

Institut für Biochemie & Biologie  
Arbeitsgruppe Ökophysiologie

---

**Effekte einer reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln auf  
tritrophische Systeme im Ackerbau**

- DISSERTATION -

zur Erlangung des akademischen Grades  
"doctor rerum naturalium"  
(Dr. rer. nat.)  
in der Wissenschaftsdisziplin "Ökophysiologie"

eingereicht an der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Potsdam

von  
KERSTIN SCHUMACHER

Potsdam, Juli 2007

Elektronisch veröffentlicht auf dem  
Publikationsserver der Universität Potsdam:  
<http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2007/1567/>  
[urn:nbn:de:kobv:517-opus-15675](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus-15675)  
[<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus-15675>]

*Für Carsten in Liebe*

Teilergebnisse dieser Arbeit wurden in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht:

## Publikationen

Schumacher, K. & Freier, B. (2006) *Impact of low-input plant protection on functional biodiversity in wheat and pea*. IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB scrop Vol. 29 (6). Landscape Management for Functional Biodiversity. Rossing, W.A.H., Eggenchwiler, L. & Poehling, H. M. (eds.), 121-124.

Schumacher, K. & Freier, B. (2007) *Einfluss einer Low-input-Pflanzenschutzstrategie auf tritrophische Systeme in Winterweizen und Erbse*. Mitteilungen der DGaaE, Band 16 (akzeptiert).

Volkmar, C., Schumacher, K. & Freier, B. (2007) Auswirkungen einer Low-Input-Strategie in einem Anbaubetrieb auf die Spinnenfauna. Mitteilungen der DGaaE, Band 16 (akzeptiert).

Schumacher, K. & Freier, B. Who benefits from reduced pesticide use within the tritrophic system: crop – aphid – predator? – Results of perennial field studies. *Manuskript in Vorbereitung*

Schumacher, K. & Freier, B. Adaptation of tritrophic systems on different pesticide dosages in the laboratory. *Manuskript in Vorbereitung*

## Konferenzbeiträge

Freier, B. & Schumacher, K. (2005) *Massenaufreten von Getreideblattläusen an Winterweizen in der Magdeburger Börde und die Anwendung des Schwellenwertkonzeptes*. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e.V., Arbeitskreis „Integrierter Pflanzenschutz“, 15. Tagung der Arbeitsgruppe „Schädlinge in Getreide und Mais“ 23./24.2.2005 in Braunschweig (BBA). *Vortrag*.

Schumacher, K. & Freier, B. (2006) *Impact of low-input plant protection on functional biodiversity in wheat and pea*. IOBC-meeting 2006, WPRS Working Group “Landscape management for functional diversity. 16.-19.5.2006 in Zurich, Switzerland. *Poster*.

Schumacher, K. & Freier, B. (2006) *Profitieren Nützlinge in tritrophischen Systemen von einer Low-input-Pflanzenschutzstrategie?* Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e. V. und Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie e. V., 25. Tagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, 24./15.11.2006 in Kleinmachnow (BBA). *Vortrag*.

Schumacher, K. & Freier, B. (2007) *Einfluss einer Low-input-Pflanzenschutzstrategie auf tritrophische Systeme in Winterweizen und Erbse*. Entomologentagung 26.2.-1.3.2007 in Innsbruck, Österreich. *Vortrag*.

Freier, B. & Schumacher, K. (2007) *Effects of a 3-year low-input pesticide use on tritrophic systems in field crops*. SETAC Europe 17<sup>th</sup> Annual Meeting, 20-24.2007 Porto, Portugal. Abstract book p. 67. *Vortrag*.

## Zusammenfassung

In der heutigen Intensivlandwirtschaft kommt es zu einem starken Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln. Sie bekämpfen nicht nur Schadorganismen, sondern haben aufgrund ihrer hohen Toxizität auch negative Auswirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen, wodurch die natürliche Schädlingsregulation reduziert wird. Die Politik und vor allem Umweltverbände fordern daher eine deutliche Reduzierung der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel. Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit war es, ob mit einer um 50 % reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln ihr Gefährdungspotenzial für die Prädatoren von Blattläusen verringert und dadurch das Potenzial der natürlichen Schädlingsregulation erhöht wird.

Dazu wurden in dreijährigen Freilanduntersuchungen die Effekte einer dauerhaft reduzierten Dosis von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die ökologische Situation im Ackerbau anhand von drei Feldern in einem konventionell bewirtschafteten Betrieb in der Magdeburger Börde untersucht. Die über 15 ha großen Felder wurden dauerhaft in zwei Teilflächen geteilt, wobei eine Teilfläche mit der vom Landwirt gewünschten Dosis (100 %-Variante) und die andere mit jeweils genau der halben Dosis (50 %-Variante) behandelt wurde. Mittels dieser Halbfelder-Vergleiche wurden die ökologischen Situationen bezüglich des Auftretens von Blattläusen und ihren Prädatoren sowie Unkräutern vor und nach der jeweiligen Pflanzenschutzmittelbehandlung aufgenommen und ökonomische Parameter ermittelt. Ergänzend wurden im Labor Modellgefäßversuche mit abgestuften Dosierungen von Insektiziden und Herbiziden durchgeführt.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit waren:

- Die Freilanduntersuchungen zeigten, dass die Insektizidbehandlung einen großen Einfluss auf die Blattläuse und ihre Prädatoren ausübte, während alle vorherigen Herbizid- und Fungizidbehandlungen zu keinen Unterschieden in den Blattlaus- und Prädatordichten zwischen der 100 %- und 50 %-Variante führten.
- Durch die reduzierte Anwendung von Insektiziden wurde keine ausreichende Blattlausbekämpfung erzielt. Es waren nach der Insektizidbehandlung signifikant mehr Blattläuse in der 50 %- als in der 100 %-Variante vorhanden bzw. die Reduktion des Blattlausbefalls fiel in der reduzierten Variante geringer aus.
- Durch die Anwendung einer reduzierten Insektiziddosis konnte eine Entspannung des Gefährdungspotenzials für Blattlausprädatoren hervorgerufen werden, da hier nach der Insektizidbehandlung im Vergleich zur 100 %-Variante eine erhöhte Dichte der stenophagen Prädatoren zu beobachten war. Dabei waren die Larven der Syrphidae meist die dominierenden stenophagen Prädatoren. Die toxischen Wirkungen der

verschiedenen Insektizide auf die einzelnen Prädatoren unterschieden sich. Während sich die Coccinellidae sensitiv gegenüber  $\lambda$ -Cyhalothrin zeigten, war Pirimicarb toxisch für Syrphidenlarven. Insgesamt gesehen wurden die Coccinellidae am meisten durch eine Insektizidbehandlung negativ beeinflusst.

- Es konnten keine eindeutigen Effekte der reduzierten Insektiziddosis auf die Carabidae bezüglich der Aktivitätsdichte, Artendiversität und Dominanzstrukturen festgestellt werden. Dagegen reagierten die Araneae mit einer teilweise erhöhten Artendiversität und Aktivitätsdichte, die hauptsächlich auf die Art *Oedothorax apicatus* zurückzuführen war.
- Die reduzierte Herbiziddosis führte im Vergleich zur 100 %-Variante zu keinen strukturellen Veränderungen in Form einer erhöhten Unkrautdichte, so dass kein positiver Effekt auf die Prädatorgesellschaft zu erwarten war.
- Der teilweise aufgetretene Ernteverlust in der reduzierten Variante konnte nicht durch die Kosteneinsparung für die Pflanzenschutzmittel kompensiert werden.
- Erste Hinweise auf mögliche akkumulierte Effekte einer dauerhaft reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnten nur bei der Unkrautdichte sowie Aktivitätsdichte und Artendiversität der Araneae beobachtet werden, die im dritten Jahr der Untersuchung vor der jeweiligen Behandlung signifikant höher lagen als in der 100 %-Variante.
- Die Prädatoren wurden durch die reduzierte Insektiziddosis mehr geschont und eine größere Restpopulation der Blattläuse blieb erhalten. Durch das erhöhte Prädatorpotenzial wurde aber die natürliche Regulation der Blattläuse nicht verbessert. Die geschonten Prädatoren schafften es nicht, die vorhandene Restpopulation der Blattläuse zu reduzieren. Demnach profitierten die Blattläuse mehr von einer reduzierten Pflanzenschutzmitteldosis als ihre Prädatoren.
- Im Gegensatz zum Freiland konnte in den Laboruntersuchungen gezeigt werden, dass bei einer um 50 % reduzierten Insektiziddosis eine ausreichende Blattlausbekämpfung erzielt und durch Ausnutzung der Prädatorleistung der Larven von *Chrysoperla carnea* das Einsparungspotenzial sogar auf 75 % gesteigert werden konnte (*Vicia faba*). Für Larven von *Coccinella 7-punctata* galt dieses aufgrund ihrer hohen Sensitivität gegenüber  $\lambda$ -Cyhalothrin nicht. Eine additive Prädatorleistung der beiden Nützlinge konnte nicht festgestellt werden. Bei Varianten mit komplexerem Versuchsaufbau (*Triticum aestivum*) konnte die zusätzliche Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch Ausnutzung der Prädatorleistung von *Chrysoperla carnea* allerdings nicht bestätigt werden. Dies zeigte, dass die Ergebnisse aus Laboruntersuchungen nicht einfach auf die Freilandsituationen übertragbar sind. Außerdem sollten Laborversuche so nah wie möglich die Feldbedingungen widerspiegeln, damit es nicht zu einer Überschätzung der Prädatorleistung kommt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>iv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>v</b>
<b>Zeichenerklärung</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Stand der Forschung</b> .....	<b>6</b>
2.1 Reduzierte chemische Pflanzenschutzmaßnahmen.....	6
2.1.1 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Pflanzenschutz-	
mitteln.....	9
2.1.2 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Insektiziden.....	10
2.1.3 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Herbiziden und	
Fungiziden.....	11
2.2 Agrarökosysteme und ihre trophischen Beziehungen.....	12
2.3 Blattläuse an Weizen und Erbse.....	14
2.3.1 Blattläuse an Weizen.....	15
2.3.2 Blattläuse an Erbse.....	15
2.4 Natürliche Gegenspieler der Blattläuse.....	15
2.4.1 Coccinellidae.....	17
2.4.2 Syrphidae.....	18
2.4.3 Chrysopidae.....	19
2.4.4 Carabidae.....	20
2.4.5 Araneae.....	21
<b>3 Material und Methoden</b> .....	<b>23</b>
3.1 Freilanduntersuchungen.....	23
3.1.1 Untersuchungsgebiet und klimatische Bedingungen.....	23
3.1.2 Versuchsflächen und methodischer Ansatz.....	25
3.1.3 Untersuchungsprogramm.....	27
3.1.3.1 <i>Arthropodenbonituren</i> .....	28
3.1.3.2 <i>Bodenfallenfänge</i> .....	29
3.1.3.3 <i>Unkrautbonitur</i> .....	30
3.1.3.4 <i>Ernte und Ertragsparameter</i> .....	30

3.2 Laboruntersuchungen.....	31
3.2.1 Kultivierung der Versuchspflanzen.....	33
3.2.2 Versuchstiere.....	34
3.2.3 Pflanzenschutzmittelbehandlung.....	35
3.2.4 Versuchsdesign.....	35
3.3 Statistische Auswertung.....	37
<b>4 Ergebnisse.....</b>	<b>39</b>
4.1 Freilanduntersuchungen.....	39
4.1.1 Pflanzenschutzmittelanwendungen.....	39
4.1.2 Feld 1.....	43
4.1.2.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren.....	43
4.1.2.2 Bodenfallenfänge.....	46
4.1.2.3 Unkrautbonitur.....	51
4.1.2.4 Erträge und andere Ertragsparameter.....	53
4.1.3 Feld 2.....	54
4.1.3.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren.....	54
4.1.3.2 Bodenfallenfänge.....	58
4.1.3.3 Unkrautbonitur.....	63
4.1.3.4 Erträge und andere Ertragsparameter.....	65
4.1.4 Feld 3.....	66
4.1.4.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren.....	66
4.1.4.2 Bodenfallenfänge.....	71
4.1.4.3 Unkrautbonitur.....	76
4.1.4.4 Erträge und andere Ertragsparameter.....	78
4.2 Modellgefäßversuche.....	79
4.2.1 <i>Triticum aestivum</i> .....	79
4.2.2 <i>Vicia faba</i> .....	80
4.2.2.1 Insektizidbehandlung.....	80
4.2.2.2 Herbizidbehandlung/Herbizidbehandlung und Insektizidbehandlung.....	82
4.2.2.3 <i>Triticum aestivum</i> mit <i>Vicia faba</i> .....	83
4.2.2.4 Prädatoren.....	84
4.2.2.5 Ertragsparameter.....	85



---

<b>5 Diskussion.....</b>	<b>86</b>
5.1 Methodendiskussion.....	86
5.2 Freilanduntersuchungen.....	91
5.3 Laboruntersuchungen.....	110
5.4 Ausblick.....	114
<b>6 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>115</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>I</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Mögliche Effekte einer um 50 % reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln auf die einzelnen Komponenten der tritrophischen Systeme im Ackerbau.....	3
3.1	Verlauf der Monatsmittel der Temperatur und Niederschläge von 2003-2006 in der Magdeburger Börde.....	24
3.2	Die drei Untersuchungsfelder mit Angabe der Bonitурpunkte.....	26
3.3	Schema der sechs Versuchsvarianten der Modellgefäßversuche mit <i>Vicia faba</i> .....	36
4.1	Dichte von Blattläusen und ihren Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	44
4.2	Anteile der Blattlausprädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	45
4.3	Anzahl mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	49
4.4	Dichte von Blattläusen und ihren Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	55
4.5	Anteile der Blattlausprädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	56
4.6	Zu- und Abnahme der Blattläuse pro Halm bzw. der Befallshäufigkeit nach der Insektizidbehandlung in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	58
4.7	Anzahl mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	60
4.8	Dichten von Blattläusen und ihren Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	68
4.9	Abnahmen der Blattläuse pro Halm bzw. der Befallshäufigkeit nach der Insektizidbehandlung in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	69
4.10	Anteile der Blattlausprädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	70
4.11	Anzahl mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	73
4.12	Relative Blattlausdichte im Modellgefäßversuch mit <i>Triticum aestivum</i> und unterschiedlichen Insektiziddosierungen.....	79
4.13	Relative Blattlausdichte im Modellgefäßversuch mit <i>Vicia faba</i> und unterschiedlichen Insektiziddosierungen.....	80
4.14	Vergleich der Blattlausdichten bei der 25 %-Insektiziddosis ohne und mit Prädatoren.....	81
4.15	Relative Blattlausdichte im Modellgefäßversuch mit <i>Vicia faba</i> und unterschiedlichen Herbizid- bzw. Herbizid- und Insektiziddosierungen.....	83
4.16	Relative Blattlausdichte im Modellgefäßversuch mit <i>Triticum aestivum</i> und <i>Vicia faba</i> und unterschiedlichen Insektiziddosierungen.....	84

# Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht der natürlichen Gegenspieler von Blattläusen.....	16
2.2	Prädatoreinheiten der wichtigsten Blattlausgegenspieler.....	16
3.1	Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen der drei Untersuchungsfelder.....	27
3.2	Übersicht der durchgeführten Modellgefäßversuche.....	32
3.3	Übersicht der Kultivierungsmaßnahmen für die Anzucht des Winterweizens.....	34
4.1	Übersicht der Pflanzenschutzmaßnahmen auf Feld 1 von 2003-2006.....	40
4.2	Übersicht der Pflanzenschutzmaßnahmen auf Feld 2 von 2003-2006.....	41
4.3	Übersicht der Pflanzenschutzmaßnahmen auf Feld 3 von 2003-2006.....	42
4.4	Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	46
4.5	Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	47
4.6	Dominanzen der drei häufigsten Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	48
4.7	Unkrautdichten in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.....	52
4.8	Erträge und andere Ertragsparameter der 100 %- und 50 %-Variante des Feldes 1.....	53
4.9	Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	57
4.10	Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	59
4.11	Dominanzen der drei häufigsten Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	61
4.12	Unkrautdichten in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.....	64
4.13	Erträge und andere Ertragsparameter der 100 %- und 50 %-Variante des Feldes 2.....	65
4.14	Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	67
4.15	Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	72
4.16	Dominanzen der drei häufigsten Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	74
4.17	Unkrautdichten in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.....	77
4.18	Erträge und andere Ertragsparameter der 100 %- und 50 %-Variante des Feldes 3.....	78
4.19	Signifikanzen in den Blattlausdichten bei verschiedenen Insektiziddosierungen der Versuchsvarianten <i>Vicia faba</i> mit und ohne <i>Chrysoperla carnea</i> .....	81
4.20	Überlebensraten der Prädatoren in den unterschiedlichen Versuchsvarianten der Modellgefäßversuche.....	85

4.21 Vergleich der Ertragsparameter in den Modellgefäßversuchen zwischen den unterschiedlichen Dosierungen innerhalb einer Versuchsvariante.....	85
7.1 Termine der durchgeführten Erhebungen.....	I
7.2 Summe der Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante in der Erbse 2004 Feld 1..	II
7.3 Anzahl der Prädatoren pro m <sup>2</sup> in der „100 %-“ und „50 %-Variante“ im Winterweizen 2005 im Feld 1.....	II
7.4 Anzahl der Prädatoren pro m <sup>2</sup> in der „100 %-“ und „50 %-Variante“ im Winterweizen 2004 im Feld 2.....	III
7.5 Anzahl der Prädatoren pro m <sup>2</sup> in der 100 %- und 50 %-Variante im Winterweizen 2006 im Feld 2.....	III
7.6 Summe der Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante in der Erbse 2005 Feld 2..	IV
7.7 Anzahl der Prädatoren pro m <sup>2</sup> in der 100 %- und 50 %-Variante im Sommerweizen 2004 im Feld 3.....	V
7.8 Anzahl der Prädatoren pro m <sup>2</sup> in der 100 %- und 50 %-Variante im Winterweizen 2005 im Feld 3.....	VI
7.9 Summe der Prädatoren in der 100 %- und 50 %-Variante in der Erbse 2006 Feld 3..	VII
7.10 Artenliste der Carabidae auf den drei Feldern der Jahre 2004-2006.....	VIII
7.11 Artenliste der Araneae auf den drei Feldern der Jahre 2004-2006.....	X
7.12 Artenliste der Unkräuter auf den drei Feldern der Jahre 2004-2006.....	XIII
7.13 Signifikanzen in den Modellgefäßversuchen <i>Vicia faba</i> mit Insektizidbehandlung...	XV
7.14 Signifikanzen in den Modellgefäßversuchen <i>Vicia faba</i> mit Herbizidbehandlung...	XVI
7.15 Signifikanzen in den Modellgefäßversuchen <i>Vicia faba</i> mit Herbizid- und Insektizidbehandlung.....	XVII
7.16 Signifikanzen in den Modellgefäßversuchen <i>Triticum aestivum</i> mit Insektizidbehandlung.....	XVIII
7.17 Signifikanzen in den Modellgefäßversuchen <i>Triticum aestivum</i> und <i>Vicia faba</i> mit Insektizidbehandlung.....	XIX

## Zeichenerklärung

100 %- Variante	Feldhälfte, die mit 100 % der üblichen Pflanzenschutzmitteldosis behandelt wurde
50 %-Variante	Feldhälfte, die mit 50 % der üblichen Pflanzenschutzmitteldosis behandelt wurde
„100 %“ bzw. „50 %“	Variante, in der keine Insektizidbehandlung erfolgte
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BBCH	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt, Chemische Industrie - Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen
BI	Behandlungsindex
F	Fungizidbehandlung
H	Herbizidbehandlung
HeH	Herbizidbehandlung im Herbst
I	Insektizidbehandlung
L <sub>1</sub> -L <sub>4</sub>	Larvalstadien 1-4
n.s.	nicht signifikant
PSM	Pflanzenschutzmitteldosis
PU	predator unit; Prädatoreinheit
SF	Spritzfenster; Fläche, auf der keine Pflanzenschutzmittelbehandlung erfolgte
Sig.	Statische Signifikanz
TKM	Tausendkornmasse
/	nicht erhoben bzw. nicht getestet

# 1 Einleitung

In Agrarökosystemen stellen vor allem Getreideblattläuse bedeutende Schädlinge dar, die ernste wirtschaftliche Schäden hervorrufen können. Natürliche Gegenspieler von Blattläusen sind aufgrund ihrer Räuber-Beute-Beziehung in der Lage, das Blattlauswachstum einzuschränken und einen ökonomisch relevanten Massenbefall zu verhindern (SYMONDSON et al. 2002). In Mittel- und Ostdeutschland sind die Imagines und Larven von *Coccinella 7-punctata* und *Propylea 14-punctata* (Coleoptera: Coccinellidae) sowie Larven der Syrphidae (Diptera) und Chrysopidae (Neuroptera) die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden natürlichen Prädatoren von Getreideblattläusen im Weizen (POEHLING 1988, FREIER et al. 1996). Des Weiteren können sogenannte Primärparasitoide (Hymenoptera) sowie entomopathogene Pilze (Zygomyceta: Entomophtorales) eine entscheidende Rolle als natürliche Gegenspieler von Blattläusen spielen (SCHMIDT et al. 2003). Carabidae und Araneae sind als epigäische Prädatoren ebenfalls in der Lage, die Zahl der Herbivoren zu reduzieren (SYMONDSON et al. 2002).

In der heutigen Intensivlandwirtschaft kommt es aufgrund der agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die auf hohe Erträge und geringe Preise ausgerichtet sind, zu einem hohen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel. Unter ökologischen Gesichtspunkten sind Pflanzenschutzmittelmaßnahmen aber als bedenklich einzustufen, da jede Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel einen starken Eingriff in den Naturhaushalt darstellen. Sie können direkte und indirekte Effekte auf die einzelnen Komponenten der tritrophischen Systeme (Produzenten, Herbivore, Karnivore) in Agrarlandschaften ausüben, wobei alle Komponenten mit- und untereinander in verschiedensten Wechselwirkungen stehen. Da Pflanzenschutzmittel nicht nur Schadorganismen (Schädlinge, Unkraut), sondern auch deren Prädatoren und andere Nicht-Ziel-Organismen abtöten und zur Verringerung der biologischen Vielfalt in Agrarökosystemen beitragen, kommt es zu Einschränkungen der natürlichen Regelmechanismen der Schädlingsregulation. Für den Erhalt bzw. die Förderung der Selbstregulation in den Agrarökosystemen ist es wichtig, das durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entstehende Gefährdungspotential für die Prädatoren der Schädlinge, z. B. durch Reduktion der Dosierung, zu verringern. Bei Einsparung von chemischen Pflanzenschutzmitteln wird erwartet, dass die ökologische Situation in den Agrarlandschaften und damit auch die Nachhaltigkeit des Agrarökosystem verbessert wird und es zu positiven Auswirkungen für den vorbeugenden Verbraucherschutz kommt.

Daher gibt es von Seiten der Politik und vor allem der Umweltverbände Bestrebungen, die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel deutlich, d. h. bis zu 50 %, zu reduzieren.

Untersuchungen zeigen, dass der Verzicht von chemischen Pflanzenschutzmitteln, z. B. im Ökolandbau, zu positiven Auswirkungen auf die natürlichen Regelmechanismen und Biodiversität in den Feldern führte (KROMP 1990, CLARK 1999, LETOURNEAU & Goldstein 2001, SCHMIDT et al. 2005). In anderen Studien traten dagegen zwischen ökologischem und konventionellem Anbau keine Unterschiede, z. B. in der Diversität von Carabidae, auf (MELNYCHUK et al. 2003, PURTAUF et al. 2005). Weitere Untersuchungen belegen, dass mit abnehmender Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln die Diversität sowie die Dichten von Ackerbegleitpflanzen und Nicht-Ziel-Arthropoden, auch indirekt über die Zunahme der Verunkrautung, anstiegen und somit zu positiven Auswirkungen auf die natürlichen Regelmechanismen führten (BÜCHS et al. 1997, LANGMAACK et al. 2001).

