrund der Erhöhung der Reflektion befallsverstärkend wirkte.

1996 waren in Hannover bei flächiger Untersaat der Alateneinflug und die gesamte Aphidenpopulation gegenüber der Kontrolle stärker verringert als bei der Reihenuntersaat in Hötzum. Die 1997 durchgeführten Versuche mit unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten für die Untersaat ergaben bei höherer Flächendeckung der Untersaaten geringere Anzahlen Alater auf den Kohlpflanzen. Die graphische Darstellung der relativen Anzahl Alater gegen den relativen Flächenanteil des Kohls über alle Versuchsjahre zeigte ebenfalls, daß das Auftreten der Alaten positiv mit dem Flächenanteil des Kohls korreliert war. Auch in dem Gewächshausversuch zur Besiedlung des Kohls durch Alate trat eine Abstufung mit den höchsten Alatenanzahlen am Weißkohl in der Kontrolle und den geringsten Alatenanzahlen am Weißkohl in der flächigen Untersaat auf, während die Werte für die Variante mit Reihenuntersaat dazwischen lagen. Im Gewächshausversuch wurde bestätigt, daß auch auf der Nichtwirtspflanze Erdklee Alate von *B. brassicae* landeten. Die Abhängigkeit des *B. brassicae*-Befalls vom relativen Anteil des Kohls wurde auch von BANKS (1998) und THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) im Freiland beobachtet. Grasinge um Rosenkohlpflanzen minderten nach SMITH (1976) die Besiedlung durch Alate. Bei Verwendung kleiner Rosenkohlpflanzen war die Anzahl Alater verglichen mit der

Kontrolle signifikant verringert. Mit großen Rosenkohlpflanzen war der Befall ebenfalls gemindert, aber die Unterschiede waren nicht signifikant. Demnach führte ein geringerer relativer Anteil des Kohls an der Flächendeckung der Vegetation zu verminderter Besiedlung der Kohlpflanzen durch Alate und damit zu reduziertem Befall. Damit bestätigte sich die Hypothese der optischen Maskierung der Wirtspflanze.

Als Mechanismen, die allgemein zu verringertem Schadinsektenbefall in Mischkulturen führen könnten, wurden auch Einflüsse der Nichtwirtspflanzen auf die olfaktorische Wirtsfindung der Schadinsekten diskutiert (TAHVANAINEN & ROOT 1972, THEUNISSEN 1994b). Aphiden reagieren bei der Wirtspflanzensuche hauptsächlich auf visuelle Stimuli und entscheiden erst nach der Landung über die Eignung der potentiellen Wirtspflanze (DIXON 1985). Da aber gerade für *B. brassicae* auch Reaktionen auf olfaktorische Reize nachgewiesen wurde (PETTERSON 1973, NOTTINGHAM & HARDIE 1993), konnte eine olfaktorische Beeinflussung bei der Wirtswahl nicht völlig ausgeschlossen werden. Die von TAHVANAINEN & ROOT (1972) postulierte olfaktorische Maskierung der Wirtspflanze durch Gerüche von Nichtwirtspflanzen ist als Mechanismus für die Befallsreduktion bei *B. brassicae* dennoch nicht wahrscheinlich. Die 1996 untersuchten, sehr unterschiedlichen Kleearten *Trifolium subterraneum* und *Trifolium fragiferum* führten zu vergleichbaren Befallsminderungen. Der 1996 in Hannover mit sechs verschiedenen Untersaaten aus drei Pflanzenfamilien durchgeführte Versuch bestätigte die allgemeine Wirkung von Untersaaten gegenüber *B. brassicae*, da auch in diesem Fall die Gesamtpopulation und die Alatenanzahl auf den Kohlpflanzen durch alle verwendeten Untersaaten reduziert wurden. In der Literatur wurden Befallsreduktionen bei Kombination des Kohls mit verschiedenen Poaceen (ANDOW et al. 1986, VIDAL & BOHLSSEN 1994, VIDAL 1997), verschiedenen Fabaceen (TUKAHIWA & COAKER 1980, ANDOW et al. 1986, COSTELLO & ALTIERI 1995), Ackerspörgel (*Spergula arvensis*, Caryophyllaceae) (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980), Spinat (*Spinachia oleracea*, Chenopodiaceae) (COAKER 1980) Unkräutern, Grasschnitt oder grünem Schaumgummi (SMITH 1976a) beschrieben. Läge dieser Wirkung ein olfaktorischer Einfluß zugrunde, so müßten die Geruchsprofile dieser verschiedenen Pflanzenarten aus unterschiedlichen Familien und des Schaumgummis alle eine gleich gerichtete Wirkung auf *B. brassicae* zeigen und in gleicher Weise den Wirtsgeruch maskieren. Das ist hochgradig unwahrscheinlich.

THEUNISSEN (1994b) stellte die Hypothese einer Veränderung des Wirtspflanzengeruchs als Ursache für geringeren Befall des Kohls in der Mischkultur

auf, wobei diese Veränderung durch Aufnahme von Wurzelexudaten der Nichtwirtspflanzen bedingt sein sollte. Die Tatsache, daß in Hannover und Hötzum 1996 alle getesteten Untersaaten Befallsminderungen hervorriefen, macht eine Beeinflussung des Wirtspflanzengeruchs durch Wurzelexudate aber unwahrscheinlich. Ebenso sprechen die obengenannten, in der Literatur aufgeführten Befallsminderungen bei einer Vielzahl unterschiedlicher Begleitpflanzen in der Mischkultur gegen diesen olfaktorischen Mechanismus. Nach der obengenannten Hypothese müßten diese verschiedenen Begleitpflanzen aus unterschiedlichen Pflanzenfamilien alle ähnliche Wurzelexudate aufweisen, die zudem auch noch unverändert von der Wirtspflanze aufgenommen werden müßten. Die von Smith (1976) beschriebene Wirkung grünen Schaumgummis kann dadurch ebenfalls nicht erklärt werden. Außerdem wurden auch in Hannover im Gewächshaus Unterschiede in der Besiedlung der Kohlpflanzen in Untersaaten und Reinkultur durch Alate festgestellt. In diesem Versuch wurden die Kohlpflanzen erst direkt vor Versuchsbeginn eingesetzt und befanden sich dabei in separaten Töpfen. Wurzelexudate des Erdklees (*Trifolium subterraneum*) konnten damit nicht vom Kohl aufgenommen werden. Signifikante Unterschiede im *B. brassicae*-Befall zwischen den Varianten konnten in diesem Versuch nicht auf Beeinträchtigungen der olfaktorischen Wirtsfindung zurückgeführt werden, sondern hatten andere Ursachen. Insgesamt deuteten die Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen sowie aus der Literatur in keiner Weise auf eine Beeinflussung des olfaktorischen Wirtsfindungsvermögens hin.

Weitere Faktoren trugen verstärkend zu den Befallsminderungen bei. Während die initiale Besiedlung eines neuen Feldes normalerweise über Alate von statten geht, erfolgt die weitere kleinräumige Ausbreitung im Feld auch durch Aptere (DIXON 1985). Störungen wie beispielsweise durch Gegenspieler oder Witterungseinflüsse führen Aptere zum Verlassen der Pflanze und zur Besiedlung weiterer Pflanzen (DIXON 1985, MANN et. al. 1995). HODGSON (1991) wies bei den Aphidenarten *Brevicoryne brassicae*, *Megoura viciae* und *Myzus persicae* nach, daß generell einige Aptere die Wirtspflanzen selbst ohne Störungen verließen. Am ausgeprägtesten war dieses Verhalten, sobald durch den Blattlausbefall eine Verlangsamung des Wachstums der Wirtspflanze eintrat. Durch dieses Verhalten können weitere Wirtspflanzen in der Umgebung einer befallenen Pflanze besiedelt werden. Der Gewächshausversuch zum Verhalten von apteren *B. brassicae* zeigte, daß Aptere, die ihre Pflanze verlassen hatten, Nachbarpflanzen erreichten und hier Kolonien begründeten. Zugleich wurde aber

deutlich, daß eine Reihenuntersaat eine Barriere darstellte, die die Besiedlung benachbarter Kohlpflanzen durch Aptere signifikant senkte. Die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen und die Besiedlung von Nachbarpflanzen durch Aptere war damit in Untersaatkulturen vermindert. Die Hypothese der Physikalischen Barrieren (PERRIN 1977) wurde somit für die apteren *B. brassicae* in Kohlmischkulturen bestätigt, war aber nicht die Hauptursache für geringere Aphidenpopulationen.

Das Mikroklima beeinflusste den Befall ebenfalls. Temperaturmessungen in den Varianten ergaben, daß die Untersaatkulturen in 15cm Höhe über dem Boden tatsächlich kühler waren als die Kohlereinkultur. Die Temperaturunterschiede zwischen Kontrolle und Untersaatvarianten waren aber so gering, daß die Unterschiede in der Anzahl Gradtage vom ersten Einflug Alater bis zur Ernte in allen Fällen weniger als eine Aphidengeneration betragen. Daher trugen die geringeren Temperaturen in den Untersaatvarianten zwar etwas zu einer verlangsamten Populationsentwicklung und geringeren Blattlausanzahlen auf den Kohlpflanzen bei, kamen aber nicht als Hauptursache für den geringeren *B. brassicae*-Befall in den Untersaatvarianten in Frage.

5.4.2.2 Schwarzer Kohlerdfloh *Phyllotreta atra* Kutsch.

Der Befall des Weißkohls durch Kohlerdföhe (*Phyllotreta spec.*) wurde durch Untersaatkulturen signifikant verringert. Das galt sowohl für die Versuche mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996 als auch für den Versuch mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten in Hötzum 1997. Befallsreduktionen waren nicht an bestimmte Untersaaten gebunden. Je früher die Aussaat der Untersaat erfolgte beziehungsweise je größer der Flächenanteil der Untersaat an der Gesamtvegetation war, um so geringer war der Befall des Kohls. Die Unterschiede im Befall zwischen den Varianten waren am ausgeprägtesten bei geringen Kohlerdflohdichten. An den letzten Boniturterminen in Hötzum 1996 und 1997 waren bei sehr hohen Kohlerdflohdichten die Unterschiede zwischen Untersaatvarianten und Kontrolle allerdings nicht signifikant. Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Kohlerdföhe an den Kohlpflanzen in Untersaat und Kontrolle konnten nicht nachgewiesen werden. Unterschiedliche Artenzusammensetzungen als Folge unterschiedlicher Biotoppräferenzen verschiedener Arten entfielen daher als Ursachen für unterschiedlichen Befall.

Versuche anderer Autoren führten in Kohlmischkulturen ebenfalls zur Minderung des Befalls mit Kohlerdflohen (ALTIERI & GLIESSMAN 1983, LATHEEF et al. 1984, ANDOW et al. 1986, GARCIA & ALTIERI 1992, LEHMHUS et al. 1996). Nach der Ressourcen-Konzentrations-Hypothese (ROOT 1973) finden spezialisierte Herbivoren Standorte mit hoher Wirtspflanzenkonzentration oder fast reinen Wirtspflanzenbeständen eher als Standorte mit geringer Wirtspflanzenkonzentration. Daher führen große oder reine Wirtspflanzenbestände zu stärkerem Befall durch spezialisierte Herbivoren. Diese Hypothese wurde durch die Senkung des Kohlerdflohbefalls in den verschiedenen Mischkulturen gestützt. SCHELLHORN & SORK (1997) stellten an Kohl in der Mischkultur mit Brassicaceen-Unkräutern höhere Dichten von Kohlerdflohen (*Phyllotreta cruciferae*) fest als an Kohl in der Mischkultur mit Unkräutern aus anderen Pflanzenfamilien. Da Kohlerdflohe in der Brassicaceen-Mischkultur fakultative Polyphagen waren, in der Nicht-Brassicaceen-Mischkultur dagegen fakultative Oligophagen, bestand in der Vegetation der beiden Varianten eine unterschiedliche Wirtspflanzenkonzentration. Durch den höheren Befall in der Brassicaceen-Mischkultur wurde die Ressourcen-Konzentrations-Hypothese bestätigt. Da diese Hypothese jedoch lediglich Auswirkungen einer Veränderung der Wirtspflanzenkonzentration auf Schadinsektenanzahlen beschreibt, ist der zugrundeliegende Mechanismus damit noch nicht erklärt.

Nach der Hypothese der physikalischen Barrieren wird die Wirtspflanze durch gleich hohe oder höhere Nichtwirtspflanzen von Schadinsekten abgeschirmt, da diese Barrieren die Ausbreitungsbewegungen von Schadinsekten im Feld behindern (PERRIN 1977). Sowohl ALTIERI & DOLL (1978) als auch COLL & BOTRELL (1994) stellten in der Mischkultur von hohen Maispflanzen mit Bohnen gegenüber der Reinkultur von Bohnen einen verringerten Schadinsektenbefall fest. Die hohen Maispflanzen wirkten als Ausbreitungsbarriere für den phytophagen Coccinelliden *Epilachna varivestis*, wodurch die Barrieren-Hypothese bestätigt wurde.

Verringerter Erdflohbefall wurde in den 1996 durchgeführten Versuchen aber sowohl in Varianten mit niedrig wachsenden Untersaaten (*Carum carvi*, *Trifolium subterraneum*, *Trifolium fragiferum*) als auch in Varianten mit hochwachsenden Untersaaten (*Calendula officinalis*, *Lotus corniculatus*) beobachtet. Mit Kamille (*Matricaria recutita*) und Hopfenklee (*Medicago lupulina*) wirkten außerdem je eine hohe und eine niedrige Untersaat gegenüber *Phyllotreta atra* nicht befallsmindernd. Nach diesen Ergebnissen konnte eine Abhängigkeit des Befalls von der Höhe der Untersaat zwar nicht

ausgeschlossen werden, aber anhand der Befallsreduktionen bei niedrigwüchsigen Untersaaten wurde ersichtlich, daß noch andere Faktoren zu der Verminderung des Befalls in der Untersaatkultur beitragen.

In Untersuchungen anderer Autoren wurden Befallsreduktionen bei der Kohlerdflohart *Phyllotreta cruciferae* mit *Phaseolus*-Bohnen (ALTIERI & GLIESSMAN 1983), Saubohnen (*Vicia faba*) und Saatwicke (*Vicia sativa*) (GARCIA & ALTIERI 1992), als Mischkulturpflanzen erreicht. Dabei handelte es sich um Pflanzen, die in der Mischkultur gleiche oder größere Höhen als die jeweilige Kohlsorte erreicht haben dürften, was auf physikalische Barrieren als Ursache für Befallsreduktionen hindeutete. GARCIA & ALTIERI (1992) stellten an Kohl in Saubohnen (*Vicia faba*) und Saatwicke (*Vicia sativa*) neben einer verringerten Immigration auch eine erhöhte Emigration im Vergleich zu Kontrolle fest und beobachteten, daß die Bewegungen der Kohlerdföhe im Mischkulturbestand eingeschränkt wurden. Die komplexe räumliche Struktur der hohen und verzweigten Nichtwirte stellte nach GARCIA & ALTIERI (1992) ein Hindernis beim Wechseln der Wirtspflanze dar und führte zur erhöhten Bereitschaft, die Wirtspflanzen in der Untersaat zu verlassen. Markierte Tiere aus der Untersaatkultur wechselten in die Reinkultur, während der umgekehrte Fall nicht auftrat. Die hohen Untersaaten stellten damit tatsächlich Ausbreitungsbarrieren dar. Dieser Mechanismus war auch für die hohen Untersaaten in Hannover anzunehmen.

Befallsminderungen wurden aber, wie oben beschrieben, in Hannover und Hötzum 1996 und 1997 auch in Mischkulturen mit niedriger wachsenden Pflanzen erzielt. Andere Autoren beobachteten verringerten Befall von *P. cruciferae* bei Kombination von Kohl mit niedrig wachsenden Untersaaten wie verschiedenen Grasarten (*Agrostis palustris*, *Festuca rubra*), Weißklee (*Trifolium repens*) (ANDOW et al. 1986) und Erdklee (*Trifolium subterraneum*) (LEHMUS et al. 1996) als Untersaaten. Da bei den in Hannover und Hötzum durchgeführten Versuchen der Befall mit nur 2 Ausnahmen durch alle Untersaaten gemindert wurde, unabhängig von der Höhe der Untersaat, mußte statt der Barrierenwirkung ein weiterer Mechanismus für den Hauptanteil an der Befallsminderung verantwortlich sein. Dafür kam eine optische Maskierung der Wirtspflanzen in Betracht.

Nach der Hypothese der optischen Maskierung der Wirtspflanze wird die Landereaktion eines Schadinsekts von der Pflanzenfarbe (MOERICKE 1952) und davon ausgelöst, wie weit die Pflanze in die Flugbahn eines Insekts aufragt (KENNEDY et al. 1961). Der optische Kontrast der Wirtspflanze vor freiem Boden hebt diese besonders hervor und

macht sie auffälliger für Schadinsekten, während ein Hintergrund von Begleitvegetation die Auffälligkeit der Wirtspflanze senkt und damit auch den Schadinsektenbefall mindert (SMITH 1976). Nach dieser Hypothese mußten Befallsminderungen unabhängig von der als Untersaat verwendeten Pflanzenart sein. Das entsprach den Ergebnissen von Hannover und Hötzum 1996, wo mit verschiedenen Pflanzenarten Befallsminderungen erreicht wurden. Die Größe des Anteils der Untersaat an der gesamten vegetationsbedeckten Fläche mußte bei der optischen Maskierung der Wirtspflanze ebenfalls Einfluß auf den Befall haben. Dieser Zusammenhang wurde in dem Versuch mit unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten und daraus resultierenden unterschiedlichen Flächendeckungen für die Untersaat in Hötzum 1997 nachgewiesen. Je größer der Flächenanteil der Untersaat, um so geringer war der Befall. Die Hypothese der optischen Maskierung der Wirtspflanze Kohl bot auch eine Erklärung für im Verlauf der Kulturperiode geringer werdende Unterschiede im Befall. Der Flächenanteil des Kohls an der gesamten Vegetation nahm über die Kulturperiode zu und die Abstände zwischen den Kohlpflanzen verringerten sich im Verlauf des Wachstums. Damit verringerten sich, wie von COSTELLO (1995) für Brokkoli beschrieben, auch die Unterschiede in der spektralen Reflektion zwischen den Variante. Kohlerdföhe besiedeln über weite Strecken neue Wirtspflanzen fliegend, aber ihre Bewegungen in einem Wirtspflanzenbestand bestehen in der Hauptsache aus Sprüngen von Pflanze zu Pflanze mit im Mittel 25cm Weite (VINCENT & STEWART 1983). Sie sind damit im Pflanzenbestand wesentlich mobiler als *Brevicoryne brassicae* oder Raupen von *Plutella xylostella*. Die Vergrößerung des Flächenanteils des Kohls, die damit einhergehende Verkleinerung der Abstände zwischen den Kohlreihen und die Verringerung der Unterschiede in der Intensität der spektralen Reflektion zwischen Untersaatkultur und Reinkultur könnten dazu geführt haben, daß gegen Ende der Kulturperiode in Hötzum 1996 und 1997 für die Kohlerdföhe optisch keine Unterschiede zwischen den Varianten mehr auftraten und sich daher die Verteilung anglich. In Hannover waren 1996 aber gegen Kulturende noch signifikante Unterschiede im Befall zwischen Untersaatkultur und Kontrolle vorhanden. Hier waren die Reihenabstände (60cm) größer als in Hötzum 1996 (50cm), so daß in der Kontrolle bis Versuchsende ein hoher Anteil freien Bodens sichtbar war; und der Kohl in der Untersaat war signifikant kleiner als in der Kontrolle (vgl. Kapitel 1). Analog dazu bestand in den Untersuchungen von LATHEEF et al. (1984) eine Abhängigkeit des Fraßschadens vom Pflanzenabstand. Sie konnten bei *P. cruciferae* zu Beginn der

Saison im Frühling bei noch kleinen Kohlpflanzen bei Reihenabständen des Kohls von 46cm und 61cm in der Mischkultur mit verschiedenen Gemüsen signifikant geringere Schäden als bei 76cm Abstand feststellen. Gegen Ende der Saison, als die Kohlpflanzen größer waren, waren die Schäden nicht mehr signifikant unterschiedlich.

TAHVANAINEN & ROOT (1972) nahmen an, daß volatile Substanzen von Nichtwirtspflanzen den Wirtspflanzengeruch so beeinflussen können, daß die in Mischkulturen wachsenden Wirtspflanzen schwerer olfaktorisch zu lokalisieren sind und daher weniger von Herbivoren gefunden werden. Die befalls mindernde Wirkung der Untersaat war 1996 bei *Trifolium subterraneum*, *Trifolium fragiferum*, *Lotus corniculatus*, *Carum carvi* und *Calendula officinalis* festzustellen. Bei Zutreffen dieser Hypothese der Beeinflussung der olfaktorischen Wirtsfindung sollten unterschiedliche Nichtwirtspflanzen in der Mischkultur auch unterschiedliche Wirkungen gegenüber *P. atra* zeigen. Es ist nicht zu erwarten, daß Untersaaten generell, unabhängig von der verwendeten Pflanzenart, die olfaktorische Wahrnehmung eines spezialisierten Herbivoren behindern. Die Geruchsprofile dieser verschiedenen Pflanzenarten aus unterschiedlichen Familien müßten dann nämlich alle eine gleich gerichtete Wirkung auf die Kohlerdföhe haben. Kohlerdföhe reagieren olfaktorisch insbesondere auf Glucosinolate (ALTIERI & SCHMIDT 1986). Es ist nicht wahrscheinlich, daß alle als Untersaat wirksamen Pflanzen volatile Stoffe abgeben, die die Wahrnehmung dieser Stoffgruppe einschränken. Die Versuche mit *Phyllotreta atra* im Y-Olfaktometer zeigten, daß das Vorhandensein von Erdklee (*T. subterraneum*), der im Freiland als Untersaat den Befall durch *P. atra* minderte, keinen Einfluß auf die olfaktorische Wirtsfindung von *P. atra* besaß. *P. atra* unterschied im Y-Olfaktometer nicht zwischen Kohl allein und Kohl mit Erdklee, eine Maskierung des Wirtspflanzengeruchs war nicht vorhanden. Versuche mit mehreren Wirtspflanzenarten ergaben aber gleichzeitig, daß *P. atra* diese im Y-Olfaktometer unterscheiden konnte und Präferenzen für bestimmte Arten aufwies, die mit den im Freiland gezeigten Präferenzen übereinstimmten (vgl. Kapitel 3). Die im Freiland ebenfalls stark von Kohlerdföhe befallenen Arten Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilde Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*) (vgl. Kapitel 3) wurden im Olfaktometer gegenüber dem Weißkohl bevorzugt. Ursache dafür waren vermutlich gegenüber dem Kohl erhöhte Glucosinolatgehalte.

THEUNISSEN (1994b) stellte die Hypothese auf, daß eine Veränderung des Wirtspflanzengeruchs die Ursache für geringeren Befall des Kohls in der Mischkultur sei. Diese Veränderung sollte durch Aufnahme von Wurzelexudaten der

Nichtwirtspflanzen bedingt sein. Der geringere Kohlerdflohbefall bei vielen unterschiedlichen Begleitpflanzen in Mischkulturen (s.o.) deutete darauf hin, daß auch diese Hypothese zur Beeinflussung der olfaktorischen Wirtsfindung nicht zutrif. Ansonsten müßten diese verschiedenen Begleitpflanzen aus unterschiedlichen Pflanzenfamilien alle Wurzelexudate ausscheiden, die unverändert vom Kohl aufgenommen werden und alle gleiche Auswirkungen auf die olfaktorische Wirtsfindung der Kohlerdföhe haben. Das war nicht wahrscheinlich. Die Ergebnisse der Versuche im Y-Olfaktometer bestätigten, daß der Wirtspflanzengeruch nicht beeinflußt wurde. Hier unterschied der Kohlerdfloh *P. atra* nicht zwischen Kohl aus der Untersaatkultur und der Reinkultur. Die Erdkleeuntersaat veränderte den Wirtspflanzengeruch also nicht.

Die Ergebnisse der Versuche in Hannover und Hötzum 1996 und 1997 deuteten noch auf einen weiteren Zusammenhang hin. Ein Faktor, der die Verteilung des Befalls in den Versuchsvarianten beeinflusste, war die Populationsdichte von *P. atra*. Solange niedrige Dichten unter 20 Tieren / Pflanze vorhanden waren, bestanden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Untersaatvarianten und Kontrolle. Die Verteilung des Befalls über die Versuchsfläche zeigte 1996 und 1997 deutlich die signifikanten Unterschiede bei geringen Dichten. Bei höheren Dichten mit über 20 *P. atra* / Pflanze und insgesamt über 40 Tieren / Pflanze ergaben sich weder 1996 noch 1997 signifikante Unterschiede im Befall der Versuchsvarianten. ALTIERI & GLIESSMAN (1983), ANDOW et al. (1986) und GARCIA & ALTIERI (1992) erzielten in verschiedenen Mischkulturen ebenfalls signifikante Reduktionen des Befalls mit dem Kohlerdfloh *Phyllotreta cruciferae*. LEHMHUS et al. (1996) minderten den Befall mit *P. atra* und *P. undulata* in Weißkohl durch eine Erdkleeuntersaat. In diesen Untersuchungen bestanden über den ganzen Untersuchungszeitraum Kohlerdflohichten unter 15 Tieren pro Pflanze. LATHEEF et al. (1984) stellten in einem Untersuchungsjahr mit niedrigen *P. cruciferae* -Dichten unter 15 Tieren pro Pflanze ebenfalls niedrigeren Befall in der Mischkultur, in Untersuchungsjahren mit höheren Dichten über 20 Tieren / Pflanze keine signifikanten Unterschiede zwischen Mischkultur und Reinkultur fest. Sie vermuteten aus diesem Grund, daß die Wirkung der Untersaat auch von der Populationsdichte der Kohlerdföhe abhängt. Nach diesen Ergebnissen änderte sich bei höherem Befall wahrscheinlich das Suchverhalten von *P. atra*, so daß die Emigration von Kohlerdföhren aus der Kontrolle sich verstärkte, die Populationsdichten in Kontrolle und Untersaatvariante sich angleichen und die Untersaat als Pflanzenschutzmaßnahme an Wirkung verlor.

1996 bestand zu den letzten Boniturterminen in dem Versuch mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hötzum unabhängig von den Versuchsvarianten ein Gradient im Befall, der dazu führte, daß eine Seite der gesamten Versuchsfläche extrem hohen Befall aufwies. Gründe für diese Verteilung waren nicht zu finden, was zeigt, daß das Verhalten der Kohlerdföhe in Mischkulturen noch nicht vollständig verstanden wird.

Bei den Versuchen 1996 zur Eignung weiterer Pflanzenarten als Untersaaten senkten, zwei Untersaaten den Kohlerdfloh-Befall nicht. Eine Erklärung dafür war ein vergleichsweise hoher Anteil alternativer Wirtspflanzen in den entsprechenden Untersaaten. In den Varianten mit Kamille (*Matricaria recutita*) und Hopfenklee (*Medicago lupulina*) erreichte die Wilde Sumpfkresse *Rorippa silvestris* und der Gelbsenf (*Sinapis alba*) gemeinsam eine Flächendeckung bis zu 5%. KLOEN & ALTIERI (1990) stellten bei Untersaat von Gelbsenf (*Sinapis alba*, syn.. *Brassica hirta*) in Brokkoli bis zu 80-fach höhere Dichten des Kohlerdflohs *Phyllotreta cruciferae* am Gelbsenf fest. ALTIERI & GLIESSMAN (1983) beobachteten an wilder *Brassica campestris* in verunkrauteten Blattkohlkulturen mindestens fünffach erhöhte Dichten von *Phyllotreta cruciferae* verglichen mit den Dichten am Kohl. Sie führten diese Bevorzugung von *B. campestris* auf den höheren Allylisothiocyanat-Gehalt der Wildart zurück. Auch ALTIERI & SCHMIDT (1986) gaben höhere Glucosinolatgehalte als Ursache für erhöhten Befall mit *Phyllotreta cruciferae* an. Für den Rapserrdfloh *Psylliodes chrysocephala*, eine Art aus einer mit *Phyllotreta* verwandten Gattung, wurde im Feld bei Raps eine positive Korrelation zwischen Glucosinolatkonzentration und Fraßschaden an den Blättern festgestellt (GIAMOUSTARIS & MITHEN 1995). An den Unkräutern Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilde Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*) traten Kohlerdföhe (*Phyllotreta atra*, *P. undulata*) in dem 1996 durchgeführten Versuch mit verschiedenen Bodenbedeckungen in signifikant höheren Anzahlen / Pflanze auf als am Kohl, obwohl die Unkräuter wesentlich kleiner und in geringerer Anzahl als die Kohlpflanzen vorhanden waren (vgl. Kapitel 3). Im Olfaktometer bevorzugte *Phyllotreta atra* die Wildpflanzen *Sinapis alba* und *Rorippa silvestris* gegenüber dem Weißkohl signifikant. Diese erhöhte Attraktivität dieser Wildpflanzen gegenüber der Kulturpflanze beruhte wahrscheinlich auf der höheren Glucosinolatkonzentration der Wildpflanzen. In dem Versuch 1996 zur Eignung weiterer Untersaaten wurden Schädlinge an Unkräutern nicht erfaßt, aber die Übereinstimmung von fehlender Befallsminderung am Kohl und Auftreten alternativer Wirtspflanzen weist auf einen möglichen Zusammenhang hin. SCHELLHORN & SORK (1997) beobachteten zumindest zeitweilig erhöhten Befall durch den Kohlerdfloh *P.*

cruciferae in Mischkulturen von Kohl mit weiteren Brassicaceen. Wilde Brassicaceen können daher unter Umständen die Verteilung von Kohlerdflohen beeinflussen und die Wirkung der Mischkultur mindern. ALTIERI & GLIESSMAN (1983) sowie ALTIERI & SCHMIDT (1986) zeigten aber, daß Gelbsenf die Schäden durch Kohlerdflohe am Kohl senken konnte. Die Wirkung der Alternativwirte ist also in verschiedenen Versuchen nicht einheitlich, was wohl auf Unterschiede im physiologischen Zustand der verschiedenen Wirtspflanzen zurückzuführen ist.

Auch mikroklimatische Faktoren können die Verteilung von Blattkäfern wie den Erdflöhen (*Halticinae*) bestimmen. BACH (1993) wies nach, daß die Verteilung des Erdflohs *Altica subplicata* auf den Wirtspflanzen (Weiden) positiv mit der relativen Luftfeuchtigkeit korreliert war. Die erhöhten Dichten der Kohlerdflohe *Phyllotreta atra* und *P. undulata* in der Strohmulchvariante am geschützt gelegenen Standort Hannover könnten mit der in dieser Variante im Mittel höheren Temperatur zusammenhängen, die geringeren Dichten in den Untersaaten dagegen mit der hier niedrigeren Temperatur. Auf dem offenen Feld in Hötzum wurden die Temperaturen in den Varianten nicht erfaßt, es ist jedoch anzunehmen, daß die Temperaturunterschiede zwischen den Varianten geringer waren. Hier trat keine entsprechende Erhöhung des Befalls in der Strohmulchvariante auf. Eine Beeinflussung der Anzahl Generationen durch die Temperatur ist bei den *Phyllotreta*-Arten im Gegensatz zu *Brevicoryne brassicae* und *Plutella xylostella* aber nicht möglich. *Phyllotreta*-Arten sind Imaginalüberwinterer mit nur einer neuen Generation pro Jahr (CRÜGER 1991, JACOBS & RENNER 1988).

5.4.2.2.1 Kohlmotte (*Plutella xylostella*)

Untersaaten wirkten bei Schadlepidopteren wenig befallsmindernd. Das Auftreten der häufigsten Schadlepidopterenart, der Kohlmotte *Plutella xylostella*, wurde in der Untersaatkultur im Gegensatz zum Befall durch die Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* und den Kohlerdfloh *Phyllotreta atra* nicht in allen Versuchen vermindert. 1996 traten weder in den flächigen Untersaaten in Hannover noch in den Reihenuntersaaten in Hötzum in der Anzahl Entwicklungsstadien je Pflanze (vgl. Kapitel 1) signifikante Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten und der Kontrolle auf. Bei flächiger Untersaat in Hannover bestanden bis zur Mitte der Kulturperiode im Anteil besiedelter Pflanzen signifikante Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten und der Kontrolle. Bei Einbeziehung der Flächendeckung des Kohls als Kovariate war der Anteil

befallener Pflanzen in Untersaatvarianten und Kontrolle dennoch nicht signifikant verschieden. In anderen Untersuchungen minderten Erdbeerkee (*Trifolium fragiferum*) und Erdkee (*Trifolium subterraneum*) als Untersaaten den Befall ebenfalls nicht (THEUNISSEN & SCHELLING 1996, LEHMUS et al. 1996). Auch TALEKAR & YANG (1993) beobachteten in Mischkulturen von Kopfkohl mit Erbsen, Knoblauch, Okra, Paprika, Soja, Süßkartoffeln und Tomaten keine signifikanten Unterschiede des Befalls zur Reinkultur. Diesen Versuchen, in denen kein Einfluß der Mischkulturen auf den Befall des Kohls durch *P. xylostella* festgestellt wurde, stehen aber Untersuchungen anderer Autoren gegenüber, in denen *P. xylostella* auf Mischkulturen reagierte. Bei den Versuchen in Hannover 1996 zur Eignung weiterer Pflanzenarten als Untersaaten bestand in einigen Untersaaten zeitweise erhöhter Befall, in anderen Untersaaten war der Befall gesenkt. 1997 wurde in Erdkeeuntersaaten (*Trifolium subterraneum*) am Standort Hötzum der Befall mit *P. xylostella* signifikant gemindert. BURANDAY & RAROS (1975) und PERRIN & PHILLIPS (1978) verringerten mit der Mischkultur von Kohl und Tomaten den Befall. THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) sowie THEUNISSEN & SCHELLING (1996) fanden in der Untersaatkultur mit *Spergula arvensis* gegenüber der reinen Kohlkultur reduzierte Raupen- und Puppenanzahlen. FINCH & KIENEGGER (1997) stellten in Laborversuchen fest, daß eine flächige Untersaat von Erdkee (*Trifolium subterraneum*) eine Verringerung der Eiablage von *P. xylostella* um 40 % gegenüber der Kontrolle mit Kohl auf freiem Boden bewirkte. Demnach besaßen Mischkulturen und gerade auch Untersaaten doch Einfluß auf den Befall durch *P. xylostella*. Dieser Einfluß auf Wirtsfindung und Wirtswahl muß bei *P. xylostella* aber sehr komplex sein und von mehreren Faktoren abhängen, da selbst mit gleichen Partnerpflanzen in der Mischkultur wie Tomaten oder Erdkee in verschiedenen Versuchen unterschiedliche Wirkungen erzielt wurden.

Nach der Ressourcen-Konzentrations-Hypothese werden spezialisierte Herbivoren Standorte mit hoher Wirtspflanzenkonzentration oder fast reinen Beständen eher auffinden als Standorte mit geringer Wirtspflanzenkonzentration. Der Befall durch spezialisierte Herbivoren wird daher in großen oder reinen Beständen von Wirtspflanzen stärker sein (ROOT 1973). Diese Hypothese traf für *P. xylostella* auf unbewachsenem Boden nicht zu, da unterschiedlich große Flächen mit Wirtspflanzen auf freiem Boden in gleicher Dichte besiedelt wurden (GREZ & GONZALES 1995). SCHELLHORN & SORK (1997) bestätigten die Ressourcen-Konzentrations-Hypothese aber für unterschiedliche Wirtspflanzenkonzentrationen in einer vorhandenen

Vegetation: Blattkohl in Mischkultur mit Brassicaceen-Unkräutern, die gleichfalls Wirtspflanzen waren, wies zumindest zeitweise einen höheren Befall mit *Plutella xylostella* auf als Blattkohl in einer Nicht-Brassicaceen-Mischkultur. Der befalls mindernde Mechanismus stand also nicht mit der Ressourcen-Konzentration an sich in Verbindung, sondern war vom Vorhandensein von Nichtwirtspflanzen abhängig. PERRIN (1977) stellte die Hypothese auf, daß Wirtspflanzen durch physikalische Barrieren aus gleich hohen oder höheren Nichtwirtspflanzen von Schadinsekten abgeschirmt werden, da diese Barrieren die Ausbreitungsbewegungen von Schadinsekten im Feld behindern. Untersaaten aus Erdklee (*Trifolium subterraneum*) und Erdbeerklee (*T. fragiferum*) waren in allen in Hannover und Hötzum durchgeführten Versuchen niedriger als der Kohl. Sie führten dennoch 1996 in Hannover und 1997 in Hötzum zu Befallsreduktionen. Hochwüchsige Arten in der Mischkultur mit Kohl führten jedoch nicht immer zu Befallsreduktionen. Nach MAGUIRE (1984) und TALEKAR & YANG (1993) traten an Kohl in Mischkulturen mit Tomaten keine Unterschiede im Befall zur Kohlrainkultur auf. In Versuchen von BURANDAY & RAROS (1975) sowie PERRIN & PHILLIPS (1978) führte die Mischkultur von Kohl und Tomaten zu Befallsreduktionen. Die Höhe der Untersaat allein war demnach nicht entscheidend für die Wirkung gegenüber *P. xylostella*. Da niedrigwüchsige Untersaaten den Befall senken konnten, die Kombination mit hochwüchsigen Pflanzen in der Mischkultur aber nicht immer den Befall senkte, müssen neben der Barrierenwirkung noch weitere Mechanismen an der Befallsreduktion beteiligt sein.

Nach THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) sowie THEUNISSEN & SCHELLING (1996) verminderte *Spergula arvensis* als Untersaat den Befall am Kohl gegenüber der Kontrolle, wobei diese Pflanze mit ihrem lockeren, sparrigen Wuchs den Kohl teilweise überdeckte. DOVER (1986) stellte im Gewächshaus bei Mischkulturen von Kohljungpflanzen mit Salbei (*Salvia officinalis*), Thymian (*Thymus vulgaris*) und Weißklee (*Trifolium repens*) und grünen, aufrecht stehenden Plastikmodellen verringerte Eianlagen fest. Eine grüne Plastikauflage auf dem Boden minderte die Eianlage nicht. Nach diesen Versuchen war als Ursache für Befallsreduktionen bei *P. xylostella* eine Barrierenwirkung der Untersaat anzunehmen.

Es gab damit sowohl Versuchsergebnisse, die für diese Hypothese sprachen als auch Ergebnisse, die keine Barrierenwirkung erkennen ließen. Das galt sowohl für die in Hannover und Hötzum erzielten als auch für die in der Literatur aufgeführten Ergebnisse. Möglicherweise waren diese Unterschiede im Befall auf Unterschiede in

der Dichte, Höhe und Struktur der als Untersaat verwendeten Pflanzenart zurückzuführen. Eine abschließende Beurteilung der Gültigkeit dieser Hypothese war daher hier nicht möglich.

Die Landereaktion eines Schadinsekts wird von der Pflanzenfarbe (MOERICKE 1952) und davon ausgelöst, wie weit die Pflanze in die Flugbahn eines Insekts aufragt (KENNEDY et al. 1961). Eine Wirtspflanze in Begleitvegetation hat einen grünen Hintergrund, ist nach der Hypothese der optischen Maskierung daher weniger auffällig als auf nacktem Boden und wird somit weniger von Schadinsekten befallen (Smith 1976). 1996 bestanden Unterschiede nur zu Beginn der Kulturperiode bei noch kleinen Kohlpflanzen und nur zwischen flächigen Untersaaten und Kontrolle in Hannover, nicht aber zwischen Reihenuntersaaten und Kohlreinkultur in Hötzum. Bei den zu verschiedenen Zeiten ausgesäten Untersaaten 1997 war die Befallsminderung um so stärker, je geringer der relative Anteil des Kohls an der Flächendeckung der Vegetation war. Diese Beziehung deutete auf eine optische Maskierung der Wirtspflanze Weißkohl hin. FINCH & KIENEGGER (1997) fanden in Laborversuchen, daß eine flächige Untersaat von Erdklee (*Trifolium subterraneum*) die Eiablage von *P. xylostella* um 40 % gegenüber einer Kontrolle mit Kohl auf freiem Boden verminderte, eine braune, vertrocknete Kleeuntersaat jedoch die Eiablage nicht signifikant beeinflusste. Aufgrund dieser Ergebnisse nahmen FINCH & COLLIER (2000) an, daß sich die als nachtaktiv geltende *P. xylostella* bei der häufig in der Dämmerung erfolgenden Eiablage optisch orientiert. Dagegen waren die von THEUNISSEN & DEN OUDEN (1980) beobachteten Minderungen im Auftreten von Raupen und Puppen an Rosenkohl in *Spergula arvensis*-Untersaaten mit unterschiedlichen Flächendeckungen unabhängig von der Flächendeckung der Untersaat. Nach DOVER (1986) minderten im Gewächshaus zwar räumliche, aufrechte Plastikmodelle die Eiablage von *P. xylostella* auf den Kohlpflanzen, eine grüne Plastikabdeckung des Bodens verringerte die Eiablage aber nicht. Diese Ergebnisse deuteten darauf hin, daß sich *P. xylostella* bei der nächtlichen Eiablage nicht optisch orientierte, sondern daß eine Barrierenwirkung der Untersaat vorlag. Optische Maskierung der Wirtspflanzen als ein zur Befallsminderung beitragender Mechanismus kann nach den vorliegenden Daten für *P. xylostella* aber nicht ausgeschlossen werden.

TAHVANAINEN & ROOT (1972) gingen davon aus, daß volatile Substanzen von Nichtwirtspflanzen den Wirtspflanzengeruch so beeinflussen können, daß die in Mischkulturen wachsenden Wirtspflanzen schwerer olfaktorisch zu lokalisieren sind.

Aufgrund dieser Maskierung durch den Geruch der Nichtwirte sollen die Wirtspflanzen in Mischkulturen weniger von Herbivoren gefunden werden. BURANDAY & RAROS (1975) sowie PERRIN & PHILLIPS (1978) vermuteten in der Beeinflussung des Wirtspflanzengeruchs die Ursache für geringeren Befall durch *Plutella xylostella* in Mischkulturen von Kohl und Tomaten. DOVER (1986) beobachtete im Gewächshaus bei Mischkulturen von Kohljungpflanzen mit Thymian (*Thymus vulgaris*) und Weißklee (*Trifolium repens*) in letzterem eine stärkere Verringerung der Eiablage und nahm daher als Ursache eine stärkere Beeinträchtigung der olfaktorischen Wirtsfindung durch *T. repens* an. Belegt wurde der beschriebene Mechanismus bisher nicht. Nachdem aber unterschiedliche Pflanzenarten aus verschiedenen Familien wie Tomaten, Erdklee, Ackerspörgel, Thymian, Salbei und außerdem künstliche Pflanzenmodelle den Befall durch den Brassicaceenspezialisten *P. xylostella* mindern konnten (PERRIN & PHILLIPS 1978, DOVER 1986, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, THEUNISSEN & SCHELLING 1996, KIENEGGER & FINCH 1997), war eine olfaktorische Maskierung der Wirtspflanze unwahrscheinlich. Die in Hannover durchgeführten Olfaktometerexperimente ergaben auch keine Beeinflussung der olfaktorischen Wirtswahl von *P. xylostella* durch Erdklee (*Trifolium subterraneum*). Da *P. xylostella* im Y-Olfaktometer den Kohl allein gegenüber Kohl mit Erdklee nicht bevorzugte, war keine Maskierung des Wirtspflanzengeruchs nachweisbar. Versuche mit verschiedenen Wirtspflanzen zeigten aber gleichzeitig, daß *P. xylostella* im Y-Olfaktometer verschiedene Wirtspflanzen unterscheiden konnte und Präferenzen für bestimmte Arten aufwies. Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilde Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*), die auch im Freiland stark befallen waren und vermutlich gegenüber dem Kohl erhöhte Glucosinolatgehalte aufwiesen (vgl. Kapitel 3), wurden im Olfaktometer gegenüber dem Weißkohl bevorzugt.

THEUNISSEN (1994b) stellte die Hypothese auf, Wurzelexudate von Nichtwirtspflanzen könnten von der Wirtspflanze aufgenommen werden und deren Geruchsprofil so verändern, daß ihre Attraktivität für spezialisierte Schadinsekten verringert wird. Diese Hypothese wurde für *P. xylostella* bei Erdklee (*T. subterraneum*) als Untersaat in Weißkohl nicht bestätigt. Kohl aus der Reinkultur wurde im Olfaktometer gegenüber Kohl aus der Untersaatkultur nicht bevorzugt. KIENEGGER & FINCH (1997) beobachteten eine gegenüber der Kontrolle um 40% geminderte Eiablage auf Kohlpflanzen in Erdklee-Untersaat, obwohl die Kohlpflanzen getopft waren und zum Erdklee weder Boden- noch Wurzelkontakt bestanden. Eine Aufnahme von Wurzelexudaten des Klees durch den Kohl war dort also gar nicht möglich. Auch die Tatsache, daß so

unterschiedliche Pflanzen wie Tomaten, Erdklee, Ackerspörgel, Thymian, Salbei und außerdem künstliche Pflanzenmodelle den Befall durch *P. xylostella* vermindern konnten (PERRIN & PHILLIPS 1978, DOVER 1986, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, THEUNISSEN & SCHELLING 1996, KIENEGGER & FINCH 1997), zeigt, daß keine Veränderung des Wirtspflanzengeruchs durch Wurzelexudate von Nichtwirtspflanzen vorlag. Nachdem weder die Hypothese von TAHVANAINEN & ROOT (1972) noch die von THEUNISSEN (1994b) bestätigt wurden, sind für *P. xylostella* bei der Wirtspflanzensuche in Untersaatkulturen keine olfaktorischen Beeinträchtigungen anzunehmen. Die Ursachen für den geringeren Befall in Untersaatkulturen sind demnach mechanische Barrieren und möglicherweise auch die optische Maskierung des Kohls.

Es gab aber möglicherweise noch weitere Faktoren, die zu der geringen und nicht konstanten Wirkung der Untersaaten gegen *P. xylostella* beitrugen. Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Wilde Sumpfkresse (*Rorippa silvestris*), die im Freiland stärker als der Kohl befallen waren (vgl. Kapitel 3), wurden auch im Olfaktometer gegenüber dem Weißkohl bevorzugt. Als Ursache dafür sind höhere Glucosinolatgehalte anzunehmen, wie für die Chrysomeliden *Phyllotreta cruciferae* und *Psylliodes chrysocephala* beschrieben (ALTIERI & SCHMIDT 1986, GIAMOUSTARIS & MITHEN 1995). Glucosinolate sind für *P. xylostella* neben anderen Substanzen wichtige Eiablagestimulantien (SPENCER 1996, HUGHES et al. 1997). Die Bevorzugung von Pflanzen mit höheren Glucosinolatgehalten ist eine Erklärung für den starken Befall in den Varianten mit Kamille (*Matricaria recutita*) und Hopfenklee (*Medicago lupulina*). Hier erreichten *Rorippa silvestris* und *Sinapis alba* zusammen eine vergleichsweise hohe Flächendeckung bis zu 5%. Diese im Untersuchungsgebiet sehr attraktiven Wirtspflanzen (vgl. Kapitel 3) könnten daher zu einer Erhöhung des Befalls beigetragen haben. Eine den Schadinsektenbefall am Kohl steigernde Wirkung benachbarter anderer Brassicaceen wurde bereits mehrfach nachgewiesen. Sowohl SCHELLHORN & SORK (1997) als auch SRINIVASIN & MOORTHY (1991) beobachteten zumindest zeitweilig erhöhten Befall durch *P. xylostella* in Mischkulturen von Kohl mit weiteren Brassicaceen.

Das erklärt jedoch nicht den zeitweise erhöhten Befall in den Untersaatvarianten mit Hornklee (*Lotus corniculatus*) beziehungsweise Kümmel (*Carum carvi*), in denen *Rorippa silvestris* und *Sinapis alba* zusammen einen Flächenanteil von 1% nicht überschritten. Als weiterer Einflußfaktor auf die Verteilung der Entwicklungsstadien bei Lepidopteren kommt auch das Nahrungsangebot für die Imagines in Frage. Durch ein erhöhtes Blütenangebot können vermehrt Imagines angezogen werden und die

Eiablage an in der Nähe befindlichen Raupenfraßpflanzen kann sich erhöhen. Am Kleinen Kohlweißling *Artogeia rapae* wurde wiederholt beobachtet, daß eine blühende Streifeneinsaat den Befall des Kohls steigern kann (FINCH 1993, KIENEGGER & KROMP 2000). Auch für *Plutella xylostella* wurde bereits eine erhöhte Eiablage in Kohlkulturen mit Blühstreifen nachgewiesen (KIENEGGER & KROMP 2000).

Nach Temperaturmessungen in den Versuchsvarianten waren die Untersaatkulturen in 15cm Höhe über dem Boden kühler als die Kohlreinkultur. Die Temperaturunterschiede zwischen Kontrolle und Untersaatvarianten waren aber nicht sehr hoch und die Entwicklung von *P. xylostella* benötigte mehr Zeit und höhere Temperaturen als die Entwicklung von *B. brassicae*. Die Differenzen in der Anzahl Gradtage vom ersten Einflug einer Imago in der Kontrolle bis zur Ernte erbrachten in Hannover 1996 mit 0,3 Generationen weniger als eine halbe Generationslänge Unterschied. Unterschiede zwischen den Varianten lagen aber nur zu Anfang der Kulturperiode vor, nicht jedoch zum Versuchsende. Die geringeren Temperaturen in den Untersaatvarianten waren damit nicht nachweislich an dem geringeren *P. xylostella*-Befall beteiligt.

5.4.3 Vergleich des Verhaltens von *Brevicoryne brassicae*, *Phyllotreta atra* und *Plutella xylostella* gegenüber Untersaaten

Die Versuchsergebnisse zum Verhalten der Schadinsekten lassen sich aufgrund der Unterschiede in Populationsdichten, Befallsdruck, Befallsbeginn und Befallszeitraum sowie der damit verknüpften Unterschiede in der Flächendeckung von Kohl und Untersaat nicht absolut vergleichen. Dennoch lassen sich einige Aussagen treffen. Die Untersaatkultur bewirkte die stärksten Befallsminderungen bei der Mehligen Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae*. Weniger ausgeprägte Reaktionen traten bei dem Kohlerdfloh *Phyllotreta atra* auf. Die geringste Wirkung hatten die Untersaaten auf den Befall durch die Kohlmotte *Plutella xylostella*. Allen drei Arten war gemeinsam, daß mit steigendem Flächenanteil der Untersaat an der Gesamtfläche der Vegetation die Befallsreduktionen ausgeprägter wurden.

Es ist davon auszugehen, daß bei allen behandelten Schadinsekten der Befall durch Untersaaten ab einem bestimmtem Flächenanteil an der Gesamtvegetation gemindert werden kann. Nach dem unterschiedlichen Vermögen der Arten, Wirtspflanzen in einem Bestand von Nichtwirten zu lokalisieren, ist davon auszugehen, daß der Flächenanteil der Untersaat, der noch zu Befallsminderungen führt, für jede Art unterschiedlich ist. Im Vergleich der Arten sollte ein gegebener Flächenanteil der

Untersaat demnach den Befall durch *Plutella xylostella* am geringsten, den Befall durch *Phyllotreta atra* etwas stärker und den Befall durch *Brevicoryne brassicae* am stärksten vermindern. Entsprechende Abstufungen der Wirkung der Untersaat gegenüber den untersuchten Arten beziehungsweise vergleichbaren Arten wurden auch in anderen Untersuchungen beobachtet. FINCH & KIENEGGER (1997) untersuchten die Wirkung der Untersaat gegenüber der Aphide *Brevicoryne brassicae*, dem wie die Kohlerdflöhe zu den *Chrysomelidae* gehörenden Meerrettichblattkäfer *Phaedon cochleariae* und verschiedenen Schadlepidopteren, darunter auch *Plutella xylostella*. Sie beobachteten starke Befallsminderungen von 87% in der Besiedlung durch *B. brassicae*, ebenso starke Befallsminderungen von 87% bei der Eiablage von *P. cochleariae* und deutlich geringere Befallsminderungen von 39% bei *P. xylostella*. *P. cochleariae* fehlt die den Kohlerdflöhen eigene Fähigkeit, sich springend im Bestand zu bewegen, so daß seine Mobilität im Vergleich zu diesen eingeschränkter ist. Das erklärt die ebenso starke Befallsminderung wie bei *B. brassicae*. BANKS (1998) untersuchte Auswirkungen von Fragmentierungsgrad und Flächendeckung von Brokkolibeständen in Unkräutern an *B. brassicae*, *Phyllotreta cruciferae* und dem Schadschmetterling *Artogeia rapae*. Bei *B. brassicae* war bei allen Fragmentierungsgraden eine Abhängigkeit vom Flächenanteil des Brokkoli zu beobachten, während für *P. cruciferae* keine signifikante Abhängigkeit von der Flächendeckung, wohl aber signifikante Abhängigkeit vom Fragmentierungsgrad und eine Beziehung zwischen Fragmentierungsgrad und Flächenanteil des Brokkoli festgestellt wurde. *A. rapae* wurde weder von der Fragmentierung noch der Vegetationszusammensetzung beeinflusst. Schellhorn & Sork (1997) stellten in der Kohlmischkultur mit Nicht-Brassicaceen-Unkräutern gegenüber der Kohlkultur mit Brassicaceen-Unkräutern und der Kontrolle schwächeren Befall mit *Phyllotreta*-Arten und *P. xylostella* fest, wobei die Befallsreduktionen bei den ersteren ausgeprägter waren.

Damit wurde deutlich, daß die Fähigkeit der untersuchten Schadinsekten zur Lokalisierung und Besiedlung einer Wirtspflanze vor einem diversen Hintergrund, wie ihn eine Untersaat darstellt, unterschiedlich sind. Es galt: Je größer die Schadinsektenart, um so geringer der Einfluß der Untersaat auf die Wirtsfindung. Der Befall durch *P. xylostella* als größte der drei untersuchten Arten wurde am wenigsten, der Befall durch *B. brassicae* als kleinste Art am stärksten gemindert. Diese Verbesserung der Wirtsfindung mit zunehmender Körpergröße und Muskelkraft könnte nach BERNAYS & CHAPMAN (1994) mit geringer werdender Auswirkung des Windes

zusammenhängen. Während kleine Insekten wie Aphiden geradlinig auf den Geruch zuflogen, zeigten große Insekten wie zum Beispiel Schmetterlinge einen Zickzackflug auf eine Duftquelle zu. Das führt dazu, daß größere Arten wie Schmetterlinge eine Wirtspflanze wie den Kohl in der Untersaat genauer lokalisieren können. Dennoch lassen sich die für die einzelnen Arten dargestellten Ergebnisse unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Arten in eine allgemeine Theorie der Wirtsfindung von Herbivoren einfügen. Die Ergebnisse zur Barrierewirkung, zur optischen und zur olfaktorischen Orientierung fügten sich gut in die von FINCH & COLLIER (2000) formulierte Hypothese der Appropriate / Inappropriate Landings (richtige / falsche Landung). Nach dieser Hypothese verläuft die Wirtspflanzensuche über mehrere Schritte:

1. Olfaktorische Stimuli leiten das fliegenden Insekt in die Umgebung der Wirtspflanze. Inwieweit eine olfaktorische Orientierung von Aphiden allgemein und speziell von *B. brassicae* bei der Wirtspflanzensuche benutzt wird, ist noch weitgehend ungeklärt (DIXON 1985). Wie zuvor dargestellt, bestanden aber keine Hinweise auf Beeinträchtigungen einer olfaktorischen Wirtsfindung. Die Olfaktometerexperimente ergaben klar, daß weder die Hypothese der olfaktorischen Maskierung (TAHVANAINEN & ROOT 1972) noch die Hypothese der Veränderung des Wirtspflanzengeruchs (THEUNISSEN 1994b) zutrafen. Auch die bisher nicht aufgeführte Hypothese der repellenten Inhaltsstoffe der Nichtwirte, die Phytophagen abschrecken sollen (UVAH & COAKER, 1984) wurde durch diese Ergebnisse widerlegt. Eine solche Wirkung des Klees trat nicht auf. Bei Kohlerdflöhen (*Phyllotreta spec.*) und der Kohlmotte (*Plutella xylostella*) ist die Orientierung nach Glucosinolaten, den charakteristischen Inhaltsstoffen der *Brassicaceae*, nachgewiesen (ALTIERI & SCHMIDT 1986, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Eine olfaktorische Reaktion der beiden Brassicaceen-Spezialisten *Phyllotreta atra* und *Plutella xylostella* wurde durch die Untersaaten nicht beeinflusst. Den drei untersuchten Arten war gemeinsam, daß sehr unterschiedliche Pflanzenarten aus verschiedenen Familien und auch künstliche Pflanzenmodelle den Befall senkten, die olfaktorische Wirtsfindung durch Untersaaten also nicht eingeschränkt wurde.

2. Grüne Pflanzen als visueller Stimulus führen nach FINCH & COLLIER (2000) zur Landung des Insekts auf denselben. Dabei kommt es zu Landungen auf der Wirtspflanze ebenso wie zu Landungen auf nahebei wachsenden Nichtwirten.

Bei der Mehligen Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* beruhten die Befallsminderungen aufgrund der visuellen Schlüsselreize bei der Wirtspflanzensuche der Aphiden

(MOERICKE 1952 u. 1954, DIXON 1985) vor allem auf der optischen Maskierung der Wirtspflanze gegenüber den einfliegenden Alaten. Die Bedeutung der Höhe der Untersaat ließ sich nicht abschließend klären, da der Befall ebenso durch hochwüchsige wie auch durch niedrige Untersaaten gemindert wurde. Da aber nach Smith (1976) für das Zustandekommen eines geringeren Alateneinflugs eine grüne Schaumgummifläche oder eine Bodenauflage aus frischem Grasschnitt ausreichte, waren physikalische Barrieren bei *B. brassicae* offensichtlich keine unabdingbare Voraussetzung für Befallsminderungen.

Die in der Einleitung beschriebenen Mechanismen der physikalischen oder mechanischen Barrieren und der optischen Maskierung der Wirtspflanze in Untersaatkulturen waren auch an den Befallsminderungen der beiden anderen Arten beteiligt. Welcher dieser beiden Mechanismen größere Bedeutung für die Befallsminderungen in Untersaaten hatte, ließ sich nicht abschließend beurteilen, da ihre Auswirkungen in den Versuchen nicht getrennt werden konnten. Sowohl die Wirkung mechanischer Barrieren als auch die optische Maskierung der Wirtspflanzen werden von der Pflanzenhöhe beeinflusst. Veränderungen im Verhältnis der Pflanzenhöhen von Untersaat und Kohl würden beide Mechanismen in die gleiche Richtung beeinflussen. Beispielsweise würde eine Zunahme der Wuchshöhe der Untersaat sowohl die Barrierenwirkung der Untersaat erhöhen als auch die Sichtbarkeit der Pflanze zumindest bei einem schrägen, seitlichen Blickwinkel einschränken. Bei der Barrierenwirkung ging PERRIN (1977) von einer Nichtwirtspflanze aus, die die Wirtspflanze überragt. Selbst eine sehr niedrigwüchsige Untersaat kann aber für den Anteil der Schadinsekten, die sich in geringer Höhe fortbewegen, eine Barrierenwirkung aufweisen. Das führte dazu, daß befallsmindernde Auswirkungen einer Untersaat nicht einfach ausschließlich einem der beiden Mechanismen zugeordnet werden konnten.

Aufgrund der Unterschiede im Verhalten der untersuchten Schadinsekten waren diese beiden Mechanismen aber möglicherweise bei *P. atra* und *P. xylostella* nicht im gleichen Maß an den Befallsminderungen beteiligt. Bei *P. atra* ist wie bei *B. brassicae* von Tagaktivität auszugehen, während *P. xylostella* als dämmerungs- und nachtaktives Insekt zu betrachten ist und tagsüber kaum fliegt. Daher hatten visuelle Reize für die beiden erstgenannten Arten wahrscheinlich eine höhere Bedeutung bei der Wirtspflanzensuche als für *P. xylostella*. Andererseits zeigten FINCH & KIENEGGER (1997) an 8 verschiedenen Brassicaceenschädlingen, darunter auch *P. xylostella*, daß bei allen 8 Arten Befallsreduktionen auftraten, wenn der Kohl die Erdklee-Untersaat um

3-10cm überragte. Die Befallsminderungen lagen bei *P. xylostella* mit 39% aber deutlich niedriger als bei allen anderen Arten. Beim Kleinen Kohlweißling (*Artogeia rapae*), der Art mit den nächststärkeren Befallsminderungen, waren diese mit 64% schon deutlich ausgeprägter. Toter, brauner Erdklee (5-6cm Höhe) zeigte im Gegensatz zu grünem lebenden Erdklee (10-12cm Höhe) keine Wirkung gegenüber *P. xylostella*, was als Beleg für eine visuelle Komponente in der Wirtsfindung angesehen wurde (FINCH & KIENEGGER 1997), aber auch auf eine geringere Barrierenwirkung des trockenen Klees zurückzuführen sein könnte. DOVER (1986) minderte in Gewächshausversuchen mit aufrechten, grünen Plastikmodellen um die Kohlpflanzen die Eiablage auf den Kohlpflanzen, jedoch nicht mit einer grünen Bodenabdeckung aus dem gleichen Plastikmaterial, was gegen eine visuelle Komponente in der Wirtsfindung dieser Art spricht.

3. Bei Prüfung der Wirtseignung führen die Nichtwirte nach FINCH & COLLIER (2000) nicht zur Ansiedlung von *B. brassicae*, da keine entsprechenden Stimuli vorhanden sind. Die alate Aphide flog wieder ab, verließ die Umgebung und der Suchvorgang begann von neuem. Diese Hypothese erklärte auch die Abhängigkeit der Besiedlung von der Flächendeckung von Kohl und Untersaat: Es landeten um so mehr Alate auf dem Kohl, je größer sein Anteil an der Flächendeckung der Vegetation ist. Diese Abhängigkeit von der Flächendeckung wurde sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus bestätigt. Im Gewächshausversuch wurde außerdem bestätigt, daß auch auf der Nichtwirtspflanze Erdklee Alate von *B. brassicae* landeten. *B. brassicae* sind wie andere Aphiden auch zur Prüfung der Wirtseignung auf den Anstich der Pflanze angewiesen und brauchen daher für die Prüfung mehr Zeit als andere Herbivoren; Glucosinolate, insbesondere Sinigrin, sind dabei Phagostimulantien und führen zum Bleiben, während Glucosinolat-freie Pflanzen verlassen werden (DIXON 1985, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Die geringen Anzahlen der Alaten von *B. brassicae* auf dem Klee deuteten auf eine entsprechend der Hypothese kürzere Verweildauer der Alaten auf dem Nichtwirt hin. Die durch FINCH & COLLIER (2000) formulierte Hypothese der Appropriate / Inappropriate Landings (richtige / falsche Landung) wurde damit als Mechanismus geringeren *B. brassicae*-Befalls in Untersaatkulturen belegt.

In den Freilandversuchen wurden auf Nichtwirtspflanzen (Kleeuntersaat und Nicht-Brassicaceen-Unkräuter) von den drei untersuchten Arten keine Tiere gefunden. Für alle Brassicaceen-Spezialisten sind die Glucosinolate als charakteristische Inhaltsstoffe der Brassicaceen Phagostimulation beziehungsweise Eiablagestimulantien (SPENCER

1996, HUGHES et al 1997, Giamoustaris & Mithen 1995, PALANISWAMY et al. 1997, COLE 1998, BARTLETT et al. 1994, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Daher muß die Verweildauer auf glucosinolfreien Nichtwirten für alle auf Brassicaceen spezialisierten Herbivoren gegenüber der Verweildauer auf glucosinolathaltigen Wirtspflanzen verkürzt sein beziehungsweise die Nichtwirte vergleichsweise schnell wieder verlassen werden.

Demnach wurde die Hypothese der appropriate / inappropriate landings bestätigt. Die in der Besiedlung zustandekommenden Unterschiede sind die Hauptursache für geringeren Befall. Daneben wurden jedoch weitere Faktoren nachgewiesen, die Einfluß auf den Schadinsektenbefall hatten:

Für *Brevicoryne brassicae* konnte nachgewiesen werden, daß die Untersaat eine Barrierenwirkung bei der Besiedlung benachbarter Pflanzen durch Aptere ausübte und damit die weitere Ausbreitung des Befalls im Bestand beeinflusste. Bei anderen nicht flugfähigen Schadinsekten wie den Lepidopterenlarven könnte derselbe Mechanismus wirken, sofern sie die Pflanze verlassen. Nach eigenen Beobachtungen im Feld kann das Verlassen der Wirtspflanze bei Raupen von *Plutella xylostella* zumindest bei Störungen durchaus vorkommen, es ist jedoch nicht geklärt, in welchem Ausmaß.

Bei dem Kohlerdfloh *Phyllotreta atra* hatte die Populationsdichte Einfluß darauf, ob die Untersaat den Befall signifikant senken konnte. Höhere Dichten führten hier demnach zur Veränderung des Wirtswahlverhaltens.

Ein weiterer Faktor, der sicher einige Bedeutung für die Befallsverteilung von *Phyllotreta atra* und *Plutella xylostella* in den Varianten hatte, war das Auftreten verschiedener Brassicaceen-Unkräuter mit zumindest zeitweise höherer Attraktivität als der Kohl.

Die Temperaturunterschiede zwischen den Varianten hatten auf die Entwicklungsgeschwindigkeiten von *Brevicoryne brassicae* und *Plutella xylostella* nur einen geringen Einfluß. Bei *Phyllotreta atra* war in der Verteilung über die Varianten eine Abhängigkeit von der Temperatur nicht auszuschließen. Die Möglichkeit, daß die Temperatur ein direkt die Besiedlung der Untersaatkultur beeinflussender Faktor war, sollte in weiteren Versuchen mit Schadinsekten in Mischkulturen überprüft werden.