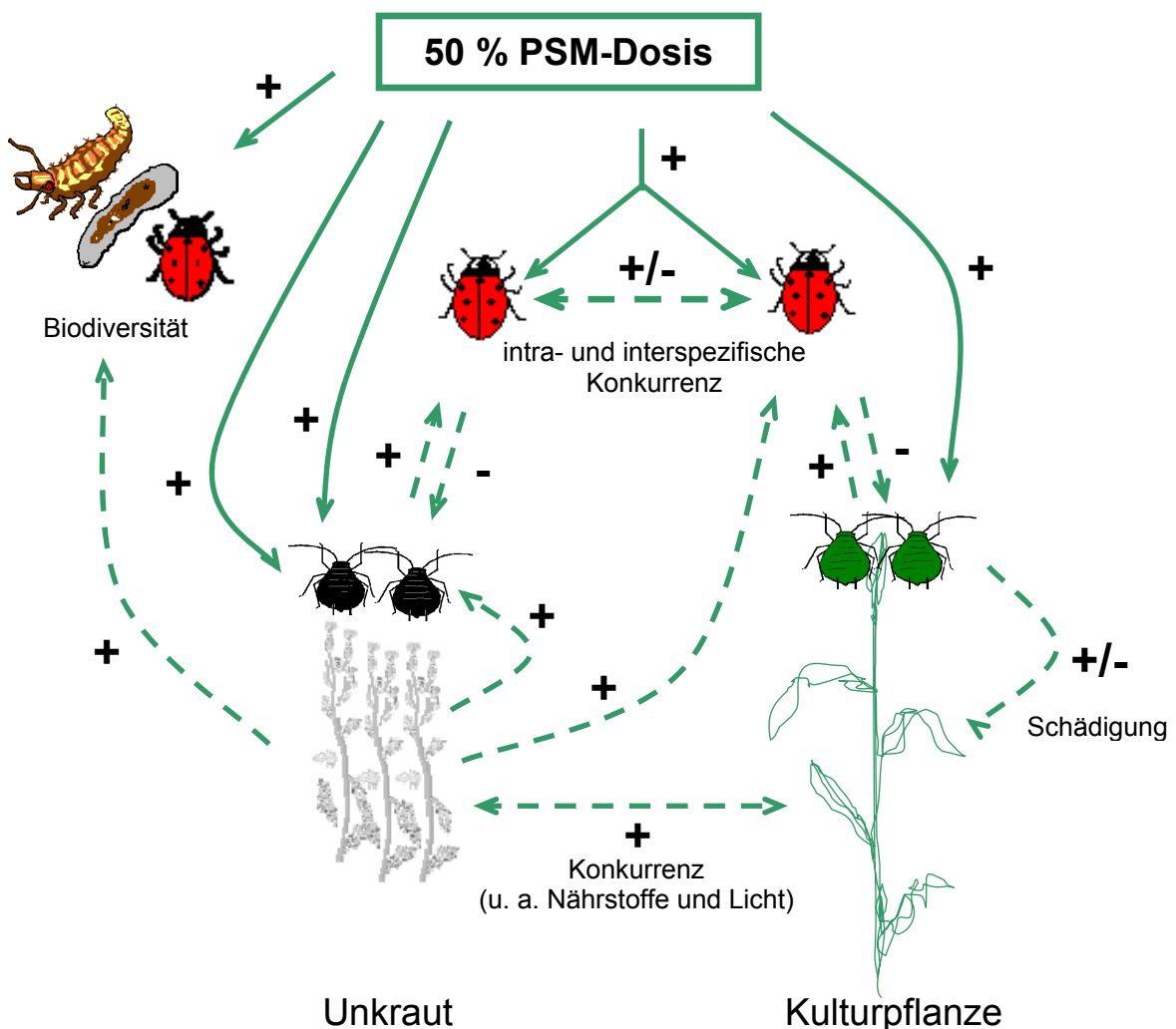
Bislang ist allerdings offen, wie sich im Rahmen einer konventionellen Landbewirtschaftung eine durchgängige deutliche Reduzierung der Anwendung von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden bei Erhalt der sonstigen Rahmenbedingungen langfristig auf die ökologische Situation im Agrarökosystem auswirkt.

Ziel der vorliegenden 3-jährigen Untersuchungen war es daher, Phänomene der langfristigen Anpassung tritrophischer Systeme und Dominanzstrukturen von Blattläusen und ihren Prädatoren an Pflanzenschutzsysteme mit um 50 % reduzierter Anwendung von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden anhand von geeigneten Bioindikatoren zu identifizieren.

Die Untersuchungen erfolgten auf drei über 15 ha großen Feldern eines konventionell bewirtschafteten Betriebes in der Magdeburger Börde, die eine ausgeräumte Landschaft darstellt, in der es häufig zu Insektizidbehandlungen gegen Blattläuse kommt. Die Felder wurden dauerhaft in zwei Teilflächen geteilt, wobei eine Teilfläche über den gesamten Untersuchungszeitraum jeweils mit der vom Landwirt gewünschten Dosis der Pflanzenschutzmittel (100 %-Variante) behandelt wurde, während auf die andere Teilfläche jeweils genau die halbe Dosis (50 %-Variante) appliziert wurde. Mittels diesen Halbfelder-Vergleichen wurden über einen Zeitraum von drei Jahren die ökologischen Situationen bezüglich des Auftretens von Blattläusen und ihren Prädatoren sowie Unkräutern vor und nach der jeweiligen Pflanzenschutzmittelbehandlung aufgenommen und ökonomische Parameter ermittelt. Zusätzlich wurden im Labor Modellgefäßversuche mit abgestuften Dosierungen von Insektiziden und Herbiziden durchgeführt, um

grundlegende Phänomene der unterschiedlichen Beeinflussung tritrophischer Systeme durch differenzierte Pflanzenschutzintensitäten zu untersuchen.

Es wurde erwartet, dass die reduzierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sowohl direkte als auch indirekte Effekte auf alle Komponenten der untersuchten tritrophischen Systeme haben kann und damit auch die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten verändert werden können. Vergleicht man die Effekte der um 50 % reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln mit denen einer 100 %-Anwendung so sind folgende Szenarien denkbar (Abb. 1.1):



**Abb. 1.1** Mögliche direkte (durchgezogene Linie) und indirekte (gestrichelte Linie) Effekte einer um 50 % reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Vergleich zur einer 100 % Dosis-Anwendung auf die einzelnen Komponenten der tritrophischen Systeme im Ackerbau. Es werden sowohl Zunahmen (+) als auch Abnahmen (-) erwartet. Erläuterungen siehe Text.



Als direkte Auswirkung führt die reduzierte Insektiziddosis zu einer geringeren Schädigung der Schädlings- und der Prädatorpopulationen, die sich in deren höheren Abundanzen ausdrückt. Des Weiteren kommt es durch die reduzierte Herbiziddosis zu einer erhöhten Unkrautdichte. Eine Erhöhung der Biodiversität, bezogen auf die Artenvielfalt, ist ebenfalls vorstellbar. Auch die indirekten Auswirkungen der reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sind vielfältig. Betrachten wir zunächst die möglichen Auswirkungen auf die Prädatoren. Die biotischen und abiotischen Bedingungen für die Prädatoren verbessern sich. Zum einen steht den Prädatoren durch die erhaltene Restpopulation der Schädlinge ein erhöhtes Nahrungsangebot zur Verfügung. Zum anderen können auch strukturelle Veränderungen, die besonders im Zusammenhang mit dem Auftreten von Unkräutern stehen, zu höheren Abundanzen und veränderten Artenzusammensetzung der Prädatoren führen. Vor allem Arten, deren Lebensräume mit dichteren Vegetationen (z. B. schattenliebend) assoziiert sind, werden von den reduzierten Pflanzenschutzmittelanwendungen profitieren. Durch das erhöhte Nahrungsangebot und die strukturellen Veränderungen kommt es zu einer verminderten intra- und interspezifischen Konkurrenz der Prädatoren. Die Prädatoren sind dadurch in der Lage, die Schädlingpopulation entscheidend zu reduzieren und somit die Schädigung der Kulturpflanze durch diese zu verringern. Allerdings vergrößert sich die Konkurrenz zwischen den Kulturpflanzen und den Unkräutern, z. B. um Nährstoffe und Licht.

Aber auch ein anderes Szenario ist denkbar. Wenn die Schädlinge durch die reduzierte Anwendung der Pflanzenschutzmittel mehr geschont werden als ihre Prädatoren, dann erhöht sich die intra- und interspezifische Konkurrenz der Prädatoren. Dies hat zur Folge, dass weniger Schädlinge gefressen werden und die Schädigung der Kulturpflanze zunimmt.

Folgende Hypothesen lassen sich zusammenfassend aufstellen:

Die Anwendung einer um 50 % reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln führt im Vergleich zur vollen Dosis zu einer

- Erhöhung der Abundanz von Schädlingen (Restpopulation),
- Erhöhung der Abundanz und der Biodiversität (Artenvielfalt) von Prädatoren,
- strukturellen Veränderung durch eine erhöhte Unkrautdichte und
- Verbesserung des Potentials der natürlichen Regulation von Schädlingen.

Folgende Fragestellungen wurden dabei besonders untersucht:

- Verringert die Anwendung einer reduzierten Dosis das Gefährdungspotential der Pflanzenschutzmittel für die Nicht-Ziel-Arthropoden?
- Profitieren mehr die Blattläuse oder ihre Prädatoren von der Anwendung einer reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln?
- Ist durch Ausnutzung von natürlichen Regelmechanismen eine Einsparung von Pflanzenschutzmitteln möglich?
- Wird ein eventuell vorhandener Ernteverlust bei der Anwendung einer reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln durch die Kosteneinsparung des verminderten Pflanzenschutzmitteleinsatzes kompensiert?
- Sind nach drei Jahren einer dauerhaft reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln kumulative Effekte sichtbar?

## **2 Stand der Forschung**

### **2.1 Reduzierte chemische Pflanzenschutzmaßnahmen**

Seit der Mensch Kulturpflanzen anbaut, haben sich Krankheiten, Schädlinge und Unkräuter an diese angepasst und ausgebreitet. Zur Sicherung der Erträge und Qualität der Ernteerzeugnisse werden seit jeher Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Durch die Intensivierung des Anbaus, einseitige Fruchtfolgen und hohe Mineraldüngung besteht eine immer höhere Gefährdung der Kulturen durch Schadorganismen. Weltweit entstehen durch sie Ertragseinbußen von bis zu 35 %, davon fallen 13,8 % auf Schädlinge, 11,6 % auf Krankheitserreger und 9,6 % auf Unkräuter (SCHMITZ 2002). Durch gezielte Pflanzenschutzmaßnahmen werden die durch Schadorganismen verursachten Ertragsverluste auf 20-30 % minimiert (WETZEL 2004). Bei völligem Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel würden Ertragseinbußen z. B. im Winterweizen von 30-50 % auftreten und die Produktionskosten steigen (CLAUPEIN 1994). Insgesamt würde dies zu höheren Lebensmittelpreisen und Einbußen in der Lebensqualität führen. Vor allem in der dritten Welt könnte nicht genügend Nahrung für die gesamte Bevölkerung produziert werden. Die Anwendung synthetisch chemischer Pflanzenschutzmittel hat allerdings auch negative Nebeneffekte auf Mensch und Umwelt, da die Pflanzenschutzmittel sich in Nahrungsmitteln sowie Gewässern und im Boden anreichern können. So wurden im Jahr 2002 in mehr als 50 % der in Deutschland untersuchten Lebensmittel (einheimische und importierte) Pflanzenschutzmittelrückstände nachgewiesen. Davon überschritten 8,7 % die festgelegten zulässigen Höchstmengen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2004). Zudem nehmen die chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen Einfluss auf die ökologischen Wechselbeziehungen innerhalb der Kulturbestände, da sie nicht nur Schadorganismen, sondern auch Nützlinge und Nicht-Zielorganismen direkt oder indirekt schädigen und dadurch das Potenzial natürlicher Regelmechanismen nicht ausgenutzt werden kann. Außerdem entstehen den landwirtschaftlichen Betrieben durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln hohe Kosten. Trotzdem bleibt der Absatz von Pflanzenschutzmitteln seit über zehn Jahren mit ca. 29.000 t pro Jahr auf einem hohen Niveau (SCHMIDT 2003). Die Möglichkeiten einer Pflanzenschutzmittelreduktion wird durch die einseitige Ausrichtung auf hohe Erträge und niedrige Preise begrenzt. Andererseits stellen die zunehmenden Resistenzen von Schaderregern die Wirtschaftlichkeit und Rechtfertigung

routinemäßiger Anwendung chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen zunehmend in Frage.

Aufgrund dieser Tatsachen wird das Leitbild des integrierten Pflanzenschutzes verfolgt und es gibt von Seiten der Politik europäische und nationale Bestrebungen, die Anwendung synthetisch chemischer Pflanzenschutzmittel beträchtlich zu reduzieren. So wurde auf europäischer Ebene diese Zielsetzung bereits 1993 von der EUROPÄISCHEN KOMMISSION im Rahmen des V. Umweltaktionsprogrammes (1993) formuliert und innerhalb des VI. Umweltaktionsprogrammes (2002) eine „Thematische Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln“ ausgearbeitet. Auf nationaler Ebene wurde 2004 vom damaligen Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft das „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ publiziert. Danach soll die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel stärker als bisher auf das notwendige Maß begrenzt werden, damit unnötige Anwendungen dieser Pflanzenschutzmittel unterlassen und die Anwendung nicht-chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen vorangetrieben werden. Das notwendige Maß beschreibt dabei die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die notwendig ist, um den Anbau der Kulturpflanzen, besonders vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit, zu sichern. Dabei wird vorausgesetzt, dass alle anderen praktikablen Möglichkeiten zur Abwehr und Bekämpfung von Schadorganismen ausgeschöpft und die Belange des Verbraucher- und Umweltschutzes sowie des Anwenderschutzes ausreichend berücksichtigt wurden (ANONYMUS 2004a). Zudem soll eine Reduzierung der Überschreitungsraten von Pflanzenschutzmittel-Rückstandhöchstmengen in einheimischen Agrarprodukten auf unter 1 % erreicht werden. Als weitere Zielsetzung wurde 2005 von den Agrarministern der Bundesländer festgelegt, den Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft innerhalb von zehn Jahren um 15 % weiter zu senken.

Umweltverbände, wie PAN (Pestizid Aktions-Netzwerk e. V.) und NABU (Naturschutzbund Deutschland e. V.), begrüßen das Reduktionsprogramm, halten dieses aber für unzureichend. Sie fordern eine weitaus stärkere Minderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes. In Fachkreisen besteht der Konsens, dass erhebliche Einsparmöglichkeiten für Pflanzenschutzmittel von zur Zeit 30 % bestehen und ihre Nutzung wirtschaftlich und ökologisch vorteilhaft ist (PAN GERMANY 2003). Auch der RAT DER SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN empfahl in seinem Umweltgutachten (2004) eine Reduzierung der Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln um 30 % bis zum Jahr 2008 gegenüber 2004. Als realistische Zielsetzung schlagen Umweltverbände eine Halbierung der eingesetzten Pflanzenschutzmittelmengen bis zum Jahr 2008 vor (NABU 2002, PAN GERMANY 2004).

Seit Beginn der Anwendung synthetisch chemischer Pflanzenschutzmittel in den 40er Jahren fanden die Nebenwirkungen auf Nützlinge und andere Nicht-Zielorganismen das Interesse der Wissenschaft (PICKETT & PATTERSON 1953, HASSAN et al. 1991, HASSAN et al. 1994, STERK et al. 1999). Die Sorge um die Nebenwirkungen der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel führte zur Etablierung der Strategie des integrierten Pflanzenschutzes (STERN et al. 1959). Diese beinhaltet die Sicherung der Erträge und Qualität der Ernteerzeugnisse sowie die Minimierung der Verluste durch Schaderreger und Unkräuter durch vorrangige Ausnutzung vorbeugender biologischer, biotechnischer sowie anbau- und kulturtechnischer Pflanzenschutzmaßnahmen (Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Fruchtfolge, usw.) und Resistenzzüchtung. Der chemische Pflanzenschutz trägt mit der Maxime „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“ ergänzend dazu bei. Dabei soll die Ausnutzung natürlicher Begrenzungsverfahren und Regelmechanismen im Vordergrund stehen, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadschwelle zu halten (FREIER et al. 1995). Die wirtschaftliche Schadschwelle ergibt sich aus dem Verhältnis der vorhandenen Befallsdichte, der möglichen Schadenshöhe und den aufzuwendenden Bekämpfungskosten (DIERCKS & HEITEFUSS 1994). In den 80er Jahren wurden die Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nützlinge in das Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel einbezogen. Dadurch konnten sehr genaue Kenntnisse über das Ausmaß dieser Nebenwirkungen gewonnen werden. Außerdem erfolgten Feldstudien mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität, die auch Differenzierungen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beinhalteten (STEINMANN et al. 2003). Oft stand dabei im Mittelpunkt, neben einer hohen Intensität auch eine verringerte Intensität aller Maßnahmen (*Low-input*) zu prüfen. Es ist davon auszugehen, dass diese *Low-input*-Maßnahmen Auswirkungen auf die Arthropodengesellschaft (Schädlinge, Nützlinge, indifferente Arten und Arthropoden an Unkräutern) haben.

Als Indikator für die Pflanzenschutzintensität hat sich der Behandlungsindex bewährt (ROßBERG et al. 2002). Dieser stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen auf einer betrieblichen Fläche, einer Kultur oder in einem Betrieb unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen dar, wobei bei Tankmischungen jedes Pflanzenschutzmittel gesondert zählt (ANONYMUS 2004a). So beträgt der Behandlungsindex 1,0, wenn auf die gesamte Fläche die zugelassene Höchstmenge des Pflanzenschutzmittels angewendet wird. Wird dagegen z. B. nur auf die Hälfte der Fläche die Höchstmenge aufgetragen, dann ergibt sich ein Behandlungsindex von 0,5.

### 2.1.1 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Zur Ermittlung des tatsächlichen Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau in der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahr 2000 realistische, praxisbezogene Daten zum Pflanzenschutzmitteleinsatz von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft und den Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer erhoben (NEPTUN 2000: Netzwerk zur Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands). Dabei wurde ein mittlerer Behandlungsindex im Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland von 3,73 ermittelt, der sich zusammensetzt aus Fungiziden 1,39, Herbiziden 1,37, Insektiziden 0,36 und Wachstumsregler 0,62 (ROßBERG 2002). Der Behandlungsindex der Anhaltinischen Löß-Ebenen, zu denen die Magdeburger Börde zugeordnet wird, ist mit 3,74 ähnlich hoch (Fungizid 1,35, Herbizid 1,24, Insektizid 0,30 und Wachstumsregler 0,85). Aufgrund des intensiven Anbaus in der Magdeburger Börde zählt diese zu einem Gebiet mit hohem Pflanzenschutzmitteleinsatz. Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel in Erbse liegen nicht vor.

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (Herbizide, Insektizide, Fungizide, Wachstumsregler) kann die Arthropodengesellschaft direkt und/oder indirekt beeinflussen. Bei der Bewertung der ökologischen Auswirkungen ist zu berücksichtigen, dass unter den Feldbedingungen die direkten oder indirekten Einflüsse der Pflanzenschutzmittel-Anwendungen in unterschiedlichem Maße durch Wiederbesiedlungs- und Erholungsprozesse kompensiert werden können (HUUSELA-VEISTOLA 1996). Hinweise auf mögliche Auswirkungen einer reduzierten Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die Arthropodengesellschaft im Feld lassen sich gewinnen, wenn man auf Kenntnisse im ökologischen Landbau zurückgreift, der durch den völligen Verzicht von synthetischen chemischen Düngern und Pflanzenschutzmitteln gekennzeichnet ist. Zahlreiche Studien beschäftigten sich mit dem Vergleich zwischen ökologischem und konventionellem Anbau hinsichtlich Aktivitätsdichte, Artenreichtum und Diversität von Carabidae, Staphylinidae und Araneae im Feld. Untersuchungen zeigten, dass auf ökologisch bewirtschafteten Feldern die Abundanzen und die Aktivitätsdichten von epigäischen Arthropoden (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) (PFIFFNER & NIGGLI 1996) und allen funktionellen Arthropodengruppen (Herbivore, Prädatoren, Parasitoide) (LETOURNEAU & GOLDSTEIN 2001) höher waren als auf konventionell bewirtschafteten Feldern.

Studien belegten, dass die Aktivitätsdichte und die Anzahl der Arten von Carabidae im ökologischen Landbau höher waren als im konventionellen Anbau (KROMP 1990, CLARK 1999, IRMLER 2003, SHAH et al. 2003). Einige Arten traten dabei häufiger in ökologisch angebauten Feldern auf, z. B. *Carabus auratus*, *Amara similata* und

*Pseudoophonus rufipes*, während andere Arten wiederum in konventionell angebauten Feldern häufiger vorkamen, z. B. *Loricera pilicornis*, *Asaphidion flavipes* und *Nebria salina*. Allerdings konnten keine Unterschiede in der Artendiversität und Evenness festgestellt werden. Die aufgetretenen Unterschiede wurden zum einen durch den Verzicht von Pflanzenschutzmitteln und zum anderen durch eine höhere Unkrautbedeckung und ein erhöhtes Nahrungsangebot auf den Feldern im ökologischen Anbau erklärt. In anderen Studien konnten dagegen keine Unterschiede bezüglich der Aktivitätsdichte, des Artenreichtums und der Artenzusammensetzung von Carabidae zwischen beiden Anbausystemen festgestellt werden (DÖRING & KROMP 2003, MELNYCHUK et al. 2003, PURTAUF et al. 2005). ANDERSEN & ELTUN (2000) zeigten, dass Staphylinidae negativ von der ökologischen Bewirtschaftung beeinflusst wurden. Sie erklären dies mit einer erhöhten Aktivitätsdichte von Carabidae und der daraus resultierenden verstärkten Konkurrenz. Eine Studie von FEBER et al. (1998) belegte, dass auch höhere Dichten und ein größerer Artenreichtum von Araneae auf Feldern des ökologischen Anbaus vorkamen als auf konventionell angebauten Feldern. Andere Studien konnten zwar auch eine erhöhte Dichte von Araneae auf ökologisch angebauten Flächen feststellen, fanden aber zwischen beiden Anbausystemen keine Unterschiede im Artenreichtum (SCHMIDT et al. 2005) und in der Artendiversität (BOOIJ & NOORLANDER 1992).