Zum Lokalisieren geeigneter Wirtspflanzen reagieren Brassicaceen-Spezialisten auf Glucosinolate. Diese werden aber auch gerade über Verletzungen, wie sie z.B. durch Fraß entstehen, frei (BARTLETT et al. 1994, BERNAYS & CHAPMAN 1994). Eine Ursache für geringeren Befall der Untersaatvarianten könnte darin begründet liegen, daß der Befall mit den häufigen Arten *Brevicoryne brassicae* und *Thrips tabaci* durch

Untersaaten praktisch immer gemindert wird. Die freiwerdende Menge an Glucosinolaten muß in den Kontrollen aufgrund des größeren Schädlingsbefalls höher sein als in den Untersaatvarianten. Allerdings ist das Glucosinolatprofil im Kot anders als in der Pflanze (FINCH & JONES 1987). Das heißt, daß der bestehende Befall möglicherweise die Besiedlung durch weitere Schadinsekten beeinflussen kann. So legten Kohlfiegen (*Delia radicum*) ihre Eier bevorzugt an Pflanzen, die schon von konspezifischen Larven befallen wurden (BAUR et al. 1996). Suspensionen des Kots von *Pieris brassicae*, *Artogeia rapae* und *Plutella xylostella* von der Futterpflanze Kohl (*Brassica oleracea*), aufgebracht auf Kohlpflanzen, erhöhten die Eiablage von *Delia radicum* an diesen Pflanzen im Vergleich mit einer Kontrolle. *B. brassicae*-Befall erhöhte ebenfalls die Eiablage von *D. radicum*, wenn die Aphiden vor Versuchsbeginn von der Pflanze entfernt wurden (FINCH & JONES 1987). Andererseits können sich Herbivoren gleicher oder unterschiedlicher Art an einer Pflanze auch negativ beeinflussen. Zum Beispiel bevorzugten die Kohlweißlinge *Pieris brassicae* und *Artogeia rapae* Wirtspflanzen, die nicht mit Eiern oder Larven ihrer eigenen Art besetzt waren (ROTHSCHILD & SCHOONHOVEN 1977). *B. brassicae*-Befall verringerte die Eiablage von *D. radicum*, wenn die Aphiden zum Versuch auf der Pflanze verblieben. Eine Suspension von Kot des Kohlzünslers *Evergestis forficalis* senkte die Eiablage von *Delia radicum*. Eier von *P. xylostella* auf einer Kohlpflanze verminderten die Eiablage durch *D. radicum*, aber Larven des 2. und 4. Larvenstadiums von *P. xylostella* erhöhten die Eiablage durch *D. radicum* (FINCH & JONES 1987). Danach könnten starke Unterschiede im Befall mit einzelnen Schaderregern wie *B. brassicae* und *Thrips tabaci* dazu führen, daß der Befall durch andere Schadinsekten nicht nur durch die Untersaat direkt, sondern auch durch die schon vorhandene Besiedlung räumlich und zeitlich beeinflußt wird. Möglicherweise liegt hier eine Ursache für die in verschiedenen Versuchen sehr unterschiedlich ausfallenden Reaktionen der Schadlepidopteren auf Untersaatkulturen. In diesem Bereich sind weiterführende Untersuchungen erforderlich. Nach diesen Ergebnissen wird klar, daß zwar die grundlegenden Mechanismen für Schadinsektenreduktionen in den Untersaaten erkennbar sind. Verringerung der Nahrungsqualität und mikroklimatische Unterschiede waren nach der vorliegenden Untersuchung nicht als Ursachen für geringeren Befall nachzuweisen, obwohl bei der Nahrungsqualität in Zukunft weitere Parameter erfaßt werden sollten. Es lag vor allem eine optische Maskierung der Wirtspflanzen vor, teilweise wahrscheinlich Kombination mit physikalischen Barrieren. Die Hypothese der 'appropriate / inappropriate landings'

(FINCH & COLLIER 2000) wurde bestätigt. Daneben traten aber auch Faktoren auf, die den Befall durch verschiedene Arten unterschiedlich beeinflussen. Darum sind die Größenordnungen der Befallsminderungen auch jetzt noch trotz des zunehmenden Verständnisses der Mechanismen nicht vorhersagbar.

5.5 Literatur

- ALTIERI, M.A. & DOLL, J.D. (1978): Some limitations of weed biocontrol in tropical ecosystems in Columbia. In: T.E. Freeman (ed.): Proceedings of IV International Symposium on Biological Control of Weeds. University of Florida, Gainesville, 74-82.
- ALTIERI, M.A. & GLIESSMAN, S.R. (1983): Effects of plant diversity on the density and herbivory of the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* Goeze, in California collard cropping systems. *Crop Protection* 2 (4), 497-501.
- ALTIERI, M.A. & SCHMIDT, L.L. (1986): Population trends of flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) in collard-wild mustard mixtures. *Crop Protection* 5, 170-175.
- ANDOW, D.A, NICHOLSON, A.G., WIEN, H.C., WILLSON, H.R. (1986): Insect populations on cabbage grown with living mulches. *Environmental Entomology* 15, 293-299.
- BACH, C.E. (1993). Effects of microclimate and plant characteristics on the distribution of a willow flea beetle, *Altica subplicata*. *The American Midland Naturalist* 130, 193-208.
- BANKS, J.E. (1998). The scale of landscape fragmentation affects herbivore response to vegetation heterogeneity. *Oecologia* 117, 239-246.
- BARTLETT, E., BLIGHT, M.M., HICKS, A.J. & WILLIAMS, I.H. (1994). The response of the cabbage seed weevil (*Ceutorhynchus assimilis*) to the odour of oilseed rape (*Brassica napus*) and to some volatile isothiocyanates. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 68, 264-295.
- BAUR, R., KOSTAL, V. & STÄDLER, E. (1996) Root damage by conspecific larvae induces preference for oviposition in cabbage root flies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80, 224-227.
- BERNAYS, E.A. & CHAPMAN, R.F. (1994). Host-plant selection by phytophagous insects. New York: Chapman & Hall
- BRODBECK, B. & STRONG, D. (1987). Amino acid nutrition of herbivorous insects and stress to host plants. In: *Insect Outbreaks*. Eds.: BARBOSA, P. & SCHULTZ, J.C. London: Academic Press

- COAKER, T.H. (1980): Insect pest management in brassica crops by intercropping. IOBC / WPRS Bulletin 3 (1), 117-125.
- COLE, R.A. (1997): The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species. Entomologia Experimentalis et Applicata 85, 121-133.
- COLL, M. & BOTRELL, D.G. (1994): Effects of nonhost plants on an insect herbivore in diverse habitats. Ecology 75 (3), 723-731.
- COSTELLO, M.J. & ALTIERI, M.A. (1995): Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. Agriculture, ecosystems and environment 52, 187-106.
- CRÜGER, G. (1991): Pflanzenschutz im Gemüsebau. 3. Aufl. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- DIXON, A.F.G. (1985): Aphid ecology. Glasgow: Blackie & Son Limited.
- FEENY, P.P. (1976): Plant apparency and chemical defence. In: J. Wallace & R. Mansell (eds): Biochemical Interactions Between Plants and Insects. Recent Advances in Phytochemistry 10, 1-40.
- Fiebig, M. (2000): Zum Einfluß einer Barley Yellow Dwarf Virus Infektion auf die Wirtseignung ausgewählter Weizensorten für die Getreideblattlaus *Sitobion avenae*. Dissertation Universität Hannover.
- FINCH, S. (1993): Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. Crop Protection 12 (6), 423-430.
- FINCH, S. & Collier, R.H. (2000): Host-plant selection by insects-a theory based on 'appropriate / inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. Entomologia experimentalis et applicata 96, 91-102.
- FINCH, S. & EDMONDS, G.H. (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. IOBC / WPRS Bulletin 17 (8), 159-167.
- FINCH, S. & JONES, T.H. (1987): Interspecific competition during host plant selection by insect pests of cruciferous crops. In: Labeyrie, V., Fabres, G., Lachaise, D.

- (eds.) Insects-Plants. Dordrecht: Dr. W. Jung Publishers.
- FINCH, S. & KIENEGGER, M. (1997): A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 84, 165-172.
- GARCIA, M.A. & ALTIERI, M.A. (1992): Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behaviour. *Entomologia experimentalis et applicata* 62, 201-209.
- GIAMOUSTARIS, A. & MTHEN, R. (1995): The effect of modifying the glucosinolate content of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) on its interaction with generalist and specialist pests. *Annals of Applied Biology* 126, 347-363.
- HODGSON, C. (1991): Dispersal of apterous aphids (Homoptera: Aphididae) from their host plant and its significance. *Bulletin of Entomological Research* 81, 417-427.
- HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 213.
- HUGHES, P.R., RENWICK, J.A.A. & LOPEZ, K.D. (1996): New oviposition stimulants for the diamondback moth in cabbage. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85, 281-283.
- HUGHES, R. D. (1963): Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). *Journal of Animal Ecology* 32, 393-424.
- JACOBS, W. & RENNER, M. (1988) *Biologie und Ökologie der Insekten*. 2.Aufl. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- KENNEDY, J.S., BOOTH, C.O. & KERSHAW, W.J.S. (1961): Host finding by aphids in the field. III. Visual attraction. *Annals of Applied Biology* 49, 1-21.
- KLOEN, H. & ALTIERI, M.A. (1990): Effect of mustard (*Brassica hirta*) as a non –crop plant on competition and insect pests in broccoli (*Brassica oleracea*). *Crop Protection* 9, 90-96.
- KOSTAL, V. & FINCH, S. (1994): Influence of background on host plant selection and subsequent oviposition by the cabbage root fly (*Delia radicum*). *Entomologia*

- Experimentalis et Applicata 70, 153-163.
- KORICHEVA, J., LARSSON, S. & HAUKIOJA, E. (1998): Insect performance on experimentally stressed woody plants: a meta-analysis. *Annual Review of Entomology* 43, 195-216.
- LEHMUS, J., VIDAL, S., HOMMES, M. (1996): Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 115-121.
- MAGUIRE, L.A. (1984): Influence of surrounding plants on densities of *Pieris rapae* (L.) eggs and larvae (Lepidoptera: Pieridae) on collards. *Environmental Entomology* 13, 464-468.
- MANN, J.A., TATCHELL, G.M., DUPUCH, M.J., HARRINGTON, R., CLARK, S.J. & MCCARTNEY, H.A. (1995): Movement of apterous *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) in response to leaf disturbances caused by wind and rain. *Annals of Applied Biology* 126, 417-427.
- MILES, P.W., ASPINALL, D. & ROSENBERG, L. (1982): Performance of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), on water-stressed rape plants, in relation to changes in their chemical composition. *Australian Journal of Zoology* 30, 337-345.
- MOERICKE, V. (1952): Farben als Landereize für geflügelte Blattläuse (Aphidoidea). *Zeitschrift für Naturforschung* 7, 304-324.
- MOERICKE, V. (1954): Neue Untersuchungen über das Farbsehen der Homopteren. *Proceedings of the Second Conference on Potato Virus Diseases, Lisse-Wageningen*.
- MOLL, M. (1996): Interaktionen zwischen bodenbürtigen Pilzen, Kulturpflanzen und Herbivoren. *Dissertation Universität Hannover*.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. & BAUMANN, T. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 401-412.
- NOTTINGHAM, F.S. & HARDIE, J. (1993): Flight behaviour of the black bean aphid, *Aphis fabae*, and the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, in host and non-host plant odour. *Physiological Entomology* 18, 389-394.

- Palaniswamy, P., Lamb, R.J. & BODNARYK, R.P. (1997): Antibiosis of preferred and non-preferred host-plants for the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Canadian Entomologist* 129, 43-49.
- PERRIN, R.M. (1977): Pest management in multiple cropping systems. *Agroecosystems* 3; 93-118.
- PERRIN, R.M. & PHILLIPS, M.L. (1978): Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24, 385-393.
- PETTERSON, J. (1973): Olfactory reactions of *Brevicoryne brassicae* (L.). *Swedish Journal of Agricultural Research* 3; 95-103.
- PROKOPY, R.J. & OWENS, E.D. (1983): Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28, 337-364.
- RAWORTH, D.A., MCFARLANE, S., GLBERT, N. & FRAZER, B.D. (1984): Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) at Vancouver, British Columbia. II. Development, fecundity, and longevity. *Canadian Entomologist* 116, 871-878.
- ROOT, R.B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monograph* 43, 95-124.
- ROTHSCHILD, M. & SCHOONHOVEN, L.M. (1977). Assessment of egg load by *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). *Nature* 266, 352-355.
- SHELLHORN, N.A. & SORK, V.L. (1997): The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Oecologia* 111, 233-240.
- SMITH, J. (1976): Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects of Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83, 15-29.
- SPENCER, J.L. (1996): Waxes enhance *Plutella xylostella* oviposition in response to sinigrin and cabbage homogenates. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 81, 165-173.
- SPSS INC. (1998): SYSTAT ® for Windows Version 8.0, Chicago.
- SRINIVASIN, K. & MOORTHY, P.N. (1991): Indian mustard as a trap crop for

- management of major lepidopterous pests on cabbage. *Tropical Pest Management* 37(1), 26-32.
- TAHVANAINEN, J.O. & ROOT, R.B. (1972): The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Oecologia* 10, 321-346
- THEUNISSEN, J. (1994a): Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification - An overview. *Pesticide Science* 42, 65-68.
- THEUNISSEN, J. (1994b) Effects of intercropping on pest populations in vegetable crops. *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 153-158.
- THEUNISSEN, J. & DEN OUDEN, H. (1980): Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. *Entomologia experimentalis et applicata* 27, 260-268.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996a): Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996b): Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurrey. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 128-135.
- TUKAHIRWA, E. M. & COAKER, T. H. (1982). Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas; reduced *Brevicoryne brassicae* infestations and influence on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in *Delia brassicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 32, 129-146
- UVAH, I.I.I. & COAKER, T.H. (1984): Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 36, 159-167.
- Vandermeer, J. (1989): The ecology of intercropping. Cambridge: Cambridge University Press.
- VAN EMDEN, H.F. & BASHFORD, M.A. (1971): The performance of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* in relation to plant age and leaf amino acids. *Entomologia experimentalis et applicata* 14, 349-360.
- VIDAL, S. (1997): Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown Brussels sprouts. *Biological Agriculture & Horticulture* 15 (1-4), 285-295.

VIDAL & BOHLSSEN (1994): What makes intercropped cauliflower plants less susceptible to *Brevicoryne brassicae*? IOBC / WPRS Bulletin 17(8), 159-167.

VINCENT, C. & STEWART, R.K. (1983): Crucifer-feeding flea beetle dispersal and statistics of directional data. *Environmental Entomology* 12, 1380-1383.

WHITE, T.C.R. (1984): The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia* 63, 90-105.

6 Einfluß der Gegenspieler auf Schadinsektenpopulationen an Weißkohl in Kleeuntersaaten

6.1 Einleitung

Herbivore Insekten stellen seit dem Beginn landwirtschaftlicher Produktion eine Gefahr für die Ernten dar. Fast ebenso lange ist bekannt, daß Insekten auch Gegenspieler haben, die die Populationsdichten von Schadinsekten in landwirtschaftlichen Kulturen senken können. So werden seit mindestens 2300 Jahren die Nester der Weberameise *Oecophylla smaragdina* in China in Citrusplantagen ausgebracht, um den Schadinsektenbefall zu senken (DEBACH & ROSEN 1991). In Europa schlugen schon Carl von Linné im Jahr 1752 und Dr. Erasmus Darwin, Charles Darwins Großvater, um 1800 vor, Schadinsekten durch räuberische Insekten zu bekämpfen (DEBACH & ROSEN 1991). Die Möglichkeit der Nutzung bestimmter Anbauformen zur Förderung von Gegenspielern der Schadinsekten wurde ebenfalls in Betracht gezogen. Bereits MARCOVITCH (1935) empfahl nach erfolgreichen Versuchen zur Förderung von Blattlausgegenspielern den Anbau von Melonen mit Mairüben in Streifenanbau, also einer Form der Mischkultur. Mischkulturen als traditionelle, weltweit verbreitete landwirtschaftliche Produktionsweise haben neben anderen Vorteilen wie geringerer Bodenerosion, Unterdrückung von Unkräutern und Verminderung der Nährstoffauswaschung oft auch eine Verringerung des Schadinsektenbefalls zur Folge (VANDERMEER 1989, ALTIERI & LETOURNEAU 1982, ANDOW 1991). Eine Sonderform der Mischkultur ist die Untersaatkultur. In dieser wird auf einer Fläche zeitgleich eine Hauptfrucht mit einer niedrigwüchsigen Nebenfrucht kombiniert, die nicht geerntet wird. Verminderungen des Schadinsektenbefalls durch Untersaaten wurden in Gemüsekulturen in gemäßigten Klimabereichen bereits mehrfach nachgewiesen (THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, TUKAHIWA & COAKER 1982, FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN et al. 1995, THEUNISSEN & SCHELLING 1996a, LEHMHUS et al. 1996). ROOT (1973) nahm Änderungen im Auftreten von Gegenspielern als eine Ursache für geringeren Schadinsektenbefall in Mischkulturen an. Nach der von ihm aufgestellten Feindhypothese sind in solchen diverseren Ökosystemen wie Mischkulturen die Dichten von natürlichen Gegenspielern der Schadinsekten erhöht. Als Ursache für diese erhöhte Gegenspielerdichte sah Root (1973) das Vorhandensein alternativer Beute für die Gegenspieler an den übrigen Pflanzen in der Mischkultur an. Durch die

verglichen mit Monokulturen erhöhten Gegenspielerdichten werden die Schadinsektenpopulationen in Mischkulturen auf niedrigeren Dichten gehalten als in Reinkulturen.

Im Vergleich mit Monokulturen erhöhte Dichten von Gegenspielern wurden in Mischkulturen und gerade auch Untersaatkulturen bereits mehrfach nachgewiesen (SMITH 1976b, HORN 1981, LETOURNEAU & ALTIERI 1983, RUSSELL 1989, LEHMHUS et al. 1996, VIDAL 1997). Nicht alle Gegenspieler reagierten aber auf diese Weise. Es gab auch Arten, deren Populationsdichte in Mischkulturen sich gegenüber Monokulturen nicht veränderte oder sogar niedriger lag als in Monokulturen (RUSSELL 1989, SMITH 1976b, HARTFIELD et al. 1999, VIDAL 1997). Bisher wurde weder Klarheit darüber erzielt, welche Faktoren für Erhöhungen und Verminderungen der Gegenspielerdichten verantwortlich sind, noch darüber, wie ausgeprägt der Einfluß einer erhöhten Gegenspielerdichte auf Schadinsekten ist. Daher ergaben sich für die vorliegende Untersuchung folgende Fragestellungen:

Weshalb treten manche Gegenspieler in der Untersaatkultur in höheren Dichten auf als in der Kohlreinkultur?

Führen erhöhte Gegenspielerdichten in der Untersaatkultur tatsächlich zu geringeren Schadinsektendichten, wie nach der Feindhypothese zu erwarten wäre?

6.2 Material und Methoden

6.2.1 Freilandversuche

6.2.1.1 Anlage der Freilandversuche

In den Jahren 1996 und 1997 wurden Feldversuche in Weißkohlkulturen (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Minicole) zur Auswirkung von Untersaaten auf Schadinsekten und ihre Gegenspieler durchgeführt. Angelegt wurden die Versuche in randomisierten Blockanlagen jeweils an 2 Standorten, einer Fläche des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz in Hannover und einer Fläche der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig in Hötzum.

Im Jahr 1996 wurde die Auswirkung verschiedener Bodenbedeckungen auf die Populationsentwicklung von Schadinsekten und ihren Gegenspielern untersucht. Dabei wurden Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Germalton) und Erdbeerklee (*Trifolium fragiferum* cv. Palestine) als Untersaaten sowie Strohmulch als Bodenbedeckung verwendet. Die Kontrolle war als Kohlreinkultur ohne Bodenbedeckung angelegt (Abb.1). Die Auswirkungen einer Strohmulchauflage werden hier nicht dargestellt, da deren Eignung zur Verminderung von Schadinsektenpopulationen geringer war und das Auftreten von Gegenspielern weniger unterschiedlich zur Kontrolle war.

Während des Jahres 1997 erfolgten Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Aussaatzeitpunkte der Untersaat auf Schadinsekten und ihre Gegenspieler. Als Hauptfrucht diente wiederum Weißkohl der Sorte Minicole. Die Untersaat war Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Germalton). Dieser wurde in Doppelreihen in den Varianten 2 Wochen vor, gleichzeitig mit und 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgesät. Bei der Kontrolle handelte es sich um eine Reinkultur ohne Untersaat. Die Versuchsanlage ist in Abb. 1 dargestellt.

2	1	4	3	3	4
4	3	2	1	2	1
2	4	3	1	3	2
3	1	2	4	4	1

Abb. 1: Anlage der Versuchsfläche in Hannover und Hötzum in den Jahren 1996 und 1997; Verteilung der Versuchsvarianten 1996: 1 = Erdkleevariante, 2 = Erdbeerkleevariante, 3 = Strohmulchvariante, 4 = Kontrolle; Verteilung der Versuchsvarianten 1997: 1 = Aussaat 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, 2 = Aussaat gleichzeitig mit Pflanzung, 3 = Aussaat 2 Wochen nach Pflanzung, 4 = Kontrolle.

6.2.1.2 Bonituren

1996 wurden an beiden Standorten wöchentlich 12 Pflanzen je Wiederholung (72 Pflanzen je Variante) visuell auf Schaderreger und deren Gegenspieler bonitiert. Dieser Stichprobenanfang wurde ab dem 31.7. am Standort Hötzum und ab dem 26.7. am Standort Hannover aufgrund des zunehmenden Schadinsektenbefalls auf 8 Pflanzen je Wiederholung (48 Pflanzen je Variante) reduziert. Daneben wurde an beiden Standorten alle 2 Wochen die Flächendeckung von Kohl und Untersaat einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt.

Am Standort Hannover wurden wöchentlich je Wiederholung 18 Pflanzen visuell auf Schaderreger und Gegenspieler untersucht. In Hötzum wurden ebenso verfahren, allerdings in zweiwöchigen Abständen. Im Juli (17.7. in Hannover, 22.7. in Hötzum) erfolgte an beiden Standorten aufgrund der Zunahme des Schadinsektenbefalls eine Verringerung der Pflanzenanzahl auf 12 Pflanzen je Wiederholung. Daneben wurde in Hannover wöchentlich, in Hötzum alle 2 Wochen die Flächendeckung des Kohls und der Untersaaten einzeln in allen Wiederholungen abgeschätzt.

In Hannover wurde am 4.7. und 13.7. eine Bonitur aller Kohlpflanzen im Versuch durchgeführt, um die Verteilung der Aphidenkolonien und der Gegenspieler auf den Kohlblättern zu erfassen.

6.2.2 Zusatzversuche in Gewächshaus und Freiland

6.2.2.1 Anzucht der Versuchspflanzen

Die in den Versuchen zur Eiablage von *E. balteatus* verwendeten Weißkohlpflanzen (*Brassica oleracea* cv. Minicole) und Erdkleepflanzen (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) wurden im Gewächshaus bei 20 ± 2 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 Stunden angezogen.

Die in den Versuchen zur Reaktion der Syrphiden auf Erhöhung der Aphidendichte verwendeten Sommerweizenpflanzen (*Triticum aestivum* cv. Remus) wurden bis zu einer Höhe von 20 cm unter den gleichen Bedingungen angezogen. Es wurden 50 Samen in 30cm-Töpfen ausgesät. Ab einer Höhe von 20 cm wurden sie in Insektenzuchtkäfige im Gewächshaus gestellt und mit einem Gemisch von Getreideaphiden (*Sitobion avenae*, *Metopolophium dirhodum* und *Rhopalosiphum padi*) beimpft.

6.2.2.2 Anzucht der Versuchstiere

Die Anzucht der Grünen Erbsenblattlaus *Acyrtosiphon pisum* wurde im Gewächshaus bei 20 ± 5 °C, ca. 60% Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8 in Insektenkäfigen mit Saubohnen (*Vicia faba* cv. Hangdown Grünkernige) als Futterpflanzen in einer Dauerzucht durchgeführt.

Die in den Versuchen zur Reaktion der Syrphiden auf Erhöhung der Aphidendichte verwendeten Getreideaphiden *Sitobion avenae*, *Metopolophium dirhodum* und *Rhopalosiphum padi* stammten aus Dauerzuchten, die am Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Universität Hannover vorhanden waren. Diese erfolgten auf der Sommerweizensorte ‚Tinos‘ in Insektenkäfigen in einem klimatisierten Raum bei 20 ± 1 °C, 50 – 70 % Luftfeuchte und einer Photoperiode von L:D = 16:8. Zur Massenzucht für den Freilandversuch wurden 45-50 Sommerweizenpflanzen der Sorte ‚Remus‘ in 30cm –Töpfen mit je 50 Tieren jeder Art beimpft und im Gewächshaus unter Tageslicht bei 20 ± 5 °C, 50 – 80 % Luftfeuchte auf die Dichte von 1000 Aphiden / Topf vermehrt.

Auch die Mehligke Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* wurde in Dauerzucht in Insektenkäfigen in einem klimatisierten Raum bei 20 ± 1 °C, 50 – 70 % Luftfeuchte und

einer Photoperiode von L:D = 16:8 gehalten. Als Futterpflanzen dienten Rosenkohl der Sorten ‚Asgard‘ und ‚Kundry‘ sowie Futterkohl der Sorte ‚Grüner Ring‘.

Die Anzucht von *Episyrphus balteatus* erfolgte in einer institutseigenen Zucht nach der bei BARGEN (1998) beschriebenen Methodik.

6.2.3 Versuchsaufbau zu Eiablage der Syrphiden und Verteilung der Larven bei unterschiedlichem Aphidenaufreten in Kohl und Untersaat

1996 wurden im Freilandexperiment in Hannover *B. brassicae*-Kolonien am Kohl ausgebracht. Die Ausbringung erfolgte in der Variante mit flächiger Erdkleeuntersaat und der Kontrolle an 4 Pflanzen je Wiederholung angesiedelt. Dazu wurden 15 Mutterläuse im Clipkäfig auf ein Kohlblatt aufgekäfigt. Nach 3 Tagen wurden die Mutterläuse und überzählige Larven entfernt, so daß 25 Tiere des ersten Larvenstadiums auf dem Blatt verblieben. Die Clipkäfige wurden entfernt und die Blätter mit den 25 Larven in Gazebeutel (40cm x 30cm) eingeschlossen, deren Maschen nur Syrphidenlarven des ersten Larvenstadiums passieren konnten. Parasitoide und größere Prädatoren hatten keine Zugangsmöglichkeit. Der Versuch wurde zweimal durchgeführt (27.7.-6.8.1996 und 20.8.-30.8.1996).

In Käfigversuchen im Gewächshaus wurde das Eiablageverhalten von *Episyrphus balteatus* bei Angebot blattlausbefallener Kohlpflanzen auf freiem Boden und in Erdklee-Untersaat untersucht. 18-20 Tage alte Weibchen von *Episyrphus balteatus*, deren Eiablagebereitschaft zuvor an aphidenbesetztem Getreide überprüft worden war, wurden für 24 Stunden in Käfige (80 cm x 60 cm x 60 cm) mit zwei Pflanzschalen eingesetzt. In einer Pflanzschale stand eine Kohlpflanze auf nacktem Boden, in der anderen Pflanzschale dagegen umgab die Kohlpflanze eine flächige Untersaat. Die Aphidenanzahl in der Kontrolle war mit 10 Apteren und 30 Larven des ersten Larvenstadiums immer gleich, aber die Aphidenanzahl in der Untersaatvariante wurde variiert. Dabei wurden drei verschiedene Szenarien betrachtet:

1. Auf der Kohlpflanze in der Untersaat Kohlpflanzen wurden gleiche Anzahlen *Brevicoryne brassicae* (10 Aptere; 30 Larven L1) wie in der Kontrolle aufgekäfigt. Es wurden 60 Wiederholungen durchgeführt.
2. In der Untersaatvariante wurden 5 Aptere und 15 L1-Larven von *B. brassicae* am Kohl und 5 Aptere und 15 L1-Larven von *Acyrtosiphon pisum* am Erdklee eingesetzt. Die Aphidenanzahl war damit in Kontrolle und Untersaatkultur gleich,

nicht aber das Artenspektrum und die Verteilung der Aphiden. Es erfolgten 50 Wiederholungen.

3. Es wurden 5 Aptere und 15 L1-larven von *B. brassicae* an Kohl in der Untersaat sowie 10 Aptere und 30 L1 von *A. pisum* am Erdklee ausgebracht. Anzahl, Artenspektrum und Verteilung der Aphiden waren damit in Kontrolle und Untersaat unterschiedlich. 30 Wiederholungen wurden durchgeführt.

1997 wurde die Reaktion der Syrphiden auf eine Erhöhung des Aphidenangebots im Freiland sowie die Auswirkungen auf die Populationen der natürlich vorkommenden Aphiden *Brevicoryne brassicae* und *Acyrtosiphon pisum* untersucht. Durch die Ausbringung von je 5 35cm-Töpfen mit je 50 Weizenpflanzen (Sorte Remus) mit Getreideaphiden (Mischzucht von *Sitobion avenae*, *Metopolophium dirrhodum*, *Rhopalosiphum padi*) wurde in der Hälfte der Wiederholungen aller Varianten die Aphidendichte um ca. 220 Aphiden / m² erhöht. Diese Ausbringung der Aphiden erfolgte am 9.7. und am 30.7, wobei die Töpfe mit den Weizenpflanzen in Anordnung der Fünf auf einem Würfel in jeder Wiederholung verteilt und bis zum oberen Rand in den Boden eingesenkt wurden.

6.2.4 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware SYSTAT 8.0 durchgeführt. Die Daten zur Populationsentwicklung der Schadinsekten wurden zuvor $\log(n+1)$ -transformiert. Für die in Prozentwerten erhobenen Daten (Flächendeckung von Kohl und Klee, Fraßschäden) erfolgte vor der statistischen Auswertung eine arcsin-Transformation.

Um zu testen, ob signifikante Unterschiede in der Flächendeckung von Kohl und Klee sowie der Populationsdynamik von Schadinsekten in den Varianten vorlagen, wurden RM-ANOVA durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden erfolgten für die Flächendeckung des Kohls für Einzeltermine ANOVA mit anschließendem Tukey-Test. Ergaben sich in der Populationsdynamik der Schadinsekten im RM-ANOVA signifikante Unterschiede, wurden ANCOVA mit anschließendem Tukey-Test durchgeführt. Als Kovariate wurde die Flächendeckung des Kohls in die ANCOVA einbezogen, da die Anzahl der Schadinsekten in Beziehung zur Pflanzengröße stehen kann. Die Kopfgewichte zur Ernte sowie die Schäden an Umblättern und Kopf wurden mittels ANOVA getestet. Da die Angabe der Schäden in % relative Werte zur Blattfläche ergab, bestand ein direkter Bezug zur Pflanzengröße. Zum Vergleich der

Häufigkeitsverteilungen der Qualitätsklassen bei Schadinsektenbefall und der Schadensklassen bei Kohlherniebefall erfolgten G-Tests. In allen angewendeten Verfahren wurden die Ergebnisse erst bei $P < 0,05$ als signifikant betrachtet.

6.3 Ergebnisse

Als Gegenspieler der Schadlepidopteren und der Kleinen Kohlflye (*Delia radicum*) traten in geringen Anzahlen verschiedene Parasitoide auf. Gegenspieler der Kohlerdlöhe fehlten sogar völlig. Daher waren zu den Reaktionen der Gegenspieler dieser Schadinsekten auf die Untersaaten keine Aussagen möglich.

Allein bei der Mehligen Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* wurden Gegenspieler in höheren Anzahlen beobachtet. Sie traten in den einzelnen Versuchsjahren und Versuchsstandorten in sehr unterschiedlichen Dichten auf. Die verbreitetsten Gruppen waren Syrphiden, Coccinelliden und der Parasitoid *Diaretiella rapae*. Die Syrphiden dominierten in allen Versuchsjahren. Weitere Gegenspieler (Chrysopiden, Anthocoriden, *Aphidoletes aphidimyza*, Chamaemyiiden) wurden nur an einzelnen Boniturterminen in geringen Anzahlen beobachtet und werden daher nachfolgend nicht berücksichtigt.

6.3.1.1 Kohlblattlausschlupfwespe *Diaretiella rapae*

Als Parasitoid von *B. brassicae* trat in allen Untersuchungsjahren die Aphidiide *Diaretiella rapae* auf. Im Untersuchungsjahr 1996 war die Art häufiger als in den Versuchen des folgenden Jahres. 1997 wurden Imagines von *D. rapae* und Mumien nur an einzelnen Boniturterminen beobachtet. Hyperparasitierung wurde an beiden Standorten beobachtet, aber nicht gezielt erfaßt. Als Hyperparasitoid wurde *Charips brassicae* nachgewiesen. Im Folgenden sind aufgrund des geringen Auftretens von *D. rapae* im Jahr 1997 nur die Ergebnisse für 1996 dargestellt. Imagines, die die Blattflächen des Kohls nach Blattläusen absuchten, traten an beiden Standorten über die Saison in signifikant höheren Anzahlen in der Kohlreinkultur als in den Untersaatvarianten auf (Abb. 2, Tab. 2, Tab. 3). Die in den Kohlreinkulturen erkennbaren Zeiträume vermehrten Auftretens der Parasitoide lagen an beiden Standorten zeitgleich mit den höchsten Dichten von *Brevicoryne brassicae* auf den Kohlpflanzen (Hannover 26.7.-23.8.; Hötzum 25.7.-14.8.). Bei Einbeziehung der Pflanzengröße ergaben sich in Hannover nur in der Erdkleevariante am 15.8., in Hötzum in der Erdbeerkleevariante am 25.7. und 7.8., in der Erdkleevariante am 7.8. signifikante Unterschiede zur Kontrollvariante ohne Bodenbedeckung (Tab. 3).