### 2.1.2 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Insektiziden

Ein Ziel reduzierter Anwendungen von Insektiziden ist es die Nebenwirkungen auf Nicht-Zielarthropoden, insbesondere auf Nützlinge, zu reduzieren. Gleichzeitig wird einkalkuliert, die Schädlinge nicht vollständig zu vernichten und eine Restpopulation der Schädlinge zu erhalten, um als Nahrung für natürliche Gegenspieler zu dienen. Wenn den Prädatoren ihre Nahrungsquelle völlig entzogen wird, verbleiben sie nicht im Feld und können dann eine erneute Massenvermehrung der Schädlinge nicht verhindern (TURNER 1994). Studien belegen, dass Prädatoren von Blattläusen bzw. Nicht-Zielorganismen von reduzierten Insektizidapplikationen profitieren. So konnten LONGLEY et al. (1997) nachweisen, dass bei einer reduzierten Aufwandmenge des Insektizids Decis (Deltamethrin) die Populationen von primären Parasitoiden und Hyperparasitoiden der Blattläuse weniger stark reduziert wurden als bei Applikation der vollen Dosis. WILES und JEPSON (1995) konnten zeigen, dass die Mortalität des Nützlings *Coccinella 7-punctata* bei direkter Aussetzung mit dem Insektizid Deltamethrin abnahm, je geringer die

applizierte Dosis war. Auch KROOSS und SCHAEFER (1998) konnten in einer Langzeitstudie beobachten, dass die alleinige Reduktion von Insektiziden eine erhöhte Abundanz einiger Staphylinidae in Winterweizen hervorrief, wobei allerdings kein positiver Effekt auf den Artenreichtum zu verzeichnen war. Verminderte Aufwandmengen an Insektiziden können aber auch zu einer ausreichenden Bekämpfungskontrolle von Blattläusen führen. So konnte NIEHOFF (1996) nachweisen, dass verminderte Aufwandmengen an Insektiziden zu einem genügenden Bekämpfungserfolg gegen Getreideblattläuse in Winterweizen führten. BODE (1981) und STORCK-WEYHERMÜLLER (1987) erzielten ebenfalls eine ausreichende Kontrolle von Blattläusen bei reduzierten Dosen von Pirimor (Pirimicarb). Allerdings konnten in anderen Experimenten nach Applikation der verminderten Dosis die Erholung der Population der Blattläuse schneller erfolgen als bei der vollen Dosis (LONGLEY et al. 1997).

### **2.1.3 Ökologische Effekte der Reduktion der Anwendung von Herbiziden und Fungiziden**

Direkte Auswirkungen von Herbiziden auf die Arthropodenfauna sind bisher nicht nachgewiesen worden (ANONYMUS 2006). Allerdings können Effekte, die das Vorkommen der Pflanzen beeinflussen, einen indirekten Einfluss auf die Arthropoden ausüben, die von ihnen abhängig sind (Futter, Schutz, Fortpflanzung). Die reduzierte Anwendung von Herbiziden kann einen großen Einfluss auf die Verunkrautung und das Vorkommen einzelner Pflanzenarten im Bestand haben. Die meisten Unkrautarten fördern eine hohe Biodiversität der Arthropoden. Eine erhöhte Abundanz an Wirtspflanzen kann demnach assoziierte Insekten und andere Taxa positiv beeinflussen (MARSHALL et al. 2003). In vielen Studien konnte belegt werden, dass eine reduzierte Anwendung von Herbiziden einen positiven Effekt auf die Flora hat (JENSEN 1998, ESBJERG & PETERSEN 2002). So waren bei Applikation reduzierter Herbiziddosen sowohl die Unkrautdichten als auch die Anzahl der Unkrautarten signifikant höher als im Vergleich zur vollen Dosis. KNEZEVIC et al. (2003) konnten nachweisen, dass eine zu 50 % bzw. 25 % reduzierte Anwendung von Herbiziden eine Abnahme der effektiven Kontrolle gegen einjährige Unkräuter von 12 % bzw. 19 % (totale Biomasse) in Winterweizen und 6 % bzw. 15 % in Gerste zur Folge hatte. Dennoch stellte dies eine sehr gute Kontrolle der jährlichen Hauptunkrautarten dar. Auch BOSTRÖM und FOGELFORS (1999) stellten fest, dass auf unbehandelten Getreideflächen 30 % mehr Unkrautarten vorkamen als bei Behandlungen mit 75 % bzw. 100 % der vollen Herbiziddosis. Wird zur Unkrautkontrolle die Applikation von Herbiziden mit mechanischer Unkrautbekämpfung kombiniert, kann die Anwendung von Herbiziden



reduziert werden, ohne die Effektivität der Unkrautbekämpfung zu mindern (BLAIR et al. 1997). HAUGHTON et al. (1999) konnten zeigen, dass die Behandlung von Ackerfeldrändern mit unterschiedlichen Dosen des Herbizids Glyphosat Effekte auf die Abundanz von Spinnen haben. So reduzierte die höchste Dosis die totale Abundanz der Spinnen. Es wird angenommen, dass Veränderungen der Vegetation und des Mikroklimas dafür verantwortlich sind.

Aus Untersuchungen ist bekannt, dass einige Wirkstoffe von Fungiziden negative Auswirkungen auf Blattlausprädatoren im Feld haben (HASSAN et al. 1991, HASSAN et al. 1994, ANONYMUS 2006). So konnten SOTHERTON und MOREBY (1988) zeigen, dass nach der Applikation des Wirkstoffs Pyrazophon die Dichten von Coccinellidae, Carabidae und Araneae abnahmen, während die Wirkstoffe Triadimefon und Propiconazole keine Effekte auf die Blattlausprädatoren ausübten. Des Weiteren kann eine Fungizidbehandlung den Blattlausbefall im Weizen direkt oder indirekt beeinflussen. Die Entwicklung der Blattlauspopulation kann durch die Fungizidbehandlung gefördert werden, indem entomopathogene Pilze abgetötet werden. Auch phytopathogene Pilze, die um die gleiche Nahrungsressource konkurrieren, werden durch die Fungizidbehandlung abgetötet und die Seneszenz der Pflanze verzögert (KRÜSSEL et al. 1997). Damit stehen die Wirtspflanzen den Blattläusen über einen längeren Zeitraum als günstige Nahrungsgrundlage zur Verfügung.

Die Auswertung der internationalen Literatur hat allerdings ergeben, dass Zusammenhänge zwischen der Dosierung von Fungiziden und Arthropodengesellschaften bislang noch kein Gegenstand von wissenschaftlichen Untersuchungen waren.

## 2.2 Agrarökosysteme und ihre trophischen Beziehungen

Agrarökosysteme sind durch starke anthropogene Einflüsse gekennzeichnet. Landwirtschaftlich genutzte Flächen zeichnen sich durch eine kurze Bodenruhe, häufige Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel sowie Pflanzenschutz- und Erntemaßnahmen aus (KENNEDY & STORER 2000). Im Vergleich zu naturnahen Ökosystemen haben Agrarökosysteme einen verstärkten Aspektenwechsel und unterbinden Sukzessionen. Auch ist ihre vertikale Gliederung nicht so vielgestaltig wie in naturnahen Ökosystemen, sondern meist auf Boden, Bodenoberfläche und Krautschicht begrenzt. Eine wichtige Steuergröße des Ökosystems ist die Biodiversität. Eine hohe Biodiversität begünstigt Prozesse zur Selbstregulation und wirkt sich daher stabilisierend auf das Ökosystem aus. Man spricht von einem stabilen Ökosystem, wenn trotz ständiger Schwankungen der

abiotischen Umweltfaktoren ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Populationen vorliegt und zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten ein ungestörter Energie- und Stofffluss möglich ist (BICK 1993). In einem Agrarökosystem stellt sich ein Gleichgewicht als Reaktion auf abiotische Umweltfaktoren und anthropogene Störungen ein. In einem artenreichen System können aufgrund der vielfältigen Interaktionen Störungen besser „gepuffert“ werden. Für ein Agrarökosystem, das eine zeitlich eng begrenzte Existenzdauer aufweist, ist es vor allem wichtig, sich jährlich verändernden Bedingungen (z. B. durch Fruchtfolge, Ernte) anpassen zu können. Dies kann nur durch einen genügend großen Artenpool gewährleistet werden. Störungen des Ökosystems können über Rückkopplungsprozesse die Biodiversität fördern, da sie Voraussetzungen für die Ansiedlung neuer Arten schaffen. Dabei wirken die Störungen nicht nur auf die Arten, sondern auf die Zönosen in ihrer Gesamtheit. Die Funktionsfähigkeit eines Ökosystems wird durch die Anpassung der Arten und die Einstellung neuer Gleichgewichtszustände, also durch Selbstregulation, gewährleistet.

In Agrarökosystemen bestehen komplexe tritrophische Wechselbeziehungen zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern (1. trophische Ebene, Produzenten), Schädlingen (2. trophische Ebene, Konsumenten 1. Ordnung, Herbivore) und Nützlingen (3. trophische Ebene, Konsumenten 2. Ordnung, Karnivore). Die Kulturpflanzen und Unkräuter dienen den phytophagen Schädlingen (Herbivore) als Nahrung und üben dadurch sogenannte *bottom-up*-Effekte auf die Konsumenten aus. Die Schädlinge wiederum bilden die Nahrungsgrundlage von Nützlingen (Karnivore), die *top-down*-Effekte auf die Schädlingspopulation ausüben. Die Unkräuter können damit indirekt oder auch direkt als Futterquelle der Nützlinge dienen, da sie auch alternative Nahrung in Form von z. B. Pollen und Nektar bereitstellen (NORRIS & KOGAN 2005).

In Agrarökosystemen spielen Schädlings-Nützlings-Interaktionen eine große Rolle, da, wie oben erwähnt, Nützlinge aufgrund ihrer Räuber-Beute- bzw. Wirt-Parasit-Interaktionen Schaderregerpopulationen in ihrer Vermehrung begrenzen können. Diese Prozesse geschehen über Dichterückkopplungsprozesse. So wurde in vielen Studien die Abhängigkeit von Nützlingsgruppen wie Coccinellidae, Chrysopidae und vor allem Syrphidae von der vorhandenen Blattlausdichte beschrieben (FREIER et al. 2001). Die Effektivität dieser natürlichen Regulation ist außerdem abhängig vom Beutefindungsvermögen und der Fraßleistung der Prädatoren sowie von der zeitlichen und räumlichen Koinzidenz der Prädatoren zu ihrer Beute. Auch die intra- und interspezifische Konkurrenz zwischen den Prädatoren spielt eine entscheidende Rolle für die Prädatorenleistung. Parasitoide und polyphage Räuber besitzen ebenfalls Potenziale zur natürlichen Regulation der Schaderregerpopulationen. Sie können aber akutem Schaderreger-vorkommen nicht spontan entgegenwirken, da im Falle der Parasitoide die Wirtstiere erst

mit Verzögerung abgetötet werden und im Falle der polyphagen Räuber die Interaktionen mit dem Schädling nicht so eindeutig sind. Trotzdem wird durch komplexe Wirkungseinflüsse das Risiko der Massenvermehrung der Schädlinge verringert. Anthropogene Eingriffe in das Ökosystem reduzieren jedoch die Effektivität der Prädatoren. So werden den Nützlingen durch die Beseitigung von Landschaftselementen wie Hecken, Feldrainen und Feldgehölzen ihre Rückzugshabitate sowie ihre alternativen Nahrungsquellen entzogen (THOMAS & MARSHALL 1999). Aber vor allem der Einsatz von synthetischen chemischen Pflanzenschutzmitteln kann einen großen Einfluss auf die Prädatoren ausüben. Der Erhalt bzw. die Förderung der Selbstregulation in den Agrarökosystemen bedeutet einen geringeren Eingriff in den Naturhaushalt und stellt somit eine Entlastung für Mensch und Umwelt dar.

### 2.3 Blattläuse an Weizen und Erbse

Blattläuse haben ein enormes Vermehrungspotenzial und können sich bei guten Entwicklungsbedingungen in kurzer Zeit massenhaft vermehren. Ihr großes Vermehrungspotenzial beruht auf ihrer kurzen Entwicklungsdauer von 8-14 Tagen und der Fähigkeit zur Parthenogenese. Aufgrund der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind Blattläuse in der Lage, innerhalb einer Vegetationsperiode zehn und mehr Generationen an Nachkommen in großer Anzahl zu produzieren. Blattläuse schädigen als Phloemsaftsauger die Pflanze direkt durch Entzug von Assimilaten. Sie verwerten die im Phloemsaft enthaltenen Aminosäuren und scheiden den überschüssigen Zucker als Honigtau aus, wodurch auch indirekte Schäden entstehen können. Der Honigtau bedeckt photosynthetisch aktive Organe der Pflanzen und beeinträchtigt dadurch den Gasaustausch durch die Spaltöffnungen (ROSSING & VAN DE WIEL 1990). Darauf ansiedelnde Schwärzepilze (Dematiaceae) verringern zudem die Photosyntheseleistung. Des Weiteren kann der Honigtau als Substrat für sekundäre Pilzinfektionen, z. B. fakultative Parasiten wie *Septoria nodorum* und *Fusarium* spp., dienen (RABBINGE et al. 1981). Auch als Vektoren pflanzenpathogener Viren, wie z. B. das Gelbverzwergungsvirus (BYD-Virus), können die Blattläuse eine entscheidende Rolle spielen (SWENSON 1968). Dies alles kann sowohl den Ernteertrag als auch die Qualität der Ernteerzeugnisse vermindern.

### 2.3.1 Blattläuse an Weizen

In der Bundesrepublik Deutschland kommen im Getreide hauptsächlich die drei Blattlausarten *Sitobion avenae* (F.), *Metopolophium dirhodum* (Walk.) und *Rhopalosiphum padi* (L.) vor, wobei die beiden erstgenannten die größten wirtschaftlichen Schäden hervorrufen. Bis Ende der 60er Jahre kamen Getreideblattläuse in Mitteleuropa nur unbedeutend vor und bedurften daher keiner Bekämpfung. 1968 wurden allerdings die ersten Gradationen von Blattläusen in der Bundesrepublik Deutschland (KOLBE 1969), in Großbritannien (FLETCHER & BARDER 1969) und Frankreich (ANGLADE 1969) beobachtet. Seitdem kommt es immer wieder zu Blattlausgradationen, die zu starken Ertragsausfällen führen. Für das verstärkte Auftreten der Blattläuse werden verschiedene Ursachen angenommen. Dazu zählen die Intensivierung des Weizenanbaus, der Anbau spätreifender, ertragsreicher Sorten, das hohe Niveau der Stickstoffdüngung sowie die verzögerte Abreife der Weizenpflanzen durch Fungizideinsatz.

### 2.3.2 Blattläuse an Erbse

In der Erbse tritt vornehmlich *Acyrtosiphon pisum* (Harris) auf, die auch andere Leguminosen befällt (OBST & PAUL 1993). Bei stärkerem Befall werden die Pflanzen durch die Saugtätigkeit der Blattläuse beschädigt, was vor allem bei Trockenheit oft zu einem vorzeitigen Absterben der Pflanzen führt. Des Weiteren kann es zu einer Verringerung der Hülsenzahl, der Korngröße und zur Qualitätsminderung des Ernteguts kommen.

## 2.4 Natürliche Gegenspieler der Blattläuse

Aus Labor- und Freilanduntersuchungen sind eine Vielzahl von natürlichen Gegenspielern der Blattläuse aus verschiedenen Ordnungen und Familien bekannt (Tab. 2.1). Da die prädatorische Leistung der einzelnen Prädatoren sehr unterschiedlich ist, erscheint es nicht sinnvoll, eine Addition der Nützlinge vorzunehmen, um das tatsächliche räuberische Potenzial der auftretenden Prädatorgesellschaft zu ermitteln. FREIER et al. (1997) schlagen daher vor, eine Prädatorgesellschaft als Anzahl Prädatoreinheiten pro m<sup>2</sup> zu charakterisieren. Dabei werden den Prädatoren, gewichtet nach ihren Fraßleistungen, sogenannte PU-Werte (predator units, Prädatoreinheiten) zugeordnet. Je größer das prädatorische Potenzial des Prädators ist, desto höher ist der ihm zugeordnete Wert.

**Tab. 2.1** Übersicht der natürlichen Gegenspieler von Blattläusen.

Ordnung	Familien
Coleoptera	Cantharidae, Carabidae, Coccinellidae, Leiodidae, Staphylinidae
Diptera	Cecidomiidae, Charnaemyiidae, Chloropidae, Empididae, Scathophagidae, Syrphidae
Hymenoptera	Formicidae, Proctotrupidae, Sphecidae, Vespidae
Neuroptera	Chrysopidae, Coniopterigidae, Hemerobiidae, Osmylidae, Sisyridae
Hemiptera	Anthocoridae, Miridae, Nabidae
Araneae	Anyphaenidae, Araneidae, Clubionidae, Linyphiidae, Liocranidae, Lycosidae, Metidae, Oxyopidae, Tetragnathidae, Theriidae, Thomisidae
Acari	Anystidae, Mesostigma, Parasitidae
Opiliones	Phalangiidae

Die relativen Leistungswerte der wichtigsten Prädatoren der Getreideblattläuse wurden unter Einbeziehung der Anteile der Blattläuse an der Gesamtnahrungsmenge kalkuliert und liegen zwischen 1,0 für ein fertiles Weibchen von *Coccinella 7-punctata* und 0,002 für adulte Spinnen (Tab. 2.2).

**Tab. 2.2** Prädatoreinheiten (PU-Werte) der Prädatoren von Getreideblattläusen, gewichtet nach ihrem jeweiligen Prädatortpotenzial (nach FREIER et al. 1997).

Prädatör	Stadium	PU-Wert
<i>Coccinella 7-punctata</i>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0,160
	L <sub>4</sub>	0,500
	Imago	0,940
<i>Propylea 14-punctata</i>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0,120
	L <sub>4</sub>	0,340
	Imago	0,580
Syrphidae	Larve	0,460
Chrysopidae	Larve	0,140
Carabidae	Larve	0,004
Carabidae > 1,0 cm	Imago	0,180
Carabidae < 1,0 cm	Imago	0,020
Staphylinidae	Imago & Larve	0,003
Araneae	Imago	0,002

L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>: 1.-4. Larvalstadium

## Spezialisierte Blattlausprädatoren

### 2.4.1 Coccinellidae

Die Familie der Marienkäfer (Coleoptera: Coccinellidae) umfasst weltweit über 5000 Arten (FRAZER 1988). In Deutschland treten ca. 80 Arten auf, von denen 37 Arten bevorzugt Blattläuse fressen. Zu den wichtigsten Blattlausprädatoren zählen in Kulturpflanzenbeständen die euryöken Arten *Coccinella 7-punctata* L. und *Propylea 14-punctata* (L.), bei denen sowohl die Larven als auch die adulten Tiere Blattläuse fressen. Während der Larvalentwicklung werden ca. 600 Blattläuse vertilgt, wobei das 4. Larvalstadium etwa zwei Drittel davon aufnimmt (FREIER & GRUEL 1993). Unter Freilandbedingungen wird eine Fraßrate der Imagines von 50 Blattläusen pro Tag angenommen. Dabei verzehren die Weibchen ca. ein Drittel mehr als die Männchen. Das Vorhandensein der Marienkäfer in den Kulturbeständen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Ein entscheidender Faktor stellt eine ausreichende Nahrungsgrundlage dar (HODEK 1967, HONEK 1982a, b, IPTERI 1991). Eine Blattlausdichte von mindestens 8,7-23,6 Blattläuse pro m<sup>2</sup> wird als notwendig angesehen, damit Coccinellidae im Getreidebestand verbleiben (HONEK 1980). Die Anwesenheit von Honigtau führt dabei zu einem intensiveren Suchverhalten der Marienkäferlarven (CARTER & DIXON 1984). Auch das Vorhandensein von Konkurrenten und Gegenspielern beeinflusst das Auftreten der Coccinellidae (EVANS 1991). So führt die Anwesenheit von Artgenossen zu einem verstärkten Abwandern der Imagines (HEMPTINNE et al. 1992). Eine Larvenmortalität von ca. 30 % ist aufgrund von Kannibalismus nicht selten. Mikroklimatische Bedingungen wie Temperatur und Luftfeuchte spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle für das Vorhandensein von Coccinellidae (HODEK 1967, HONEK 1982a, b, IPTERI 1991). Die Fraßmenge hängt ab von Nahrungsangebot, Blattlausart, Temperatur und Luftfeuchte sowie vom Entwicklungsstadium (FREIER 1983, FRAZER 1988). Da den aphidophagen Coccinellidae nur für kurze Zeit ihre Nahrungsquelle in ausreichender Menge vorhanden ist, ernähren sie sich noch von weiteren Nahrungskomponenten. Dazu gehören u. a. verschiedene Blattlausarten, Milben, Dipteren, diverse Insektenlarven sowie Pilzsporen, Pollen und Nektar (PEMBERTON & VANDENBERG 1993, TRILTSCH 1997).

Es ist bekannt, dass Insektizidbehandlungen einen großen Einfluss auf die Populationen von Coccinellidae in Agrarökosystemen ausüben können (OBRYCKI & KRING 1998, Krüssel et al. 1997). So stellten POEHLING und DEHNE (1986) negative Auswirkungen für das Pyrethroid Sumicidin (Fenvalerat) auf die Abundanz der Imagines und Larven von *Coccinella 7-punctata* fest. Andere Autoren weisen auf eine ebenfalls hohe Toxizität des Pyrethroids Karate ( $\lambda$ -Cyhalothrin) auf Coccinellidae hin (BROWN et al. 1983, STERK et al. 1999, BOZSIK 2006). NIEHOFF (1996) konnte zudem keine Schonung

der Coccinellidae bei Applikation reduzierter Aufwandmengen von Karate feststellen. Dagegen konnten in anderen Untersuchungen eine geringe Empfindlichkeit von Coccinellidae gegenüber Pirimor (Pirimicarb) nachgewiesen werden (BROWN et al. 1983, STORCK-WEYHERMÜLLER 1987, POEHLING 1988, NIEHOFF 1996). Auch JANSEN (2000) konnte zeigen, dass Pirimicarb keinen signifikanten Effekt auf die Anzahl von Imagines und Larven der Coccinellidae hatte.

### 2.4.2 Syrphidae

Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) kommen weltweit in 5000 Arten vor (JACOBS & RENNER 1998). Davon sind ca. 440 Arten in Deutschland zu finden. In Europa sind die Larven von ca. 250 Arten aphidophag und spielen eine entscheidende Rolle bei der biologischen Kontrolle von Blattläusen. Syrphidae repräsentieren 80 % der stenophagen Blattlausprädatoren in Deutschland. Die dominanteste und wichtigste Art stellt *Episyrphus balteatus* deGeer dar, die bis zu 90 % der Syrphidengesellschaft in Getreidefeldern ausmachen kann (POEHLING 1988, TENHUMBERG & POEHLING 1995).

Syrphidae sind gut an die frühe Phase des Blattlauspopulationswachstums angepasst, da sie schon bei sehr geringer Blattlausdichte Eier in die Nähe einer Blattlauskolonie ablegen (ANKERSMIT et al. 1986, TENHUMBERG & POEHLING 1995). Die Imagines besitzen ein gutes Wirtsfindungsvermögen, wobei sie sich am Duft des Honigtaus der Blattläuse orientieren und zur Eiablage stimuliert werden. Visuelle Reize spielen dagegen keine Rolle. Die Anzahl der abgelegten Eier korreliert positiv mit der Blattlausdichte (BUDENBERG & POWELL 1992, BARGEN et al. 1998, FREIER et al. 2001). Die Eiablage wird durch das Vorhandensein von Honigtau der Blattläuse stimuliert (BUDENBERG & POWELL 1992). Wenn keine Blattläuse vorhanden sind, werden keine Eier abgelegt (SCHOLZ & POEHLING 2000). Für die Eiablage werden große und junge Blattlauskolonien gegenüber sehr großen Kolonien mit vielen geflügelten Blattläusen bevorzugt (KAN 1988 b), um die Nahrungsgrundlage der Larven für ihre gesamte Entwicklungszeit zu gewährleisten (KAN 1988 b). Außerdem wird pro Blattlauskolonie meist nur ein Ei abgelegt, wenn noch Kolonien ohne Eier vorhanden sind. Die Larvenmortalität der Syrphidae ist im Feld daher relativ gering (CHAMBERS 1991). Während ihrer Entwicklungszeit können die Syrphidae je nach Temperatur 660-1140 Blattläuse des dritten Nymphenstadiums fressen, wobei die Larven des ersten und zweiten Larvalstadiums sowie die Larven ein bis zwei Tage vor ihrer Verpuppung nur sehr wenig fressen (TENHUMBERG & POEHLING 1995). Für die adulten Syrphidae sind Überwinterungsorte mit früh blühenden Pflanzen von entscheidender Bedeutung, da sie vor allem Pollen für die Reifung ihrer Ovariolen benötigen (TENHUMBERG & POEHLING 1995).