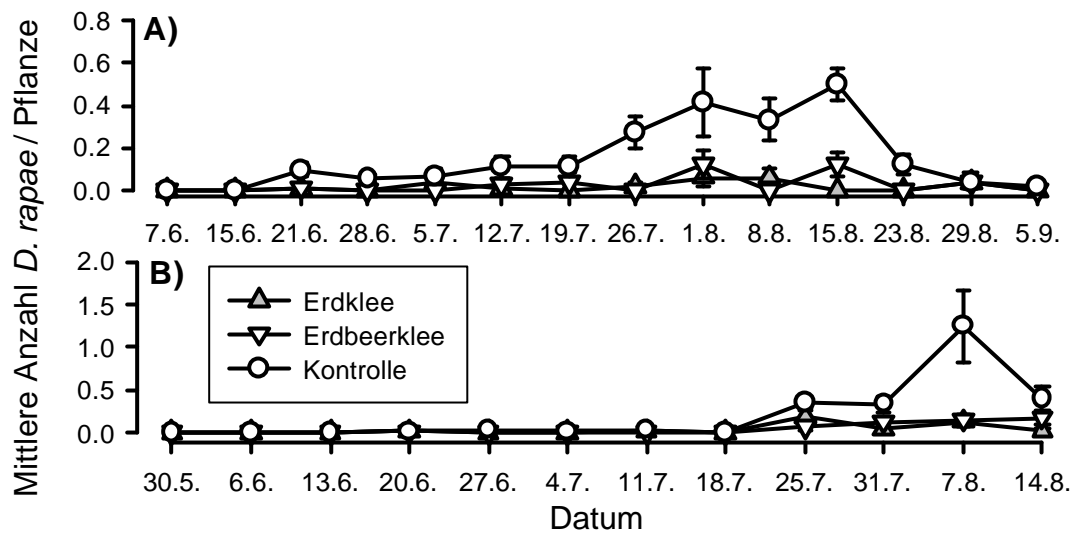


Abb. 2: Mittlere Anzahl Imagines von *D. rapae* auf Kohl in den unterschiedlichen Versuchsvarianten in A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 2: RM-ANOVA zum Auftreten von *D. rapae* in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,155	3	24,206	0,000
	Datum	0,238	11	12,763	0,000
	Var x Datum	0,150	33	2,691	0,000
	Error	0,373	220		
Hötzum	Var	0,136	3	13,176	0,000
	Datum	0,406	8	18,396	0,000
	Var x Datum	0,253	24	3,822	0,000
	Error	0,442	160		

Tab. 3: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Diaretiella rapae* / Pflanze an je 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 1.8.: df = 3; F = 0,448; p = 0,722; 15.8.: df = 3; F = 5,002; p = 0,010; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 3,466; p = 0,037; 7.8.: df = 3; F = 4,566; p = 0,014) T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 1.8.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha 15.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.795	1.000		T.f.	0.694	1.000	
Kontrolle	0.943	1.000	1.000	Kontrolle	0,014	0.166	1.000

Hö 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 7.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.451	1.000		T.f.	1,000	1.000	
Kontrolle	0.323	0.022	1.000	Kontrolle	0.018	0.022	1.000

An beiden Standorten waren 1996 die prozentualen Anteile parasitierter Aphiden an der Gesamtpopulation in der Kontrolle höher als in den übrigen Varianten (Abb. 3). Nach der RM-ANOVA bestanden zwischen den Varianten signifikante Unterschiede (Tab. 4). Unter Einbeziehung der Flächendeckung des Kohls als Kovariate ergaben sich jedoch nur in Hannover am 15.8. signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Dort war der Anteil parasitierter Aphiden in der Erdkleevariante gegenüber der Kontrolle vermindert. In Hötzum wurden zu keinem Zeitpunkt Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (Tab. 5).

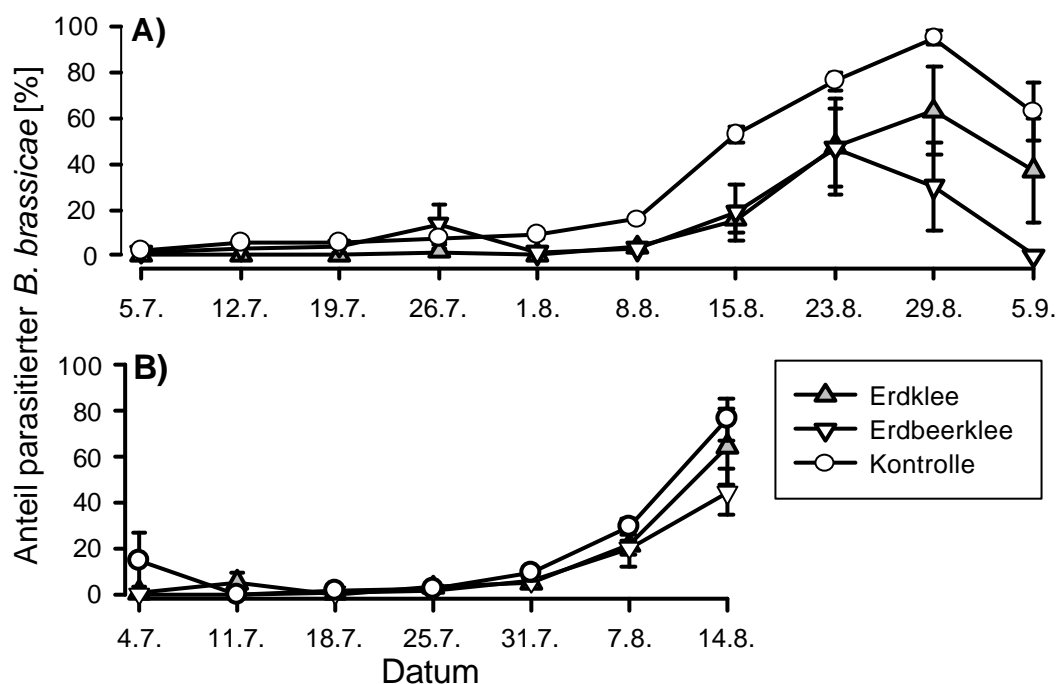


Abb. 3: Prozentuale Anteile parasitierter *B. brassicae* in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Tab. 4: RM-ANOVA zum Anteil parasitierter *B. brassicae* in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	4,153	3	13,127	0,000
	Datum	20,949	9	27,606	0,000
	Var x Datum	6,960	27	3,057	0,000
	Error	15,177	180		
Hötzum	Var	0,710	3	6,906	0,002
	Datum	6,992	6	38,775	0,000
	Var x Datum	1,893	18	3,499	0,000
	Error	3,607	120		

Tab. 5: Paarweise Vergleiche des Anteils parasitierter *B. brassicae* in den Versuchsvarianten an je 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 15.8.: df = 3; F = 5,103; p = 0,009; 29.8.: df = 3; F = 0,335; p = 0,800; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 1,099; p = 0,379; 7.8.: df = 3; F = 1,155; p = 0,353) Stroh = Strohmulchvariante, T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 15.8.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha. 29.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0,999	1.000		T.f.	0,950	1.000	
Kontrolle	0,042	0,100	1.000	Kontrolle	0,907	0,836	1.000

Hö. 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 7.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0,855	1.000		T.f.	0,996	1.000	
Kontrolle	0,980	0,981	1.000	Kontrolle	0,963	0,900	1.000

Die Beziehungen zwischen den kumulativen Anzahlen der Mumien und der Aphiden ließen sich an beiden Standorten in den verschiedenen Varianten durch lineare Regressionen annähern. Die Steigungen der Regressionsgeraden in den Untersaaten unterschieden sich nicht signifikant von der Steigung der Regressionsgerade in der Kontrolle. Die einzige Ausnahme war die Erdbeerkleevariante in Hannover. Die Steigung der Regression in dieser Variante war signifikant geringer als die Steigung in der Kontrolle (Abb. 4).

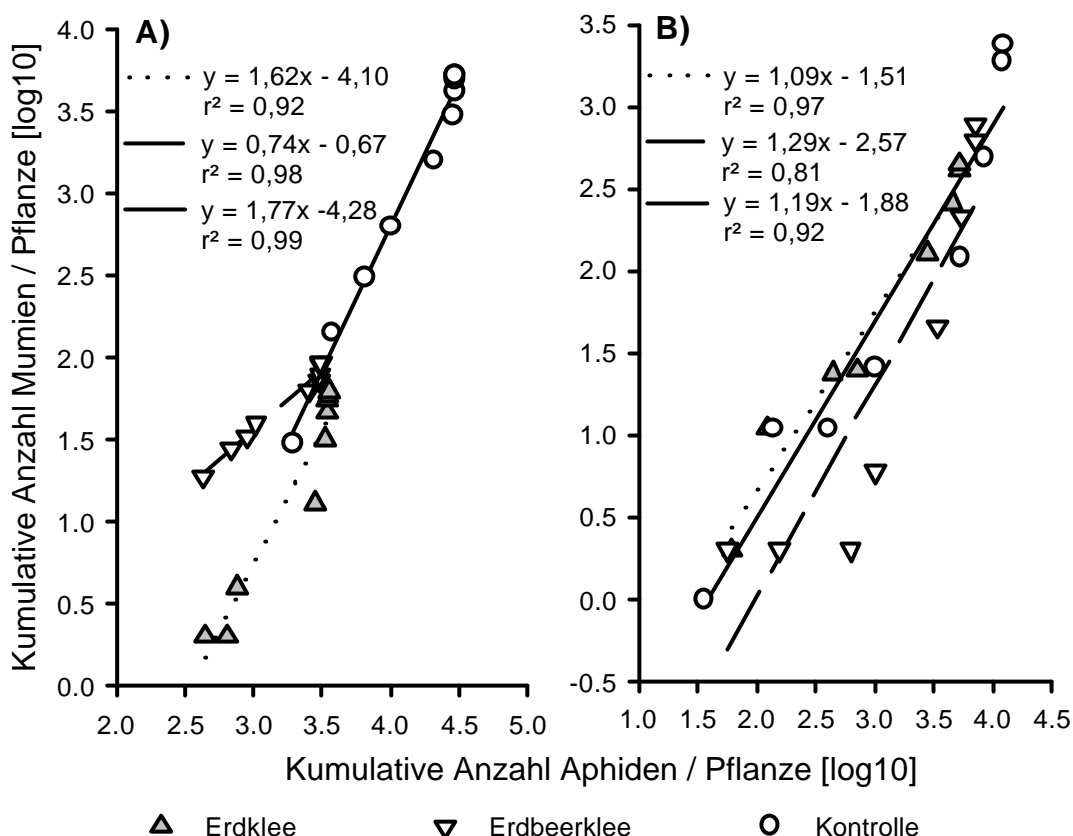


Abb. 4: Beziehung zwischen der kumulativen Anzahl Mumien und der kumulativen Anzahl Aphiden auf Kohl in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in A) Hannover und B) Hötzum 1996; in Hannover Steigungen der Regressionsgraden in der Erdkleevariante nicht ($df = 1$; $F = 4,482$; $P = 0,072$), in der Erdbeerkleevariante aber signifikant unterschiedlich zur Kontrolle ($df = 1$; $F = 600,378$; $P = 0,000$), in Hötzum Steigungen der Regressionsgraden in beiden Varianten nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrolle (Erdklee: $df = 1$; $F = 1,537$; $P = 0,261$; Erdbeerklee: $df = 1$; $F = 0,145$; $P = 0,716$).

6.3.1.2 Coccinelliden

Unter den Prädatoren traten die Coccinelliden gegenüber den Syrphiden in der Häufigkeit zurück. Gelege, Larven Puppen und Imagines von Coccinelliden wurden bei den Bonituren der Kohlpflanzen nur in geringen Anzahlen beobachtet oder fehlten sogar vollständig. Eine Ausnahme stellte der in Hannover 1997 durchgeführte Versuch dar, in dem die zwei Arten *Coccinella septempunctata* und *Propylea quattuordecempunctata* häufiger auftraten. Diese Arten reagierten unterschiedlich auf die Untersaatkultur (Abb. 5). Im Auftreten von *C. septempunctata* in den verschiedenen

Varianten waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar (Tab. 6), sondern allenfalls eine Tendenz zu vermehrtem Auftreten in der Kontrolle. Dagegen bevorzugte *P. quattuordecempunctata* die Untersaatvarianten gegenüber der Kontrolle (Tab. 6, Tab. 7).

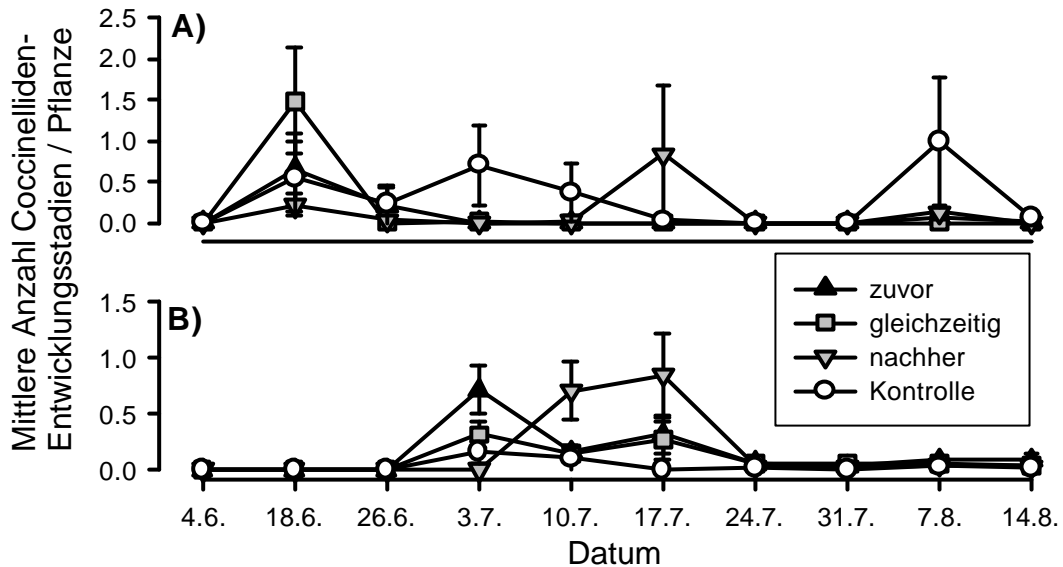


Abb. 5: Mittlere Anzahl von A) *Coccinella septempunctata* und B) *Propylea quattuordecempunctata* auf Kohl in den in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover 1997.

Tab. 6: RM-ANOVA zum Auftreten von *Coccinella septempunctata* und *Propylea quattuordecempunctata* in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover 1997.

Art	Faktor	SS	DF	F	P
<i>Coccinella septempunctata</i>	Var	0,078	3	1,851	0,171
	Datum	0,582	8	4,141	0,000
	Var x Datum	0,468	24	1,239	0,216
	Error	2,520	160		
<i>Propylea quattuordecempunctata</i>	Var	0,076	3	3,651	0,030
	Datum	0,267	8	7,479	0,000
	Var x Datum	0,345	24	3,221	0,000
	Error	0,713	160		

Tab. 7: Paarweise Vergleiche der Anzahl *Propylea quattuordecimpunctata* / Pflanze an 4 ausgewählten Boniturterminen in Hannover 1997 (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: 3.7.: df = 3; F = 4,608; p = 0,014; 10.7.: df = 3; F = 3,343; p = 0,041; 17.7.: df = 3; F = 3,494; p = 0,036; 24.7.: df = 3; F = 0,398; p = 0,812)

Ha. 3.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Ha. 10.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeit	0,193	1.000			gleichzeit	1,000	1.000		
nachher	0,008	0,125	1.000		nachher	0,154	0,107	1.000	
Kontrolle	0,032	0,488	0,610	1.000	Kontrolle	0,998	0,997	0,046	1.000

Ha. 17.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Ha. 24.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeit	0,891	1.000			gleichzeit	1,000	1.000		
nachher	0,218	0,085	1.000		nachher	0,935	0,962	1.000	
Kontrolle	0,845	1,000	0,041	1.000	Kontrolle	0,809	0,870	0,988	1.000

Abhängigkeiten der Anzahl Coccinelliden-Entwicklungsstadien von der Anzahl *B. brassicae* auf den Kohlpflanzen konnten für keine der beiden Coccinellidenarten nachgewiesen werden (Abb. 6).

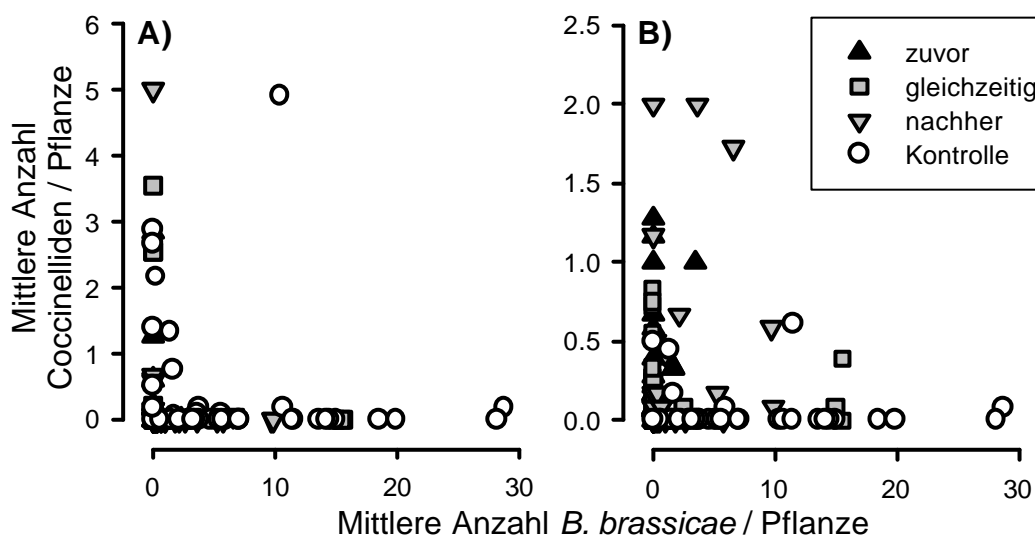


Abb. 6: Beziehung zwischen der Anzahl Entwicklungsstadien von A) *Coccinella septempunctata* beziehungsweise B) *Propylea quattuordecimpunctata* und der Anzahl Aphiden auf Kohl in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover 1997

In den Kleeuntersaaten selbst wurden von *Coccinella septempunctata* nur am 18.6. einige Larven und am 31.7. und 7.8. einzelne Imagines beobachtet. Aufgrund der geringen Anzahl Tiere und der zeitlichen Unterschiede zum Auftreten der Aphiden (vgl. Kapitel 3) in der Untersaat entfällt diesbezüglich die graphische Darstellung. Bei

Propylea quattuordecimpunctata dagegen deckte sich die Zeit des stärksten Auftretens mit dem Auftreten der Aphiden in den Untersaaten. Dennoch ließ sich keine klare Beziehung zwischen der Aphidendichte und der Dichte von *P. quattuordecimpunctata* erkennen (Abb. 7).

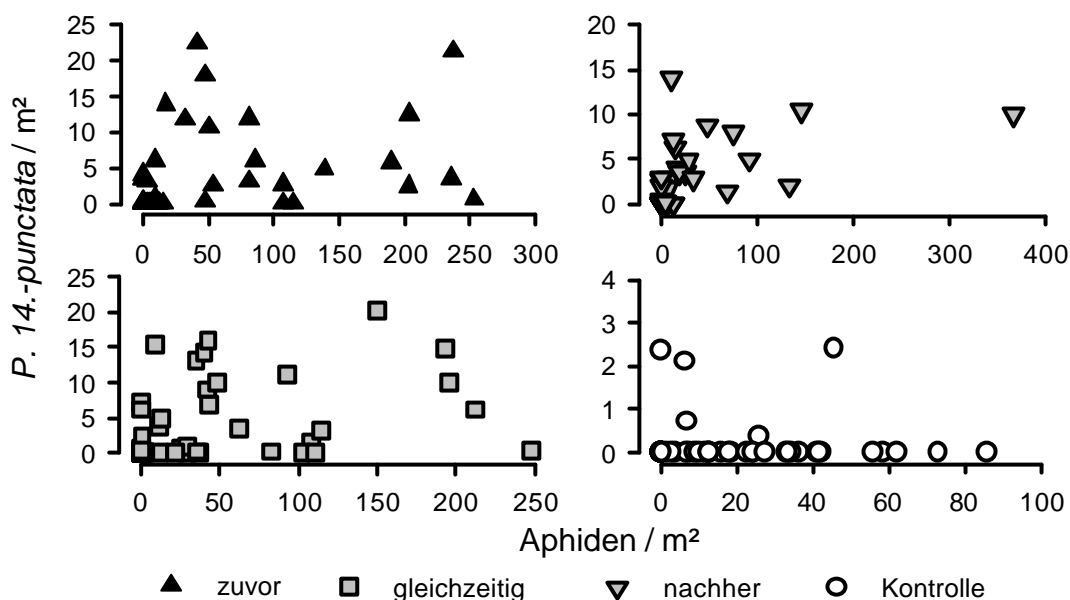


Abb. 7: Beziehung zwischen der Anzahl Entwicklungsstadien *Propylea quattuordecimpunctata* und der Anzahl Aphiden je m² Vegetation (Klee und Kohl) in den in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover 1997.

Auch räumlich waren die Coccinelliden auf den Kohlpflanzen anders verteilt als die Kolonien von *B. brassicae*. Schon während der Bonituren 1996 fiel auf, daß die wenigen Coccinellidengelege, Larven und Imagines hauptsächlich an den Blatträndern und der Mittelrippe der Kohlblätter beobachtet wurden, während Kolonien von *Brevicoryne brassicae* über das ganze Blatt verteilt waren. Bei dem stärkeren Auftreten von Coccinelliden 1997 in Hannover wurde daher die Verteilung von Gelegen, Larven und Imagines untersucht und mit der Verteilung der Blattlauskolonien verglichen. Aufgrund der geringen Anzahlen der Coccinellidenentwicklungsstadien in vielen Wiederholungen wurden die Ergebnisse von allen Pflanzen aus allen Varianten zusammengezogen. Es ergaben sich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Coccinelliden-Entwicklungsstadien und der Blattläuse (Abb. 8, Tab. 8). Coccinelliden hielten sich nur an Blatträndern, Blattrippen und wagerechten Blattoberflächen auf.

Weder Larven noch Imagines waren in der Lage, die Blattflächen aufrechter oder in steileren Winkeln stehender Blätter zu erklettern. Einzelne Imagines fielen bei entsprechenden Versuchen sogar von der Pflanze.

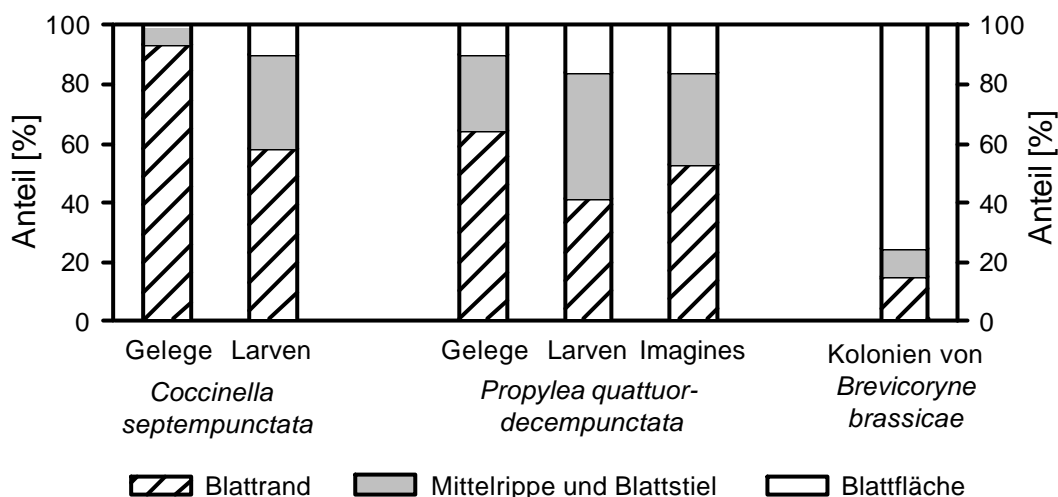


Abb. 8: Räumliche Verteilung der beiden Coccinellidenarten und der Kolonien von *B. brassicae* auf den Blättern des Weißkohls.

Tab. 8: Vergleich der räumlichen Verteilung der Entwicklungsstadien der beiden Coccinellidenarten mit der Verteilung der *B. brassicae*-Kolonien auf Kohlblättern in den Versuchsvarianten, * für Gelege von *C. septempunctata* statistischer Vergleich nicht möglich, da Anzahl der Fälle in einigen Klassen zu gering.

Varianten	<i>Coccinella septempunctata</i>			<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>		
	G	DF	P	G	DF	P
Gelege	*	*	*	92,374	2	0,000
Larven	88,089	2	0,000	121,219	2	0,000
Imagines	-----	-----	-----	26,973	2	0,000

6.3.1.3 Syrphiden

Syrphiden waren in allen Versuchen die dominierenden Gegenspieler auf den Kohlpflanzen. Sie traten auch in den Untersaaten auf.

6.3.1.3.1 Artenspektrum

Eine zuverlässige Unterscheidung der Syrphidenarten war im Feld erst bei Drittlarven und Puppen möglich. Für *Sphaerophoria* und *Melanostoma* war bei den Feldbonituren selbst die Unterscheidung der Gattungen nicht immer möglich. Daher sind diese

Gattungen in Abb. 9 zusammengefaßt. Im Jahr 1996 überwog auf den Kohlpflanzen in allen Varianten *Episyrphus balteatus* mit über 97%. 1997 traten weitere Arten jedoch stärker auf als im Vorjahr und erreichten anteilig bis 25%. Auch in diesem Jahr dominierte aber *E. balteatus* im Artenspektrum (Abb. 9). Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten waren im Artenspektrum der Syrphiden auf den Kohlpflanzen nicht vorhanden.

In den Untersaaten selbst wurden nur wenige, in Hötzum 1997 sogar überhaupt keine L3-Larven und Puppen gefunden. Es wurden ausschließlich *E. balteatus* und *Sphaerophoria spec.* nachgewiesen. *E. balteatus* dominierte auch in der Untersaat, ihr Anteil war aber in allen Fällen geringer als auf den Kohlpflanzen. Aufgrund der geringen Anzahlen erfolgte nur eine tabellarische Darstellung (Tab. 9) und keine statistischer Vergleich mit den auf den Kohlpflanzen vorhandenen Anzahlen.

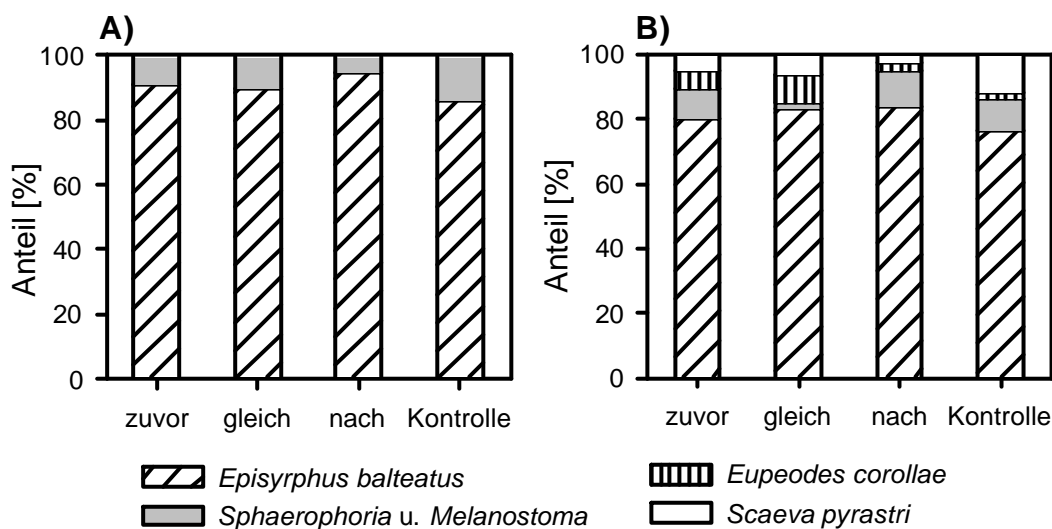


Abb. 9: Anteile verschiedener Syrphidenarten an den L3- Larven und Puppen in A) Hannover und B) Hötzum, Unterschiede nicht signifikant (Hannover: $G = 3,724$; $df = 3$; $P = 0,293$; und B) Hötzum: $G = 4,350$; $df = 3$; $P = 0,226$).

Tab. 9: Anzahlen im Feld determinierbarer Entwicklungsstadien (L3 und Puppen) der Syrphiden auf den Kleepflanzen der Untersaat in Hannover und Hötzum 1996 sowie Hannover 1997; in Hötzum wurden 1997 ausschließlich Eier gefunden.

	Hannover 1996		Hötzum 1996		Hannover 1997		
	<i>T.subt.</i>	<i>T.frag</i>	<i>T.subt.</i>	<i>T.frag</i>	zuvor	gleich-zeitig	nachher
<i>Episyrphus balteatus</i>	5	2	3	2	5	6	4
<i>Sphaerophoria spec.</i>	2	1	2	2	2	4	2

6.3.1.3.2 Auswirkungen unterschiedlicher Kleeuntersaaten auf das Auftreten von Syrphiden

Im Versuchszeitraum 1996 wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbedeckungen auf die Syrphiden untersucht. Sowohl am Standort Hannover mit flächiger Untersaat als auch am Standort Hötzum mit Reihenuntersaat wurden die höchsten Dichten von Syrphiden-Entwicklungsstadien in der Variante mit der Erdkleeuntersaat erreicht (Abb. 10). An beiden Standorten zeigte die RM-ANOVA zwischen den Varianten signifikante Unterschiede in der Dichte von Syrphidenentwicklungsstadien an (Tab. 10). In Hannover traten bei ANCOVA mit Einbeziehung der Pflanzengröße als Kovariate keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf, während in Hötzum signifikante Unterschiede zwischen der Erdkleevariante und den übrigen Varianten bestanden (Tab. 11). Am Standort Hannover erreichten die Syrphiden ihre höchsten Dichten parallel der Populationsentwicklung der Aphiden an Kohl und Erdklee mit dem Populationsmaximum am 1.8. In der Erdbeerklee-Untersaat wurde das Populationsmaximum von *A. pisum* allerdings eine Woche später, am 8.8., festgestellt. In Hötzum fiel der Zeitraum hoher Dichten von Syrphidenentwicklungsstadien mit dem Zeitraum hoher Dichten von *A. pisum* in den Kleeuntersaaten vom 31.7. - 7.8. zusammen. Gegenüber dem Zeitraum mit hoher Populationsdichte von *B. brassicae* am Kohl vom 25.7. - 7.8. war der Zeitraum hoher Syrphidendichten um eine Woche nach hinten verschoben.

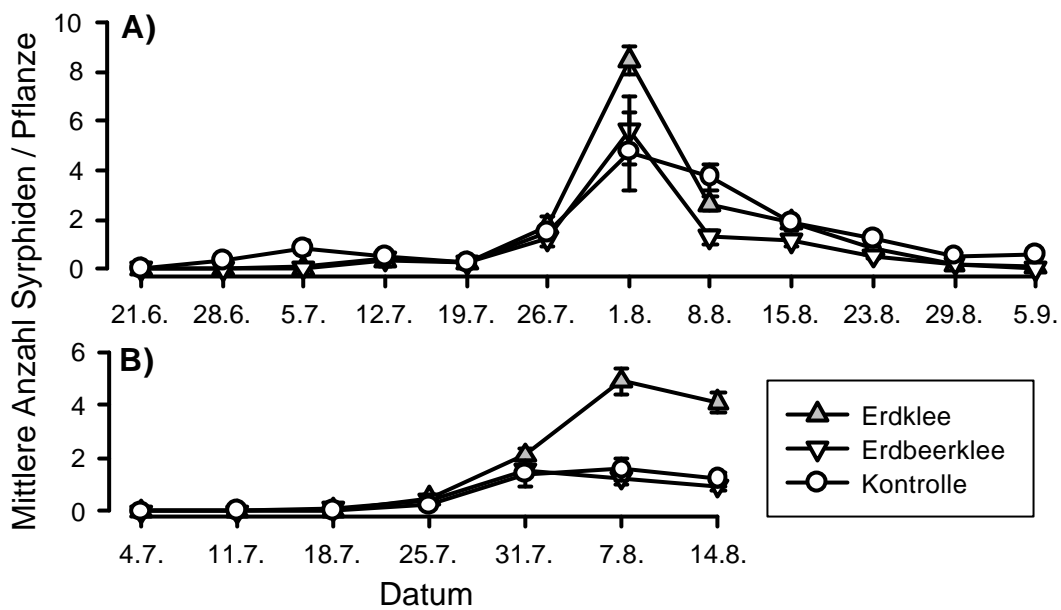


Abb. 10: Mittlere Anzahl von Syrphiden-Entwicklungsstadien / Kohlpflanze in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen an den Standorten A) Hannover und B) Hötzum 1996.

Tab. 10: RM-ANOVA zum Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in Hannover und Hötzum 1996.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,429	3	4,095	0,020
	Datum	16,513	11	127,412	0,000
	Var x Datum	1,355	33	3,486	0,000
	Error	2,592	220		
Hötzum	Var	0,627	3	15,558	0,000
	Datum	4,942	5	115,655	0,000
	Var x Datum	1,495	15	11,663	0,000
	Error	0,855	100		

Tab. 11: Paarweise Vergleiche der Anzahl Syrphiden-Entwicklungsstadien / Pflanze an je 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover und Hötzum (Tukey-Test nach ANCOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 5.7.: df = 3; F = 4,946; p = 0,011; 1.8.: df = 3; F = 1,303; p = 0,302; Hötzum: 25.7.: df = 3; F = 0,663; p = 0,585; 7.8.: df = 3; F = 17,648; p = 0,000) T.s. = Erdkleevariante, T.f. = Erdbeerkleevariante, Kont. = Kontrolle.

Ha. 5.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Ha 1.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	1.000	1.000		T.f.	0.835	1.000	
Kontrolle	0.966	0.989	1.000	Kontrolle	0.973	0.521	1.000

Hö 25.7.	T.s.	T.f.	Kont.	Hö. 7.8.	T.s.	T.f.	Kont.
T.s.	1.000			T.s.	1.000		
T.f.	0.517	1.000		T.f.	0.000	1.000	
Kontrolle	0.949	0.852	1.000	Kontrolle	0.000	0.969	1.000

Auch die beiden Kleeuntersaaten selbst wurden von Syrphiden besiedelt. Zwischen Erdklee- und Erdbeerklee-Untersaat bestanden weder in Hannover noch in Hötzum signifikante Unterschiede im Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien (Abb. 11, Tab. 12). Die Syrphiden-Entwicklungsstadien traten in Hannover in den Untersaaten zeitlich parallel mit den Aphiden an Kohl und Erdklee mit maximalen Dichten am 2.8. auf. In der Erdbeerklee-Untersaat lag das Maximum der Syrphiden damit aber vor dem Populationsmaximum von *A. pisum* am 8. August.

In Hötzum stimmte das Auftreten der Syrphiden-Entwicklungsstadien in den Kleeuntersaaten zeitlich mit den hohen Populationsdichten von *B. brassicae* am Kohl und dem Populationsmaximum von *A. pisum* in den Kleeuntersaaten vom 31.7. überein.

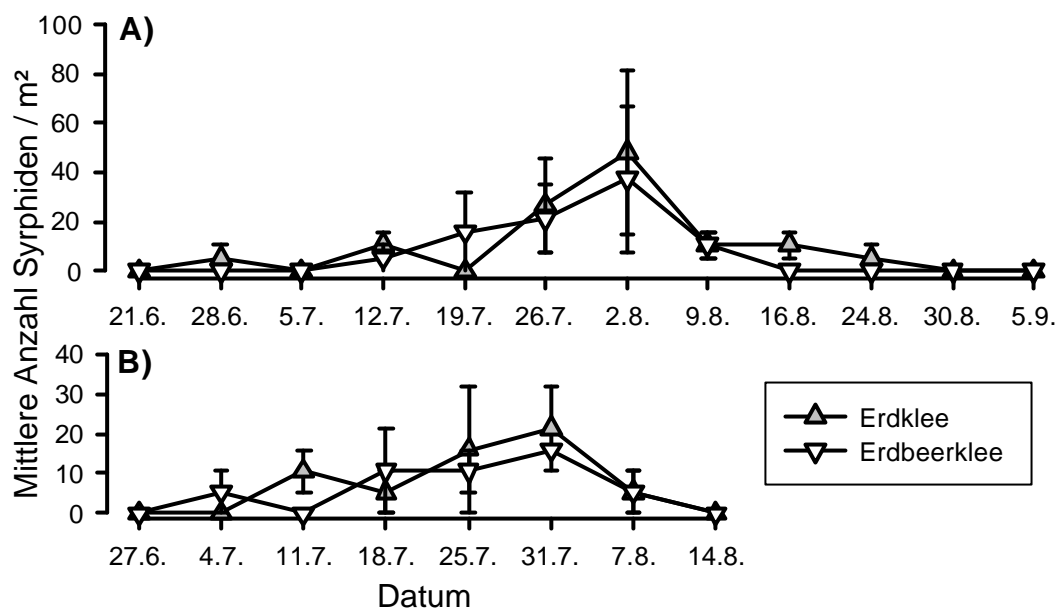


Abb. 11: Mittlere Anzahl von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf dem Klee in den unterschiedlichen Kleeuntersaaten an den Standorten A) Hannover und B) Hötzum 1996

Tab. 11: RM-ANOVA zum Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien in den unterschiedlichen Kleeuntersaaten in Hannover und Hötzum 1996

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover	Var	0,021	1	0,859	0,407
	Datum	0,641	6	1,500	0,221
	Var x Datum	0,141	6	0,330	0,915
	Error	1,710	24		
Hötzum	Var	0,001	1	0,039	0,852
	Datum	0,260	5	1,268	0,316
	Var x Datum	0,080	5	0,391	0,849
	Error	0,820	20		

Bei flächiger Untersaat in Hannover ließ sich für beide Untersaatvarianten ebenso wie für die als Kontrolle dienende Kohlreinkultur eine positiv dichteabhängige Beziehung zwischen dem Besatz des Kohls mit *Brevicoryne brassicae* und Syrphiden-Entwicklungsstadien nachweisen. Die Steigungen der Regressionsgeraden waren in den Untersaatvarianten jedoch signifikant größer als in der Kontrolle. Dabei wurden sowohl in der Kontrolle als auch in den Untersaaten über 65 % der Wertepaare erklärt (Abb. 12). Bei den Reihenuntersaaten in Hötzum wurde in der Erdkleevariante keine Beziehung zwischen *Brevicoryne brassicae* und den Syrphiden am Kohl beobachtet. In den anderen Varianten ergaben sich aber auch an diesem Standort positiv

dichteabhängige Beziehungen. Die Steigungen der Regressionsgraden in Erdbeerkleevariante und Kohltreinkultur unterschieden sich nicht signifikant. An diesem Standort wurden mit r^2 unter 40 % aber ein deutlich geringerer Teil der Wertepaare erklärt als in Hannover.

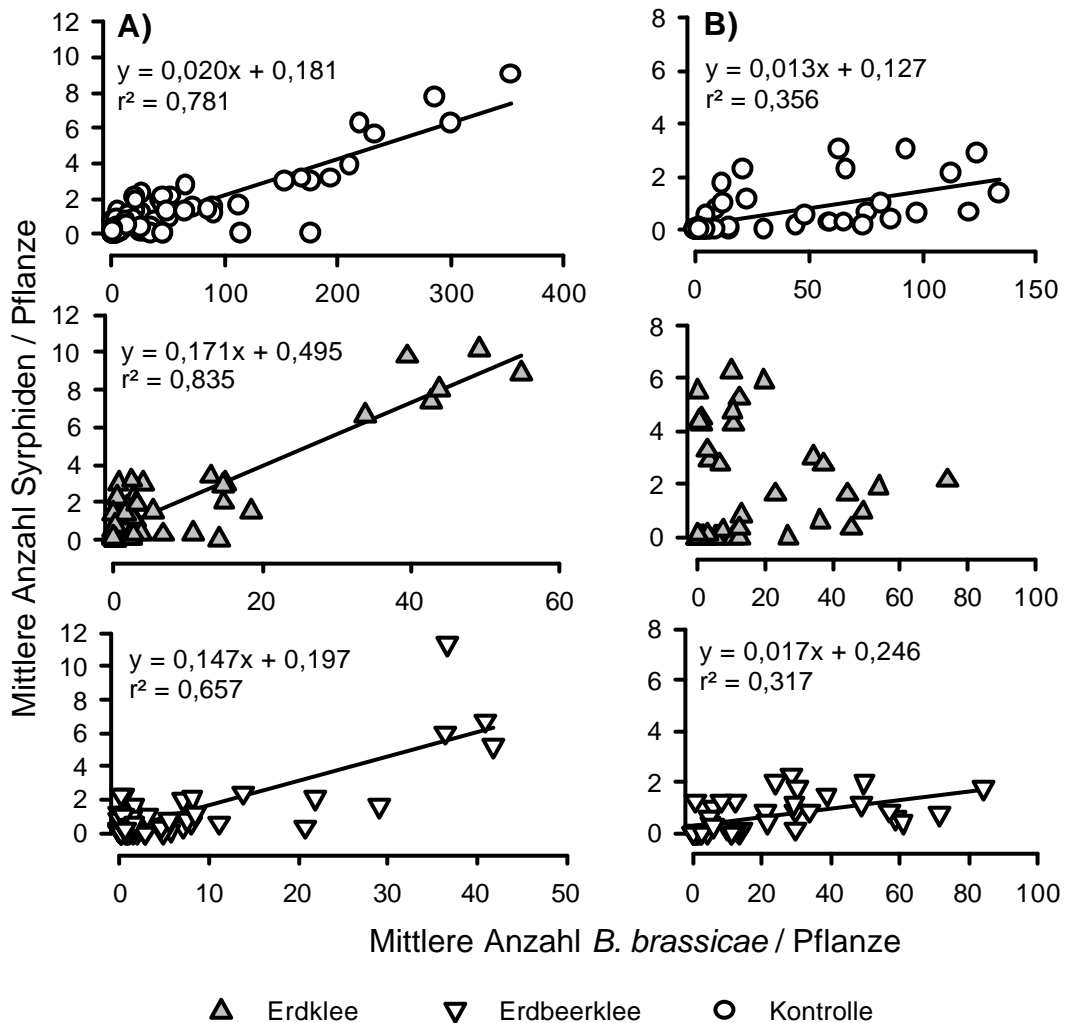


Abb. 12: Beziehung zwischen der Anzahl Syrphidenentwicklungsstadien und der Anzahl Aphiden auf Kohl in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Bodenbedeckungen in A) Hannover und B) Hötzum 1996; in Hannover Steigungen der Regressionsgraden in beiden Varianten signifikant unterschiedlich zur Kontrolle (Erdklee: $df = 1$; $F = 205,308$; $P = 0,000$ Erdbeerklee: $df = 1$; $F = 88,730$; $P = 0,000$), in Hötzum Steigungen der Regressionsgraden in der Erdbeerkleevariante nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrolle ($df = 1$; $F = 1,192$; $P = 0,281$), in der Erdkleevariante keine sinnvolle Regression möglich ($r^2 = 0,02$).

Da im Jahr 1996 die Flächendeckung von Kohl und Untersaat nur alle 2 Wochen erfaßt wurde, konnte die Beziehung zwischen den Gesamtanzahlen Aphiden und Syrphiden pro m² vegetationsbedeckter Fläche in diesem Jahr nicht ermittelt werden.

6.3.1.3.3 Reaktionen der Syrphiden bei unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten der Untersaat

In den 1997 durchgeführten Versuchen wurde mit einer 2 Wochen vor Pflanzung, einer gleichzeitig mit der Pflanzung und einer 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls ausgesättem Erdklee-Untersaat (*Trifolium subterraneum* cv. Geraldton) die Auswirkung des Aussaatzeitpunkts auf das Auftreten von Schadinsekten und ihren Gegenspielern untersucht. Während des Versuchsjahres 1997 waren in Hannover die Dichte von *A. pisum* am Klee hoch, die Dichten von *B. brassicae* auf den Kohl dagegen gering. In Hötzum dagegen waren hohe Dichten von *B. brassicae* am Kohl, aber nur geringe Dichten von *A. pisum* am Klee vorhanden. Das Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien am Kohl verlief an beiden Standorten parallel zur Populationsentwicklung der jeweils häufigeren Aphidenart, also in Hötzum parallel zur Populationsentwicklung von *B. brassicae* am Kohl und in Hannover parallel zur Populationsentwicklung von *A. pisum* am Klee. Die maximalen Anzahlen von Syrphiden-Entwicklungsstadien am Kohl wurden in Hannover am 17.7. und in Hötzum am 22.7. erreicht (Abb. 13). Zwischen den Varianten mit verschiedenen Aussaatzeitpunkten der Untersaat bestanden in Hötzum keine signifikanten Unterschiede, während in Hannover bei maximaler Syrphidendichte am 17.7. die frühe Variante eine signifikant höhere Dichte aufwies als die Kohlereinkultur (Tab. 12, Tab. 13). Die Maxima wurden damit in Hannover bei hoher Aphidendichte in der Untersaat erreicht, in Hötzum dagegen zu Zeiten maximaler Aphidenpopulationen am Kohl. In Hannover deckte sich das Maximum der Syrphiden-Entwicklungsstadien am Klee in der zuvor gesäten Variante zeitlich mit dem Populationsmaximum von *A. pisum* in dieser Variante am 11.7. In der gleichzeitigen und der später gesäten Variante wurde ein längerer Zeitraum erhöhter Dichte vom 11.7. bis 3.8 beobachtet, während zugleich auch die Aphidendichte am Klee in diesen Varianten hoch war. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren in Hannover nicht signifikant (Tab. 12). In Hötzum wurden Maxima in der frühen und gleichzeitigen Variante am 5.8. festgestellt, also erst nach dem Populationsmaximum von *B. brassicae* und dem Maximum der Syrphiden am Kohl, aber zu einem Zeitpunkt, zu dem die Dichten von *A. pisum* in diesen

Untersaaten noch nicht abgesunken waren. In der spät gesäten Untersaat in Hötzum traten analog zu dem Fehlen von *A. pisum* auch keine Syrphiden auf (Abb. 13). Daher bestanden hier signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tab. 12). Mit Ausnahme der frühen Variante in Hannover waren die Dichten von Syrphiden-Entwicklungsstadien pro m² an Kohl und Klee signifikant unterschiedlich (Tab. 14). Dabei waren analog zu den Aphidendichten auf Kohl und Klee in Hannover die Dichten am Kohl niedriger, in Hötzum die Dichten am Klee.

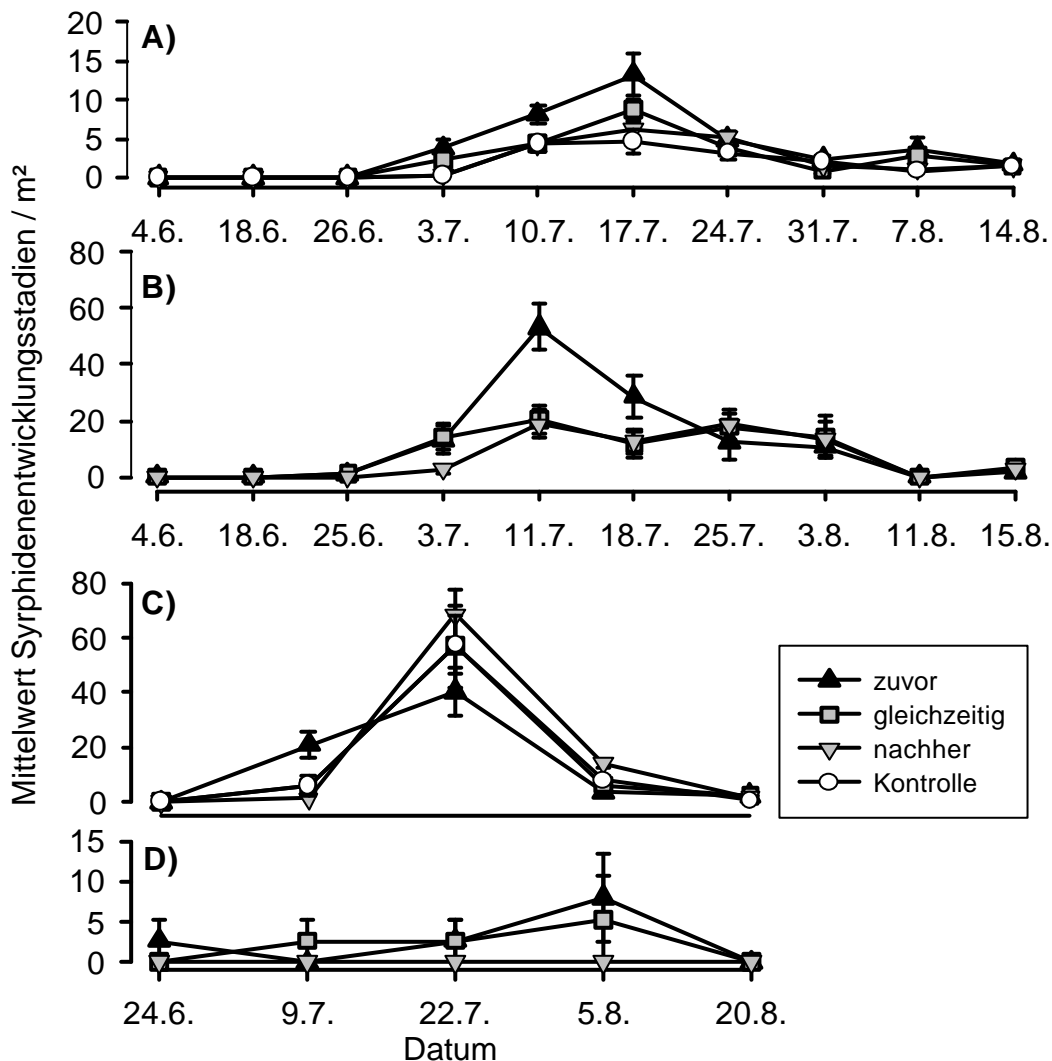


Abb. 13: Mittlere Anzahl von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf Kohl und Klee in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat an den Standorten 1997; A) Hannover (Kohl), B) Hannover (Klee), C) Hötzum (Kohl), D) Hötzum (Klee).

Tab. 12: RM-ANOVA zum Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf Kohl und Klee in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover und Hötzum 1997.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover (Weißkohl)	Var	1,530	3	4,246	0,018
	Datum	7,286	6	38,615	0,000
	Var x Datum	1,457	18	2,574	0,001
	Error	3,774	120		
Hannover (Erdklee)	Var	6,091	2	3,209	0,069
	Datum	34,750	5	13,318	0,000
	Var x Datum	18,722	10	3,588	0,001
	Error	39,139	75		
Hötzum (Weißkohl)	Var	0,092	3	0,422	0,739
	Datum	20,295	3	116,904	0,000
	Var x Datum	4,177	9	8,021	0,000
	Error	3,472	60		
Hötzum (Erdklee)	Var	0,554	2	5,681	0,015
	Datum	0,311	3	1,511	0,224
	Var x Datum	0,180	6	0,439	0,849
	Error	3,082	45		

Tab. 13: Paarweise Vergleiche des Auftretens von Syrphidenentwicklungsstadien je m² Kohl an 2 ausgewählten Boniturterminen in Hannover 1997 (Tukey-Tests nach ANOVA mit Kovariate Flächendeckung des Kohls: Hannover: 10.7.: df = 3; F = 2,045; p = 0,140; 17.7.: df = 3; F = 3,422; p = 0,037).

Ha. 10.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.	Ha. 17.7.	zuvor	gleich	nach	Kont.
zuvor	1.000				zuvor	1.000			
gleichzeitig	0,250	1.000			gleichzeitig	0,783	1.000		
nachher	0,231	1,000	1.000		nachher	0,223	0,720	1.000	
Kontrolle	0,174	0,996	0,998	1.000	Kontrolle	0,031	0,193	0,735	1.000

Tab. 14: RM-ANOVA zum Vergleich des Auftretens von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf den unterschiedlichen Pflanzenarten Kohl und Klee in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover und Hötzum 1997.

Standort	Faktor	SS	DF	F	P
Hannover (zuvor)	Var	0,461	1	1,427	0,260
	Datum	16,159	7	20,626	0,000
	Var x Datum	3,276	7	4,182	0,001
	Error	7,834	70		
Hannover (gleichzeitig)	Var	1,102	1	8,294	0,016
	Datum	9,115	7	9,033	0,000
	Var x Datum	3,428	7	3,397	0,004
	Error	10,091	70		
Hannover (nachher)	Var	1,158	1	3,787	0,037
	Datum	8,937	6	17,964	0,000
	Var x Datum	1,427	6	2,869	0,016
	Error	4,975	60		
Hötzum (zuvor)	Var	4,628	1	50,601	0,000
	Datum	2,912	3	14,195	0,000
	Var x Datum	1,928	3	9,398	0,000
	Error	2,051	30		
Hötzum (Weißkohl)	Var	4,074	1	36,123	0,000
	Datum	2,786	3	11,345	0,000
	Var x Datum	2,069	3	8,427	0,000
	Error	2,445	30		
Hötzum (Erdklee)	Var	6,805	1	1229,757	0,000
	Datum	4,438	3	48,439	0,000
	Var x Datum	4,438	3	48,439	0,000
	Error	0,916	30		

Die Häufigkeitsverteilung der präimaginalen Entwicklungsstadien der Syrphiden auf dem Kohl war an beiden Standorten zwischen den Varianten signifikant unterschiedlich (Abb. 14, Tab. 15). In Hannover wies nur die Kontrolle zu allen anderen Varianten signifikante Unterschiede auf. In Hötzum unterschied sich die 2 Wochen zuvor gesäte Variante signifikant von den übrigen. Zwischen der gleichzeitigen und der 2 Wochen später gesäten Variante bestanden ebenfalls signifikante Unterschiede. Die Unterschiede zur Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Entwicklungsstadien der Syrphiden auf dem Klee wurden nicht statistisch getestet, da in Hannover die Puppen fast vollständig, in der spät gesäten Variante sogar vollständig, fehlten und in Hötzum in den Untersaaten ausschließlich Syrphideneier gefunden wurden.

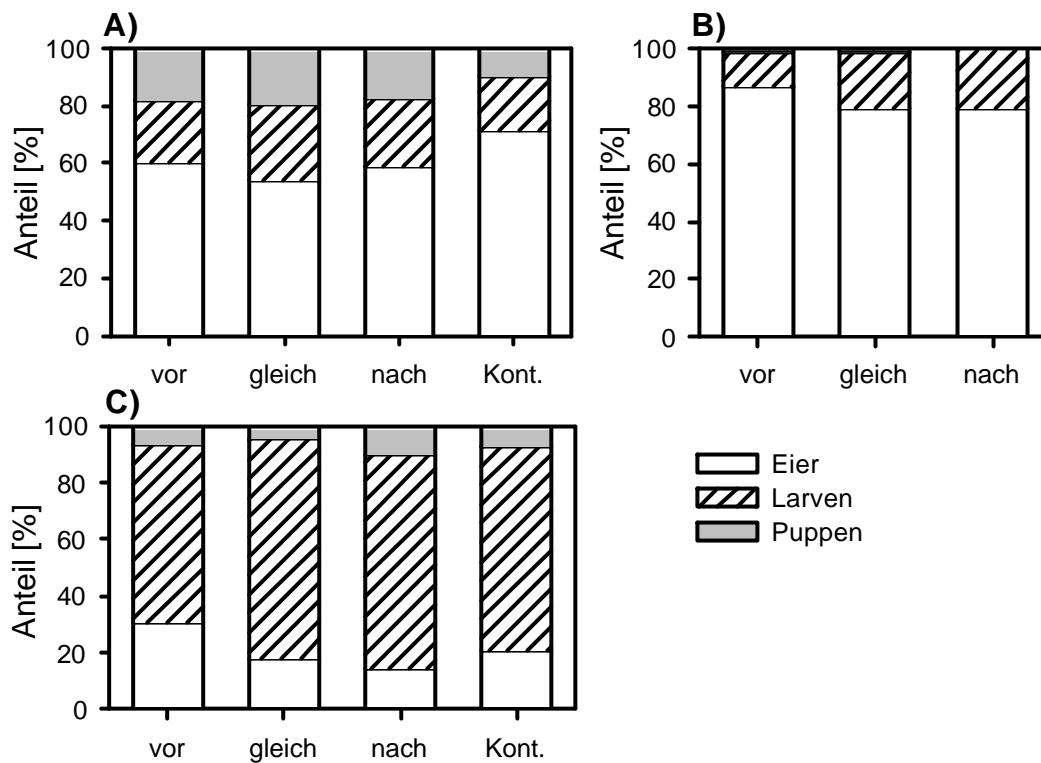


Abb. 14: Anteile von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf Kohl und Untersaat in den zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten an den Standorten A) Hannover und B) Hötзум 1997; graphische Darstellung für die Untersaaten in Hötзум entfällt, da in diesen ausschließlich Eier gefunden wurden.

Tab. 15: Vergleich der Häufigkeitsverteilung von Syrphiden-Entwicklungsstadien auf Kohl in den verschiedenen Versuchsvarianten untereinander.

Varianten	Hannover			Hötзум		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	29,878	6	0,000	88,423	6	0,000
zuvor ↔ gleich.	3,541	2	0,170	12,627	2	0,002
zuvor ↔ nach.	0,920	2	0,631	21,364	2	0,000
zuvor ↔ Kont.	18,135	2	0,000	6,483	2	0,039
gleich. ↔ nach.	2,238	2	0,327	6,845	2	0,033
gleich. ↔ Kont.	26,589	2	0,000	2,204	2	0,332
nach. ↔ Kont.	14,068	2	0,001	4,604	2	0,100

Zwischen der Aphidendichte und der Syrphidendichte auf den Kohlpflanzen war in Hannover 1997 bei geringen Anzahlen von *B. brassicae* / Kohlpflanze kein enger Zusammenhang zu erkennen. In Hötзум dagegen bestand bei hoher Dichte von *B.brassicae* auf den Kohlpflanzen in allen Varianten eine enge Beziehung mit der

Syrphidendichte auf den Kohlpflanzen. Die Steigungen der Regressionsgeraden in den Untersaatvarianten waren nicht signifikant unterschiedlich zur Kohlreinkultur (Abb. 15).

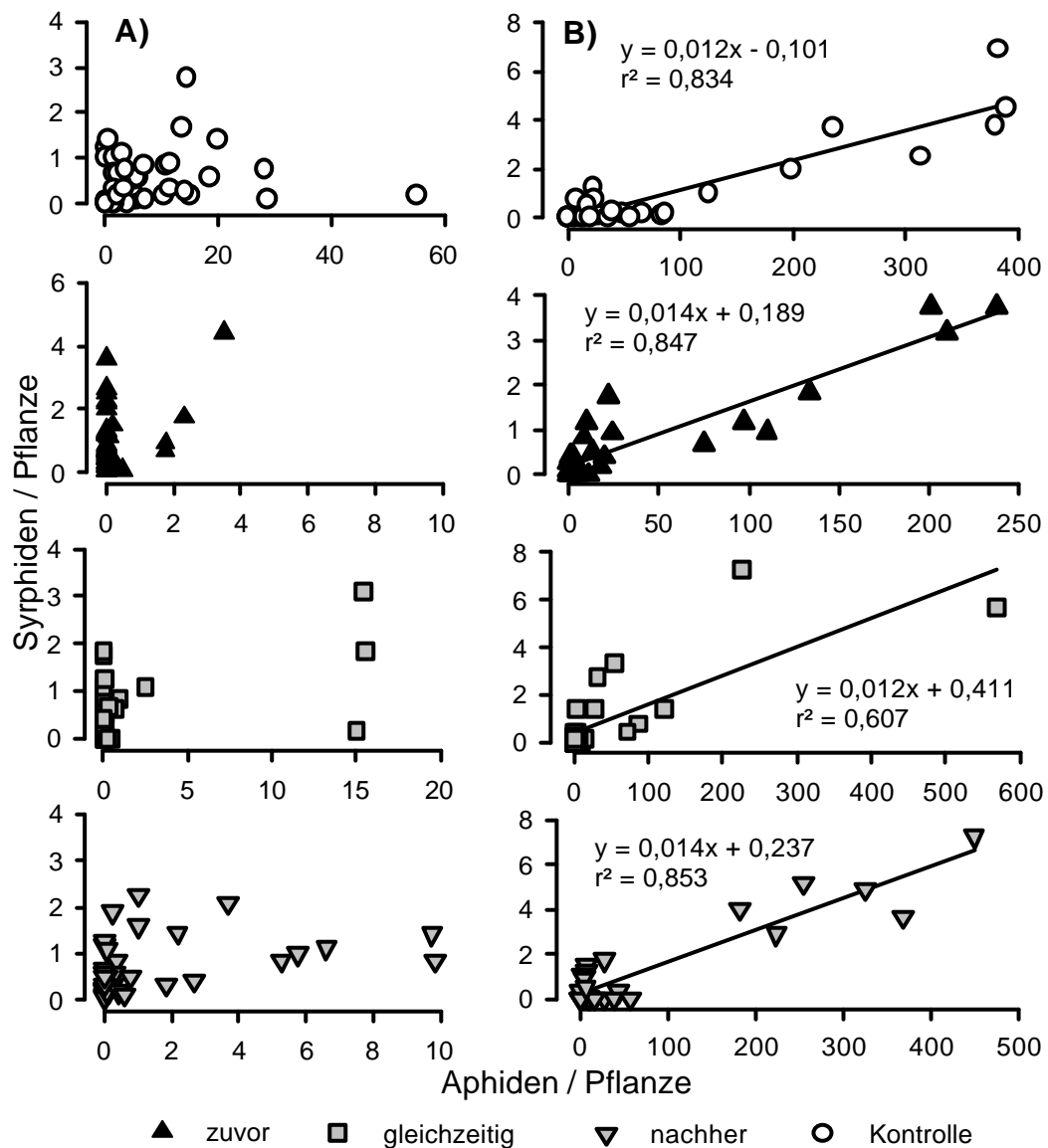


Abb. 15: Beziehung von Aphiden / Kohlpflanze und Syrphiden / Kohlpflanze an den Standorten A) Hannover mit geringer Aphidendichte am Kohl und B) Hötzum mit hoher Aphidendichte am Kohl im Untersuchungsjahr 1997, in Hannover keine Beziehung erkennbar, in Hötzum Steigungen der Regressionsgeraden in den Untersaatvarianten nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrolle (vorher: $df = 1$; $F = 4,020$; $P = 0,055$; gleichzeitig: $df = 1$; $F = 0,004$; $P = 0,952$; nachher: $df = 1$; $F = 3,857$; $P = 0,060$).

Zwischen der Aphidendichte und der Syrphidendichte pro m² Vegetation war in Hannover und Hötzum 1997 jeweils bei den Varianten mit hoher Aphidendichte eine Beziehung zu erkennen. Dabei handelte es sich in Hannover um die Varianten mit zuvor und gleichzeitig gesäter Untersaat, in Hötzum um die Kohlereinkultur und die Variante mit später Untersaat. Die Steigungen der Regressionen in diesen Varianten unterschieden sich in Hannover signifikant, in Hötzum dagegen nicht (Abb. 16).

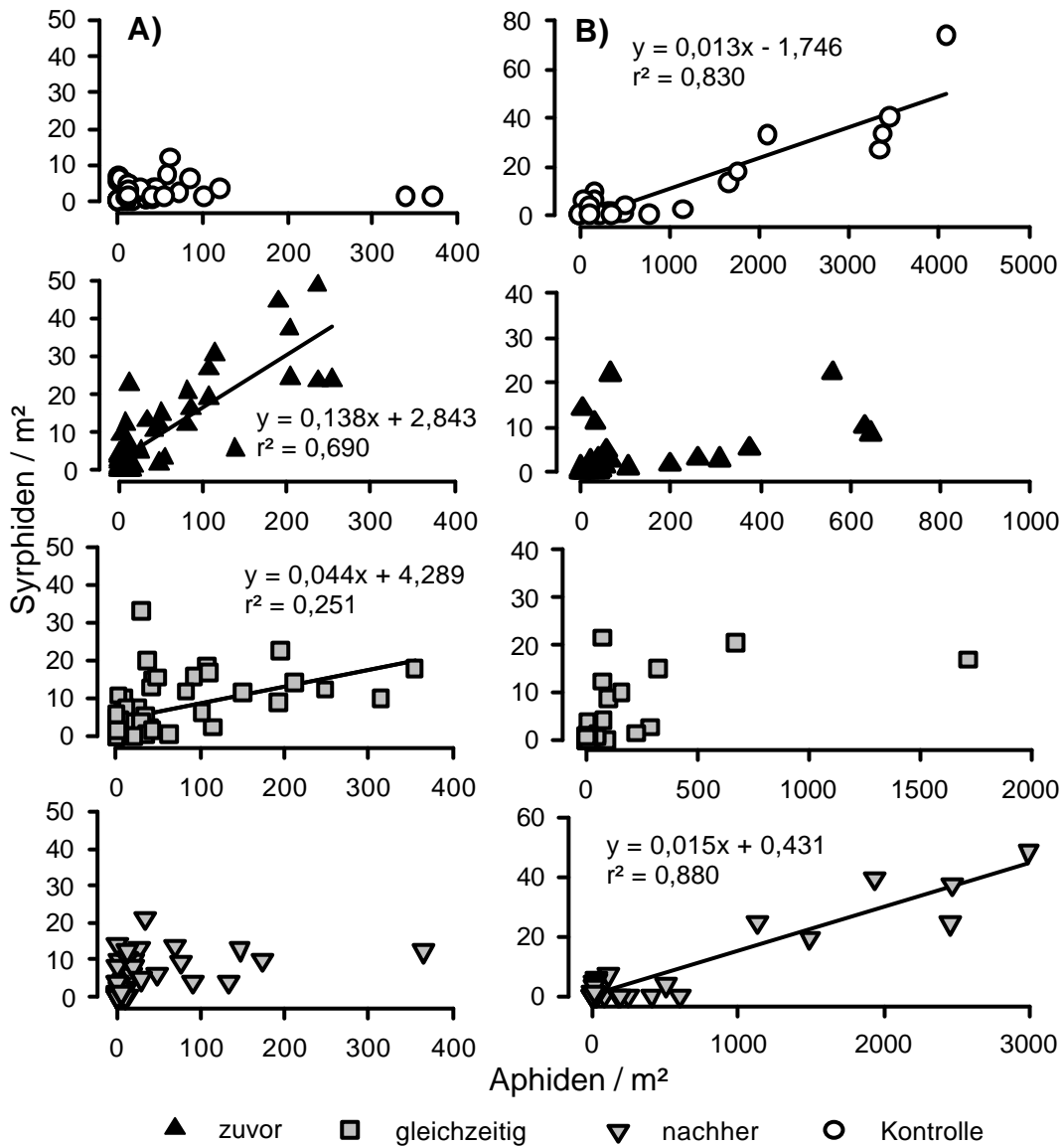


Abb.16: Beziehung von Aphiden / m² Vegetation und Syrphiden / m² Vegetation (Kohl und Untersaat) an den Standorten A) Hannover und B) Hötzum; in Hannover nur in der frühen und gleichzeitigen Variante Beziehungen zwischen Aphiden- und Syrphidendichte erkennbar, Steigung der Regressionen aber signifikant unterschiedlich (df = 1; F = 90,247; P = 0,000); in Hötzum nur in der Kontrolle und der späten Untersaatvariante Beziehungen zwischen Aphiden- und Syrphidendichte erkennbar Steigungen der Regressionsgraden nicht signifikant verschieden (df = 1; F = 2,501; P = 0,125).