Aus Labor- und Freilanduntersuchungen ist eine hohe Toxizität von Pirimor (Pirimicarb) gegenüber Syrphidenlarven bekannt (POEHLING & DEHNE 1986, POEHLING 1988, NIEHOFF 1996, JANSEN 2000). Eine Schonung der Larven konnte nur bei stark reduzierten Dosierungen erreicht werden. So zeigte sich in der Untersuchung von NIEHOFF (1996) eine deutliche Schonung der Larven nur bei einer geringen Aufwandmenge (50 g/ha) von Pirimor, während eine mittlere Dosierung (100 g/ha) ähnlich starke Nebenwirkungen wie die hohe, praxisübliche Aufwandmenge (200 g/ha) hatten. SCHWEIZER et al. (1988) stellten in Laboruntersuchungen ebenfalls eine Abstufung der Mortalität von *Episyrphus balteatus* (2. Larvalstadium) bei reduzierten Aufwandmengen von Pirimor fest. Bei einer Aufwandmenge von 100 g/ha waren nach 24 h alle Larven gestorben, während bei einer Dosierung von 50 g/ha eine Mortalität von 80 % auftrat. Im Gegensatz zu den Coccinellidae zeigen Syrphidenlarven nur eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Karate ( $\lambda$ -Cyhalothrin) (WHITE et al. 1991, NIEHOFF 1996).

### 2.4.3 Chrysopidae

Florfliegen (Neuroptera: Chrysopidae) treten weltweit mit ca. 2000 Arten auf, wovon 59 Arten in Mitteleuropa und davon 34 Arten in Agrarökosystemen gefunden werden (STELZL & DEVETAK 1999). Sie können ebenfalls eine entscheidende Rolle als natürliche Gegenspieler von Blattläusen spielen, da sie ein großes Fraßpotenzial gegenüber einigen Blattlausarten besitzen (ZAKI et al. 1999, LIU & CHEN 2001). Sie werden oft zur biologischen Kontrolle eingesetzt und dafür in Massen gezüchtet (TAUBER et al. 2000). Nur die Larven sind aphidophag, während die Imagines sich vom Honigtau der Blattläuse sowie von Nektar und Pollen ernähren (BREWER & ELLIOTT 2004). Die Larven fressen neben Blattläusen aber auch andere kleinere Insekten sowie Milben (SYMONDSON et al. 2002). Außerdem tritt unter den Larven Kannibalismus auf. Die Eier werden meist in die Nähe von Blattlauskolonien gelegt, wobei dies nicht so gezielt abläuft wie bei den Syrphidae. Eine Larve kann während ihrer Larvalentwicklung ca. 200-500 Blattläuse vertilgen. So wurde für die Nachkommenschaft eines Weibchens eine Fraßmenge von 20,84 Millionen Pfirsichblattläusen (*Myzus persicae*) im Laufe eines Jahres beschrieben (WETZEL 2004). Die wichtigste und häufigste Art in Agrarökosystemen stellt *Chrysoperla carnea* Stephens dar (STELZL & DEVETAK 1999). Chrysopidae, vor allem *Chrysoperla carnea*, sind außerdem für ihre hohe Toleranz gegenüber Pyrethroiden und Pirimicarb bekannt (DIMETRY & MAREI 1992, KRÜSSEL et al. 1997, BOOTH et al. 2007).



## Epigäische Prädatoren

Epigäische Prädatoren wie Carabidae und Araneae haben im Gegensatz zu den stenophagen Prädatoren ein breiteres Nahrungsspektrum, das aber auch Blattläuse beinhaltet. Sie sind damit ebenfalls in der Lage, Blattlausdichten zu reduzieren (SYMONDSON et al. 2002)

### 2.4.4 Carabidae

Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) bilden eine artenreiche und weltweit verbreitete Familie innerhalb der Käfer mit insgesamt über 40.000 Arten (LÖVEI & SUNDERLAND 1996). Davon kommen in Deutschland 553 Arten und in Sachsen-Anhalt 414 Arten (TRAUTNER & MÜLLER-MOTZFELD 1995) vor. Sie sind eine der häufigsten Vertreter der polyphagen, epigäischen Prädatoren in Agrarökosystemen. Sie besiedeln Ackerflächen meist in großen Anzahlen (KREUTER 2002) und bilden typische Laufkäfergemeinschaften aus (THIELE 1977). Die acht charakteristischen und häufigsten Vertreter auf landwirtschaftlichen Flächen in Mitteleuropa sind *Pterostichus melanarius*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus affinis*, *Anchomenus dorsalis*, *Agonum mülleri*, *Bembidion lampros* und *Trechus quadristriatus* (KROMP 1999).

Durch verschiedene Methoden wie ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) und Darmpräparationen konnte nachgewiesen werden, dass Carabiden Blattläuse fressen und sie damit eine entscheidende Rolle bei der natürlichen Blattlausregulation spielen können (SUNDERLAND 1975, EDWARDS et al. 1979, SUNDERLAND & VICKERMAN 1980, SUNDERLAND et al. 1987). Als nicht-spezialisierte Prädatoren können sie zu Zeiten geringer Blattlausdichten im Feld verbleiben, da sie aufgrund ihrer Ernährungsweise nicht auf Blattläuse angewiesen sind. Dadurch können sie vor allem früh in der Saison zur Zeit der Immigration und des frühen Populationswachstums der Schädlinge durch ihre Präsenz großen Einfluss auf die Getreideblattläuse ausüben (SUNDERLAND et al. 1987).

Einige Arten (z. B. *Anchomenus dorsalis* und *Demetrias atricapillus*) sind in der Lage, auf Pflanzen zu klettern und dort den Blattläusen nachzustellen (VICKERMAN & SUNDERLAND 1975, CHIVERTON 1988). Anderen werden die Blattläuse zugänglich, wenn diese auf den Boden fallen, entweder tot oder sterbend oder weil sie durch Wind, Regen, Prädatoren oder Applikation der Pflanzenschutzmittel von den Pflanzen heruntergefallen sind (SUNDERLAND et al. 1997, LOSEY & DENNO 1998, DAY et al. 2006).

Untersuchungen zeigen, dass Carabiden sensitiv gegenüber Insektiziden reagieren können (HOLLAND et al. 2000, EPSTEIN et al. 2001). Hohe Mortalitätsraten der Carabidae traten bei Applikation des Insektizidwirkstoffes Dimethoat auf (KENNEDY et al. 2001).

VICKERMAN & SUNDERLAND (1977) fanden eine Reduzierung der Carabidae um 76 % innerhalb von sechs Wochen nach der Insektizidbehandlung mit Dimethoat. LÜBKE-AL HUSSEIN (2002) untersuchte den Einfluss unterschiedlicher Pflanzenschutzstrategien (intensiver chemischer versus integrierter Pflanzenschutz) auf die Carabidengesellschaft und konnte in einem Untersuchungsjahr nur geringe Unterschiede in den Fangsummen von Carabidae zwischen den abgestuften Insektizidintensitäten von Decis (Deltamethrin) finden. KENNEDY et al. (2001) konnten ebenfalls keine signifikanten Effekte von Pirimor (Pirimicarb) auf Carabiden feststellen.

#### 2.4.5 Araneae

Die Ordnung der Webspinnen (Arachnida: Araneae) umfasst weltweit ca. 39.000 Arten, wovon in Deutschland etwa 1000 Arten vorkommen (PLATEN et al. 1995). Sie kommen in einer großen Individuen- und Artendichte in Agrarökosystemen vor und gehören zu den häufigsten Prädatoren terrestrischer Ökosysteme (ALDERWEIRELDT 1994, VOLKMAR et al. 1994). In Agrarökosystemen ist die Spinnenfauna meist durch eine kleine Zahl sich stark verbreitender Arten dominiert, die sich nach Störungen (z. B. Pflanzenschutzmittelapplikation, Ernte, Pflügen) aufgrund hoher Reproduktionsraten oder aufgrund ihres hohen Verbreitungspotenzials durch Immigration („ballooning“) schnell wiedererholen können (SAMU et al. 1999, THORBEC et al. 2004). Es dominieren Arten aus den Familien Linyphiidae (Baldachin- und Zwergspinnen), Theriididae (Haubennetzspinnen), Tetragnathidae (Dickkieferspinnen), Lycosidae (Wolfsspinnen), Gnaphosidae (Glattbauchspinnen) und Thomisidae (Krabbenspinnen). Webspinnen ernähren sich zu über 90 % von Insekten, wobei ihre Nahrungsspektren unterschiedlich breit sind und von polyphag bis oligophag reichen. Zu ihrem Beutespektrum zählen Schädlinge (z. B. Blattläuse, Heuschrecken), Nützlinge (z. B. Honigbiene) und indifferente Arten (z. B. Collembolen) (NYFFELER & BENZ 1981). Als generalistische Prädatoren sind sie in der Lage, Massenvermehrungen von Schädlingen zu verhindern. Zudem überwintern einige Webspinnen im Feld und sind dadurch in der Lage, die überwinternden und die zufliegenden Blattläuse zu dezimieren und damit eine entscheidende Rolle in der Schädlingsregulation einzunehmen (VICKERMAN & SUNDERLAND 1975, SUNDERLAND et al. 1986, MARC et al. 1999, SYMONDSON et al. 2002). Vor allem bei geringen Blattlausdichten können Spinnen Populationsdichten von Blattläusen auf bis zu 49 % reduzieren (CHAMBERS & AIKMAN 1988). Die Blattläuse werden entweder direkt durch Jagen getötet oder sie werden in den Netzen der Spinnen gefangen (SUNDERLAND 1999). ALDERWEIRELDT (1994) zeigte, dass Blattläuse zu 55,1 % der Beutetiere von Araneae ausmachten. SUNDERLAND et al. (1986) erzielten ähnliche Ergebnisse. Sie stellten einen Anteil der Blattläuse an der Nahrung von Linyphiidae von 38-63 % fest. Die Effektivität als Prädatoren beruht zudem auf ihrer Standorttreue. Wenn sie einmal das Feld besiedelt

haben, vermögen sie auch bei Nahrungsknappheit im Feld zu verbleiben. In diesem Fall können sie ihre Stoffwechselrate senken und aufgrund ihres dehnbaren Abdomens in kurzer Zeit viel Nahrung aufnehmen.

Untersuchungen belegen, dass Insektizidbehandlungen einen Einfluss auf Spinnenpopulationen ausüben können. Vor allem Pyrethroide wirken toxisch auf Araneae (EVERTS et al. 1989, EVERTS et al. 1991a, EVERTS et al. 1991b, DINTER & POEHLING 1995). VOLKMAR und WETZEL (1993) zeigten, dass die Anwendung von Decis (Deltamethrin) in Wintergerste und Winterweizen deutliche Nebenwirkungen auf Araneae ausübten. In der Untersuchung von VICKERMAN und SUNDERLAND (1977) kam es zu einer Reduktion der Araneae um 90 % sieben Tage nach Insektizidbehandlung mit Decis. JAGERS OP AKKERHUIS und VAN DER VOET (1992) konnten nachweisen, dass bei reduzierten Aufwandmengen von Decis aufgrund der geringeren Initialwirkung des Insektizides mehr Araneae in Bodenfallen gefangen wurden als bei hohen Dosierungen. WEHLING und HEIMBACH (1991) stellten fest, dass nach Applikation von Karate ( $\lambda$ -Cyhalothrin) und Sumicidin (Fenvalerat) sowohl die Individuen- als auch die Artenanzahl von Araneae reduziert wurde. Eine gewisse Schonung der Weibchen von *Erigone atra* wurde bei Applikation geringer Dosen von Karate erreicht (DINTER & POEHLING 1995). Andere Studien belegen, dass Pirimor (Pirimicarb) keine Effekte auf die Spinnenzönose ausübte (WEHLING & HEIMBACH 1991, DINTER & POEHLING 1995, KENNEDY et al. 2001).

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Freilanduntersuchungen**

Die Freilanduntersuchungen wurden in einem konventionell bewirtschafteten landwirtschaftlichen Praxisbetrieb in Ochtmersleben in der Magdeburger Börde (Sachsen-Anhalt) durchgeführt.

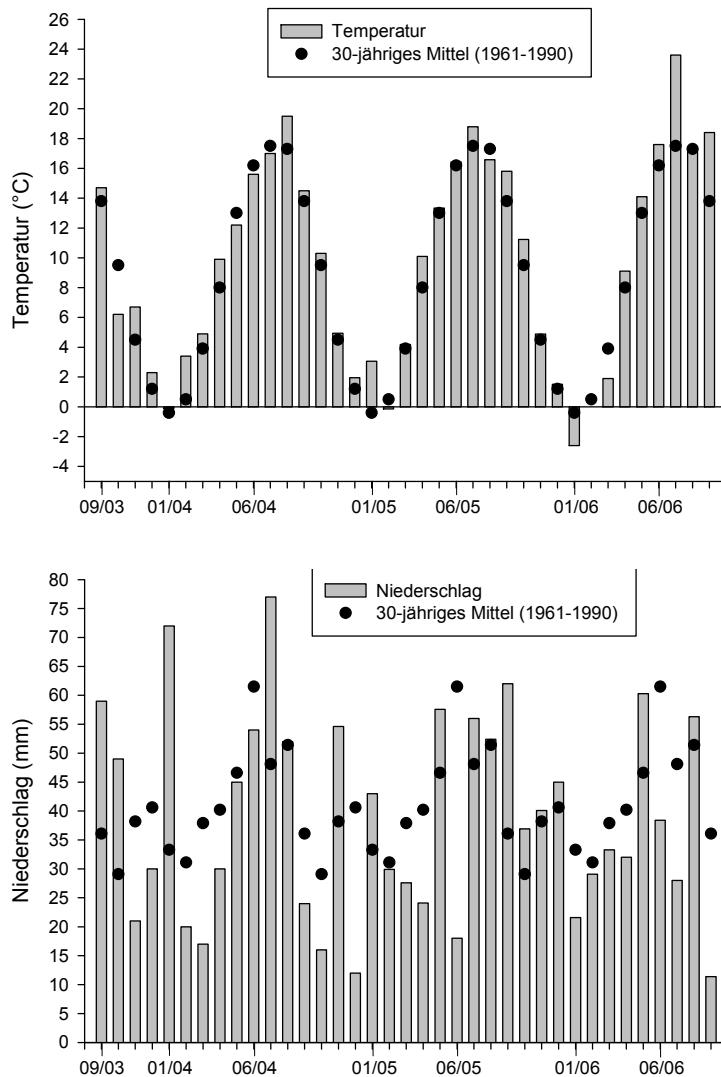
#### **3.1.1 Untersuchungsgebiet und klimatische Bedingungen**

Die Magdeburger Börde ist eine weitgehend ebene und überaus fruchtbare Lößlandschaft, die beste Bedingungen für den Ackerbau bietet. Sie liegt im Mitteldeutschen Schwarzerdegebiet (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1962) und wird der Boden-Klima-Region Anhaltinische Lößebenen zugeordnet (KAULE & SCHULZKE 1998). Schwarzerden gehören zu den fruchtbarsten und ertragsreichsten Böden Deutschlands, die durch die seit 1934 durchgeführte Bodenwertschätzung mit den höchsten Bodenpunkten belegt wurden (Skala 7-100). Der Boden des Untersuchungsgebiets ist mit bis zu 96 Bodenpunkten sehr nährstoffreich, leicht zu bearbeiten und verfügt über einen guten Wasser- und Wärmehaushalt und ist damit für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Auf diesen fruchtbaren Böden werden überwiegend Getreide (Winterweizen, Wintergerste), mit einem Anteil von 60-70 %, und Zuckerrüben angebaut. Dieses Gebiet zeichnet sich durch einfache Fruchtfolgen und einen hohen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel aus (ROßBERG et al. 2002).

Die klimatische Situation der Region ist durch die Zugehörigkeit zum mitteleuropäischen Trockengebiet gekennzeichnet. Durch die vorherrschenden Südwestwinde liegt die Region im Regenschatten des Harzes und ist damit eine der trockensten Gebiete Deutschlands. Während der Hauptvegetationsperiode fallen durchschnittlich weniger als 160 mm Niederschläge. Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge weist mit einem Minimum im Februar und einem Maximum in den Sommermonaten typisch kontinentale Züge auf. Im 30-jährigen Mittel (1961-1990) wurde eine Jahresniederschlagssumme von 494 mm registriert (Wetterstation Magdeburg des Deutschen Wetterdienstes). Die Jahrestemperatur betrug im langjährigen Mittel 8,7 °C.

Die Klimadaten für die Untersuchungsjahre 2004, 2005 und 2006 stammen ebenfalls von der Wetterstation Magdeburg des Deutschen Wetterdienstes, die 76 m über NN liegt. Der

Temperaturverlauf der drei Untersuchungsjahre war relativ ähnlich wie der des langjährigen Mittels, während der Niederschlagsverlauf zum Teil deutliche Abweichungen vom langjährigen Mittel aufzeigte (Abb. 3.1).



**Abb. 3.1** Verlauf der Monatsmittel der Temperatur und Niederschläge von September 2003 bis September 2006 in der Magdeburger Börde (Wetterstation Magdeburg des Deutschen Wetterdienstes; 76 m über NN) (Deutscher Wetterdienst 2003, 2004, 2005, 2006).

Das Jahr 2004 war im Juni und Juli durch eine kühle und feuchte Witterung mit vorangegangener Trockenheit gekennzeichnet. In den anderen beiden Jahren kam es in den beiden Monaten zu relativ hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen. Der Winter 2006 zeichnete sich durch eine langanhaltende Kälteperiode aus.

### 3.1.2 Versuchsflächen und methodischer Ansatz

Die ökologischen Untersuchungen erfolgten 2004-2006 auf drei ausgewählten Feldern ( $\geq 15$  ha) des Betriebes als Halbfelder-Vergleiche. Die drei Felder hatten folgende Fruchtfolgen mit drei unterschiedlichen Kulturen:

Feld 1: Erbse – Winterweizen – Wintergerste,

Feld 2: Winterweizen – Erbse – Winterweizen und

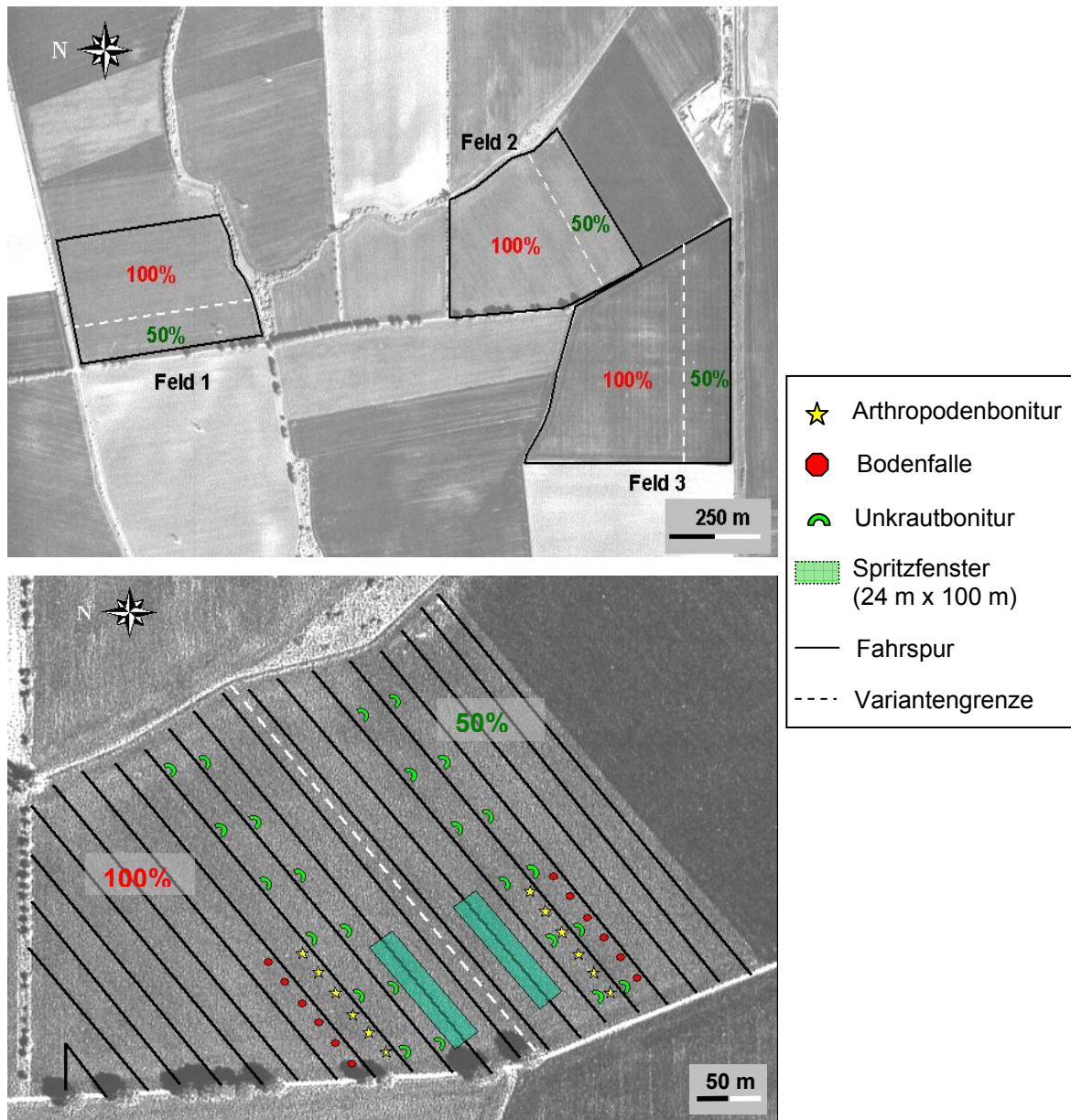
Feld 3: Sommerweizen – Winterweizen – Erbse.

Seit 2003 wurden die 19,8 ha, 15,0 ha und 23,1 ha großen Felder über die gesamte Versuchszeit jeweils in zwei Teilflächen eingeteilt (Abb. 3.2). Eine Teilfläche von 12,3 ha, 8,0 ha bzw. 16,1 ha wurde immer mit 100 % der üblichen Pflanzenschutzmaßnahmen nach der guten fachlichen Praxis behandelt (100 %-Variante), während auf die restlichen 7,5 ha, 7,0 ha bzw. 7,0 ha exakt die Hälfte der üblichen Pflanzenschutzmaßnahmen ausgebracht wurde (50 %-Variante) (Abb. 3.2).

Dabei wurde nicht die Häufigkeit der Anwendung reduziert, sondern die jeweilige Pflanzenschutzmitteldosis. Da die Flächen konventionell bewirtschaftet wurden und der Landwirt selbst entscheiden konnte, ob er die volle Dosis verwendet, war die 100 % Pflanzenschutzmittelanwendung nicht immer gleichbedeutend mit der maximal möglichen Aufwandmenge. D. h. der Behandlungsindex lag in der 100 %-Variante nicht immer bei 1,0, sondern auch darunter.

Die Reduktion betraf Herbizide, Fungizide und Insektizide gleichermaßen. Die Bodenbearbeitung, die Düngung und die Applikation von Wachstumsregulatoren waren in beiden Varianten gleich.

Zu den Jahren 2005 und 2006 wurde in der 100 %-Variante zusätzlich ein 100 m  $\times$  24 m großes Spritzfenster eingerichtet, in dem keine Pflanzenschutzmittelbehandlungen erfolgten. Es sollte als Anhaltspunkt dienen, um erste Hinweise auf Auswirkungen von unterlassenen Pflanzenschutzmaßnahmen zu erhalten. Aufgrund ihrer geringen Größe sind die Daten aus dem Spritzfenster nicht als gleichwertig mit denen aus den beiden anderen Varianten erhobenen Daten zu betrachten.