Die Verteilung von Syrphideneiern und Larven auf den Kohlblättern am 4.7. und 13.7. wurden wie bei den Coccinelliden behandelt. Die Ergebnisse beider Boniturtermine wurden zu einer Darstellung zusammengezogen. Im Gegensatz zu den Coccinelliden fanden sich bei den Syrphiden hohe Anteile von Eiern und Larven direkt auf der Blattfläche. Sowohl die Verteilung der Eier als auch die Verteilung der Larven unterschieden sich signifikant von der Verteilung der *B. brassicae*-Kolonien (Abb. 17, Tab. 16) Die Verteilung von Eiern und Larven war auch zwischen den Varianten zum Teil signifikant verschieden. In der Verteilung der Eier unterschieden sich die Varianten signifikant, mit Ausnahme der Varianten mit vor Pflanzung des Kohls und mit gleichzeitig mit der Pflanzung des Kohls gesäeter Untersaat. Die Verteilung der Larven auf den Kohlblättern war nur zwischen Kohlreinkultur und früher Variante sowie zwischen Kohlreinkultur und gleichzeitiger Variante signifikant unterschiedlich (Tab. 17).

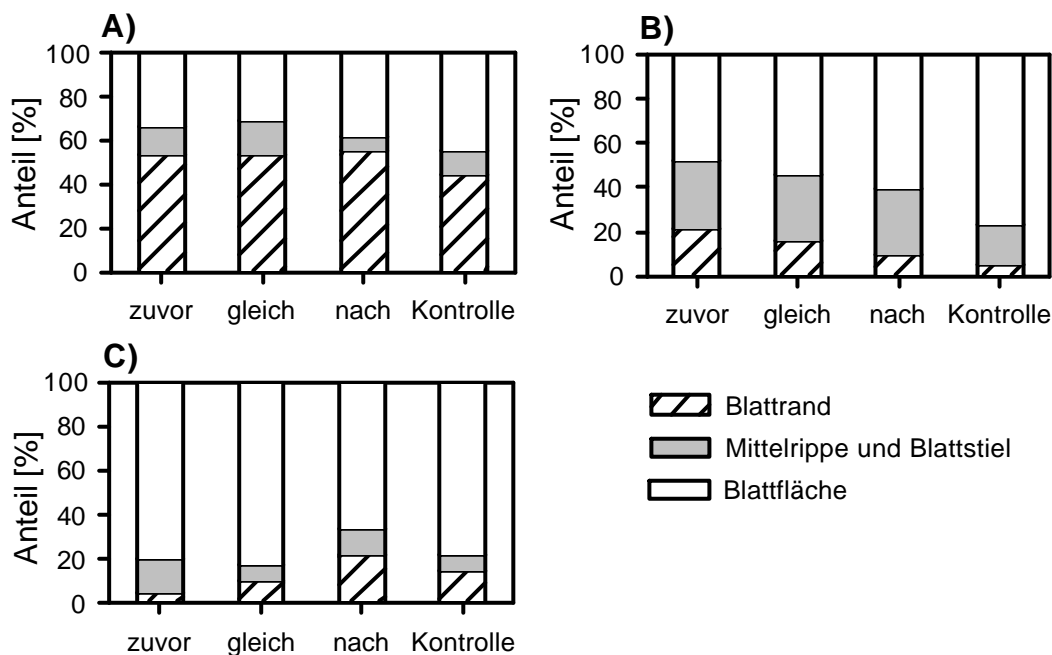


Abb. 17: Häufigkeitsverteilung von A) Syrphideneiern; B) Syrphidenlarven und C) *B. brassicae*-Kolonien auf verschiedenen Bereichen der Kohlblätter in den Versuchsvarianten mit zu unterschiedlichen Zeiten ausgesäten Untersaaten; zuvor = Aussaat des Klees 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls, gleichzeitig = Aussaat des Klees zur Pflanzung des Kohls, nachher = Aussaat des Klees 2 Wochen nach Pflanzung des Kohls.

Tab. 16: Vergleich der Häufigkeitsverteilung von Syrphideneiern und –larven mit der Häufigkeitsverteilung der *B. brassicae*-Kolonien auf Kohlblättern in den Versuchsvarianten .

Varianten	Eier			Larven		
	G	DF	P	G	DF	P
zuvor	23,196	2	0,000	8,182	2	0,017
gleichzeitig	31,138	2	0,000	8,613	2	0,013
nachher	25,202	2	0,000	8,907	2	0,012
Kontrolle	36,592	2	0,000	6,434	2	0,040

Tab. 17: Vergleich der Häufigkeitsverteilung von Syrphideneiern und –larven auf Kohlblättern in den verschiedenen Versuchsvarianten untereinander

Varianten	Eier			Larven		
	G	DF	P	G	DF	P
Gesamt	8,739	6	0,013	15,106	6	0,001
zuvor ↔ gleich.	0,854	2	0,653	1,098	2	0,577
zuvor ↔ nach.	9,151	2	0,010	5,463	2	0,065
zuvor ↔ Kont.	8,828	2	0,012	15,109	2	0,001
gleich. ↔ nach.	13,070	2	0,001	1,450	2	0,484
gleich. ↔ Kont.	11,244	2	0,004	7,198	2	0,027
nach. ↔ Kont.	7,366	2	0,025	3,289	2	0,193

Bei Erfassung der Verteilung von Syrphideneiern und Larven auf den Kohlblättern am 4.7. und 13.7. wurde auch aufgenommen, ob Eier und Larven auf blattlausbesetzten Kohlblättern oder auf Kohlblättern ohne Blattläuse auftraten (Abb. 18). In der Kontrolle als der Variante mit der größten *B. brassicae* – Population waren auch die höchsten Anteile von Eiern und Larven auf Blättern mit Blattlauskolonien zu finden. Die frühe und gleichzeitige Untersaat, in denen auch die *B. brassicae*-Population am niedrigsten war, wiesen signifikant niedrigere Anteile von Eiern und Larven auf blattlausbesetzten Blättern auf als die Kontrolle. In der Variante mit nach der Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat erwies sich gegenüber der Kontrolle nur der Anteil der Eier als signifikant geringer. Zwischen den drei Untersaatvarianten traten weder bei Eiern noch bei Larven signifikante Unterschiede auf. Auffällig ist jedoch, daß selbst in der Kontrolle als der Variante mit der höchsten Aphidendichte nur 60% der Eier und 69% der Larven auf Blättern mit Aphiden gefunden wurden.

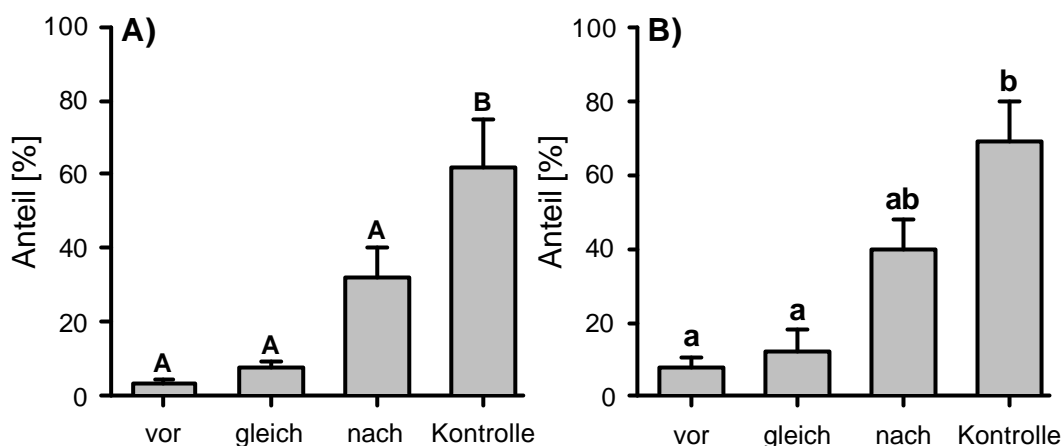


Abb. 18: Anteil der A) Syrphideneier und B) Syrphidenlarven, die sich auf Kohlblättern mit *B. brassicae*-Kolonien befinden; signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (ANOVA mit anschließendem Tuckey-Test: Eier: $df = 3$; $F = 10,100$; $P = 0,000$; Larven: $df = 3$; $F = 10,623$; $P = 0,000$) unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede.

6.3.1.3.4 Versuche zu Eiablage der Syrphiden und Verteilung der Larven bei unterschiedlichem Aphidenaufreten in Kohl und Untersaat

1996 wurden im Freilandexperiment in Hannover *B. brassicae*-Kolonien am Kohl ausgebracht. Die Blätter waren in Gazebeutel eingeschlossen, die Parasitoiden und größeren Prädatoren keinen Zugang gewährten. Einzig Syrphidenlarven des ersten Larvenstadiums konnten die Maschen passieren. Die zu 2 verschiedene Zeitpunkten am Kohl in der Erdkleeuntersaat und der Kohlrainkultur ausgebrachten *B. brassicae*-Kolonien entwickelten sich abhängig vom Versuchsbeginn unterschiedlich. Während des Zeitraums hoher Syrphidendichte traten an den Kolonien in der Erdkleevariante mehr Larven auf als in der Kohlrainkultur. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Die Anzahl *B. brassicae* nahm in den ausgebrachten Kolonien in der Erdkleevariante während dieses Zeitraums allerdings signifikant schneller ab als in der Kohlrainkultur (Abb. 19, Tab. 18). Der folgende, ab dem 20.8. in einem Zeitraum geringen Syrphidenaufretens durchgeführte Versuch ergab weder in den Anzahlen von Syrphiden-Präimaginalstadien noch in der Populationsdynamik der ausgesetzten *B. brassicae* signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Abb. 19, Tab. 18).

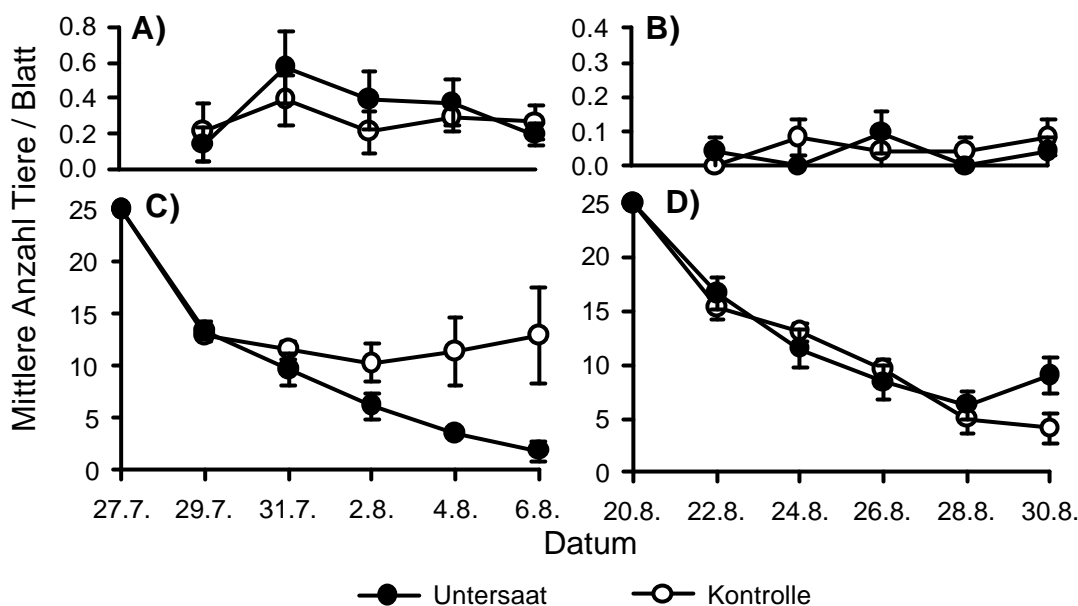


Abb. 19: Populationsentwicklung von *B. brassicae*-Kolonien, die durch künstliche Ausbringung gegründet wurden ab dem C) 27.7. und D) dem 20.8., und Auftreten von Syrphidenlarven in diesen Kolonien am Standort Hannover 1996 ab dem A) 29.7. und B) dem 22.8.

Tab. 18: RM-ANOVA zur Populationsentwicklung von *B. brassicae*-Kolonien, die durch künstliche Ausbringung gegründet wurden, in Kohltreinkultur und Erdkleevariante und zum Auftreten von Syrphidenlarven in diesen Kolonien am Standort Hannover 1996

Versuchsbeginn	Faktor	SS	DF	F	P
27.7.1996 <i>Brevicoryne brassicae</i>	Var	0,982	1	9,015	0,013
	Datum	1,820	4	10,121	0,000
	Var x Datum	0,728	4	4,047	0,008
	Error	1,798	40		
20.8.1996 <i>Brevicoryne brassicae</i>	Var	0,070	1	0,664	0,434
	Datum	1,821	4	35,486	0,000
	Var x Datum	0,367	4	7,144	0,000
	Error	0,513	40		
27.7.1996 Syrphidenlarven	Var	0,004	1	0,575	0,466
	Datum	0,063	4	1,482	0,226
	Var x Datum	0,015	4	0,339	0,850
	Error	0,427	40		
20.8.1996 Syrphidenlarven	Var	0,000	1	0,321	0,583
	Datum	0,004	4	0,617	0,653
	Var x Datum	0,006	4	1,074	0,382
	Error	0,059	40		

Von den künstlich ausgebrachten Kolonien von *B. brassicae* überlebte nur ein Teil. Der Anteil überlebender Kolonien nahm in beiden Versuchen im Versuchsverlauf ab. In dem

ersten Versuch, der im Zeitraum höherer Syrphidendichten, auf den Pflanzen stattfand, nahm der Anteil überlebender Kolonien in der Kontrolle jedoch stärker ab als in der Untersaatvariante. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten ergaben sich dabei jedoch nicht (Abb. 20, Tab. 19).

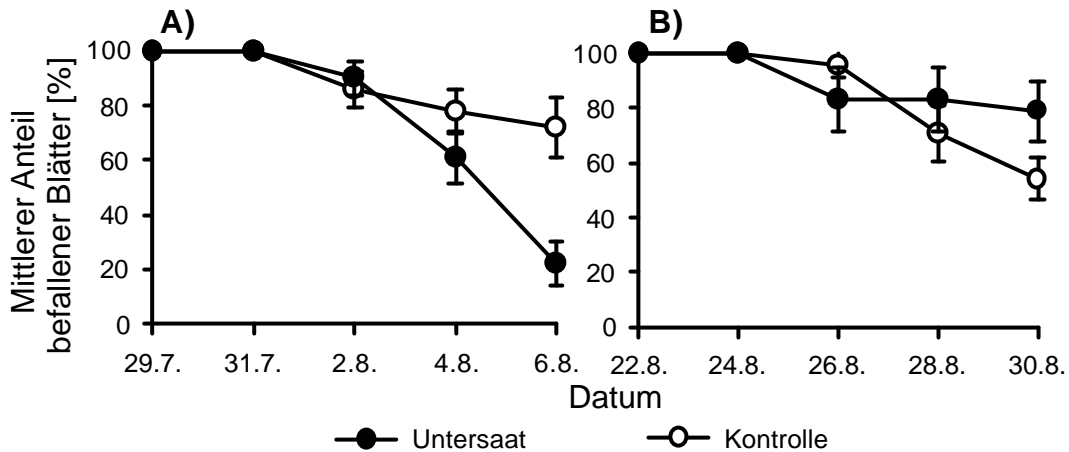


Abb. 20: Anteil der überlebenden *B. brassicae*-Kolonien am Standort Hannover 1996 von den *B. brassicae*-Kolonien, die durch künstliche Ausbringung gegründet wurden ab dem A) 27.7. und B) dem 20.8.

Tab. 19: RM-ANOVA zur Populationsentwicklung von *B. brassicae*-Kolonien, die durch künstliche Ausbringung gegründet wurden, in Kohltreinkultur und Erdkleevariante und zum Auftreten von Syrphidenlarven in diesen Kolonien am Standort Hannover 1996.

Versuchsbeginn	Faktor	SS	DF	F	P
27.7.1996	Var	0,775	1	2,034	0,183
	Datum	2,635	2	18,840	0,000
	Var x Datum	1,066	2	7,620	0,003
	Error	1,399	20		
20.8.1996	Var	0,351	1	0,667	0,443
	Datum	1,455	2	11,962	0,000
	Var x Datum	0,875	2	7,193	0,004
	Error	1,216	20		

In Käfigversuchen im Gewächshaus wurde das Eiablageverhalten von *Episyrphus balteatus* bei Angebot blattlausbefallener Kohlpflanzen auf freiem Boden und in Erdklee-Untersaat untersucht (Abb. 21). Bei gleichen Anzahlen *Brevicoryne brassicae* (10 Aptere; 30 Larven L1) auf dem Kohl in der Untersaat und dem Kohl auf freiem Boden gab es keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl abgelegter Eier in den Varianten und die Eier wurden fast ausschließlich auf den Kohlpflanzen abgelegt. Wurde in der Untersaatvariante die Hälfte der *B. brassicae* am Kohl durch *Acyrtosiphon*

pisum am Erdklee ersetzt, so war die Zahl am Kohl abgelegter Eier in der Untersaatvariante gegenüber der Kontrolle mit Kohl auf freiem Boden signifikant vermindert. Die an Kohl und Klee insgesamt abgelegte Anzahl Eier in der Untersaatvariante war nicht signifikant verschieden von der Anzahl in der Kontrolle abgelegter Eier. Bei Ausbringung der halben Anzahl *B. brassicae* an Kohl in der Untersaat und von 10 Apteren und 30 L1 von *A. pisum* am Erdklee war die Anzahl abgelegter Eier an Kohlpflanzen in der Untersaat ebenfalls geringer als an Kohlpflanzen auf freiem Boden. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Die an Kohl und Klee insgesamt abgelegte Anzahl Eier in der Untersaatvariante war aber signifikant höher als die Anzahl in der Kontrolle abgelegter Eier.

In allen Versuchen wurden die meisten Eier in die Nähe von Aphiden gelegt. Regelmäßig wurden jedoch auch einzelne Eier gefunden, die zumindest zum Boniturzeitpunkt, 24 Stunden nach Einsetzen der *E. balteatus*-Weibchen, nicht in enger Nachbarschaft zu Aphiden waren.

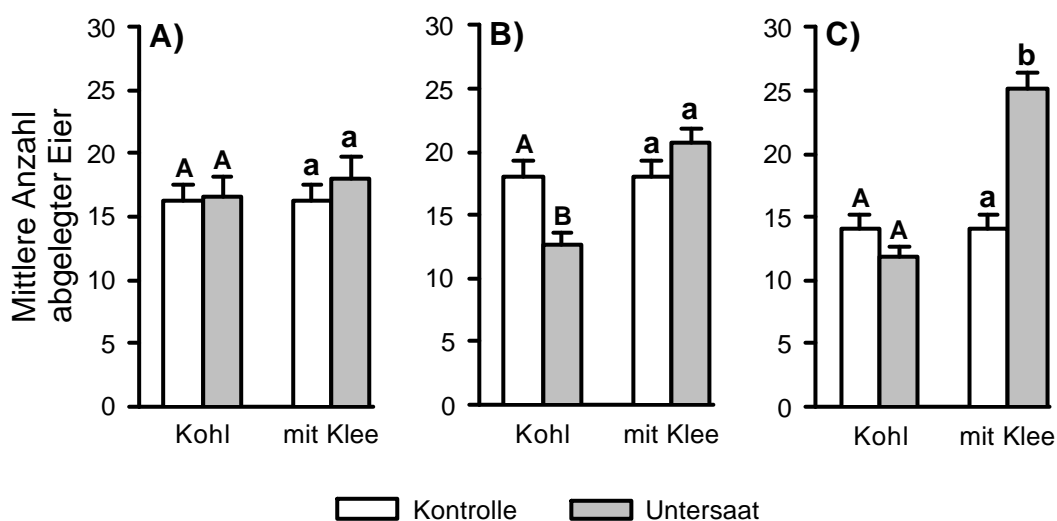


Abb. 21: Vergleich der Eiablage von *Episyrphus balteatus* an Kohl und Untersaat bei unterschiedlichen Aphidenanzahlen in der Untersaatvariante; Kohl in Kontrolle mit 10 Apteren, 30 Larven (L1) von *Brevicoryne brassicae*; A) Kohl in Untersaatvariante mit 10 Apt., 30 L1 von *B. brassicae*, Klee ohne Aphiden; B) Kohl in Untersaatvariante mit 5 Apt., 15 L1 von *B. brassicae*, Klee mit 5 Apt., 15 L1 von *Acyrtosiphon pisum*; C) Kohl in Untersaatvariante mit 5 Apt. und 15 L1 von *B. brassicae*, Klee mit 10 Apt. und 30 L1 von *A. pisum*; (ANOVA mit nachfolgendem Tukey-Test: A) nur Kohl: df = 1; F = 0,009; P = 0,924; mit Klee: df = 1; F = 0,570; P = 0,452; B) nur Kohl: df = 1; F = 11,488; P = 0,001; mit Klee: df = 1; F = 2,199; P = 0,141; C) nur Kohl: df = 1; F = 2,836; P = 0,098; mit Klee: df = 1; F = 47,575; P = 0,000).

1997 wurde die Reaktion der Syrphiden auf eine Erhöhung des Aphidenangebots im Freiland sowie die Auswirkungen auf die Populationen der natürlich vorkommenden Aphiden *Brevicoryne brassicae* und *Acyrtosiphon pisum* untersucht. In jeder Variante wurde in der Hälfte der Wiederholungen die Aphidendichte mit Getreideaphiden auf getopften Weizenpflanzen um ca. 220 Aphiden / m² erhöht. Nach der Ausbringung am 9.7. war die Anzahl der Syrphidenentwicklungsstadien zu den folgenden 3 Boniturterminen in allen so behandelten Wiederholungen erhöht. Nach der Ausbringung am 30.7. ließ sich nur in den Varianten mit vor und zur Pflanzung des Kohls gesäter Untersaat am 7.8. eine Erhöhung der Anzahl Syrphidenentwicklungsstadien beobachten (Abb. 22). Signifikante Unterschiede in den Anzahlen von Syrphidenentwicklungsstadien am Kohl ergaben sich nur in den 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls und gleichzeitig mit Pflanzung des Kohls gesäten Varianten gegenüber der Kontrolle (Tab. 20). Die *B. brassicae*-Populationen am Kohl in den Untersaatvarianten waren zu niedrig, um Auswirkungen der erhöhten Syrphidendichte zu beobachten. In der Kohlereinkultur ergaben sich zwar geringere Anzahlen *B. brassicae* pro Kohlpflanze, diese waren jedoch ebenso wie die Unterschiede bei den Syrphiden nicht signifikant (Abb. 22, Tab. 20).

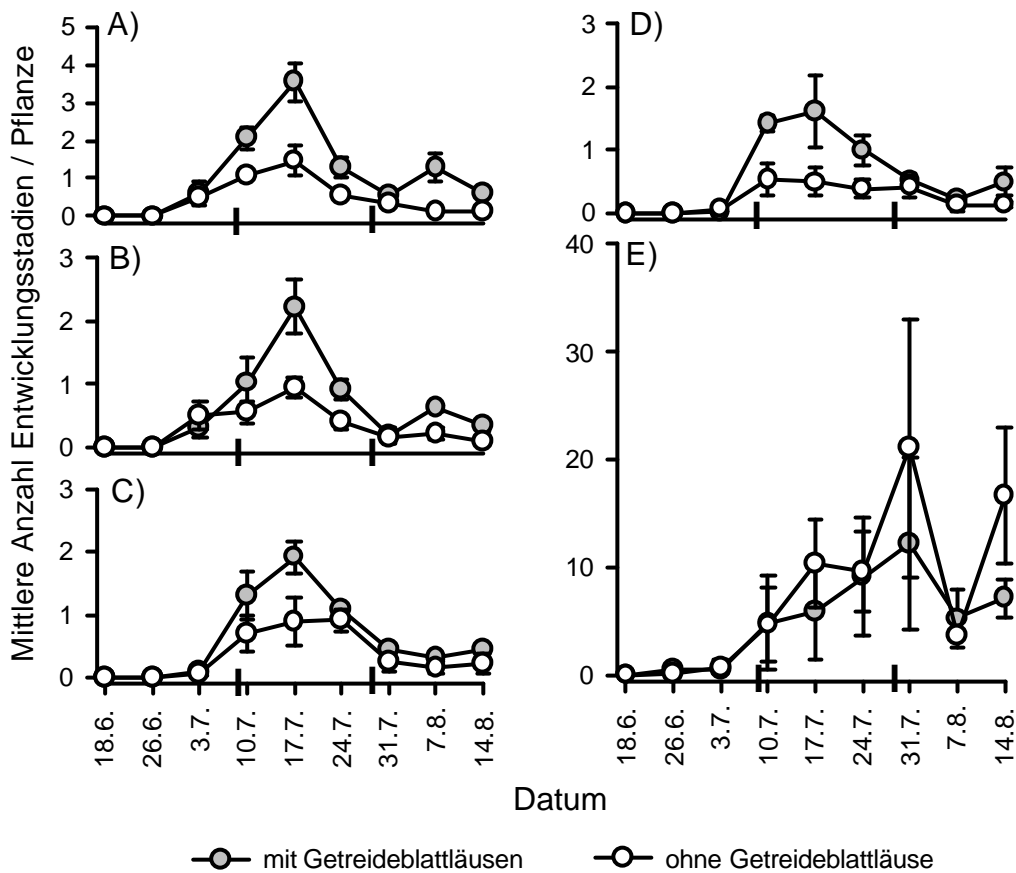


Abb. 22: Reaktion von Syrphiden und *B. brassicae* an Kohl bei künstlicher Erhöhung der Aphidendichte am Standort Hannover 1997; Dynamik der Syrphiden am Kohl in A) der Variante mit zuvor gesäter Untersaat, B) der Variante mit gleichzeitig gesäter Untersaat, C) der Variante mit nachher gesäter Untersaat, D) der Kontrolle, E) Populationsdynamik von *B. brassicae* in der Kohlereinkultur; I = Ausbringungsdaten der Weizenpflanzen mit Getreideaphiden (9.7. und 30.7.).

Tab. 20: RM-ANOVA zum Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien und *B. brassicae* an Kohl auf die künstliche Erhöhung der Aphidendichte in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Untersaat in Hannover 1997.

Variante	Faktor	SS	DF	F	P
2 Wochen zuvor	Var	0,277	1	131,462	0,000
	Datum	0,751	6	19,360	0,000
	Var x Datum	0,090	6	2,315	0,066
	Error	0,155	24		
gleichzeitig	Var	0,081	1	8,318	0,045
	Datum	0,468	6	13,522	0,000
	Var x Datum	0,073	6	2,107	0,090
	Error	0,138	24		
2 Wochen nachher	Var	0,073	1	3,084	0,154
	Datum	0,563	6	22,281	0,000
	Var x Datum	0,037	6	1,460	0,234
	Error	0,101	24		
Kontrolle	Var	0,122	1	4,602	0,099
	Datum	0,375	6	14,648	0,000
	Var x Datum	0,084	6	3,271	0,017
	Error	0,102	24		
Kontrolle (<i>B. brassicae</i>)	Var	0,132	1	0,399	0,562
	Datum	5,764	7	7,138	0,000
	Var x Datum	0,315	7	0,391	0,900
	Error	3,230	28		

Am Erdklee selbst wurden in allen Varianten nach der ersten Ausbringung am 9.7. in den Wiederholungen mit künstlich erhöhter Aphidendichte ebenfalls in der Tendenz erhöhte Syrphidendichten beobachtet; nach der zweiten Ausbringung am 30.7. war keine entsprechende Reaktion der Syrphiden erkennbar (Abb. 23). Insgesamt ergaben sich in keiner Untersaatvariante signifikante Unterschiede zwischen den Wiederholungen mit und ohne künstlich erhöhte Aphidendichte (Tab. 21). Bei Betrachtung der Populationsdynamik von *Acyrtosiphon pisum* am Klee wurden ebenfalls in keiner Untersaatvariante signifikante Unterschiede zwischen den Wiederholungen mit und ohne künstlich erhöhte Aphidendichte festgestellt.

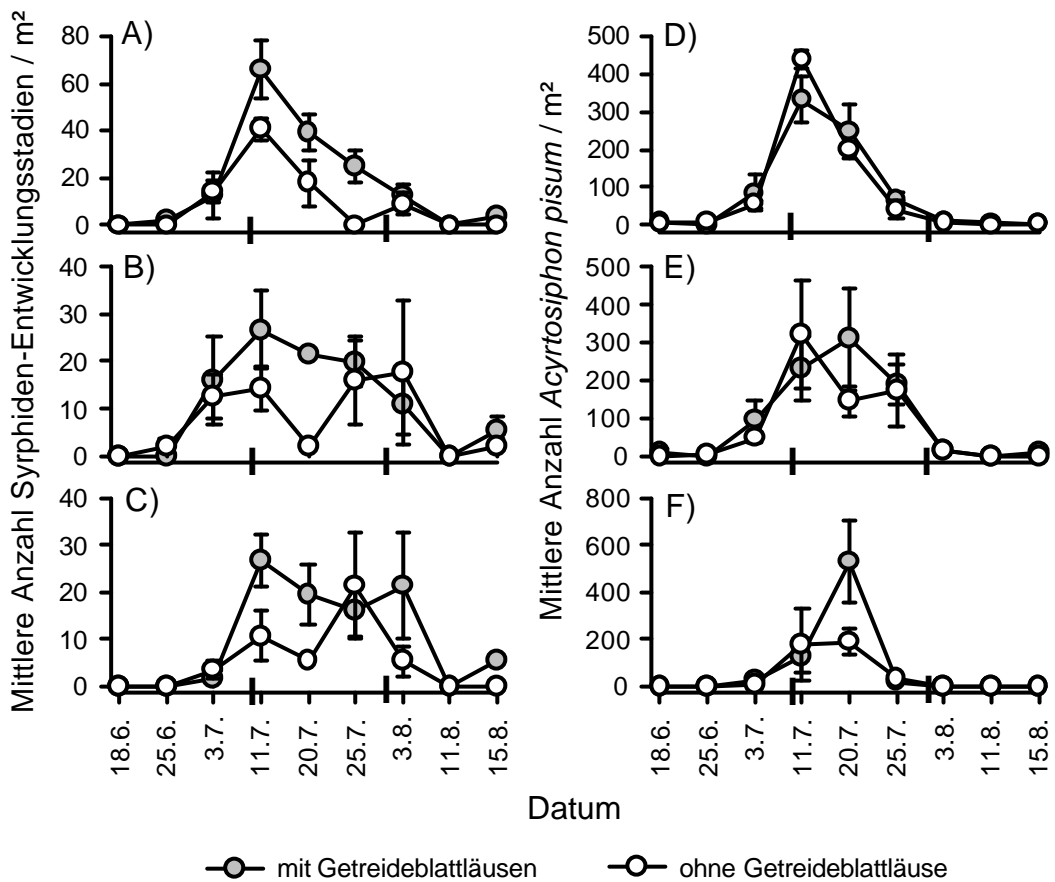


Abb. 23: Reaktion von Syrphiden und *A. pisum* an Erdklee auf die künstliche Erhöhung der Aphidendichte am Standort Hannover 1997; Dynamik der Syrphiden am Kohl in A) der Variante mit zuvor gesäter Untersaat, B) der Variante mit gleichzeitig gesäter Untersaat, C) der Variante mit nachher gesäter Untersaat; Populationsdynamik von *A. pisum* in D) der Variante mit zuvor gesäter Untersaat, E) der Variante mit gleichzeitig gesäter Untersaat, F) der Variante mit nachher gesäter Untersaat; I = Ausbringungsdaten der Weizenpflanzen mit Getreideaphiden (9.7. und 30.7.).

Tab. 21: RM-ANOVA zum Auftreten von Syrphiden-Entwicklungsstadien und *A. pisum* an Erdklee nach künstlicher Erhöhung der Aphidendichte durch Ausbringung mit Getreideblattläusen besetzter Weizenpflanzen in den Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Aussaatzeiten für die Erdklee-Untersaat in Hannover 1997.

Variante	Faktor	SS	DF	F	P
2 Wochen zuvor (Syrphiden)	Var	0,175	1	6,240	0,067
	Datum	1,287	5	15,061	0,000
	Var x Datum	0,262	5	2,365	0,077
	Error	0,342	20		
gleichzeitig (Syrphiden)	Var	0,059	1	3,397	0,139
	Datum	0,365	5	2,536	0,062
	Var x Datum	0,149	5	1,533	0,425
	Error	0,576	20		
2 Wochen nachher (Syrphiden)	Var	0,086	1	2,894	0,164
	Datum	0,247	4	3,159	0,043
	Var x Datum	0,112	4	1,438	0,267
	Error	0,312	16		
2 Wochen zuvor (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Var	0,005	1	0,218	0,665
	Datum	13,224	9	40,033	0,000
	Var x Datum	0,147	9	0,446	0,900
	Error	1,321	36		
gleichzeitig (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Var	0,058	1	0,423	0,551
	Datum	8,762	6	21,299	0,000
	Var x Datum	0,165	6	0,400	0,871
	Error	1,645	24		
2 Wochen nachher (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Var	0,138	1	2,867	0,166
	Datum	5,823	4	19,745	0,000
	Var x Datum	0,243	4	0,825	0,528
	Error	1,180	16		

6.4 Diskussion

6.4.1 Kohlblattlausschlupfwespe *Diaretiella rapae*

Auf den Kohlpflanzen in den Untersaaten traten an beiden Standorten weniger Imagines von *D. rapae* auf als in der Kontrollvariante. Diese signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten blieben auch nach Einbeziehung der Pflanzengröße bestehen. Die prozentualen Anteile parasitierter Aphiden an der Gesamtpopulation von *B. brassicae* waren in den Untersaatvarianten ebenfalls signifikant niedriger als in der Kontrolle. Die Unterschiede zur Kontrolle waren in beiden flächigen Untersaaten in Hannover stärker ausgeprägt als bei den Reihenuntersaaten in Hötzum. Bei Berücksichtigung der Pflanzengröße als Kovariate bestanden keine signifikanten Unterschiede in den Anteilen parasitierter *B. brassicae*. Einzige Ausnahme war die Variante mit flächiger Erdklee-Untersaat, in der der Befall gegenüber der Kontrolle signifikant erniedrigt war. Es ließen sich also nur fehlende oder negative Auswirkungen der Untersaatvarianten auf *D. rapae* nachweisen. Somit ist auszuschließen, daß dieser Gegenspieler für die verminderten *B. brassicae*-Populationen in Untersaatkulturen verantwortlich ist. Als Ursache geringeren Auftretens von *D. rapae* in den Untersaatkulturen sind die verminderten Dichten von *B. brassicae* in diesen Varianten anzunehmen (vgl. Kapitel 1, Kapitel 2). In anderen Untersuchungen wurden in Mischkulturen sowohl keine Unterschiede zur Kohltreinkultur als auch verringerte Parasitierung festgestellt (SMITH 1976b, KLOEN & ALTIERI 1990, VIDAL & BOHLSSEN 1994, COSTELLO & ALTIERI 1995, VIDAL 1997). SMITH (1976b) nahm für die Parasitierung eine Abhängigkeit von der Aphidendichte an. Bei den in Hannover und Hötzum durchgeführten Versuchen wurde die dichteabhängige Reaktion des Parasitoiden auf die Wirtsaphiden durch die Untersaaten nicht verändert. Die Steigungen der Regressionsgeraden in Untersaaten und Kontrolle waren nicht unterschiedlich. Die einzige Ausnahme war die Erdbeerkleevariante in Hannover mit geringerer Steigung als in der Kontrolle. COSTELLO & ALTIERI (1995) schlossen eine Dichteabhängigkeit in der Parasitierung nicht aus, vermuteten aber als Hauptursache für geringere Parasitierung in der Untersaatkultur eine Beeinflussung des Suchverhaltens des Parasitoiden durch die Untersaat. Aus den Ergebnissen von den Standorten Hannover und Hötzum läßt sich auch ein Zusammenspiel beider Faktoren nicht ausschließen. Die Biologie der Art liefert Hinweise auf die Ursachen für negative Auswirkungen der Untersaat auf *D. rapae*. *B. brassicae* ist der Hauptwirt von *D. rapae*. Daneben können

auch weitere Blattlausarten parasitiert werden (*Myzus persicae*, *Hayhurstia atriplicis*, *Brachycaudus spec.*, *Sitobion spec.*, *Rhopalosiphum padi*) (NEMEC & STARY 1984), die an den Kleeuntersaaten verbreitete *Acyrtosiphon pisum* wird allerdings nicht als Wirt genannt. In der Feindhypothese ging ROOT (1973) von einem erhöhten Beuteangebot für Gegenspieler aufgrund von alternativer Beute an den anderen Pflanzenarten in der Mischkultur aus. Er nahm an, daß dies zu höheren Gegenspielerdichten führte und durch die gegenüber Reinkulturen erhöhten Gegenspielerdichten die Schadinsektenpopulationen in Mischkulturen auf niedrigeren Dichten gehalten werden. Wenn *A. pisum* aber für *D. rapae* als Wirt keine oder nur sehr geringe Bedeutung hatte, entfiel die Möglichkeit zum Aufbau einer verglichen mit der Kontrolle erhöhten Populationsdichte. Die Feindhypothese konnte daher für *Diaraetiella rapae* in dem System Weißkohl-Kleeuntersaaten nicht bestätigt werden.

Als Parasitoid eines auf Brassicaceen spezialisierten Herbivoren nutzt *D. rapae* zur Lokalisierung des Wirtshabitats den Brassicaceen-Inhaltsstoff Allylisothiocyanat, entsprechend verschiedenen Herbivoren an Brassicaceen (READ et al. 1970). Kohlblätter ohne Blattläuse können daher attraktiv auf *D. rapae* wirken (READ et al. 1970) oder aber keinen Effekt haben (REED et al. 1995), was vermutlich mit unterschiedlich starken Blattverletzungen und damit unterschiedlichem Freiwerden von Allylisothiocyanat zusammenhängt. Im Freiland führte die Ausbringung von Allylisothiocyanat-Emulsion auf Brokkoli zu einer Erhöhung der Parasitierungsrate und der Anzahl der *D. rapae*-Imagines auf den Pflanzen (TITAYAVAN & ALTIERI 1990). *D. rapae* zeigte im Olfaktometer Reaktionen auf ihren Hauptwirt *B. brassicae* nur bei kurz zuvor von der Pflanze entfernten *B. brassicae*, nicht jedoch bei 24 h vor Versuchsbeginn von der Pflanze entfernten Tieren (READ et al. 1970, REED et al. 1995). Daher ist davon auszugehen, daß den Aphiden anfangs noch Pflanzeninhaltsstoffe anhaften. Mit *B. brassicae* befallene Kohlblätter wirkten ebenfalls attraktiv (REED et al. 1995). Bei gemeinsamem Angebot von *Myzus persicae* auf Kohl und Zuckerrübe wurden die Tiere auf Kohl zur Oviposition signifikant bevorzugt (READ et al. 1970). *D. rapae* ist damit ähnlich wie spezialisierte Herbivoren auf eine bestimmte Pflanzengruppe fixiert, während das eigentliche Ziel, die Wirtsaphiden, visuell erkannt wird (READ et al. 1970). Geringere Anzahlen von Imagines und verringerte Parasitierung in Untersaaten könnten daher durch die Hypothese der „richtigen/falschen Landungen“ (Appropriate/ Inappropriate landings) (FINCH 1996) erklärt werden, die zur Erklärung der schwächeren Besiedlung von Mischkulturen durch spezialisierte

Herbivoren entwickelt wurde: Olfaktorische Stimuli weisen das fliegende Insekt auf Wirtspflanzen in der Umgebung hin. Alle grünen Pflanzen stellen visuelle Stimuli zur Landung dar (KOSTAL & FINCH 1994). In einer Reinkultur der Wirtspflanze erfolgen 100% der Landungen auf Wirtspflanzen. Bei einer Mischkultur wird ein Teil der Landungen auf Nichtwirten stattfinden. Herbivoren prüfen nach der Landung die Wirtseignung und fliegen bei Nichteignung weiter (FINCH 1996). Für *D. rapae* kann ein den Herbivoren vergleichbares Verhalten angenommen werden. Kürzeres Verweilen auf Pflanzen ohne Senfölglycoside, wie bei READ et al. (1970) durch geringere Parasitierung angedeutet, würde dann zu unterschiedlichen Parasitierungsraten in Untersaat- und Reinkulturen beitragen. Da der Parasitoid zur Identifizierung des Wirtshabitats auf die erst bei Verletzungen freiwerdenden Senfölglycoside angewiesen ist, könnte zudem der geringere Schadinsektenbefall in der Untersaat die Auffindung des Wirtshabitats zusätzlich erschweren. Eine erhöhte Parasitierungsrate in einer verunkrauteten Kohlkultur, wie von HORN (1988) an einem von sechs Boniturterminen beobachtet, könnte dagegen durch eine hohe Dichte geeigneter Wirtsaphiden am Unkraut bedingt sein. Ebenso könnte eine erhöhte Parasitierungsrate in einer verunkrauteten Kohlkultur auch auf das Auftreten von wilden Brassicaceen zurückzuführen sein. Diese können im Vergleich zum Kohl erhöhte Senfölglycosidgehalte aufweisen und Herbivoren stärker anziehen als der Kohl (ALTIERI & SCHMIDT 1986, ALTIERI & GLIESSMAN 1983). Diese Wirkung könnte auch gegenüber *D. rapae* bestehen, da im Freiland eine Allylisothiocyanat-Emulsion auf Brokkoli die Parasitierungsrate und die Anzahl der *D. rapae*-Imagines auf den Pflanzen erhöhte (TITAYAVAN & ALTIERI 1990). KLOEN & ALTIERI (1990) stellten allerdings bei Senfuntersaat (*Sinapis alba*, syn. *Brassica hirta*) in Brokkoli in der Parasitierung keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle fest. Der Parasitoid ist nach den vorliegenden Ergebnissen nicht für die Reduktionen des *B. brassicae*- Befalls in Untersaatkulturen verantwortlich. Die Feindhypothese (ROOT 1973) konnte für diesen spezialisierten Gegenspieler von *B. brassicae* nicht bestätigt werden.

6.4.2 Coccinelliden

Unter den Blattlausprädatoren am Kohl traten die Coccinelliden gegenüber den Syrphiden stark zurück. Das deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren (SMITH 1976, HORN 1981, HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992), die in Kohlkulturen gleichfalls ein Zurücktreten der Coccinelliden gegenüber den Syrphiden feststellten. Hohe

Anzahlen von Coccinelliden (*Coccinella septempunctata* und *Propylea quattuordecimpunctata*) wurden nur 1997 in einem Versuch beobachtet. Beide genannten Arten sind Bewohner der Krautschicht und zählen in Mitteleuropa auch in der Agrarlandschaft zu den häufigsten und verbreitetsten aphidophagen Arten (KLAUSNITZER & KLAUSNITZER 1997, HODEK & HONEK 1996). In Mischkulturen von Salat mit Ackerbohnenstreifen zählten die obengenannten nach *Adalia bipunctata* ebenfalls zu den 3 häufigsten Arten und hatten Einfluß auf die Aphidenpopulationen am Salat (NUNNENMACHER 1998). Auch nach HOLZ (1994) beziehungsweise HEMPTINNE et al. (1994) war das Auftreten der Coccinelliden in Winterweizen beziehungsweise Bohnen gut mit der Populationsentwicklung ihrer Beute korreliert. Im Gegensatz dazu wichen ihre zeitliche und räumliche Verteilung auf den Kohlpflanzen in den hier vorgestellten Versuchen erheblich von der Verteilung der Kohlblattlaus *B. brassicae* ab. *C. septempunctata* und *P. quattuordecimpunctata* waren daher in den hier untersuchten Kohlkulturen nicht als bedeutende Blattlausprädatoren einzustufen.

Das zeitliche Auftreten und die Verteilung über die Varianten ließ sich zu den mikroklimatischen Ansprüchen der Arten in Beziehung setzen. Nach HODEK & HONEK (1996) bevorzugt *C. septempunctata* lockere Pflanzenbestände mit freien Bodenflächen und warmen Mikroklima. Diese Ansprüche erklären sowohl das frühe Auftreten bei noch geringer Untersaatdichte als auch die angedeutete Tendenz zur Bevorzugung der Kontrolle. *P. quattuordecimpunctata* toleriert dagegen kühlere Bedingungen und tritt daher gleichermaßen auch in dichteren Pflanzenbeständen auf (HODEK & HONEK 1996). Damit ergab sich eine Erklärung für die Bevorzugung der Untersaatvarianten durch *P. quattuordecimpunctata*. Die hohen Populationsdichten von *P. quattuordecimpunctata* an Kohl und Klee in den Untersaatvarianten lagen außerdem zeitgleich mit hohen Populationsdichten der Erbsenblattlaus *Acyrtosiphon pisum* am Klee (vgl. Kapitel 3). Damit wurde auch die Feindhypothese (ROOT 1973) gestützt, daß das erhöhte Beuteangebot aufgrund von alternativer Beute an der Kleeuntersaat zu höheren Gegenspielerdichten führte als in der Reinkultur. Die Auswirkungen dieser erhöhten Dichte von *P. quattuordecimpunctata* auf die Population von *B. brassicae* blieben dennoch unklar. Es ließ sich keine klare Beziehung zwischen der Aphidendichte und der Anzahl Entwicklungsstadien von *P. quattuordecimpunctata* feststellen. Möglicherweise hängt das mit der Methodik der Erfassung in der Untersaat zusammen, die kleinflächig verteilt erfolgte. Die Untersuchungen von NES et al. (1993) an *C. septempunctata* zeigten jedoch, daß auf verschiedenen Erfassungsebenen

unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden können. Sie fanden bei Betrachtung einzelner *C. septempunctata*, daß die Blattlausdichte nur 4-10% der Varianz der Verweildauer erklärte; die Untersuchung auf großräumigerem Niveau (25m²) ergab mit 50-90% erklärter Varianz eine hohe Abhängigkeit der Verweildauer von der Blattlausdichte. Unabhängig vom Aphidenvorkommen kann aber auch die Struktur der Untersaat an sich zu einer Akkumulation von Coccinelliden in diesen Flächen beitragen. Entsprechende Auswirkungen einer Untersaat wies Nunnenmacher (1998) in Freisetzungsexperimenten mit Coccinellidenlarven (*C.septempunctata*) im Salat nach. Dort reduzierten eingesäte, blattlausfreie Senfkeimlinge die Diffusionskoeffizienten der Larven und führten damit zu einer Akkumulation von Larven in den Untersaatparzellen. Die gegenüber den untersaatsfreien Parzellen verringerte Ausbreitungstendenz beruhte wahrscheinlich auf dem Absuchen der zusätzlichen Pflanzenstruktur der Senfkeimlinge. Dieser Mechanismus kann auch in den Untersaatvarianten neben der Aphidenpopulation am Klee zur Erhöhung der Dichte von *P. quattuordecimpunctata* beigetragen haben.

Coccinellidenlarven laufen im Gegensatz zu Syrphidenlarven auch weite Strecken über unbewachsenen Boden (KLAUSNITZER & KLAUSNITZER 1997, NUNNENMACHER 1998). Das frühe und ungleichmäßig über die Wiederholungen verteilte Auftreten von *C. septempunctata* in Hannover 1997, das zudem keinen Bezug zu den Aphidenvorkommen an Kohl und Untersaat aufwies, könnte auch durch Zuwanderung aus angrenzenden Flächen (Gurkenkultur, Unkrautstreifen, Heckenstrukturen) bedingt worden sein.

Die Unterschiede in der räumlichen Verteilung von Coccinelliden und Aphiden auf den einzelnen Kohlblättern beruhten wahrscheinlich auf der Wachsbeschichtung der Kohlblätter. Auf Kopfkohl mit glänzenden Blättern, zurückzuführen auf veränderte Wachsbeschichtung, reduzierten Prädatoren (Coccinelliden, Anthocoriden, Chrysopiden) die Überlebenswahrscheinlichkeit der Kohlmotte *Plutella xylostella* signifikant, verglichen mit normal bewachsenen Kohlpflanzen (EIGENBRODE et al. 1995). Ursache dafür ist eine bessere Haftung der Tarsen der Prädatoren an den veränderten Blattwachsen, während die kristallinen Wachsstrukturen an den normal bewachsenen Blättern die Adhäsion senken. Bei Versuchen mit abgeschnittenen horizontalen Blättern reduzierte der Coccinellide *Hippodamia convergens* jedoch die Überlebenswahrscheinlichkeit von *P. xylostella* auf glänzenden und normal bewachsenen Kohlblättern in gleichem Maß. Die Auswirkungen unterschiedlicher

Adhäsion machen sich also nur bei intakten Pflanzen bemerkbar, da dort die Blätter in verschiedenen Winkeln stehen. Daraus erklärt sich auch in Hannover der geringe Anteil von Gelegen, Larven und Imagines auf den Blattflächen der Kohlblätter. Blattadern und Blattränder können dagegen zumindest teilweise umklammert werden. Sie geben den Tieren somit besseren Halt, ermöglichen aber nur die Erschließung eines geringen Teils der Blattfläche. HOMMES (1983) beobachtete Entsprechendes an *Coccinella septempunctata* auf Rosenkohl. Nach GREVSTAD & KLEPETKA (1992) waren Coccinelliden nicht in der Lage, mittig auf der Unterseite eines Kohlrabiblatts liegende Aphidenkolonien zu erreichen. Coccinelliden sind demnach in Kohlkulturen nicht als bedeutende Blattlausprädatoren zu betrachten. Ihre zeitliche und räumliche Verteilung dürfte nur selten zu Begegnungen mit *B. brassicae*-Kolonien führen, weshalb sie nicht die Ursache geringerer *B. brassicae*-Dichten in Kohlundersaatkulturen darstellen können. Die Gültigkeit der Feindhypothese (ROOT 1973) konnte nach den hier erzielten Ergebnissen für die Coccinelliden nicht bestätigt werden, weil der Kohl aufgrund pflanzenspezifischer Eigenschaften von diesen Prädatoren nicht vollständig abgesucht werden konnte. Ihr Einfluß auf die Populationsdynamik von *B. brassicae* kann daher nur gering gewesen sein. Da Untersaaten ebenso wie andere Mischkultursysteme (vgl. NUNNENMACHER 1998) aber durchaus Auswirkungen auf die Verteilung von Coccinelliden im Feld hatten und eine Bereitstellung zusätzlicher Nahrungsressourcen für aphidophage Coccinelliden ermöglichten, sollten Mischkultursysteme mit anderen Gemüsearten weiter untersucht werden. In Mischkulturen mit anderen Pflanzenarten könnte die Feindhypothese durchaus bestätigt werden.

6.4.3 Syrphiden

Die Syrphiden waren in allen Versuchen die dominierende Prädatorengruppe an den Kohlpflanzen, was den Ergebnissen anderer Untersuchungen in Kohlkulturen entspricht (SMITH 1976, HORN 1981, HOMMES 1983, FORSTER et al. 1992). Dabei war das Artenspektrum auf Kohl und Klee in allen Varianten sowohl 1996 als auch 1997 durch die Dominanz von *Episyrphus balteatus* geprägt, was von anderen Untersuchungen in Kohlkulturen bestätigt wird (POLLARD 1971, SMITH 1976, VIDAL & BOHLSSEN 1994, VIDAL 1997) und auch den Verhältnissen im Getreide entspricht (TENHUMBERG 1993, SALVETER 1996, KRAUSE 1997).

Nach SMITH (1976) und CHANDLER (1966, 1968a) zeigten verschiedene aphidophage Arten unterschiedliche Präferenzen bei der Eiablage. *Platycheirus spec.* und

Melanostoma spec. waren primär wirtspflanzenorientiert. Sie legten viele Eier auf aphidenfreie Pflanzen, also ohne Beziehung der Oviposition zur Aphidendichte. *Melanostoma spec.* bevorzugten zur Oviposition verunkrautete Kohlkulturen vor Kohltreinkulturen, *Platycheirus spec* dagegen Kohl auf freiem Boden. Nach BUDENBERG & POWELL (1992) löste Honigtau bei *Platycheirus albimanus* nicht die Eiablage aus. *Episyrphus balteatus* dagegen war primär aphidenorientiert und reagierte bei der Eiablage positiv dichteabhängig auf Aphiden und Honigtau (SMITH 1976b, CHANDLER 1966, CHANDLER 1968a, CHANDLER 1968b, BUDENBERG & POWELL 1992, HEMPTINNE et al. 1994, BARGEN 1998). Das Eiablageverhalten wurde bei dieser Art auch vom Alter der Tiere und von der Wirtspflanze beeinflusst. Junge *E. balteatus*-Weibchen benötigten Aphiden als Eiablagestimulus, aber ältere Weibchen legten vermehrt Eier auf aphidenfreien Pflanzen ab (CHANDLER 1966). Im Freiland wurden Kohlpflanzen den Unkräutern zur Eiablage vorgezogen und bei niedrigen Aphidenpopulationen wurde Kohl in einer verunkrauteten Kultur gegenüber Kohl auf freiem Boden vorgezogen (SMITH 1976). Bei Auswahl zwischen verschiedenen Aphidenarten bevorzugten *E. balteatus*-Weibchen zur Oviposition die Erbsenblattlaus *Acyrtosiphon pisum* signifikant vor den übrigen 7 Arten (SADEGHI & GILBERT 2000); *Brevicoryne brassicae* war allerdings nicht unter den getesteten Aphidenarten. Diese großen Unterschiede beim Eiablageverhalten könnten je nach Syrphidenvorkommen und Aphidenverfügbarkeit an verschiedenen Standorten zu sehr stark voneinander abweichenden Ergebnissen führen. Während der Feldbonituren in Hannover und Hötzum konnten nur die älteren Larven und die Puppen bis zur Art determiniert werden, Eier und jüngere Larven dagegen nicht. Aufgrund der Dominanz von *E. balteatus* bei den älteren Entwicklungsstadien wird aber angenommen, daß auch der Großteil der Eier und Junglarven von dieser Art stammte.

6.4.3.1 Auswirkungen unterschiedlicher Kleeuntersaaten auf das Auftreten von Syrphiden

In Hannover und Hötzum erreichten die präimaginalen Syrphidenentwicklungsstadien im Jahr 1996 auf Weißkohl in den Untersaaten mit der Kohltreinkultur vergleichbare oder höhere Dichten, obwohl die *B. brassicae*-Dichte auf dem Kohl in den Untersaaten signifikant geringer war. Die *Acyrtosiphon pisum*-Population am Klee als zeitgleich auftretendes alternatives Nahrungsangebot in den Untersaatvarianten erklärte das zeitlich weitgehend übereinstimmende Auftreten der Syrphidenentwicklungsstadien in

Untersaatvarianten und Kohlreinkultur und die Dominanz einer bei der Eiablage aphidenorientierten Art (*E. balteatus*) im Artenspektrum auch in den Untersaaten.

Mit einer Ausnahme bestanden 1996 an beiden Standorten in allen Varianten positiv dichteabhängige Beziehungen zwischen Syrphiden- und Aphidenanzahl auf den Pflanzen. Die in Hannover in beiden flächigen Kleeuntersaaten gegenüber der Kohlreinkultur signifikant steilere Steigung der Regressionsgerade zeigt ein engeres Räuber-Beute Verhältnis auf dem Kohl in diesen Varianten an. Damit wird für *B. brassicae* auf Kohl in flächiger Untersaat ein gegenüber der Kohlreinkultur erhöhtes Prädationsrisiko wahrscheinlich. Hier könnte sich die von ROOT (1973) formulierte Feindhypothese bestätigen. Er nahm an, daß in diverseren Ökosystemen wie Mischkulturen aufgrund des Auftretens alternativer Nahrung, in diesem Fall *A. pisum* am Klee, die Dichten natürlicher Gegenspieler erhöht sind. Diese erhöhten Gegenspielerdichten sollten die Schadinsektenpopulationen, hier *B. brassicae*, stärker vermindern als in Reinkulturen mit nur einer Pflanzenart.

In Hötzum war 1996 bei Reihenuntersaat nur für die Kohlreinkultur und die Erdbeerkleevariante eine positiv dichteabhängige Beziehung zwischen Syrphiden und *B. brassicae* feststellbar, wobei die Steigungen der Regressionsgeraden nicht signifikant unterschiedlich waren. Auf dem Kohl in der Erdkleeuntersaat dagegen war die Syrphidenanzahl von der Aphidenanzahl vollständig entkoppelt. Dazu war die Dichte von Syrphidenentwicklungsstadien in der Erdkleevariante ab dem 7.8. gegenüber Kohlreinkultur und Erdbeerkleevariante signifikant erhöht. Die hohe Syrphidendichte in der Erdkleevariante kann die signifikante Abnahme der *B. brassicae*-Population in der Erdkleevariante gegenüber der der Erdbeerkleevariante zum 7.8. erklären (vgl. Kapitel 1, Abb , Tab. 7). An den vorangegangenen Boniturterminen bestanden weder für *B. brassicae* noch für die Syrphiden signifikante Unterschiede zwischen den Untersaatvarianten. Das deutet darauf hin, daß die Erhöhung der Syrphidenanzahl den Zusammenbruch der *B. brassicae*-Population in der Erdkleevariante beschleunigte. Dieses Ergebnis stützt ebenfalls die Feindhypothese (ROOT 1973) als einen Mechanismus, der zu verringertem Schadinsektenbefall in der Untersaatkultur führen kann. Damit liegt in den Untersaatkulturen ein Fall von apparenter Konkurrenz vor (HOLT 1977). Bei apparenter Konkurrenz beeinflussen sich zwei Arten nicht über die gemeinsame Nutzung einer Ressource, sondern über einen von beiden Arten (in diesem Fall *Acyrtosiphon pisum* und *Brevicoryne brassicae*) geteilten Prädator (*Episyrphus balteatus*). Dabei ist

vorauszusetzen, daß die Syrphidenlarven tatsächlich so mobil sind, daß sie zwischen Kohl und Klee wechseln. MÜLLER & GODFRAY (1997) wiesen in einem ähnlichen System apparente Konkurrenz für die Aphiden *Microlophium carnosum* auf *Urtica urens* und *Rhopalosiphum padi* auf Gras nach. Der gemeinsame Prädator war *Coccinella septempunctata*. Bei Erhöhung der *R. padi*-Population durch Düngung des Grases erhöhte sich auch die Prädatordichte. Als Folge davon verstärkte sich der Prädationsdruck auf *M. carnosum* auf den Nesseln, und die Populationsdichte dieser Art sank. Der wichtigste Effekt dabei war ein Absinken der Aphidendichte vor dem üblichen Populationszusammenbruch im Sommer. Das deckt sich mit den Beobachtungen an *B. brassicae* in Hötzum 1996, wo in den Untersaatvarianten begann die Populationsdichte der Blattlaus früher abzusinken als in der Kohltreinkultur (vgl. Kapitel 1, Abb.).

Warum traten aber in Hötzum bei Reihenuntersaat Unterschiede im Syrphidenbesatz zwischen den beiden Kleearten auf, während in Hannover beide Untersaaten bei flächiger Ausbringung die gleiche Wirkung hatten? Eine mögliche Ursache für diese Unterschiede zwischen den beiden Untersaatvarianten liegt in der in Hötzum signifikant höheren Flächendeckung des Erdklee gegenüber dem Erdbeerklee über fast den gesamten Versuchszeitraum (vgl. Kapitel 1). Zwar war die Syrphidendichte / m² in der Erdkleeuntersaat nicht signifikant erhöht, aber aufgrund der höheren Flächendeckung des Erdklee muß die Syrphidenanzahl in dieser Variante höher gewesen sein als in der Erdbeerkleevariante. Auch eine durch die höhere Flächendeckung des Erdklee bedingte größere Anzahl von Pflanzenkontakten zwischen Kohl und Klee in der Erdkleevariante, könnte dazu beigetragen haben, daß in der Erdkleevariante mehr Syrphidenlarven auf den Kohl überwanderten als in der Erdbeerkleevariante.

Höhere Prädation durch Syrphiden kann aber nicht der primäre Grund für die geringere Aphidendichte an Kohl in der Untersaat sein, da in der Populationsentwicklung von *B. brassicae* an beiden Standorten signifikante Unterschiede zur Kontrolle schon bestanden (vgl. Kapitel 1), wenn in der Syrphidendichte noch keine Unterschiede vorhanden waren. Außer den in der Feindhypothese genannten Mechanismen wirken demnach mit Sicherheit auch andere Faktoren.

6.4.3.2 Reaktionen der Syrphiden bei unterschiedlichen Aussaatzeitpunkten der Untersaat

1997 waren in Hannover die Populationsdichten von *Acyrtosiphon pisum* am Klee hoch, die Populationsdichten von *Brevicoryne brassicae* am Kohl dagegen niedrig. In Hötzum war das Gegenteil der Fall. Das Auftreten der präimaginalen Syrphidenentwicklungsstadien war auf die Versuchsvarianten bezogen aphidenorientiert. Auf die Pflanzenarten bezogen war das jedoch nur in Hötzum der Fall, wo signifikante Unterschiede zwischen Syrphidenentwicklungsstadien an Kohl und Klee bestanden. In Hannover dagegen waren trotz höherer Aphidendichten an Kohl und Klee die Unterschiede zwischen Syrphidenentwicklungsstadien an Kohl und Klee nicht signifikant. Die Ursache für diesen Unterschied ist unklar. Das geringere Wachstum des Klees in Hötzum könnte dazu geführt haben, daß das Überwandern von Syrphiden vom Kohl auf den Klee stärker eingeschränkt war als in Hannover und daher in Hötzum Unterschiede im Auftreten der Syrphidenentwicklungsstadien auf den Pflanzenarten eher erhalten blieben. Weitere potentielle Ursachen für Unterschiede ergeben sich daraus, daß neben den Aphiden auch die Pflanzenarten (SMITH 1976b), das Alter der Weibchen (CHANDLER 1966) und individuelle Variationen in der Präferenz verschiedener Aphidenarten (SADEGHI & GILBERT 1999) Einfluß auf die Eiablage von *E. balteatus* und somit auch auf die Verteilung der Entwicklungsstadien haben. Nach SMITH (1976) zogen *E. balteatus*-Weibchen Kohlpflanzen den Unkräutern zur Eiablage vor.

6.4.3.3 Versuche zu Eiablage der Syrphiden und Verteilung der Larven bei unterschiedlichem Aphidenaufreten in Kohl und Untersaat

Die Ergebnisse der Freilandversuche mit experimentell angesiedelten *B. brassicae*-Kolonien waren unterschiedlich. Das Schicksal der *B. brassicae*-Kolonien auf Kohlpflanzen in Erdkleeuntersaat und Reinkultur unterschied sich bei der ersten Durchführung von Ende Juli bis Anfang August signifikant. Die signifikant schnellere Populationsabnahme in der Untersaatvariante bei der Tendenz höhere Anzahl Syrphidenlarven in dieser Variante weist auf eine in diesem Zeitraum erhöhte Prädation in der Variante mit Erdklee-Untersaat hin. Bei der folgenden Durchführung Ende August nahm die *B. brassicae*-Anzahl in beiden Varianten gleichermaßen ab, was darauf hindeutet, daß die Prädation durch Syrphidenlarven in diesem Fall in den Varianten

nicht unterschiedlich war. Entsprechend war die Anzahl Syrphidenlarven in diesem Zeitraum in beiden Varianten gering und nicht signifikant unterschiedlich. Daran wurde deutlich, daß der Prädationsdruck auf *B. brassicae* an den Kohlpflanzen in der Untersaatkultur nur zeitweise erhöht war. Somit bestätigte sich die Feindhypothese (ROOT 1973) für den Zeitraum hoher Syrphidendichte.

Die Gewächshausversuche zur Eiablage in Untersaatvariante und Kohlreinkultur bei unterschiedlicher Aphidendichte in der Untersaat (Abb. 21) bestätigten, daß die Aphidenanzahl in den Untersaaten die Gesamtzahl abgelegter Eier beeinflusste. Bei den Versuchen mit gleichen Aphidenanzahlen in Untersaatvariante und Kontrolle waren die Unterschiede in der Gesamtzahl abgelegter Eier nicht signifikant, unabhängig davon, ob in der Untersaatvariante nur *B. brassicae* am Kohl oder sowohl *B. brassicae* am Kohl als auch *A. pisum* am Klee angeboten wurde. Bei der höheren Anzahl *A. pisum* in der Untersaatvariante war jedoch auch die Anzahl dort abgelegter Eier gegenüber der Kohlreinkultur signifikant erhöht. Die Annahme einer aphidenorientierten, positiv dichteabhängigen Eiablage von *Episyrphus balteatus* (SMITH 1976b, CHANDLER 1968a, CHANDLER 1968b, BARGEN 1998) wurde damit auch für die Untersaatkultur nachgewiesen. *Episyrphus balteatus* präferierte *Acyrtosiphon pisum* gegenüber anderen Aphidenarten (SADEGHI & GILBERT 2000). Falls *A. pisum* auch gegenüber *Brevicoryne brassicae* präferiert wird, bestand möglicherweise auch ein Einfluß der Aphidenarten auf die Verteilung der Eier. Auch dieses Ergebnis stützt die Feindhypothese, da nach dieser die Gegenspielerpopulation in der Mischkultur aufgrund des höheren Beuteangebots erhöht sein sollte (ROOT 1973). Nach SMITH (1976) zog *E. balteatus* zur Oviposition Kohl in einer verunkrauteten Kultur gegenüber Kohl auf freiem Boden vor. Daher erschien als Erklärung für höhere Syrphidendichten am Kohl in den Untersaaten auch eine Bevorzugung von dichter bewachsenen Flächen zur Eiablage möglich. Eine bevorzugte Eiablage in der Untersaatvariante wurde in den hier beschriebenen Versuchen aber nicht beobachtet. Stärker bewachsene Flächen wurden demnach nicht generell bevorzugt.

In den Freilandversuchen reagierten die Syrphiden auf künstlich erhöhte Aphidendichten. Zu den auf den 9.7. folgenden Boniturterminen war sowohl am Kohl als auch am Klee eine Erhöhung der Dichte der Syrphidenentwicklungsstadien in den so behandelten Wiederholungen aller Varianten festzustellen. Obwohl signifikante Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Wiederholungen nur am Kohl

in den Varianten mit 2 Wochen vor Pflanzung des Kohls und zur Pflanzung des Kohls gesättem Erdklee auftraten, bestätigt sich damit der Einfluß der Aphidendichte auf das Auftreten von Syrphidenentwicklungsstadien in der Untersaatkultur. Die Reaktion der Syrphiden erfolgte schnell: Sowohl in der 24 Stunden später erfolgten Bonitur des Kohls als auch in der 48 Stunden später erfolgten Bonitur der Kleeuntersaat waren die Anzahlen von präimaginalen Syrphiden-Entwicklungsstadien in den Wiederholungen, in denen aphidenbesetztes Getreide ausgebracht worden war, erhöht. Die Erhöhung des Beuteangebots in den Varianten hatte also einen signifikanten Einfluß auf die Syrphiden. Anschließend, auch an den folgenden Boniturterminen, konnte weder ein signifikanter Einfluß der erhöhten Gegenspielerdichte auf die Aphidenpopulationen an Kohl noch auf die Aphidenpopulationen am Klee festgestellt werden. Dieser Feldversuch bestätigte nur, daß die Syrphiden als Gegenspieler auf ein erhöhtes Beuteangebot mit steigender Populationsdichte reagieren.