**Abb. 3.2** Die drei Untersuchungsfelder mit Angabe der Boniturlpunkte, beispielhaft am Feld 2 gezeigt. Erläuterungen siehe Text.

Angaben über die gesamten acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen enthält Tabelle 3.1. Die durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen von 2003-2006 auf den Untersuchungsfeldern sind in den Tabellen 4.1, 4.2, 4.3 (Ergebnisse) aufgelistet.

**Tab. 3.1** Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen der drei Untersuchungsfelder in den Jahren 2004-2006.

Felder	acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen	Jahr		
		2004	2005	2006
Feld 1	Feldgröße	100 %-Variante: 12,3 ha	50 %-Variante: 7,5 ha	
	Kultur	Erbse	Winterweizen	Wintergerste
	Sorte	Harnas	Enorm	Merlot
	Saattermin	16.03.2004	30.09.2004	20.09.2005
	Saatgutmenge	240 kg/ha	132 kg/ha	110 kg/ha
	Bodenbearbeitung	Pflug, Feingrubber	Scheibenegge, 2 x Grubber	Pflug, Grubber
	N-Düngung	nein	ja	ja
	Spritzfenster <sup>1</sup>	nein	ja	ja
Feld 2	Feldgröße	100 %-Variante: 8,0 ha	50 %-Variante: 7,0 ha	
	Kultur	Winterweizen	Erbse	Winterweizen
	Sorte	Ritmo	Harnas	Akteur
	Saattermin	17.10.2003	22.03.2005	08.10.2005
	Saatgutmenge	175 kg/ha	180 kg/ha	130 kg/ha
	Bodenbearbeitung	Pflug, Grubber	2 x Grubber	pfluglos
	N-Düngung	ja	ja	ja
	Spritzfenster <sup>1</sup>	nein	ja	ja
Feld 3	Feldgröße	100 %-Variante: 16,1 ha	50 %-Variante: 7,0 ha	
	Kultur	Sommerweizen	Winterweizen	Erbse
	Sorte	Thasos	Ritmo	Harnas
	Saattermin	12.-13.11.2003	20./22.10.2004	08.04.2006
	Saatgutmenge	190 kg/ha	130 kg/ha	180 kg/ha
	Bodenbearbeitung	2 x Schwergrubber	Scheibenegge, Pflug	pfluglos
	N-Düngung	ja	ja	nein
	Spritzfenster <sup>1</sup>	nein	nein	ja

<sup>1</sup> 100 m x 24 m große Fläche in der 100 %- Variante, in der keine Pflanzenschutzmittelbehandlung erfolgte

### 3.1.3 Untersuchungsprogramm

Auf allen drei Feldern wurden in drei Untersuchungsjahren Erhebungen nach Blattläusen und deren Prädatoren (n = 5) sowie Unkräutern (n = 6) in beiden Pflanzenschutzmittel-Varianten und im Spritzfenster, sowohl vor als auch nach der jeweiligen Pflanzenschutzmittelbehandlung, durchgeführt. Außerdem erfolgten zur Erfassung der



epigäischen Bodenfauna Bodenfallenfänge (n = 6) (Abb. 3.2). Zudem wurden die Erträge und weitere Ertragsparameter ermittelt.

Die genauen Untersuchungstermine gibt die Tabelle 7.1 (Anhang) wieder. Die Vorgehensweisen werden im Nachfolgenden detailliert beschrieben.

### 3.1.3.1 Arthropodenbonituren

#### *Weizen - Blattläuse*

Die Erfassung der Blattlausdichten erfolgte als sogenannte Linienbonitur rechtwinklig zum Feldrand. Die Boniturlinie begann ca. 30 m im Feldinneren, um einen Einfluss des Vorgewendes auszuschließen. An fünf Bonitурpunkten im Abstand von 20 m wurden jeweils die Halme einer 2 m-Drillreihe (ca. 150 Halme der 3. Drillreihe) in jeder Variante bonitiert (n = 5) (Abb. 3.2). Dabei wurden die Parameter Saugort (Ähre, Fahnenblatt, Rest), Artzugehörigkeit (*Sitobion avenae* (F.) (Große Getreideblattlaus), *Rhopalosiphum padi* (L.) (Haferblattlaus) und *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) (Bleiche Getreideblattlaus)) sowie die Morphendetermination (Aptere, Alate) berücksichtigt.

#### *Weizen - Prädatoren der Blattläuse*

Die Abundanzen der relativ auf Blattläuse spezialisierten Prädatoren Coccinellidae (Marienkäfer), Chrysopidae (Florfliegen) und Syrphidae (Schwebfliegen) sowie der polyphagen Prädatoren Carabidae (Laufkäfer), Staphylinidae (Kurzflügler) und Araneae (Webspinnen) wurden bei den Bonituren ebenfalls aufgenommen (n = 5). Zusätzlich zu den Weizenhalmen wurde auch der Bodenbereich zwischen den Pflanzen auf Prädatoren untersucht. Den Prädatoren wurden dabei gewichtet nach ihren Fraßleistungen sogenannte PU-Werte (predator units, Prädatoreinheiten) zugeordnet, um das tatsächliche räuberische Potential der auftretenden Prädatorgesellschaft als Anzahl Prädatoreinheiten pro m<sup>2</sup> ermitteln zu können (FREIER et al. 1997).

Die Bonituren erfolgten in der Zeit des Sommerbefalls der Blattläuse zwischen Mitte Juni und Mitte Juli an zwei (Feld 2) bzw. drei Terminen (Feld 1 und 3) am Ende der Blüte (BBCH 69) sowie zwei und gegebenenfalls drei Wochen danach (BBCH 75 bzw. BBCH 83).

#### *Erbse - Blattläuse*

Zur Überprüfung des Vorkommens von *Acyrtosiphon pisum* (Harr.) (Grüne Erbsenblattlaus) in den Erbsenfeldern erfolgten ebenfalls visuelle Kontrollen als Linienbonitur an sechs Punkten in einem Abstand von je 20 m (n = 6). Vor der

Insektizidbehandlung wurden je 20 Pflanzen und nach der Insektizidbehandlung jeweils 50 Pflanzen untersucht. Die Boniturlinie begann ca. 30 m vom Feldrand entfernt (Abb. 3.2). Dabei wurde der oberste Pflanzentrieb auf Befall bzw. Nicht-Befall untersucht und Mumien sowie verpilzte Blattläuse wurden gezählt.

#### *Erbse - Prädatoren der Blattläuse*

Auf dem dazugehörigen Bodenbereich zwischen den Pflanzen, auf den gesamten Erbsenpflanzen und einer zusätzlichen 5 m-Drillreihe wurden die Prädatoren der Blattläuse (vgl. *Weizen*) miterfasst. Die zusätzliche 5 m-Drillreihe wurde aufgrund der insgesamt geringen Prädatordichte gewählt.

Die Bonituren wurden von Anfang Juni bis Anfang Juli an vier bis sechs Terminen zwischen der Entwicklung der Blütenanlagen (BBCH51) und Ende der Fruchtentwicklung (BBCH 79) durchgeführt.

#### *Wintergerste*

In der Wintergerste erfolgte keine Insektenbonitur, da nur die Schädigungen durch Getreidehähnchen relevant waren und Blattläuse nur eine untergeordnete Rolle spielten. Stichproben zeigten, dass der Befall durch Getreidehähnchen 2006 sehr gering ausfiel, so dass auf eine detaillierte Bonitur verzichtet wurde. Die Blattläuse als Vektoren für das Gelbverzwergungsvirus der Gerste (BYDV) wurden nicht näher betrachtet, da der Herbstbefall der Blattläuse ebenfalls sehr niedrig war.

#### *3.1.3.2 Bodenfallenfänge*

Zur Erfassung der epigäischen Bodenfauna (Carabidae, Araneae) wurden auf allen Feldern in den beiden Varianten (100 %, 50 %) jeweils sechs Barber-Bodenfallen (Ø 7,5 cm, Höhe 10,0 cm) in einer Linie mit einem Abstand von je 20 m aufgestellt (n = 6) (Abb. 3.2). Die Bodenfallen waren zu einem Drittel mit einer 2%igen Formalinlösung als Fanglösung und einem Tropfen Spülmittel als Detergenz gefüllt. In einem Radius von 30 cm um die Bodenfallen herum wurde der Boden von Pflanzen befreit, damit keine Pflanzenteile in die Bodenfallen hineinragen und als mögliche Kletterhilfe aus der Bodenfalle dienen konnten.

Die Bodenfallen wurden wöchentlich entleert. Die Fangzeit beschränkte sich auf Anfang/Mitte Juni bis Anfang/Mitte Juli zwischen Ährenschieben und späte Milchreife, da

dies den entscheidenden Zeitraum des Blattlausbefalls darstellt. Die gefangenen Tiere wurden bis zu ihrer Bestimmung in 70%igem Alkohol gelagert.

Die Determination der adulten Carabidae und Araneae erfolgte bis zur Art. Sie wurde für die Carabidae nach dem Bestimmungsschlüssel von TRAUTNER & GEIGENMÜLLER (1987) sowie ergänzend nach FREUDE et al. (1976) durchgeführt. Die taxonomische Bestimmung der Spinnen erfolgte von Experten an der Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg in der Arbeitsgruppe von Frau Prof. Chr. Volkmar (Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften). Sie wurden nach HEIMER & NENTWIG (1991) sowie ROBERTS (1985, 1987) determiniert und nach der Nomenklatur von PLATNICK (1993) klassifiziert. Von den Staphyliniden wurden nur die Abundanzen bestimmt.

Des Weiteren wurden die bekannten Kennziffern der Diversität berechnet (siehe Kapitel 3.3).

#### 3.1.3.3 Unkrautbonitur

Die Unkrautbonitur erfolgte auf allen Feldern vor der Herbizidbehandlung als sogenannte Entscheidungsbonitur und nach der Herbizidbehandlung als Erfolgsbonitur. In der Entscheidungsbonitur wurde mit Hilfe eines Zählrahmens ( $0,1 \text{ m}^2$ ) die Anzahl der Keimlinge pro  $\text{m}^2$ , die sich zu diesem Zeitpunkt noch im 2- bzw. 4-Blattstadium befanden, bestimmt, um den späteren Bedeckungsgrad prognostizieren zu können. In der Erfolgsbonitur dagegen wurde der Bedeckungsgrad (% pro  $\text{m}^2$ ) als verbale Einschätzung der Restverunkrautung ermittelt. Im Erntejahr 2006 wurde zusätzlich eine Bonitur vor der Herbizidbehandlung im Herbst durchgeführt. Die Bonituren erfolgten jeweils an sechs Boniturstellen in einem Abstand von 50 m in zwei Linien, wobei an jedem Punkt an je zwei Stellen die Verunkrautung aufgenommen wurde ( $n = 6$ ). In den Spritzfenstern wurde die Bonitur in einer Linie und einem Abstand von je 15 m durchgeführt (Abb. 3.2).

#### 3.1.3.4 Ernte und andere Qualitätsparameter

Von allen untersuchten Feldern wurde in jedem Jahr der Ertrag getrennt nach den Varianten (100 % und 50 %) vom Landwirt ermittelt. Da sich die exakte Ernte der beiden Varianten als schwierig erwies, sind die ermittelten Erträge nur als Näherungswerte zu betrachten. Mit Hilfe der Erträge wurden die behandlungskostenfreien Mehrerlöse errechnet. Dazu wurden die jeweilig in dem Jahr erhaltenen Preise für die Ernte abzüglich der Kosten der verwendeten Pflanzenschutzmittel jeder Variante berechnet und daraus

der Mehrerlös einer Variante ermittelt. Weitere anfallende Kosten, wie z. B. für Arbeitskraft, Treibstoff usw., wurden in diese Berechnung nicht mit eingeschlossen.

#### *Weizen- und Wintergerstenfelder*

Als weitere Ertragsparameter wurden die Anzahl der Halme pro m<sup>2</sup>, die mittlere Anzahl der Samen pro Ähre, das mittlere Gewicht der Samen pro Ähre sowie die Tausendkornmasse (TKM) für jeweils beide Varianten (100 % und 50 %) bestimmt. Dazu wurde bei der Ernte aus den verschiedenen behandelten Varianten jeweils an fünf zufällig ausgewählten Stellen je zehn Weizen- bzw. Wintergerstenähren entnommen und dann im Labor nach Einzelährendrusch die mittlere Samenanzahl und das mittlere Gewicht der Samen pro Ähre ermittelt.

#### *Erbsefelder*

Zur Bestimmung der mittleren Anzahl der Samen pro Schote sowie das mittlere Gewicht der Samen pro Schote wurden je 100 Schoten an fünf Stellen geerntet und untersucht. Für die Bestimmung der TKM wurden jeweils 5 × 1000 Samen ausgezählt und anschließend gewogen.

## **3.2 Laboruntersuchungen**

Zur Untersuchung grundlegender Phänomene der unterschiedlichen Beeinflussung tritrophischer Systeme durch differenzierte Pflanzenschutzsysteme wurden Modellgefäßversuche mit abgestuften Dosierungen von Herbiziden und Insektiziden durchgeführt. Es wurde das Modellsystem Kulturpflanze – Unkraut – Schädling – Prädator untersucht. Als Unkraut diente *Vicia faba* (Ackerbohne) als Modellpflanze.

Es wurden folgende tritrophische Systeme untersucht:

- 1) *Triticum aestivum* L. – *Sitobion avenae* (F.) – *Chrysoperla carnea* Steph.,
- 2) *Vicia faba* L. – *Aphis fabae* Scop. – *Chrysoperla carnea* oder *Coccinella 7-punctata* oder beide zusammen,
- 3) *Triticum aestivum* – *Vicia faba* – *Sitobion avenae*, *Aphis fabae* – *Chrysoperla carnea*.

Dabei wurden folgende Parameter variiert:

- a) **Pflanzenschutzmittelbehandlung:** Insektizid (Trafo WG), Herbizid (U 46 D fluid) oder Herbizid und Insektizid,
- b) **Prädator:** ohne oder mit einer Prädatorart; mit zwei Prädatorarten,
- c) **Pflanzenschutzmitteldosierung:** 0 % (Kontrolle = Wasser), 25 %, 40 %, 50 %, 55 %, 75 % und 100 %

Die einzelnen Kombinationen der untersuchten Parameter sind in Tab. 3.2 detailliert aufgeführt.

**Tab. 3.2** Übersicht der durchgeführten Modellgefäßversuche (I: Insektizidbehandlung, Trafo WG; H: Herbizidbehandlung, U 46 D fluid; n: Anzahl der Wiederholungen).

Pflanze	Herbivor	Prädator	Behandlung	Dosis (%)	n
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Sitobion aveneae</i>	/	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Sitobion aveneae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	/	I	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	I	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Coccinella 7-punctata</i> (L <sub>2</sub> )	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> ) + <i>Coccinella 7-punctata</i> (L <sub>2</sub> )	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	/	H	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	H	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	/	H + I	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Vicia faba</i>	<i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	H + I	0, 25, 40, 50, 55, 75, 100	10
<i>Triticum aestivum</i> + <i>Vicia faba</i>	<i>Sitobion aveneae</i> + <i>Aphis fabae</i>	/	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Triticum aestivum</i> + <i>Vicia faba</i>	<i>Sitobion aveneae</i> + <i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	I	0, 25, 50, 100	7
<i>Triticum aestivum</i> + <i>Vicia faba</i>	<i>Sitobion aveneae</i> + <i>Aphis fabae</i>	/	H + I	0, 25, 50, 100	7
<i>Triticum aestivum</i> + <i>Vicia faba</i>	<i>Sitobion aveneae</i> + <i>Aphis fabae</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> (L <sub>2</sub> )	H + I	0, 25, 50, 100	7

### 3.2.1 Kultivierung der Versuchspflanzen

#### *Triticum aestivum*

Für die Versuche wurden Winterweizenpflanzen der Sorte „Akteur“ kultiviert. Nach der Aussaat in Multitopfpaletten mit Pikiererde („P-Erde“) (Frühstorfer Erde, N: 150 mg/l, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 150 mg/l, K<sub>2</sub>O: 250 mg/l, pH: CaCl<sub>2</sub> 5,9, Salzgehalt 1,0 g/l) erfolgte im 1-2-Blattstadium eine 4-wöchige Vernalisation bei 3 °C. Anschließend wurden jeweils 6 Keimlinge in einen 3 l-Topf (Ø 19 cm) mit Topferde („T-Erde“) (Frühstorfer Erde; N: 300 mg/l, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 280 mg/l, K<sub>2</sub>O: 400 mg/l, pH: CaCl<sub>2</sub> 5,9, Salzgehalt 2,0 g/l) getopft und kreisförmig angeordnet. Die Pflanzen wurden daraufhin verschiedenen Klimaregimen ausgesetzt, wie es für die Anzucht der Winterweizenpflanzen üblich ist. Zur Mitte der Bestockung (BBCH 23) wurden eine vorbeugende Fungizidbehandlung und eine Behandlung mit einem Wachstumsregulator sowie am Ende des Schossens (BBCH 39) gegebenenfalls eine weitere Fungizidbehandlung durchgeführt. Als Wachstumsregulator wurde CCC 710 (Chlorcholinchlorid) mit einer Aufwandmenge von 2 ml/l Wasser (entspricht 2,1 l/ha in 400 l Wasser) verwendet. Das 2-Komponenten Fungizid Input Set Impuse und Proline (Wirkstoffe: Spiroxamine und Prothioconazol) wurde zur Fungizidbehandlung mit einer Dosierung von jeweils 780 µl/l Wasser eingesetzt (entspricht je 0,8 l/ha in 400 l Wasser). Während der Kultivierung erfolgten insgesamt vier Stickstoffdüngungen mit dem Wuxal Super Flüssigdünger (8,0 % Gesamt-N, 8,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6,0 % K<sub>2</sub>O, 0,01 % B, 0,007 % Cu, 0,015 % Fe, 0,013 % Mn, 0,001 % Mo, 0,005 % Zn). Es wurde während der gesamten Weizenentwicklung viermal 0,2 % des Düngers (entspricht 81 mg N/Topf bzw. 30 kg/ha) in einem Abstand von 14 Tagen appliziert.

Zur Vereinheitlichung der Versuchsbedingungen wurden die Bestockungstriebe auf ca. 14 ährentragende Halme pro Topf zum Ende des Ährenschiebens reduziert. Dies kam einer der Freiland entsprechenden Standraumsituation von ca. 500 ährentragenden Halmen pro m<sup>2</sup> gleich.

Für die Durchführung der Versuche *Kulturpflanze mit Unkraut* wurde zum Zeitpunkt Ende Ährenschieben (BBCH 59) je ein Bohnsamen pro Topf der Sorte „Tifabo“ ca. 1 cm tief in der Mitte des Topfes ausgelegt.

Eine detaillierte Übersicht über die durchgeführten Behandlungen und die genauen Klimabedingungen sind in Tab. 3.3 zusammengefasst.

Die genauen Angaben zu den Pflanzenschutzmittelbehandlungen sind unter Kapitel 3.2.3 beschrieben.

**Tab. 3.3** Übersicht über die durchgeführten Behandlungen und eingesetzten Klimaregime zur Kultivierung der Winterweizensorte „Akteur“.

Versuchswoche	Behandlung und Klimaregime	BBCH-Stadium
1.-2. Woche	Aussaat in Multitopfpaletten mit "P-Erde"	
3.-6. Woche	Umsetzung in Klimakammer 3 °C/ 3°C Tag/Nacht, 4500 Lux, 10 h/14 h hell /dunkel (Vernalisation)	11/12
7.-10. Woche	Umtopfen in 3 l Töpfe mit "T-Erde"; 6 Pflanzen pro Topf 10 °C/10 °C Tag/Nacht, 8000-10000 Lux, 12 h/12 h hell/dunkel	11/12
9. Woche	Wachstumsregulator- (CCC) + 1. Fungizidbehandlung (Input Set)	23
11.-12. Woche	15 °C/15 °C Tag/Nacht, 20000 Lux, 14 h/10 h hell/dunkel 1 x Düngung (Wuxal Super)	31
13.-18. Woche	20 °C/ 15 °C Tag/Nacht, 20000 Lux, 16 h/8 h hell/dunkel 3 x Düngung (Wuxal Super); alle 2 Wochen	33
15. Woche	2. Fungizidbehandlung (Input Set)	39
18. Woche	Reduzierung auf ca. 14 ährentragende Halme pro Topf Aussaat Bohne im Weizen; 1 Samen pro Topf	59
19. Woche - Versuchsende	22 °C/20 °C Tag/Nacht 20000 Lux, 16 h/8 h hell/dunkel	65
19. Woche	Blattlausansatz ( <i>Sitobion avenae</i> ) an Weizen; je 10 pro Topf	65
20. Woche	Blattlausansatz ( <i>Aphis fabae</i> ) an Bohne; je 10 pro Topf	69
2 Tage später	Insektizidbehandlung + Ansatz Prädator ( <i>Chrysoperla carnea</i> ); je 2 pro Topf	69

### *Vicia faba*

Bohnenpflanzen der Sorte Tifabo wurden einzeln in 8er Töpfen kultiviert (Topferde; Frühstorfer Erde, N: 300 mg/l, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 280 mg/l, K<sub>2</sub>O: 400 mg/l, pH: CaCl<sub>2</sub> 5,9, Salzgehalt 2,0 g/l) und im Gewächshaus angezogen. 15 Tage nach der Aussaat wurden die Pflanzen bei einer Höhe von ca. 10 cm im Versuch verwendet.

### 3.2.2 Versuchstiere

Die Blattläuse *Sitobion avenae* und *Aphis fabae* stammten aus einer bestehenden Zucht der BBA Kleinmachnow. Sie wurden an Winterweizen bzw. Ackerbohne gehalten. Die Larven von *Chrysoperla carnea* und Eier von *Coccinella 7-punctata* wurden von einem Nützlingsversand (Sautter & Stepper GmbH bzw. Katz Biotech AG) bezogen und bis zum zweiten Larvalstadium (L<sub>2</sub>) herangezüchtet und dann im Versuch eingesetzt. Alle Versuchstiere wurden bei einer Temperatur von 22 °C ± 2 °C, einer relativen Luftfeuchte

von 65 %  $\pm$  5 % sowie einer 16 h hell und 8 h dunkel Photoperiode bis zum Versuchsbeginn in einem Klimaraum gehalten.

### 3.2.3 Pflanzenschutzmittelbehandlung

Als Insektizid wurde das Pyrethroid Trafo WG (Wirkstoff:  $\lambda$ -Cyhalothrin) und als Herbizid das U 46 D fluid (Wirkstoff: 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure), ein Wuchsstoffherbizid, eingesetzt. Es wurden die Dosierungsstufen 100 % (entspricht 7,5 ml/l U 46 D fluid bzw. 0,5 g/l Trafo WG), 75 %, 55 %, 50 %, 40 %, 25 % und 0 % (Kontrolle = Wasser) untersucht.

Die Insektizid- und Herbizidbehandlung erfolgte mit Hilfe einer Applikationsanlage (Schachtner, Spray Lab, offen, Ludwigsburg). Die applizierte Aufwandmenge entsprach dabei 324 l/ha (Düse TP 80015 E 100 Maschen, Geschwindigkeit 2,0 km/h, Sprühdruck 2,5 bar). Die Behandlungen mit dem Wachstumsregulator und dem Fungizid, die keine Prüfmerkmale waren, wurden mittels einer Sprühflasche durchgeführt. Der Dünger wurde zusammen mit dem Gießwasser appliziert (je 250 ml pro Topf).