Dennoch müssen die Syrphiden bei Betrachtung aller hier erzielten Versuchsergebnisse als eine Gruppe betrachtet werden, die durchaus Einfluß auf die Populationsentwicklung der Blattläuse am Kohl haben und den Zusammenbruch der Population beschleunigen können. Der in der Feindhypothese (ROOT 1973) beschriebene Mechanismus, daß ein alternatives Nahrungsangebot in der Untersaat zu einer erhöhten Gegenspielerdichte führt, wurde bestätigt. Daß diese höhere Gegenspielerdichte die Aphidenpopulation stärker vermindern kann als in einer Reinkultur, konnte ebenfalls bestätigt werden. Damit liegt in diesen Untersaaten gleichzeitig apparente Konkurrenz vor (HOLT 1977), da sich hier zwei Arten (*Acyrtosiphon pisum* und *Brevicoryne brassicae*) bei Nutzung unterschiedlicher Ressourcen (Klee und Kohl) über einen von beiden Arten geteilten Prädator (*Episyrphus balteatus*) gegenseitig beeinflussen.

Die in der Feindhypothese postulierten Mechanismen können jedoch nicht allein für die beobachteten Reduktionen des Befalls durch *B. brassicae* in Untersaaten verantwortlich sein. Es muß weitere Mechanismen geben, deren Wirkung früher einsetzt und die wahrscheinlich stärkeren Einfluß auf die Populationsentwicklung von *B. brassicae* haben.

6.5 Literatur

- ALTIERI, M.A. & GLIESSMAN, S.R. (1983): Effects of plant diversity on the density and herbivory of the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* Goeze, in California collard cropping systems. *Crop Protection* 2 (4), 497-501.
- ALTIERI, M.A. & LETOURNEAU, D.K. (1982): Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- ALTIERI, M.A. & SCHMIDT, L.L. (1986): Population trends of flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) in collard-wild mustard mixtures. *Crop Protection* 5, 170-175.
- ANDOW, D.A. (1991): Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review on Entomology* 36, 561-586.
- ANDOW, D.A., NICHOLSON, A.G., WIEN, H.C., WILLSON, H.R. (1986): Insect populations on cabbage grown with living mulches. *Environmental Entomology* 15, 293-299.
- BARGEN, H. (1998): Mechanismen der Beutefindung bei *Episyrphus balteatus* Deg. (Diptera: Syrphidae). Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger-Verlag
- BUDENBERG, W.J. & POWELL, W. (1992): The role of honeydew as an ovipositional stimulant for two species of syrphids. *Entomologia experimentalis et applicata* 64, 57-61.
- CHANDLER, A.E.F. (1966): Some aspects in host-plant selection of aphidophagous Syrphidae. 113-115. In: *Ecology of Aphidophagous Insects*. Proceedings of Symposium in Liblice near Prague, 1965. Prag, Academia.
- CHANDLER, A.E.F. (1968a): Some host-plant factors affecting oviposition by aphidophagous Syrphidae (Diptera). *Annals of Applied Biology* 61, 412-423.
- CHANDLER, A.E.F. (1968b): The relationship between aphid infestations and oviposition by aphidophagous Syrphidae (Diptera). *Annals of Applied Biology* 61, 425-434.
- COSTELLO, M.J. & ALTIERI, M.A. (1995): Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, ecosystems and environment* 52, 187-106.

- DEBACH, P. & ROSEN, D. (1991): Biological control by natural enemies. Cambridge: Cambridge University Press.
- EIGENBRODE, S.D., MOODIE, S. & CASTAGNOLA, T. (1995): Predators mediate host plant resistance to a phytophagous pest in cabbage with glossy leaf wax. *Entomologica Experimentalis et Applicata* 77, 335-342.
- FINCH, S. & EDMONDS, G.H. (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 159-167.
- FORSTER, R., HILDENHAGEN, R., HOMMES, M., SCHORN-KASTEN, K. (1992): Integrierter Pflanzenschutz im Gemüsebau: Praktizierung von Bekämpfungsschwellen für Kohlschädlinge. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH.
- GARCIA, M.A. & ALTIERI, M.A. (1992): Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behaviour. *Entomologia experimentalis et applicata* 62, 201-209.
- GREVSTAD, F.S. & KLEPETKA, B.W. (1992): The influence of plant architecture on the foraging efficiencies of a suite of ladybird beetles feeding on the aphids. *Oecologia* 92, 399-404.
- HARTFIELD, C.M., NETHERCLEFT, M. & FINCH, S. (1999): The effect of undersowing brassica crops with clover on host finding by *Trybliographa rapae* and *Aleochara bilineata*, two parasitoids of the cabbage root fly, *Delia radicum*. *IOBC / WPRS Bulletin* 22 (5), 117-124.
- HEMPTIENNE, J.L., DOUCET, J.L. & GASPARD, C. (1994): How do ladybirds and syrphids respond to aphids in the field? *IOBC / WPRS Bulletin* 17 (4), 101-111.
- HODEK, I. & HONEK, A. (1996): Ecology of Coccinellidae. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, S. 106.
- HOLT, R.D. (1977): Predation, apparent competition and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology* 12, 197-229.
- HOLZ, F. (1994): On the occurrence of stenophagous predators of aphids in winter wheat fields nearby Halle (Saxony-Anhalt). *IOBC / WPRS Bulletin* 17 (4), 127-136.

- HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 213.
- HORN, D.J. (1981): Effect of weedy backgrounds on colonization of collards by green peach aphid, *Myzus persicae*, and its major predators. Environmental Entomology 10, 285-289.
- HORN, D.J. (1988): Parasitism of cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on collards in relation to weed management. Environmental Entomology 17(2), 354-358.
- MES, A.R., KAREIVA, P. & PERRY, R. (1993): Response of a predator to variation in prey density at three hierarchical scales: lady beetles feeding on aphids. Ecology 74, 1929-1938.
- KLAUSNITZER, B. & KLAUSNITZER, H. (1997): Marienkäfer. Die Neue Brehm-Bücherei 451. Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- KLOEN, H. & ALTIERI, M.A. (1990): Effect of mustard (*Brassica hirta*) as a non-crop plant on competition and insect pests in broccoli (*Brassica oleracea*). Crop Protection 9, 90-96.
- KRAUSE, U. (1997): Populationsdynamik und Überwinterung von Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) in zwei unterschiedlich strukturierten Agrarlandschaften Norddeutschlands. Agrarökologie 22, 1-150.
- LATHEEF, M.A., ORTIZ, J.H., SHEIK, A.Q. (1984): Influence of intercropping on *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae) Populations on collard plants. Journal of Economic Entomology 77, 1180-1184.
- LEHMUS, J., VIDAL, S., HOMMES, M. (1996): Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. IOBC / WPRS Bulletin 19(11), 115-121.
- LETOURNEAU, D.K., & ALTIERI, M.A. (1983): Abundance patterns of a predator, *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae), and its prey, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Habitat attraction in polycultures versus monocultures. Environmental Entomology 12, 1464-1469.
- MARCOVITCH, S. (1935): Experimental evidence on the value of strip farming as a

- method for the natural control of injurious insects with special evidence to plant lice. *Journal of Economical Entomology* 28, 62-70.
- MÜLLER, C.B. & GODFRAY, H.C.J. (1997): Apparent competition between two aphid species. *Journal of Animal Ecology* 66, 57-64.
- NEMEC, V. & STARY, P. (1984): Population diversity of *Diaeretiella rapae* (M'Int.) (Hym., Aphidiidae), an aphid parasitoid in agroecosystems. *Journal of Applied Entomology* 97, 223-233.
- NUNNENMACHER, L. (1998): Blattläuse auf Kopfsalat und deren Kontrolle durch gezielte Beeinflussung der Lebensgrundlagen ihrer Prädatoren. *Bayreuther Forum Ökologie* 61, 148 S..
- POLLARD, E. (1971): Hedges VI. Habitat diversity and crop pests: A study of *Brevicoryne brassicae* and its syrphid predators. *Journal of Applied Ecology* 8, 751-780.
- READ, D.P., FEENY, P.P. & ROOT, R.B. (1970): Habitat selection by the aphid parasite *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite *Charips brassicae* (Hymenoptera: Cynipidae). *The Canadian Entomologist* 102, 1567-1578.
- REED, H.C., TAN, S.H., HAAPANEN, K., KILLMON, M., REED, D.K. & ELLIOTT, N.C. (1995): Olfactory responses of the parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) to odor of plants, aphids, and plant-aphid complexes. *Journal of Chemical Ecology*, 21 (4), 407-418.
- ROOT, R.B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monograph* 43, 95-124.
- RUSSELL, E.P. (1989): Enemies hypothesis: A review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environmental Entomology* 18 (4), 590-599.
- SADEGHI, H. & GILBERT, F. (1999): Individual variation in oviposition preference, and its interaction with larval performance in an insect predator. *Oecologia* 118, 405-411.
- SADEGHI, H. & GILBERT, F. (2000): Oviposition preferences of aphidophagous

- hoverflies. *Ecological Entomology* 25, 91-100.
- SALVETER, R. (1996): Populationsaufbau aphidophager Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) in der Agrarlandschaft. Bern: Diss. Univ. 117 S.
- SMITH, J. (1976): Influence of crop background on natural enemies of aphids on Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83, 15-29.
- SPSS INC. (1998): SYSTAT® for Windows Version 8.0, Chicago.
- TALEKAR, N.S. & YANG, J.C. (1993): Influence of crucifer cropping system on the parasitism of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) by *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae) und *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). *Entomophaga* 38 (4), 541-550.
- TENHUMBERG, B. (1993): Untersuchungen zur Populationsdynamik von Syrphiden in Winterweizenbeständen und Quantifizierung ihrer Bedeutung als Antagonisten von Getreideblattläusen. Göttingen: Cuvillier-Verlag.
- THEUNISSEN, J. (1997): Reactions of insects to undersowing in field vegetables. *Proceedings of Experimental & Applied Entomology* 8,.
- THEUNISSEN, J. & DEN OUDEN, H. (1980): Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. *Entomologia experimentalis et applicata* 27, 260-268.
- THEUNISSEN, J., BOOJ, C.J.H., LOTZ, L.A.P. (1995): Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia experimentalis et applicata* 74, 7-16.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996): Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- TITAYAVAN, M. & Altieri, M.A. (1990): Synomone-mediated interactions between the parasitoid *Diaeretiella rapae* and *Brevicoryne brassicae* under field conditions. *Entomophaga* 35 (4), 499-507.
- TUKAHIRWA, E. M. & COAKER, T. H. (1982). Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas; reduced *Brevicoryne brassicae* infestations and influence on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in *Delia brassicae*. *Entomologia experimentalis et applicata* 32, 129-146

VIDAL, S. (1997): Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown Brussels sprouts. *Biological Agriculture & Horticulture* 15 (1-4), 285-295.

VIDAL & BOHLSSEN (1994): What makes intercropped cauliflower plants less susceptible to *Brevicoryne brassicae*? *IOBC / WPRS Bulletin* 17(8), 159-167.

7 Schlußbetrachtung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Kohluntersaatkulturen in Freiland-, Labor- und Gewächshausversuchen in Hinblick auf das Verhalten von Schadinsekten und ihren Gegenspielern sowie in Hinblick auf das Unkrautauftreten und den Ertrag untersucht. Ausgangspunkt war die Frage, wie die positiven Eigenschaften der Untersaatkultur in Bezug auf die Unterdrückung von Schadinsektenbefall entstehen und ob sie gezielt in der Praxis des Gemüsebaus eingesetzt werden können.

(1) Verschiedene Kleeuntersaaten wirkten identisch und minderten den Befall durch die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*), den Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*), die Kohlflye (*Delia radicum*) und mit Einschränkungen ebenfalls den Befall durch Kohlerdföhe (*Phyllotreta spec.*), nicht aber den Schadlepidopterenbefall. Die identische Wirkung verschiedener Untersaaten wurde von anderen Autoren bestätigt (vgl. FINCH & EDMONDS 1994, THEUNISSEN & DEN OUDEN 1980, THEUNISSEN et al. 1995, LATHEEF et al. 1984, ANDOW et al. 1986). An den Ertragsverlusten wurde deutlich, daß die Aussaat 4 Wochen vor Pflanzung des Kohls zu früh war und daß eine flächige Aussaat unter praktischen Gesichtspunkten wegen der starken Konkurrenz zum Kohl weniger geeignet war als eine Reihenuntersaat. Strohmulch als potentielle Alternative zu Untersaaten entsprach nicht den Erwartungen, war gegenüber den meisten Schadinsektenarten unwirksam und förderte einige Arten sogar. Diese Anbaumethode stellte keine geeignete Pflanzenschutzmaßnahme im Weißkohlanbau dar.

Der Bekämpfungserfolg gegenüber Schadinsekten war unabhängig von der verwendeten Untersaat. Die Verminderung des Schadinsektenbefalls wurde durch eine hohe Flächendeckung der Untersaat begünstigt. Zur Vermeidung der Verluste in der Ertragsquantität ist aber eher schwaches Wachstum der Untersaat erwünscht, was eine geringe Flächendeckung impliziert.

Für weitere Versuche bot sich eine Kompromißlösung an, um die Vorteile der beiden Ausbringungsarten zu vereinen: Als eine der gegenüber Unkräutern konkurrenzkräftigsten Gemüsearten (MÜLLER-SCHÄRER & BAUMANN 1993) kann Kohl möglicherweise auch in einer Reihenuntersaat mit Aussaat um die Pflanzung des Kohls gute Ertragsmengen erbringen. Die Untersaat sollte statt in Einzelreihen zwischen den Kohlreihen in mehrfachen Reihen ausgebracht werden. Auf diese Weise wäre die Konkurrenz zwischen Hauptfrucht (Kohl) und Nebenfrucht (Kleeuntersaat) anfangs

herabgesetzt. Dennoch würde die Flächendeckung der Untersaat schneller als in einer einfachen Reihenuntersaat zunehmen.

(2) Verschiedene Aussaatzeitpunkte für die Untersaat führten zu unterschiedlichen Flächendeckungen der Untersaat. Der Schadinsektenbefall erwies sich bei allen Arten abhängig von der Flächendeckung der Untersaat und wurde um so stärker gemindert, je höher die Flächendeckung der Untersaat beziehungsweise je geringer die Flächendeckung des Kohls war. Die Kleeuntersaat 2 Wochen nach der Pflanzung des Kohls war als Pflanzenschutzmaßnahme ungeeignet. Die Untersaaten brachten beim Erntegut eine Verschiebung zu besseren Qualitäten, besonders ausgeprägt in den vor und mit Pflanzung des Kohls gesäten Varianten. Es zeigte sich, daß eine Aussaat der Untersaat von zwei Wochen vor bis zwei Wochen nach der Pflanzung bei Verwendung kräftiger Kohljungpflanzen von guter Qualität und bei weitem Reihenabstand von 75cm mit der Kontrollvariante vergleichbare Kopfgewichte hervorbringen konnte. Der Flächenertrag war aber in allen Varianten aufgrund des weiten Abstands zwischen den Kohlreihen, bedingt durch die Doppelreihen Klee, für die Praxis zu gering und betrug die Hälfte des üblichen Flächenertrags (FRICKE et al. (1999). Hauptursache dafür war die durch die Doppelreihen Klee bedingte Verringerung der Anzahl Kohlpflanzen auf der Fläche.

Nach diesen Ergebnissen reagierten die beteiligten Schadinsektenarten auf eine bestimmte Flächendeckung der Untersaatkultur mit unterschiedlich starken Befallsreduktionen. Da die geringsten Reaktionen auf die Kleeuntersaaten bei den Schadlepidopteren festgestellt wurden, diese aber am Kohl eine Gruppe mit hohem Einfluß auf die Qualität des Ernteguts darstellen (FORSTER et al. 1992), könnte selbst bei Anwendung einer Untersaatkultur mit hoher Flächendeckung die Notwendigkeit herkömmlicher Pflanzenschutzmaßnahmen bestehen bleiben.

(3) Von den untersuchten acht Arten und zwei Artenmischungen erwies sich der Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geralton) als die geeignetste Art zur Unkrautbekämpfung unter den regionalen Bedingungen am Südrand der Norddeutschen Tiefebene, konnte aber nicht alle Unkräuter vollständig verdrängen. Bei hohen Dichten war der Erdklee gegenüber Unkräutern keine ausreichende Schutzmaßnahme, bei geringen Unkrautdichten war er jedoch effektiv. Ergebnisse mit Untersaaten zur Unkrautkontrolle sind stark standortabhängig und können von

vollkommener Kontrolle (ILNICKI & ENACHE 1992) über mittelstarke Kontrolle (BRANDSAETER & NETLAND 1999) bis zu fehlender Kontrolle der Unkräuter reichen (FREULER et al. 1996). In anderen Regionen sollten daher auch andere Arten auf ihre Eignung untersucht werden. Rasche Keimung und anschließendes schnelles Wachstum der Untersaat, wie es beim Erdklee der Fall war, sind wichtige Eigenschaften für eine gute Untersaat. Wichtig ist auch die Ausbringungsweise: Die Untersaat muß in Reihen ausgebracht werden, um den Zeitaufwand für die manuelle Unkrautkontrolle gering zu halten. Zur Unkrautregulierung ist die Unkrautfreiheit der Versuchsfläche zur Einsaat entscheidend, der Zeitpunkt dagegen nicht. Die Mahd ist eine gute Managementmethode für die Untersaat, für die Praxis müßte jedoch noch ein für die Arbeit zwischen den Reihen geeigneter Mäher entwickelt werden.

Schadinsekten traten zwar auch an der Erdklee-Untersaat auf. Dabei handelte es sich um Fabaceen-Schädlinge, die nur in entsprechenden Kulturen schädigen könnten, weshalb Abstand zu solchen Kulturen gewährleistet sein sollte. Brassicaceen-Schädlinge traten an einigen Brassicaceen-Unkräutern in hohen Dichten auf. Diese Pflanzenarten wurden durch die Untersaaten, insbesondere die Erdklee-Untersaat, über die Kulturperiode verdrängt und stellten kein Problem dar. Diese Gruppe Unkräuter muß in weiteren Versuchen ebenfalls beobachtet werden, da bei höheren Dichten phytosanitäre Probleme auftreten können.

(4) Die Wirkung der Untersaat auf verschiedene Schadinsekten beruhte auf optischer Maskierung der Wirtspflanze (SMITH 1976) und in geringerem Maß auf einer Barrierenwirkung der Untersaat (PERRIN 1977). Olfaktorische Beeinträchtigungen der Wirtsfindung (TAHVANAINEN & ROOT 1972, THEUNISSEN 1994b) konnten in dem hier untersuchten System nicht festgestellt werden. Die Hypothese der 'appropriate / inappropriate landings' von FINCH & COLLIER (2000) wurde bestätigt. Außerdem wurde deutlich, daß die Fähigkeiten der untersuchten Schadinsekten zur Lokalisierung und Besiedlung einer Wirtspflanze vor einem diversen Hintergrund, wie ihn eine Untersaat darstellt, unterschiedlich sind. Es galt mit Ausnahmen: Je größer die Schadinsektenart, um so geringer der Einfluß der Untersaat auf die Wirtsfindung. Diese Verbesserung der Wirtsfindung mit zunehmender Körpergröße und Muskelkraft deutete nach BERNAYS & CHAPMAN (1994) auf Unterschiede im Flugvermögen verschieden großer Insekten auch auf eine Windabhängigkeit des Schadinsektenflugs hin. Daneben gab es aber noch weitere artspezifische Verhaltensmuster, die nur den Befall durch bestimmte Arten

veränderten. Darum sind die Stärken der Befallsminderungen auch jetzt noch trotz des zunehmenden Verständnisses der Mechanismen nicht vorhersagbar.

(5) Gegenspieler erwiesen sich nicht als bedeutende Regulatoren des Schadinsektenbefalls. Bei den meisten Schadinsekten traten Gegenspieler nicht oder nur in Einzelfällen auf. Die Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* war die einzige Art, bei der größere Anzahlen von Gegenspielern auftraten. Die Schlupfwespe *Diaeretiella rapae* reagierte positiv dichteabhängig, war also in der Kontrolle häufiger. Coccinelliden waren zeitlich und räumlich völlig anders verteilt als die Blattläuse. Die Syrphiden stellten die einzige am Kohl effektive Prädatorengruppe dar. Auch ihr Einfluß war jedoch nur gering, bestätigte aber die Feindhypothese (ROOT 1973). Gleichzeitig lag in den Untersaatvarianten ein Fall apparenter Konkurrenz vor (HOLT 1977, MÜLLER & GODFRAY 1997).

Der wirtschaftlich rentable Anbau und die erfolgreiche Vermarktung von Gemüse sind in besonderem Maß vom Erzielen einer hohen Qualität der Erzeugnisse abhängig. Schaderregerbefall ist daher im Intensivgemüsebau nur sehr begrenzt tolerierbar. Die Untersaatkultur muß nach den hier vorgestellten Ergebnissen als eine alternative Pflanzenschutzmethode betrachtet werden, die den Schadinsektenbefall begrenzen kann. Sie ist gut gegen kleinere Schadinsektenarten wie Aphiden und Thripse einsetzbar. Es gibt jedoch Schwachstellen wie den nur schwer zu mindernden Befall durch Schadlepidopteren.

Bei Adoption dieser Kulturmethode muß berücksichtigt werden, daß auch regionale Bedingungen und die Kulturzeit die Eignung der Untersaat beeinflussen. Die Einsaat zur Pflanzung des Kohls erschien am Südrand der Norddeutschen Tiefebene als der geeignetste Kompromiß zwischen Ertragsquantität und -qualität und ist wahrscheinlich auch arbeitstechnisch am günstigsten. Erdklee bewies seine Eignung in diesem Gebiet bei Aussaaten ab Mitte April, aber THEUNISSEN & SCHELLING (1996) befanden in den Niederlanden jedoch den Erdbeerklee für besser geeignet. Früh im Jahr erfolgende Aussaaten könnten außerdem zu Problemen mit der Frosthärte des hauptsächlich mediterran verbreiteten Erdklee führen. Daher wird der Erdklee weder für alle Regionen Deutschlands noch für alle angebauten Sätze Weißkohl die vorteilhafteste Untersaat darstellen.

Untersaaten wären im Kohlanbau zukünftig als Pflanzenschutzmaßnahme gegenüber Schaderregern wie Blattläusen oder Thripsen denkbar, da sie tatsächlich deutliche Verbesserungen der Qualität bewirken können. An Standorten, wo diese Schaderreger vorherrschen, sind Untersaaten auch als alleinige Pflanzenschutzmaßnahme geeignet. Sie erbringen bei starkem Raupenbefall allerdings keine befriedigende Leistung und haben keine Wirkung gegen pilzliche Schaderreger. Schadraupen und Schadpilze müßten daher chemisch bekämpft werden. Gegenüber Unkräutern ist die Untersaatkultur auf stark verunkrauteten Flächen der konventionellen Kontrolle unterlegen, bei schwacher Verunkrautung aber möglicherweise eine praxistaugliche Methode.

Zukünftig wären Versuche mit weiteren potentiell geeigneten Untersaaten unter unterschiedlichen regionalen Bedingungen sowie die Entwicklung einer für Untersaatkulturen tauglichen Mähmaschine mit engerer Mähbreite nötig. Unter diesen Umständen könnten Untersaaten bei mit herkömmlichen Kohlkulturen vergleichbaren Flächenerträgen und verbesserter Qualität einen Platz im Gemüsebau gewinnen.

8 Zusammenfassung

Grundlegende Fragestellung der vorliegenden Arbeit waren die Auswirkungen der Untersaatkultur in Weißkohl auf den Schadinsektenbefall, das Unkrautauflkommen und den Ertrag. Besonderer Schwerpunkt war dabei die Frage, welche Mechanismen für die Verminderung des Schadinsektenbefalls in der Untersaatkultur verantwortlich sind. Es sollte untersucht werden, ob dem Einfluß der Untersaat auf die Schadinsekten ein allgemeiner Mechanismus zugrundeliegt. Daneben sollten die Ergebnisse Aufschluß über die Möglichkeiten des Einsatzes der Untersaat als Pflanzenschutzmaßnahme im Gemüsebau liefern.

An 2 Standorten am Südrand der Norddeutschen Tiefebene wurden mehrjährige Untersuchungen zur Eignung von Untersaaten als Pflanzenschutzmaßnahme in Weißkohlkulturen durchgeführt. Dabei wurden Versuche mit unterschiedlichen Pflanzenarten, Aussaatweisen und Aussatterminen durchgeführt. Ergänzend wurden zum Verhalten einzelner wichtiger Schad- und Nutzinsekten Versuche im Gewächshaus durchgeführt.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Versuche belegten, daß Kleeuntersaaten in der Lage sind, den Schadinsektenbefall am Weißkohl zu mindern. Problematisch für den Anbauer ist jedoch, daß die verschiedenen Schadinsektenarten nicht einheitlich auf die Untersaatkultur reagierten. Befall und Schäden durch Mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*), Zwiebelthrips (*Thrips tabaci*) und die Kleine Kohlflye (*Delia radicum*) konnten mit Untersaaten gesenkt werden. Die Reaktionen der Schadschmetterlinge waren schwächer ausgeprägt. Bei dieser Gruppe wurden nur in einigen Fällen signifikante Befallsminderungen beobachtet. Bei allen Arten war die Befallsminderung mit dem relativen Anteil der Untersaat an der gesamten Vegetation positiv korreliert. Für die Bekämpfung des Schadinsektenbefalls erwies sich damit eine möglichst hohe Flächendeckung der Untersaat als besonders wichtig. Eine Auflage aus Strohmulch führte im Gegensatz zu den Untersaaten kaum zur Minderung von Schadinsektenbefall, sondern förderte den Befall durch einige Arten sogar. Pilzkrankungen des Kohls ließen sich durch Untersaaten nicht beeinflussen.

2. Die getesteten Untersaaten erwiesen sich als unterschiedlich geeignet zur Unkrautbekämpfung. Die geeignetste Untersaat zur Unkrautunterdrückung war im Untersuchungsgebiet der Erdklee (*Trifolium subterraneum* cv. Geralton). Auf stark verunkrauteten Flächen war die Untersaatkultur der konventionellen Kontrolle unterlegen, bei schwacher Verunkrautung aber möglicherweise eine praxistaugliche Methode. Zur Unkrautregulierung war nicht der Zeitpunkt der Einsaat, sondern die Unkrautfreiheit der Versuchsfläche zur Einsaat sowie rasche Keimung und anschließendes Wachstum der Untersaat entscheidend.

3. Es gab einen grundlegenden Mechanismus der Schadinsektenreduktion, der auf alle Brassicaceenspezialisten in der Untersaatkultur wirkte. Die optische Maskierung der Wirtspflanze durch die Untersaat führte dazu, daß vor diesem grünen Hintergrund weniger Tiere die Wirtspflanze fanden. Daher waren die Befallsminderungen abhängig von der Flächendeckung der Untersaat. Daneben war von einer Barrierenwirkung der Untersaat auszugehen, die die Ausbreitungsbewegung der Schadinsekten im Bestand einschränkte und den visuellen Effekt unterstützte. Die unterschiedlich ausgeprägten Flugvermögen und Suchfähigkeiten der einzelnen Arten führten allerdings zu unterschiedlich starken Befallsminderungen. Der Befall durch kleinere Arten wurde stärker verringert als der Befall durch größere Arten. Weitere Faktoren, die den Befall beeinflussten, waren spezifisch für einzelne Arten.

4. Gegenspieler traten nur bei einer Art, der Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae*, auf. Von diesen hatten nur die Syrphiden zeitweise einen geringen Einfluß auf den Befall. Die Hypothese einer erhöhten Gegenspielerdichte in der Untersaatkultur aufgrund des Auftretens alternativer Beute wurde bestätigt. Auswirkungen auf die Aphidenpopulation am Kohl waren aber nur im Einzelfall erkennbar. Daher lag hier nicht die Hauptursache für Befallsminderungen.

Fazit:

Untersaaten eignen sich damit als Pflanzenschutzmaßnahme gegenüber kleineren Schaderregern wie Aphiden oder Thripsen, wo sie tatsächlich deutliche Verminderungen von Befall und Schäden bewirken können. Da sie bei größeren Schadinsekten geringere Wirkung zeigen und keine Wirkung gegen pilzliche Schaderreger haben, müssen diese bei Auftreten chemisch bekämpft werden.

Gegenüber Unkräutern ist die Untersaatkultur nur bei schwacher Verunkrautung erfolgreich, was bei der Standortwahl berücksichtigt werden sollte. Eine vorsichtige Kulturführung mit Reihenuntersaat kann Kopfgewichte wie in der Kontrolle erbringen. Aber bei Kulturführung mit großen Reihenabständen sinkt der Flächenertrag stark. Andererseits sollte die Flächendeckung des Kohls gering sein, damit der wichtigste befallsmindernde Mechanismus der optischen Maskierung der Wirtspflanze Kohl wirkt. Die Optimierung der Untersaatkultur für den Einsatz als alternative Pflanzenschutzmethode in der gemüsebaulichen Praxis erfordert aufgrund der Komplexität des Systems noch weitere Versuche zu Kulturführung, Reihenabständen und den regional geeignetsten Untersaaten. Unter diesen Umständen könnten Untersaaten in Zukunft bei mit herkömmlichen Kohlkulturen vergleichbaren Flächenerträgen, verbesserter Qualität und ohne oder mit geringerem Pflanzenschutzmitteleinsatz einen Platz im Gemüsebau gewinnen.

9 Literatur

- ALTIERI, M.A. (1995): Integrated pest management. In: M.A. Altieri (Ed): Agroecology - The science of sustainable agriculture. 2. Auflage, Westview Press, Boulder, Colorado, 267-282.
- ALTIERI, M.A. & LETOURNEAU, D.K. (1982): Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- ANDOW, D.A. (1991): Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36, 561-586.
- BLOOD SMYTH, J. A., DAVIES, J., EMMET, B. J., LOLE, M., PATERSON, C., POWELL, V. (1992): Supervised control of aphid and caterpillar pests in Brassica crops. *IOBC / WPRS Bulletin* 15(4), 9-15.
- CRÜGER, G. (1991): Pflanzenschutz im Gemüsebau. 3. Aufl. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- CUNLIFFE, B. (1994): Illustrierte Vor- und Frühgeschichte Europas. Frankfurt: Campus Verlag.
- DAHLGREN, G. (1987): Systematische Botanik. Berlin: Springer Verlag.
- DIXON, A.F.G. (1985): Aphid ecology. Glasgow: Blackie & Son Limited.
- ESBJERG, P. (1992): Temperature and soil moisture - two major factors affecting *Agrotis segetum* Schiff. (Lep., Noctuidae) populations and their damage. *IOBC / WPRS Bulletin* 15(4), 82-91.
- FAGAN, B.M. (1989) People of the earth - An Introduction to world prehistory. 6. Auflage: Glenview, Illinois.
- FINCH, S. (1992): An introduction to integrated pest management in field vegetable crops. *IOBC / WPRS Bulletin* 15(4), 49-52.
- FINCH, S. (1993): Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. *Crop Protection* 12 (6), 423-430.
- FINCH, S. & Collier, R.H. (2000): Host-plant selection by insects-a theory based on 'appropriate / inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants.

Entomologia experimentalis et applicata 96, 91-102.

- FINCH, S. & EDMONDS, G.H. (1994): Undersowing cabbage crops with clover – the effects on pest insects, ground beetles and crop yield. IOBC / WPRS Bulletin 17(8), 159-167.
- FORSTER, R., HILDENHAGEN, R., HOMMES, M., SCHORN-KASTEN, K. (1992): Integrierter Pflanzenschutz im Gemüsebau: Praktikierung von Bekämpfungsschwellen für Kohlschädlinge. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH.
- HECHT, S.B. (1995): The evolution of agroecological thought. In: M.A. Altieri (Ed.): Agroecology - The science of sustainable agriculture. 2. Auflage, Westview Press, Boulder, Colorado, 1-20.
- HOLT, R.D. (1977): Predation, apparent competition and the structure of prey communities. Theoretical Population Biology 12, 197-229.
- HOMMES, M. (1983): Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 213.
- KIENEGGER, M. & FINCH, S. (1997): A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. Entomologia Experimentalis et Applicata 84, 165-172.
- LANGER, V. (1992) The use of a living mulch of white clover on the control of the cabbage root fly (*Delia radicum*) in white cabbage. IOBC / WPRS Bulletin 15(4), 102-103.
- LEHMUS, J., VIDAL, S., HOMMES, M. (1996): Population dynamics of herbivorous and beneficial insects found in plots of white cabbage undersown with clover. IOBC / WPRS Bulletin 19(11), 115-121.
- LIEBMAN, M. (1995): Polyculture cropping systems. In: M.A. Altieri (Ed.): Agroecology - The science of sustainable agriculture. 2. Auflage, Westview Press, Boulder, Colorado, 205-218.
- LIEBMAN, M. & DYCK, E. (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecological Applications 3 (1), 92-122.
- MÜLLER, C.B. & GODFRAY, H.C.J. (1997): Apparent competition between two aphid species. Journal of Animal Ecology 66, 57-64.

- MÜLLER-SCHÄRER, H. & BAUMANN, T. (1993): Unkrautregulierung im Gemüsebau: Konzepte zur Reduktion des Herbizideinsatzes. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 401-412.
- PERRIN, R.M. (1977): Pest management in multiple cropping systems. *Agroecosystems* 3; 93-118.
- ROOT, R.B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monograph* 43, 95-124.
- SMITH, J. (1976): Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects of Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83, 15-29.
- TAHVANAINEN, J.O. & ROOT, R.B. (1972): The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Oecologia* 10, 321-346
- THEUNISSEN, J. (1994a): Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification - An overview. *Pesticide Science* 42, 65-68.
- THEUNISSEN, J. & DEN OUDEN, H. (1980): Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 27, 260-268.
- THEUNISSEN, J., BOOJ, C.J.H., LOTZ, L.A.P. (1995): Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 74, 7-16.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996a): Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management* 42, 227-234.
- THEUNISSEN, J. & SCHELLING, G. (1996b): Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurrey. *IOBC / WPRS Bulletin* 19(11), 128-135.
- VANDERMEER, J. (1989): *The ecology of intercropping*. Cambridge: Cambridge University Press.