### 3.2.4 Versuchsdesign

#### *Vicia faba*

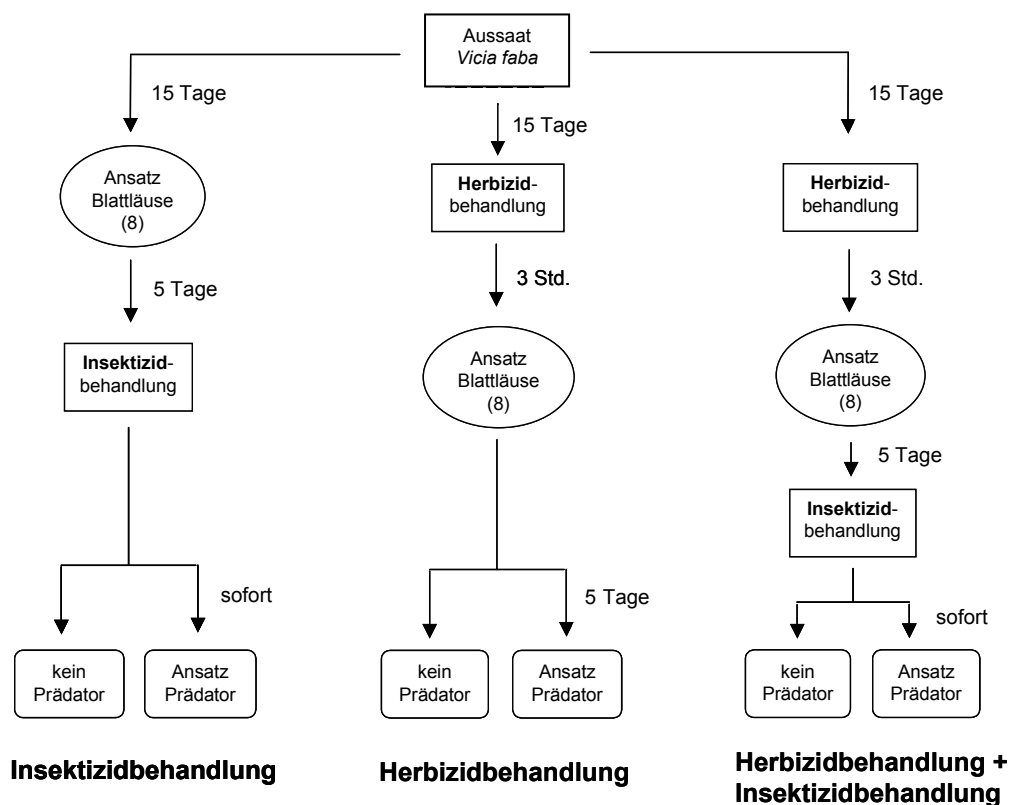
Im Versuchskomplex Insektizidbehandlung (I) (Tab. 3.2) erfolgte der Ansatz von je 8 Blattläusen pro Wiederholung 15 Tage nach Aussaat der Bohnenpflanzen. Nachdem sich eine reale Populationsstruktur der Blattläuse aufgebaut hatte, wurde fünf Tage nach Blattlausansatz die Insektizidbehandlung durchgeführt. Je nach Versuchsvariante erfolgte sofort der Ansatz der Prädatoren (Abb. 3.3). Es wurden im Versuch je zwei Prädatoren (L<sub>2</sub>) angesetzt. Als Prädatoren dienten *Chrysoperla carnea* und *Coccinella 7-punctata*. Sie wurden sowohl einzeln als auch zusammen getestet, um eine interspezifische Konkurrenz zu simulieren.

Im Versuchskomplex Herbizidbehandlung (H) (Tab. 3.2) erfolgte 15 Tage nach der Bohnenaussaat die Herbizidbehandlung. Drei Stunden später wurden 8 Blattläuse pro Wiederholung angesetzt. Erst nach Aufbau einer realen Populationsstruktur wurde nach fünf Tagen im entsprechenden Versuchsansatz ein Prädatoren dem System hinzugefügt (Abb. 3.3). Hier wurde nur *Chrysoperla carnea* als Prädatoren getestet.

Der Versuchskomplex Herbizid- und Insektizidbehandlung (H + I) (Tab. 3.2) wurde wie die Kombination beider vorheriger Versuchskomplexe durchgeführt (Abb. 3.3). Auch hier wurde *Chrysoperla carnea* als Prädatoren eingesetzt.



Alle 1-3 Tage wurden die Blattlausdichten und die Mortalität der Prädatoren ermittelt. Die Populationsdichte vor der Herbizid- bzw. Insektizidbehandlung diente dabei als Ausgangswert (= 100 %). Der Verlauf der Populationsdichten der Blattläuse in den verschiedenen Dosierungsstufen wurden im Vergleich zu dem der Kontrolle (0 %) ausgewertet. Die Versuchsdauer betrug 14 Tage.



**Abb. 3.3** Schema der sechs Versuchsvarianten der Modellgefäßversuche mit *Vicia faba*. Jeder Versuchsansatz wurde mit den Dosierungsstufen 0 %, 25 %, 40 %, 50 %, 55 %, 75 % und 100 % des jeweiligen Pflanzenschutzmittels durchgeführt (je n = 10).

#### *Triticum aestivum* und *Triticum aestivum* mit *Vicia faba*

Zur Mitte der Blüte wurden je 10 Blattläuse (*Sitobion avenae*) pro Topf an die Ähren angesetzt. Zwei Tage vor der Insektizidbehandlung wurden bei den Versuchen mit *Vicia faba* an die Bohnenpflanzen je 10 Blattläuse (*Aphis fabae*) angesetzt. Bis zum Ende der Blüte (eine Woche später) entwickelte sich auf den Weizenpflanzen eine reale Populationsstruktur der Blattläuse, und es erfolgte die Insektizidbehandlung. Sofort wurden im entsprechenden Versuchsansatz zwei Larven von *Chrysoperla carnea* (L<sub>2</sub>) pro Topf dem Versuch hinzugefügt (Tab. 3.3).

Alle 3-4 Tage wurden pro Topf die Blattlausdichten auf je 10 Weizen- und gegebenenfalls der Bohnenpflanze bestimmt und die Mortalität der Prädatoren ermittelt. Die Populationsdichte vor der Insektizidbehandlung diente dabei als Ausgangswert (= 100 %). Der Verlauf der Populationsdichten der Blattläuse in den verschiedenen Dosierungsstufen wurden im Vergleich zu dem der Kontrolle (0 %) ausgewertet. Die Versuchsdauer betrug 22 Tage nach der Insektizidbehandlung. Bei jedem Versuchsansatz wurde über jeden Topf eine Gaze-Haube (Maschenweite 400  $\mu\text{m}$ ) über ein Metallgestell gezogen und am Topf befestigt, um ein geschlossenes System zu erhalten und ein Abwandern der Versuchstiere zu verhindern.

Außerdem wurden bei den Versuchsvarianten mit *Triticum aestivum* die Ertragsparameter Anzahl der Samen pro Ähre und das Gewicht pro Ähre bestimmt.

### 3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SAS Version 9.1 for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Das Signifikanzniveau für die statistische Auswertung lag bei  $p < 0,05$ .

#### *Freilanduntersuchungen*

Ein Problem der Halbfelder-Vergleiche bei der statistischen Auswertung der Daten stellten die unechten Wiederholungen dar. Da auf den drei Feldern verschiedene Kulturen angebaut und unterschiedliche Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, waren dies keine echte Wiederholungen. Bei den Erhebungen innerhalb eines Feldes handelt es sich nur um sogenannte Pseudoreplikationen. Optimalerweise hätten mindestens fünf Felder, die die gleichen acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen erfahren haben, parallel untersucht werden müssen. Dies war aber aufgrund des enormen zeitlichen Arbeitsaufwandes nicht möglich.

Daher wurde nach Absprache mit dem Statistikexperten des Senats der Bundesforschungsanstalten Herrn Dr. E. Moll alle Daten der beiden Varianten (100 %- und 50 %-Variante) als unabhängige Datensätze mit dem robusten ungepaarten student-t-Test verglichen (im Nachfolgenden als ungepaarter t-Test bezeichnet). Der Blattlausbefall in der Erbse wurde mittels  $\chi^2$ -Test zwischen beiden Varianten verglichen. Auf eine Einbeziehung der Daten aus dem Spritzfenster in die statistische Auswertung wurde verzichtet, da aufgrund der viel kleineren Fläche des Spritzfensters ein Vergleich mit den anderen Varianten nicht sinnvoll war.

Für die Auswertung der Bodenfallenfänge wurden zur Beschreibung und zum Vergleich der auftretenden Artengemeinschaften (Carabidae und Araneae) in beiden Varianten verschiedene Parameter berechnet, um die Zusammensetzung und Ähnlichkeit sowie die Verteilung der Arten innerhalb der Artengemeinschaften zu ermitteln (MÜHLENBERG 1993, WETZEL 2004):

Die *Dominanz* ist ein Maß für die relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu allen auftretenden Arten. Sie gibt demnach den prozentualen Anteil der Individuen einer Art in Relation zur Gesamtindividuenzahl aller Arten wieder.

Als Maß für die Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen zweier Artengemeinschaften wurde die *Renkonen Zahl* bestimmt. Sie berücksichtigt nur die in beiden Artengemeinschaften auftretenden Arten. Die Werte variieren zwischen 0 %-100 %, wobei mit größer werdender Übereinstimmung der relativen Häufigkeiten der Wert ansteigt.

Die *Jaccard'sche Zahl* dagegen dient zur Beschreibung der Übereinstimmung in der Artenzusammensetzung. Sie beschreibt das Verhältnis der Anzahl der Arten, die in beiden Artengemeinschaften vorkommen, zu der Anzahl der Arten, die nur in einer der beiden Artengemeinschaften auftreten.

Die *Artendiversität* charakterisiert die biologische Vielfalt an Arten und wurde nach dem *Shannon-Weaver-Index* berechnet. Er bringt die Gesamtzahl der vorhandenen Arten mit der Summe aller Individuen sowie der Anzahl der Individuen je Art in einen funktionalen Zusammenhang. Mit steigender Artenzahl und mit zunehmender Gleichverteilung der vorhandenen Individuen unter den Arten nimmt die Diversität zu. Da man aus einem hohen Wert der Diversität nicht ableiten kann, ob dieser aufgrund einer großen Artendichte mit stark unterschiedlichen Individuenanzahlen oder aus wenigen Arten mit gleichmäßiger Individuenverteilung zustande kommt, wurde für die Bewertung des Zustandes des Agrarökosystems zusätzlich die *Evenness* bestimmt.

Die *Evenness* ist ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Individuen und wird daher auch als „Ausbildungsgrad“ der Diversität bezeichnet. Sie variiert zwischen 0 und 1, wobei der Wert 1 erreicht wird, wenn alle Arten über die gleiche Aktivitätsdichte verfügen.

### *Modellgefäßversuche*

Die Blattlausdichten bei den unterschiedlichen Pflanzenschutzintensitäten in den Modellgefäßversuchen wurden als unabhängige Datensätze aufgrund ungleicher Varianzen mittels des robusten Welch-Tests miteinander verglichen. Die statistische Auswertung der Ertragsparameter erfolgte mit Hilfe des nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Tests und anschließenden Dunn's Multiple Comparison Test.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Freilanduntersuchungen

#### 4.1.1 Pflanzenschutzmittelanwendungen

Die auf den drei Feldern über die Jahre 2003-2006 applizierten Pflanzenschutzmittel wurden bezüglich der Aufwandmenge bzw. des Behandlungsindex und ihres Gefährdungspotenzials gegenüber Nicht-Ziel-Organismen analysiert (Tab. 4.1, 4.2, 4.3). Dabei zeigte sich, dass laut der im Pflanzenschutzmittelverzeichnis aufgelisteten und in Labor- und Freilanduntersuchungen nachgewiesenen Nebenwirkungen von den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln vor allem die Insektizide sowie in etwas geringerem Maße die Fungizide und Wachstumsregulatoren das schädlichste Potenzial gegenüber relevante Blattlausprädatoren, wie z. B. *Episyrphus balteatus* und *Coccinella 7-punctata*, besaßen.

Die Dosis, die vom Landwirt als volle Dosis angewandt wurde (100 %-Variante), entsprach dabei nicht immer einem Behandlungsindex von 1,0 und dementsprechend die 50 %-Dosis auch nicht immer einem Behandlungsindex von 0,5. Manchmal wurde ein Pflanzenschutzmittel in einer höheren und andere in einer geringeren Dosis als der empfohlenen Aufwandmenge appliziert. Die Insektizidbehandlung erfolgte 2005 im Feld 2 und 2006 im Feld 2 und Feld 3 als kombinierte Anwendung der beiden Insektizide Karate Zeon ( $\lambda$ -Cyhalothrin) und Pirimor (Pirimicarb), wobei in der 100 %-Variante das eine Insektizid jeweils mit einem Behandlungsindex von 1,0 und das andere mit einem Behandlungsindex von 0,5 appliziert wurde. In diesen Fällen lag der Behandlungsindex in der 100 %-Variante bei BI 1,0 und in der 50 %-Variante bei 0,75.

**Tab. 4.1** Übersicht der Pflanzenschutzmittelbehandlungen auf Feld 1 von 2003- 2006 und ihre negative Wirkungen auf Prädatoren von Blattläusen laut Pflanzenschutzmittelverzeichnis und anderen Untersuchungen.

Erntejahr/ Kultur	Pflanzenschutz- mittel	Wirkstoff(e)	Aufwand- menge (l/ha, g/ha) 100 %/50 %	Behandlungs- index 100 %/50 %	Applikations- datum	Nebenwirkungen	
						schwachschädigend	schädigend
2003	Platfrom S (H)	Carfentrazone, Mecoprop-P	0,8/0,4	0,8/0,4	24.04.2003		
Sommer- weizen	IPU 700 (H)	Isoproturon	2,0/1,0	0,7/0,35	24.04.2003		
	Pointer (H)	Tribenuron	0,02/0,01	0,5/0,25	24.04.2003		
	CCC (W)	Chlormequat	1,0/0,6	0,77/0,46	24.04.2003		
	Starane (H)	Fluroxypyr	0,5/0	0,5/0	28.05.2003		
	Stratego (F)	Propiconazol, Trifloxystrobin	1,0/0,5	1,0/0,5	28.05.2003	<i>Coccinella 7-punctata</i>	<i>Chrysoperla carnea</i>
	Cerone (W)	Ethephon	0,3/0	0,4/0	28.05.2003	<i>C. 7-punctata, C. carnea</i>	
	Terpal C (W)	Chlormequat, Ethephon	0/0,75	0/0,3	28.05.2003	<i>C. carnea</i>	
2004	Bandur (H)	Aclonifen	3,5/1,75	1,0/0,5	18.03.2004		
Erbse	Stomp (H)	Pendimethalin	2,0/1,0	0,4/0,2	20.04.2004		
	Basagran (H)	Bentazon	1,0/0,5	0,5/0,25	20.04.2004		
	Karate Zeon (I)	λ-Cyhalothrin	0,075/0,037	1,0/0,5	09.06.2004	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Pardosa armentata, Pardosa palustris, C. 7-punctata</i> <sup>1), 2)</sup> , <i>A. rhopalosiph</i>
2005	Husar (H)	Iodosulfuron, Mefenper	150,0/75,0	0,8/0,4	04.04.2005		
Winter- weizen	CCC (W)	Chlormequat	1,0/1,0	0,5/0,5	04.04.2005		
	Fandango (F)	Fluoxastrobin, Prothioconazol	1,0/0,5	0,7/0,35	19.05.2005		
	Zenith (F)	Fenpropidin	0,75/0,37	1,0/0,5	19.05.2005		
	Folicur (F)	Tebuconazol	1,0/0,5	0,8/0,4	23.06.2005		
2006	Fenikan (H)	Diflufenican, Isoproturon	2,0/1,0	0,8/0,4	13.10.2005		
Winter- gerste	Decis (I)	Deltamethrin	0,2/0,1	1,0/0,5	13.10.2005		relevante Nutzarthropoden
	Moddus/Mg (W)	Trinexapac	0,8/0,8	1,0/1,0	26.10.2005		
	Camposan (W)	Ethephon	0,45/0,45	0,6/0,6	09.05.2006	<i>E. balteatus</i>	
	Starane (H)	Fluroxypyr	0,8/0,4	0,8/0,4	09.05.2006		
	Input (F)	Prothioconazole, Spiroxamine	1,25/0,63	1,0/0,5	09.05.2006		

1) Poehling & Dehne 1986

2) Bozsik 2006

**Tab. 4.2** Übersicht der Pflanzenschutzmittelbehandlungen auf Feld 2 von 2003- 2006 und ihre negative Wirkungen auf Prädatoren von Blattläusen laut Pflanzenschutzmittelverzeichnis und anderen Untersuchungen.

Erntejahr/ Kultur	Pflanzenschutz- mittel	Wirkstoff(e)	Aufwand- menge (l/ha, g/ha) 100 %/50 %	Behandlungs- index 100 %/50 %	Applikations- datum	Nebenwirkungen		
						schwachschädigend	schädigend	
2003	Platfrom S (H)	Carfentrazone, Mecoprop-P	0,8/0,4	0,8/0,4	24.04.2003			
Winter- weizen	IPU 700 (H)	Isoproturon	2,0/1,0	0,67/0,33	24.04.2003			
	Pointer (H)	Tribenuron	0,02/0,01	0,38/0,19	24.04.2003			
	CCC (W)	Chlormequat	1,0/0,6	0,48/0,29	24.04.2003			
	Terpal C (W)	Chlormequat, Ethephon	0,5/0,25	0,2/0,1	28.05.2003	Chrysoperla carnea		
	Stratego (F)	Propiconazol, Trifloxystrobin	1,0/0,5	1,0/0,5	28.05.2003	Coccinella 7-punctata	C. carnea	
2004	Fox (H)	Bifenox	0,75/0,37	0,5/0,25	19.03.2004			
Winter- weizen	Hoestar Super (H)	Amidosulfuron, Iodosulfuron, Mefenpyr	0,1/0,05	0,5/0,25	19.03.2004			
	CCC (W)	Chlormequat	0,8/0,8	0,38/0,38	16.04.2004			
	Terpal C (W)	Chlormequat, Ethephon	0,7/0,7	0,28/0,28	12.05.2004		C. carnea	
	Stratego (F)	Propiconazol, Trifloxystrobin	0,8/0,4	0,8/0,4	14.05.2004		C. 7-punctata	
	Corbel (F)	Fenpropimorph	1,0/0,5	1,0/0,5	14.05.2004		C. carnea, Aphidius rhopalosiphi	
	Gladio (F)	Fenpropidin, Propiconazol, Tebuconazol	1,0/0,7	1,25/0,6	14.06.2004		Aphidius colemani	
	Decis (I)	Deltamethrin	0,2/0,1	0,67/0,33	05.07.2004		relevante Nutzarthropoden (C. 7-punctata <sup>8)</sup> )	
	2005	Bandur (H)	Aclonifen	4,0/2,0	1,0/0,5	01.04.2005		
	Erbse	CCC (W)	Chlormequat	1,0/1,0	0,3/0,15	04.04.2005		
		Basagran (H)	Bentazon	1,0/0,5	0,8/0,4	18.04.2005		
Stomp (H)		Pendimethalin	2,0/1,0	1,0/0,5	18.04.2005			
Pirimor (I)		Pirimicarb	300,0/150,0	1,0/0,5	17.06.2005		A. rhopalosiphi <sup>5)</sup> , E. balteatus <sup>1), 2), 3), 4)</sup>	
Karate Zeon (I)		λ-Cyhalothrin	0,038/0,019	0,5/0,25	17.06.2005		Pardosa amenata, Pardosa palustris, C. 7-punctata <sup>3), 6)</sup> , A. rhopalosiphi	
2006		Round up (H)	Glyphosat	1,5/1,5	0,4/0,4	05.09.2005		C. carnea
Winter- weizen		Bacara (H)	Diflufenican, Flurtamone	1,0/0,5	1,0/0,5	02.11.2005		
	Camposan (W)	Ethephon	0,2/0,2	0,3/0,3	25.05.2005			
	Starane (H)	Fluroxypyr	0,8/0,4	0,8/0,4	25.05.2006			
	Input (I)	Prothioconazole, Spiroxamine	1,25/0,6	1,0/0,5	25.05.2006			
	Gladio (F)	Fenpropidin, Propiconazol, Tebuconazol	1,0/0,5	1,25/0,6	16.06.2006		A. colemani	
	Pirimor (I)	Pirimicarb	150,0/75,0	0,5/0,25	28.06.2006		C. carnea <sup>7)</sup>	
	Karate Zeon (I)	λ-Cyhalothrin	0,075/0,038	1,0/0,5	28.06.2006		E. balteatus	
							A. rhopalosiphi <sup>5)</sup> , E. balteatus <sup>1), 2), 3), 4)</sup>	
							Pardosa amenata, Pardosa palustris, C. 7-punctata <sup>3), 6)</sup> , A. rhopalosiphi	

<sup>1)</sup> Poehling & Dehne 1986, <sup>2)</sup> Poehling 1988, <sup>3)</sup> Niehoff 1996, <sup>4)</sup> Jansen 2000, <sup>5)</sup> Borgemeister et al. 1993, <sup>6)</sup> Bozsiak 2006, <sup>7)</sup> Kowalska & Szczepanka 1988, <sup>8)</sup> Zeleny et al. 1988

**Tab. 4.3** Übersicht der Pflanzenschutzmittelbehandlungen auf Feld 3 von 2003-2006 und ihre negative Wirkungen auf Prädatoren von Blattläusen laut Pflanzenschutzmittelverzeichnis und anderen Untersuchungen.

Erntejahr/ Kultur	Pflanzenschutz- mittel	Wirkstoff(e)	Aufwand- menge (l/ha, g/ha) 100 %/50 %	Behandlungs- index 100 %/50 %	Applikations- datum	Nebenwirkungen		
						schwachschädigend	schädigend	
2003 <sup>a</sup>								
Zucker- rübr	Betalan Expert (H)	Phenmedipham, Ethofumesat, Desmedipham	1,0	0,57	28.04.2003			
	Golix compact (H)	Metamitron	1,0	0,67	28.04.2003			
	Betalan Expert (H)	Phenmedipham, Ethofumesat, Desmedipham	1,3	0,74	07.05.2003			
	Golix compact (H)	Metamitron	1,0	0,67	07.05.2003			
	Betalan Expert (H)	Phenmedipham, Ethofumesat, Desmedipham	1,3	0,74	23.05.2003			
	Golix compact (H)	Metamitron	1,5	1,0	23.05.2003			
	Spyrale (F)	Difenoconazol, Fenpropiadin	1,0	1,0	03.07.2003	Coccinella 7-punctata, Chrysoperla carnea	Aphidius rhopalosiphii	
2004								
Sommer- weizen	Fox (H)	Bifenox	0,75/0,37	0,5/0,25	19.03.2004			
	Hoestar Super (H)	Amidosulfuron, Iodosulfuron, Mefenpyr	0,1/0,05	0,5/0,25	19.03.2004			
	CCC (W)	Chlormequat	1,0/1,0	0,48/0,48	16.04.2004			
	Terpal C (W)	Chlormequat, Ethephon	0,7/0,7	0,28/0,28	12.05.2004		Chrysoperla carnea	
	Stratego (F)	Propiconazol, Trifloxystrobin	0,8/0,4	0,8/0,4	14.05.2004		Coccinella 7-punctata	
	Corbel (F)	Fenpropiadin	1,0/0,5	1,0/0,5	14.05.2004		C. carnea, Aphidius rhopalosiphii	
	U 46 M (H)	MCPA	1,5/0,75	1,0/0,5	02.06.2004		Aphidius colemani	
	Gladio (F)	Fenpropiadin, Propiconazol, Tebuconazol	1,0/0,7	1,25/0,68	14.06.2004		Episyrphus balteatus	
	Karate Zeon (I)	λ-Cyhalothrin	0,075/0,038	1,0/0,5	21.06.2004		Pardosa amentata, Pardosa palustris, C. 7-punctata <sup>3), 6)</sup> , A. rhopalosiphii	
	Decis (I)	Deltamethrin	0,2	0,67/0,0	05.07.2004		relevante Nutzarthropoden (C. 7-punctata <sup>6)</sup> )	
	2005							
	Winter- weizen	Blathlon (H)	Tritosulfuron	70,0/35,0	1,0/0,5	04.04.2005		
		CCC (W)	Chlormequat	1,0/1,0	0,5/0,5	04.04.2005		
Gladio (F)		Fenpropiadin, Propiconazol, Tebuconazol	1,0/0,5	1,25/0,6	27.05.2005		A. colemani	
Zenit (F)		Fenpropiadin	0,75/0,37	1,0/0,4	27.05.2005			
Bravo (F)		Chlorthalonil	1,0/0,5	0,5/0,25	27.05.2005			
U 46 M (H)		MCPA	1,5/0,75	1,0/0,5	24.06.2005			
Primitor (I)		Pirimicarb	300,0/150,0	1,0/0,5	24.06.2005		C. carnea <sup>7)</sup>	
							A. rhopalosiphii <sup>5)</sup> , E. balteatus <sup>1), 2), 3), 4)</sup>	
2006								
Erbse	Bandur (H)	Aclonifen	4,0/2,0	1,0/0,5	12.04.2006			
	Basagran (H)	Bentazon	1,0/0,5	0,3/0,15	15.06.2006			
	Stomp (H)	Pendimethalin	2,0/1,0	0,8/0,4	15.06.2006			
	Pirimor (I)	Pirimicarb	300,0/150,0	1,0/0,5	15.06.2006		C. carnea <sup>7)</sup>	
	Karate Zeon (I)	λ-Cyhalothrin	0,038/0,019	0,5/0,25	15.06.2006		E. balteatus Pardosa amentata, Pardosa palustris, C. 7-punctata <sup>3), 6)</sup> , A. rhopalosiphii	

<sup>a</sup> Im Jahr 2003 wurden keine reduzierten Aufwandmengen (50 %-Variante) appliziert

<sup>1)</sup> Poehling & Dehne 1986, <sup>2)</sup> Poehling 1988, <sup>3)</sup> Niehoff 1996, <sup>4)</sup> Jansen 2000, <sup>5)</sup> Borgemeister et al. 1993, <sup>6)</sup> Bozsik 2006, <sup>7)</sup> Kowalska & Szczepanka 1988, <sup>8)</sup> Zeleny et al. 1988

## 4.1.2 Feld 1

### 4.1.2.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren

#### 2004 (Erbse)

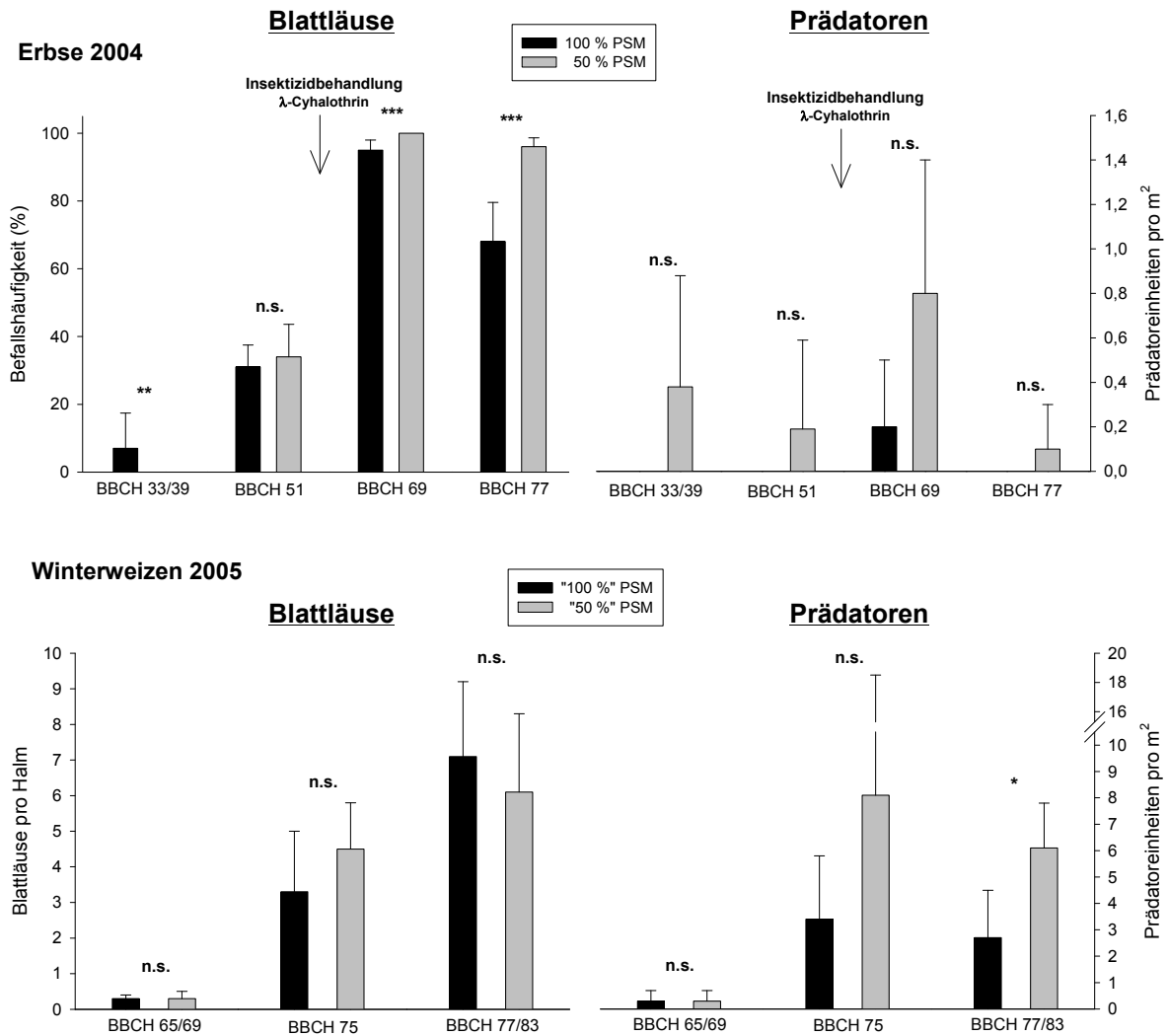
Die Blattlausart *Acyrtosiphon pisum* trat zum Zeitpunkt BBCH 33/39 in der 100 %-Variante (BI: 1,0) an 7 % der Pflanzen auf, während sie in der 50 %-Variante (BI: 0,5) noch nicht vorhanden war (Abb. 4.1). Der Anteil der befallenen Pflanzen stieg in beiden Varianten zum frühen Zeitpunkt der Entwicklung der Blütenanlagen (BBCH 51) auf 31 % bzw. 34 % an ( $\chi^2$ -Test,  $p = 0,4538$ ). Auch nach der Insektizidbehandlung kam es in beiden Varianten zu einem weiteren Anstieg der Befallshäufigkeit, wobei zum Ende der Blüte (BBCH 69) und zum Zeitpunkt BBCH 77 die Befallshäufigkeit in der 50 %-Variante signifikant höher lag als in der 100 %-Variante ( $p < 0,001$ ). Zum Zeitpunkt BBCH 77 betrug die Befallshäufigkeit in der 50 %-Variante weiterhin über 95 %, während sie in der 100 %-Variante auf 68 % abnahm.

Zu allen Zeitpunkten traten nur wenige Blattlausgegensepieler auf (Abb. 4.1). Vor der Insektizidbehandlung kamen in der 100 %-Variante keine Prädatoren vor. In der 50 %-Variante war nur eine Imago von *Coccinella 7-punctata* zu finden. Nach der Insektizidbehandlung waren in der 100 %-Variante nur zum Zeitpunkt Ende der Blüte (BBCH 69) Prädatoren, vor allem Syrphidenlarven, in sehr geringer Dichte vorhanden (Abb. 4.2). Auch in der 50 %-Variante war die Dichte mit  $< 1$  Prädatoreinheit pro  $m^2$  sehr niedrig. Es bestand zu keiner Zeit ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ). Eine detaillierte Auflistung der Prädatoren zeigt Tabelle 7.2 (Anhang).

#### 2005 (Winterweizen)

Zum Zeitpunkt Mitte bis Ende Blüte (BBCH 65/69) waren in beiden Varianten 0,3 Getreideblattläuse pro Halm vorhanden (Abb. 4.1). Aufgrund dieses geringen Befallsdruckes erfolgte keine Insektizidbehandlung, so dass eine Unterscheidung einer 100 %- und einer 50 %-Variante diesbezüglich nicht möglich war („100 %“ bzw. „50 %“). Bis zur Milchreife (BBCH 75) und frühen Teigreife (BBCH 77/83) stieg die Blattlausdichte in der „100 %-Variante“ auf  $3,3 \pm 1,8$  und  $7,2 \pm 2,1$  Blattläuse pro Halm an.

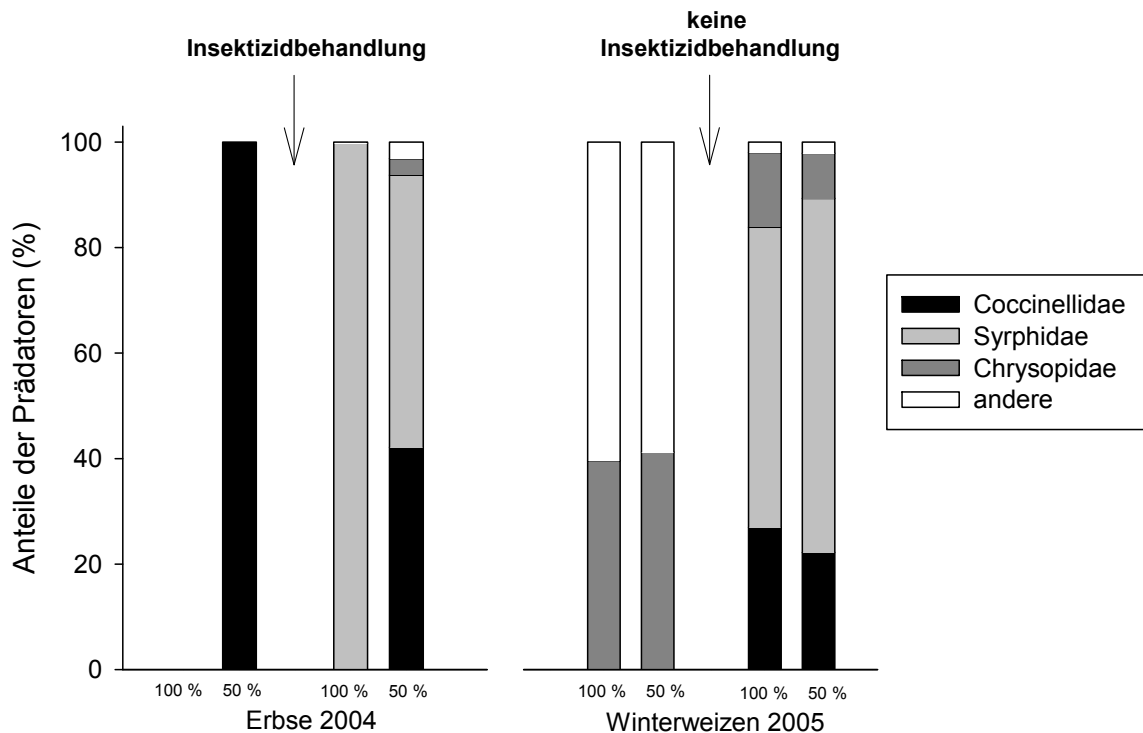




**Abb. 4.1** Dichte von Blattläusen und ihren Prädatoren (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) an Erbse 2004 und Winterweizen 2005 in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1 (Erbse:  $n = 6$ , Winterweizen:  $n = 5$ ). Ungepaarter t-Test und  $\chi^2$ -Test (Erbse: Blattläuse), n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

Auch in der „50 %-Variante“ kam es zu einem Anstieg der Populationsdichte auf  $4,5 \pm 1,3$  Blattläuse pro Halm (BBCH 75) bzw.  $6,1 \pm 2,2$  Blattläuse pro Halm (BBCH 77/83) an. Zu keinem Zeitpunkt bestand ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ).

Den größten Anteil am Gesamtvorkommen der Blattläuse bildeten die beiden Blattlausarten *Sitobion avenae* und *Metopolophium dirhodum*, die zusammen 86-99 % ausmachten (Tab. 4.4). Die Anteile der drei Blattlausarten waren in beiden Varianten ähnlich. Der Anteil geflügelter Blattläuse am Gesamtvorkommen lag zu allen untersuchten Zeitpunkten und in beiden Varianten  $< 3$  % (Tab. 4.4).



**Abb. 4.2** Anteile der Blattlausprädatoren vor und nach Insektizidbehandlung (Erbse 2004) bzw. an den beiden Boniturterminen (Winterweizen 2005) im Feld 1.

Die Dichte der Prädatoren betrug zum Zeitpunkt Mitte bis Ende Blüte (BBCH 65/69) in beiden Varianten weniger als 1 PU pro m<sup>2</sup> (Abb. 4.1). Zu den beiden späteren Zeitpunkten BBCH 75 und BBCH 77/83 stieg die Anzahl der Prädatoren in der „100 %-Variante“ auf  $3,4 \pm 2,4$  bzw.  $2,7 \pm 1,8$  PU pro m<sup>2</sup> an und lag damit niedriger als in der „50 %-Variante“ mit  $8,1 \pm 10,4$  bzw.  $6,1 \pm 1,7$  PU pro m<sup>2</sup>. Allerdings bestand nur zum letzteren Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p = 0,3546$  bzw.  $p = 0,0177$ ). Den Hauptanteil bildeten jeweils Syrphidenlarven und zusätzlich Imagines und Larven von *Coccinella 7-punctata* sowie Chrysopidenlarven. Nur vereinzelt traten Larven von *Propylea 14-punctata* auf (Abb. 4.2). Eine detaillierte Auflistung der Prädatoren zeigt Tabelle 7.3 (Anhang).

#### 2006 (Wintergerste)

2006 wurde im Wintergerstenfeld auf eine Arthropodenbonitur verzichtet, da Blattläuse und Getreidehähnchen hier keine entscheidende Rolle spielten.

**Tab. 4.4** Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse (%) auf Feld 1. Es erfolgte keine Insektizidbehandlung.

Kultur/ Erntejahr	BBCH- Stadium	Variante	<i>Sitobion avenae</i>	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Metopolophium dirhodum</i>	Geflügelte
Winterweizen 2005	65/69	"100 %"	53,1	11,3	35,6	1,9
		"50 %"	66,9	13,8	19,3	1,9
	75	"100 %"	34,1	1,0	64,9	1,2
		"50 %"	62,0	1,1	36,9	2,7
	77/83	"100 %"	68,6	0,9	30,5	2,9
		"50 %"	44,9	1,6	53,5	2,3

#### 4.1.2.2 Bodenfallenfänge

##### 2004 (Erbse)

Im Fangzeitraum von fünf Wochen insgesamt 1215 Carabidae aus 28 Arten gefangen, davon 523 Carabidae aus 16 Arten in der 100 %-Variante und 692 Carabidae aus 24 Arten in der 50 %-Variante (Tab. 4.5). Vor der Insektizidbehandlung traten in der 100 %-Variante  $49,0 \pm 25,6$  Carabidae und in der 50 %-Variante  $65,7 \pm 23,9$  Individuen pro Bodenfalle und Woche auf. Dieser Unterschied war nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,271$ ) (Abb. 4.3). Nach der Insektizidbehandlung kamen in der 3. Fangwoche in beiden Varianten mit jeweils  $< 10$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche deutlich weniger Individuen vor als vor der Insektizidbehandlung. Die Fangzahl blieb bis zum Ende der Fangzeit konstant. Zu keiner Zeit bestand in signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten ( $p > 0,05$ ).

Die häufigsten Arten in der 100 %-Variante waren *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius* und *Anchomenus dorsalis* (Tab. 4.6). In der 50 %-Variante traten *Pterostichus melanarius*, *Anchomenus dorsalis* und *Poecilus cupreus* am häufigsten auf.

Im gleichen Fangzeitraum wurden 2004 insgesamt 256 Araneae aus 27 Arten, davon 94 Araneae aus 20 Arten in der 100 %-Variante und 162 Araneae aus 21 Arten in der 50 %-Variante gefangen (Tab. 4.5). Vor der Insektizidbehandlung traten keine signifikanten Unterschiede zwischen der 100 %-Variante mit  $10,7 \pm 5,4$  Araneae und der 50 %-Variante mit  $14,2 \pm 8,0$  Individuen pro Bodenfalle und Woche auf (ungepaarter t-Test,  $p = 0,3945$ ) (Abb. 4.3). Nach der Insektizidbehandlung nahm die Aktivitätsdichte der Araneae in beiden Varianten ab, wobei in der 50 %-Variante signifikant mehr Individuen gefangen wurden als in der 100 %-Variante ( $p < 0,001$ ).

**Tab. 4.5** Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge 2004-2006 für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.

untersuchte Parameter	Erbse 2004			Winterweizen 2005			Wintergerste 2006		
	100 %	50 %	gesamt	"100 %"	"50 %"	gesamt	"100 %"	"50 %"	gesamt
<b>Carabidae</b>									
Anzahl Individuen	523	692	1215	204	364	568	129	271	400
Anzahl Arten	16	24	28	17	22	24	17	18	22
Anzahl gleicher Arten			12			15			13
Shannon-Weaver-Index	1,66	1,75	1,77	1,82	1,79	1,84	2,02	1,53	1,81
Evenness	0,60	0,55	0,53	0,64	0,58	0,58	0,71	0,53	0,59
Jaccard'sche Zahl			0,75			1,67			1,44
Renkonen's Zahl (%)			72,93			81,34			56,62
<b>Araneae</b>									
Anzahl Individuen	94	162	256	323	986	1309	2038	2660	4698
Anzahl Arten	20	21	27	22	22	27	28	23	33
Anzahl gleicher Arten			15			17			18
Shannon-Weaver-Index	2,47	2,10	2,40	2,18	1,65	1,83	1,52	1,43	1,48
Evenness	0,83	0,69	0,73	0,70	0,54	0,55	0,46	0,46	0,42
Jaccard'sche Zahl			1,08			1,70			1,20
Renkonen's Zahl (%)			50,92			70,46			91,64

In der 100 %-Variante kamen nur noch vereinzelt Araneae vor. Als häufigste Arten traten in der 100 %-Variante *Pardosa agrestis*, *Oedothorax apicatus* und *Pardosa prativaga* auf (Tab. 4.6). Dagegen waren in der 50 %-Variante *Oedothorax apicatus*, *Pardosa palustris* und *Erigone dentipalpis* die dominantesten Vertreter.

#### 2005 (Winterweizen)

Im Vergleich zum Vorjahr wurden mit insgesamt 568 Carabidae weniger als die Hälfte an Carabidae gefangen (Tab. 4.5). In der „100 %-Variante“ wurden 204 Carabidae aus 17 Arten und in der „50 %-Variante“ 364 Carabidae aus 22 Arten gefunden. Zu Beginn der Fangperiode wurden in beiden Varianten ungefähr 15 Carabidae pro Bodenfalle und Woche gefangen (Abb. 4.3). Während in der „100 %-Variante“ in den folgenden Wochen ca. 5 Carabidae pro Bodenfalle und Woche auftraten, stieg die Anzahl der Individuen in der „50 %-Variante“ in der 2. Fangwoche auf  $19,0 \pm 10,9$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche an und blieb danach relativ konstant. In der 2. und 4. Fangwoche bestand jeweils ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0105$

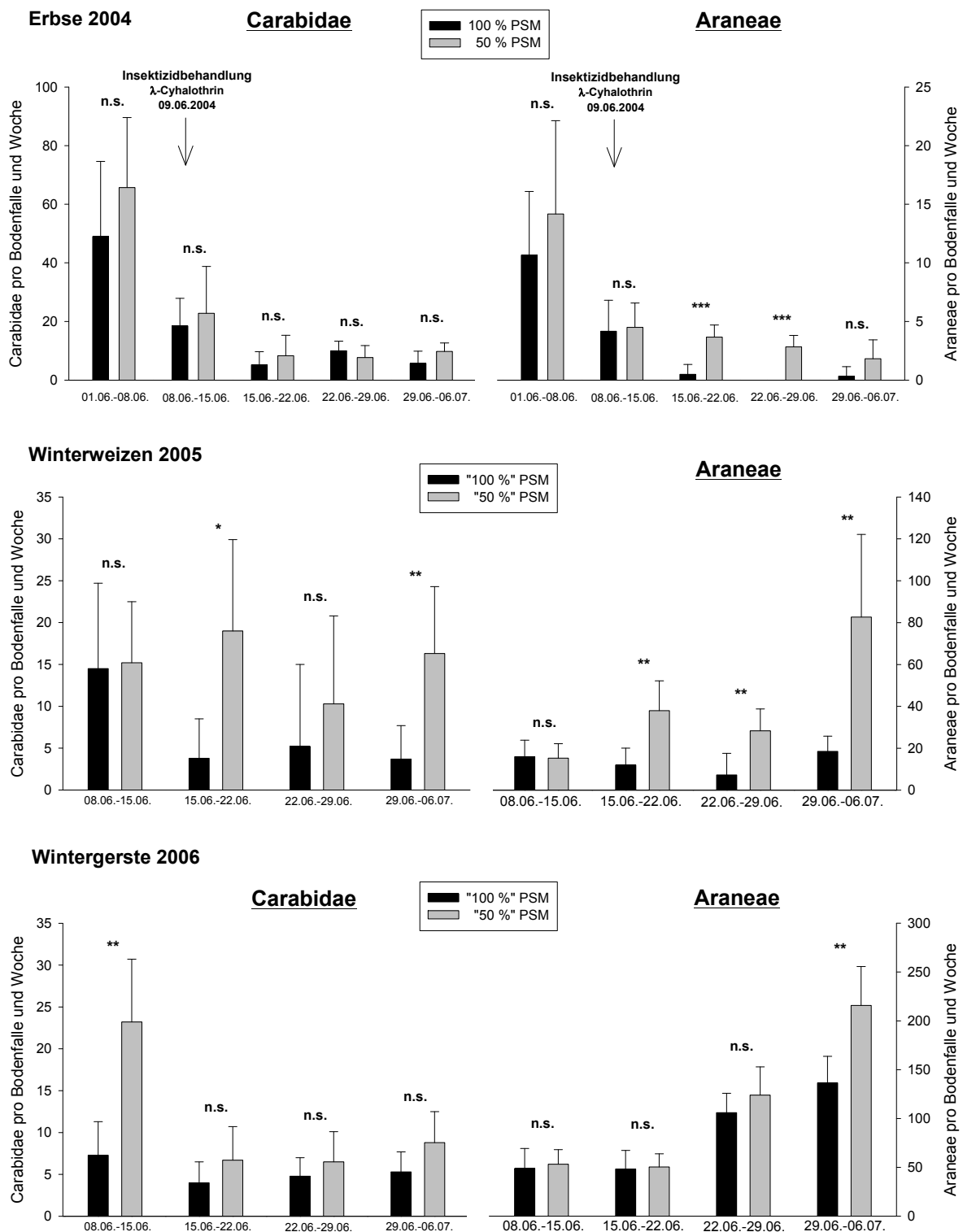
bzw.  $p = 0,0061$ ). In beiden Varianten waren die drei am häufigsten auftretenden Arten jeweils *Pterostichus melanarius*, *Anchomenus dorsalis* und *Harpalus rufipes* (Tab. 4.6).

**Tab. 4.6** Dominanzen der drei am häufigsten in den Bodenfallenfängen vorkommenden Carabidae und Araneae über den gesamten Fangzeitraum in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 1.

Carabidae/ Araneae	Kultur/ Erntejahr	I	100 %-Variante	Anteil (%)	50 %-Variante	Anteil (%)
<b>Carabidae</b>	Erbse 2004	ja	<i>Poecilus cupreus</i>	40,0	<i>Pterostichus melanarius</i>	30,5
			<i>Pterostichus melanarius</i>	25,4	<i>Anchomenus dorsalis</i>	26,5
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	17,2	<i>Poecilus cupreus</i>	21,3
	Winterweizen 2005	nein	<i>Pterostichus melanarius</i>	35,8	<i>Pterostichus melanarius</i>	44,7
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	32,4	<i>Anchomenus dorsalis</i>	23,6
			<i>Harpalus rufipes</i>	8,3	<i>Harpalus rufipes</i>	8,8
	Wintergerste 2006	nein	<i>Loricera pilicornis</i>	27,9	<i>Pterostichus melanarius</i>	55,7
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	24,8	<i>Anchomenus dorsalis</i>	17,3
			<i>Pterostichus melanarius</i>	17,1	<i>Loricera pilicornis</i>	8,1
<b>Araneae</b>	Erbse 2004	ja	<i>Pardosa agrestis</i>	21,3	<i>Oedothorax apicatus</i>	40,7
			<i>Oedothorax apicatus</i>	13,8	<i>Pardosa palustris</i>	6,2
			<i>Pardosa prativaga</i>	7,5	<i>Erigone dentipalpis</i>	5,6
	Winterweizen 2005	nein	<i>Erigone atra</i>	25,4	<i>Oedothorax apicatus</i>	48,3
			<i>Oedothorax apicatus</i>	20,7	<i>Erigone atra</i>	20,0
			<i>Lepthyphantes tenuis</i>	13,0	<i>Erigone dentipalpis</i>	7,2
	Wintergerste 2006	nein	<i>Erigone atra</i>	41,9	<i>Erigone atra</i>	47,1
			<i>Oedothorax apicatus</i>	32,1	<i>Oedothorax apicatus</i>	28,5
			<i>Erigone dentipalpis</i>	7,9	<i>Erigone dentipalpis</i>	10,4

I: Insektizidbehandlung

Im Gegensatz zu den Carabidae wurden 2005 im Vergleich zu 2004 mit insgesamt 1309 Araneae aus 27 Arten mehr als fünfmal so viele Individuen gefangen (Tab. 4.5). Davon traten in der „100 %-Variante“ 323 Araneae und in der „50 %-Variante“ 986 Araneae auf. Insgesamt konnten 27 Arten bestimmt werden. In der ersten Fangwoche wurden in beiden Varianten ca. 16 Araneae pro Bodenfalle und Woche gefangen (Abb. 4.3). In den darauffolgenden Fangwochen traten signifikant mehr Araneae in der „50 %-Variante“ als in der „100 %-Variante“ auf (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ). Die drei häufigsten Arten in der „100 %-Variante“ waren *Erigone atra*, *Oedothorax apicatus* und *Lepthyphantes tenuis* (Tab. 4.6). In der „50 %-Variante“ waren *Oedothorax apicatus*, *Erigone atra* und *Erigone dentipalpis* die dominantesten Arten. Außerdem traten zwei Individuen der Rote-Liste-Art *Enoplognatha mordax* (Sachsen-Anhalt) der Kategorie 3 (gefährdet) in der „50 %-Variante“ auf (ANONYMUS 2004b).



**Abb. 4.3** Anzahl der mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae pro Bodenfalle und Woche (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) in Erbse 2004, Winterweizen 2005 und Wintergerste 2006 in der 100 %- und 50 %-Variante über einen Fangzeitraum von vier bis fünf Wochen im Feld 1 ( $n=6$ ). Im Winterweizen 2005 und in der Wintergerste 2006 erfolgte keine Insektizidbehandlung. Ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

### 2006 (Wintergerste)

Insgesamt wurden 400 Carabidae aus 22 Arten gefangen, davon in der „100 %-Variante“ 129 Carabidae aus 17 Arten und in der „50 %-Variante“ mehr als doppelt so viele mit 271 Carabidae aus 18 Arten (Tab. 4.5). In der 1. Fangwoche kamen in der „50 %-Variante“ mit  $23,2 \pm 7,5$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche mehr als dreimal so viele Individuen vor als in der „100 %-Variante“ (Abb. 4.3). Dieser Unterschied war signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0011$ ). In den folgenden Fangwochen dagegen kamen in beiden Varianten jeweils ungefähr gleich viele Carabidae vor (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ). In der „100 %-Variante“ war *Loricera pilicornis* der häufigste Vertreter, während in der „50 %-Variante“ *Pterostichus melanarius* am stärksten auftrat (Tab. 4.6). Mit einem Individuum der Art *Badister sodalis* wurde in der „50 %-Variante“ eine Rote-Liste-Art der Kategorie 3 (gefährdet) für Sachsen-Anhalt gefangen (ANONYMUS 2004b).

In diesem Jahr traten mit Abstand die meisten Araneae auf. Von den insgesamt 4698 Individuen wurden 2038 Araneae aus 28 Arten in der „100 %-Variante“ und 2660 Araneae aus 23 Arten in der „50 %-Variante“ gefangen (Tab. 4.5). In der letzten Fangwoche wurden in der „50 %-Variante“ mit  $215,8 \pm 39,9$  Araneae pro Bodenfalle und Woche signifikant mehr Individuen gefangen als in der „100 %-Variante“ mit  $136,5 \pm 27,1$  Araneae pro Bodenfalle und Woche (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0024$ ) (Abb. 4.3). In beiden Varianten waren *Erigone atra*, *Oedothorax apicatus* und *Erigone dentipalpis* die dominantesten Vertreter (Tab. 4.6). Außerdem trat je ein Individuum der Rote-Liste-Art *Enoplognatha mordax* (Sachsen-Anhalt) der Kategorie 3 (gefährdet) in beiden Varianten auf (ANONYMUS 2004b).

Die vollständigen Artenlisten der Carabidae und Araneae des Feldes 1 sind in den Tabellen 7.10 und 7.11 (Anhang) dargestellt.

#### 4.1.2.3 Unkrautbonitur

##### 2004 (Erbse)

Die Abundanz der Unkräuter vor der Herbizidbehandlung in der 50 %-Variante signifikant höher als in der 100 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0055$ ) (Tab. 4.7). In der 100 %-Variante verteilten sich die  $1,7 \pm 0,7$  Pflanzen pro  $m^2$  zu etwa gleichen Teilen auf fünf unterschiedliche Unkrautarten. Den Hauptanteil der  $28,5 \pm 15,9$  Pflanzen pro  $m^2$  in der 50 %-Variante machte *Mercurialis annua* mit 26,2 Pflanzen pro  $m^2$  aus. Den Rest bildeten drei weitere Unkrautarten. Nach der Herbizidbehandlung war mit  $3,0 \pm 1,8$  % Bedeckungsgrad die Restverunkrautung in der 50 %-Variante signifikant größer als in der 100 %-Variante mit  $0,6 \pm 0,9$  % Bedeckungsgrad ( $p = 0,0333$ ). Weiterhin bildete *Mercurialis annua* in der 50 %-Variante den Hauptanteil, während in der 100 %-Variante nun *Cirsium arvense* fast den gesamten Anteil an der Verunkrautung ausmachte.

##### 2005 (Winterweizen)

Vor der Herbizidbehandlung in der 100 %-Variante mit  $7,9 \pm 4,9$  Pflanzen pro  $m^2$  weniger Unkräuter auf als in der 50 %-Variante mit  $23,8 \pm 23,8$  Pflanzen pro  $m^2$  (Tab. 4.7). Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,1415$ ). Den Hauptanteil in der 100 %-Variante bildeten *Apera spica-venti* (5,4 Pflanzen pro  $m^2$ ) und *Viola arvensis* (0,8 Pflanzen pro  $m^2$ ). Auch in der 50 %-Variante trat *Apera spica-venti* (13,3 Pflanzen pro  $m^2$ ) am häufigsten auf, gefolgt von *Veronica hederifolia* (7,1 Pflanzen pro  $m^2$ ). Nach der Herbizidbehandlung war die Restverunkrautung in der 50 %-Variante signifikant höher als in der 100 %-Variante ( $p = 0,0002$  bzw.  $p = 0,0284$ ). In der 100 %-Variante lag diese  $< 1$  %, während sie in der 50 %-Variante  $8,6 \pm 2,6$  % bzw.  $3,1 \pm 2,8$  % betrug. In der 50 %-Variante bildeten *Mercurialis annua*, *Galium aparine* und *Polygonum convolvulus* den Hauptanteil, während in der 100 %-Variante *Cirsium arvense* fast den gesamten Anteil an der Verunkrautung ausmachte. Die Abundanz der Unkräuter im Spritzfenster lag im Bereich der der unbehandelten Fläche der 100 %-Variante.

##### 2006 (Wintergerste)

Vor der Herbizidbehandlung kamen nur wenige Unkräuter mit  $0,4 \pm 1,0$  Pflanzen pro  $m^2$  in der 100 %-Variante und  $2,5 \pm 5,0$  Pflanzen pro  $m^2$  in der 50 %-Variante vor (Tab. 4.7)..



**Tab. 4.7** Vergleich der Unkrautdichten (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) sowie die Anzahl der Arten in der 100 %-Variante und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) vor und nach der Herbizidbehandlung (H) der Jahre 2004-2006 auf Feld 1 (n = 6). 2006 erfolgte eine zusätzliche Bonitur vor der Herbstbehandlung (HeH). Auf Signifikanzen (Sig.) wurde nur zwischen der 100 %- und 50 %-Variante getestet (ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ).

Kultur/ Ernte- jahr	vor/nach H	BBCH- Stadium	Bonitur- Parameter	Herbizidanwendung			Sig.
				100 %	50 %	SF 100 %	
Erbse 2004	vor H	15/16	Pflanzen/m <sup>2</sup>	1,7 $\pm$ 0,7	28,5 $\pm$ 15,9	/	**
			Anzahl der Arten	5	4		
	nach H	79	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,6 $\pm$ 0,9	3,0 $\pm$ 1,8	/	*
			Anzahl der Arten	3	5		
Winter- weizen 2005	vor H	25/26	Pflanzen/m <sup>2</sup>	7,9 $\pm$ 4,9	23,8 $\pm$ 23,8	/	n.s.
			Anzahl der Arten	6	6		
	nach H	55	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,9 $\pm$ 1,9	8,6 $\pm$ 2,6 (+ 0,3)	0,6 $\pm$ 0,4	***
			Anzahl der Arten	4	12	7	
	nach H	83	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,1 $\pm$ 0,1	3,1 $\pm$ 2,8 (+ 2,4)	< 0,1 (+ 3,5)	*
			Anzahl der Arten	1	11	4	
Winter- gerste 2006	vor HeH	12	Pflanzen/m <sup>2</sup>	8,5 $\pm$ 4,5	119,5 $\pm$ 62,1	/	**
			Anzahl der Arten	6	10		
	vor H	25	Pflanzen/m <sup>2</sup>	0,4 $\pm$ 1,0	2,5 $\pm$ 5,0	/	n.s.
			Anzahl der Arten	1	2		
	nach H	87/89	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,9 $\pm$ 1,2	2,8 $\pm$ 1,1 (+ 9,6)	0,2 $\pm$ 0,3	*
			Anzahl der Arten	1	8	1	

BG: Bedeckungsgrad

Zahl in Klammer = Anzahl *Apera spica-venti*/m<sup>2</sup>

/: nicht erhoben

Dieser Unterschied war nicht signifikant ( $p = 0,3409$ ). Es kamen nur *Apera spica-venti* und in der 50 %-Variante zusätzlich *Galium aparine* vor. Nach der Herbizidbehandlung war der Bedeckungsgrad der Unkräuter in der 50 %-Variante signifikant höher als in der 100 %-Variante ( $p = 0,0153$ ), wobei die Restverunkrautung 3 % nicht überstieg. Wie 2005 trat in der 100 %-Variante nur noch *Cirsium arvense* auf, während in der 50 %-Variante acht Unkrautarten und ca. 10 *Apera spica-venti* pro m<sup>2</sup> vorkamen, von denen *Chenopodium album* und *Mercurialis annua* den Hauptanteil ausmachten. Im Spritzfenster waren so gut wie keine Unkräuter zu finden.

#### 4.1.2.4 Erträge und andere Ertragsparameter

Die Erträge und die behandlungskostenfreien Mehrerlöse lagen 2004 und 2005 in der 100 %-Variante höher als in der 50 %-Variante, während es sich 2006 genau andersherum verhielt (Tab. 4.8). Die Unterschiede waren 2004 in der Erbse (eine Insektizidbehandlung erfolgte) besonders deutlich. In den anderen Ertragsparametern unterschieden sich die 100 %- und 50 %-Variante nur in der Tausendkornmasse im Winterweizen 2005 und in der Wintergerste 2006 sowie in der Anzahl der Halme pro m<sup>2</sup> im Winterweizen 2005. Die Tausendkornmasse war in beiden Jahren in der 100 %-Variante signifikant höher als in der 50 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ). Dagegen standen 2005 signifikant mehr Halme pro m<sup>2</sup> in der 50 %- als in der 100 %-Variante ( $p = 0,0389$ ).

**Tab. 4.8** Erträge und andere Ertragsparameter (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) des Feldes 1 von 2004-2006. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ).

Ertragsparameter	Erbse 2004		Winterweizen 2005		Wintergerste 2006	
	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
Ertrag (dt/ha)	60	32	87	80	66	72
Erlös (€/ha)	870	464	842	774	625	682
Kosten PSM (€/ha)	88	44	115	57	102	51
Behandlungskosten- freier Mehrerlös (€/ha)	362		10			108
Halme/m <sup>2</sup>	/	/	694 $\pm$ 118 <sup>a</sup>	786 $\pm$ 114 <sup>b</sup>	/	/
Samen/Ähre	/	/	48,7 $\pm$ 7,7 <sup>a</sup>	49,1 $\pm$ 9,3 <sup>a</sup>	40,5 $\pm$ 10,7 <sup>a</sup>	42,8 $\pm$ 10,1 <sup>a</sup>
Gewicht Samen/Ähre bzw. Samen/Schote (g)	/	/	/	/	2,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>
TKM <sup>1</sup> (g)	/	/	43,2 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	35,6 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	43,2 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	41,8 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> TKM: Tausendkornmasse

/: nicht erhoben

### 4.1.3 Feld 2

#### 4.1.3.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren

##### 2004 (Winterweizen)

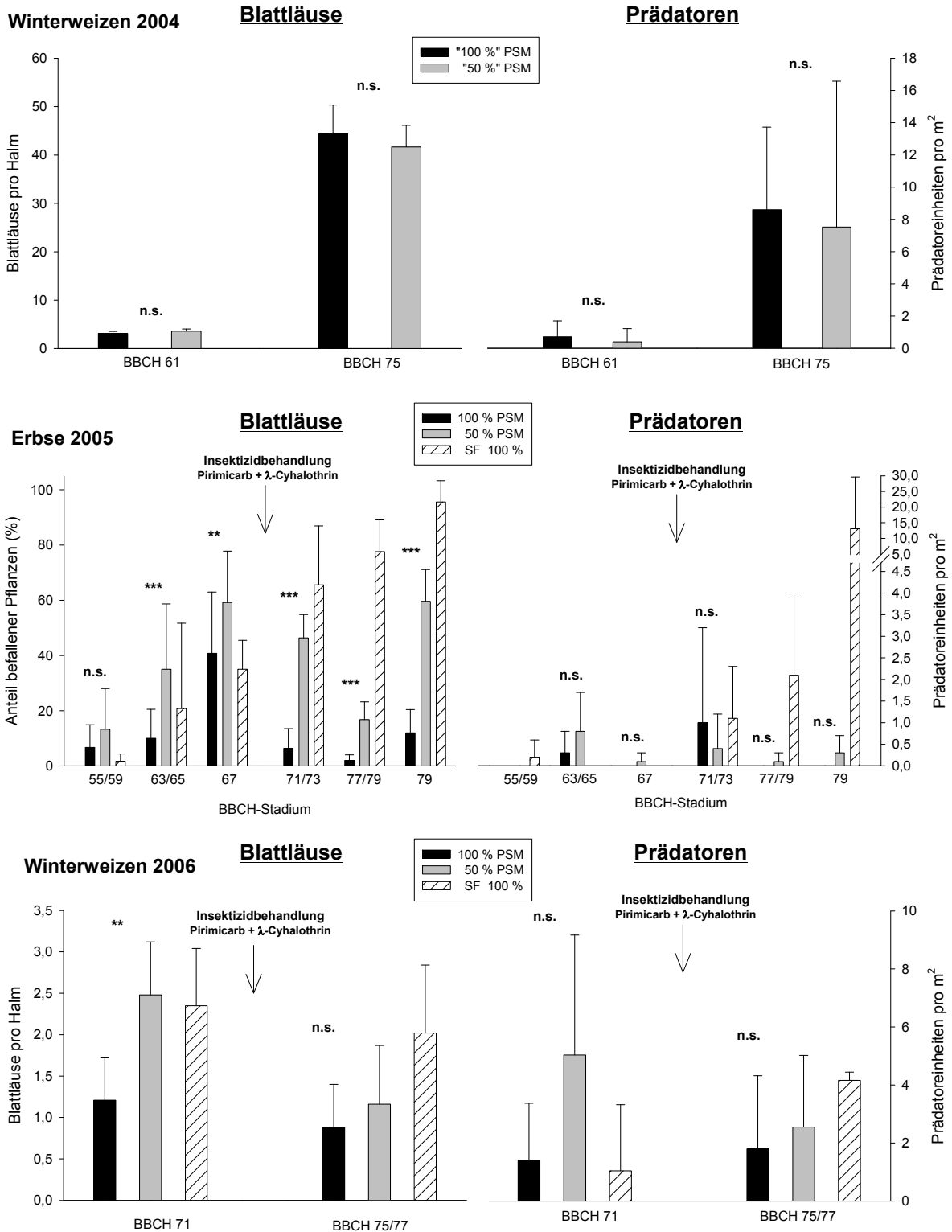
Zu Beginn der Blüte (BBCH 61) lagen in beiden Varianten die Blattlausdichten bei etwas mehr als 3 Blattläusen pro Halm und stiegen in der Mitte der Milchreife (BBCH 75) auf  $44,3 \pm 6,0$  („100 %-Variante“) bzw.  $41,7 \pm 4,5$  Blattläusen pro Halm („50 %-Variante“) stark an (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ) (Abb. 4.4).

Die dominierenden Blattlausarten waren dabei *Sitobion avenae* und *Rhopalosiphum padi*, die zusammen jeweils über 90 % am Gesamtvorkommen ausmachten (Tab. 4.9). Der Anteil der Alaten am Gesamtvorkommen lag zwischen 0,6 % („100 %-Variante“, BBCH 75) und 3,5 % („50 %-Variante“, BBCH 75) (Tab. 4.9).

Zu Beginn der Blüte traten in beiden Varianten mit  $0,7 \pm 1,9$  PU pro  $m^2$  in der „100 %-Variante“ und  $0,4 \pm 0,8$  PU pro  $m^2$  in der „50 %-Variante“ nur wenige Prädatoren auf (Abb. 4.4). Zwei Wochen später (BBCH 75) stieg das Prädatorkommen in der „100 %-Variante“ auf  $8,6 \pm 5,1$  PU pro  $m^2$  und in der „50 %-Variante“ auf  $7,5 \pm 9,1$  PU pro  $m^2$  an. Auch hier bestanden zu keiner Zeit signifikante Unterschiede zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ). Den größten Anteil an der Prädatorgesellschaft bildeten die Syrphidenlarven und zu einem geringeren Anteil Chrysopidenlarven. Coccinellidae waren dagegen nur in der „100 %-Variante“ zu finden (Abb. 4.6). Eine vollständige Auflistung der Prädatoren findet sich in Tabelle 7.4 (Anhang) wieder.

##### 2005 (Erbse)

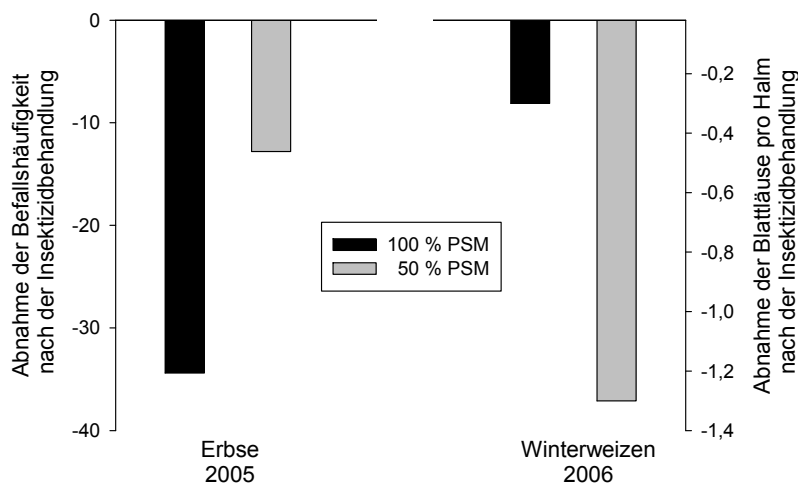
Die Befallshäufigkeit mit *Acyrtosiphon pisum* stieg vom Zeitpunkt der Entwicklung der ersten Blüten (BBCH 55/59) bis zur Insektizidbehandlung während der abgehenden Blüte (BBCH 67) in beiden Varianten von  $6,7 \pm 8,2$  auf  $40,8 \pm 22,2$  % (100 %-Variante, BI: 1,5) bzw. von  $13,3 \pm 14,7$  % auf  $59,2 \pm 18,6$  % (50 %-Variante, BI: 0,75) kontinuierlich an, wobei zu den Zeitpunkten BBCH 63/65 und BBCH 67 jeweils ein signifikanter Unterschied bestand ( $\chi^2$ -Test,  $p < 0,001$  bzw.  $p = 0,0015$ ). (Abb. 4.4). Nach der Insektizidbehandlung kam es in der 100 %-Variante zu einem deutlichen Abfall der Befallshäufigkeit auf bis zu  $2,0 \pm 2,0$  %. In der 50 %-Variante fiel die Reduktion der Befallshäufigkeit mit auf bis zu  $16,8 \pm 6,4$  % (BBCH 77/79) geringer aus (Abb. 4.5).



**Abb. 4.4** Dichten von Blattläusen und ihren Prädatoren (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) an Winterweizen 2004, Erbse 2005 und Winterweizen 2006 in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) im Feld 2 (Winterweizen: n = 5, Erbse: n = 6). Ungepaarter t-Test und  $\chi^2$ -Test (Erbse: Blattläuse) n.s. nicht signifikant p > 0,05, \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001 (getestet wurde zu jeden Zeitpunkt nur 100 % vs. 50 %).

Zu allen Zeitpunkten nach der Insektizidbehandlung waren in der 50 %-Variante statistisch signifikant mehr Pflanzen mit Blattläusen befallen als in der 100 %-Variante ( $\chi^2$ -Test,  $p < 0,001$ ). Die Befallshäufigkeit lag im Spritzfenster am höchsten.

Insgesamt kam es in beiden Varianten zu einer geringen Prädatorichte (Abb. 4.4). Die Anzahl der Prädatoreinheiten pro  $m^2$  betrug vor und nach der Insektizidbehandlung sowohl in der 100 %- als auch in der 50 %-Variante  $< 1$  PU pro  $m^2$  (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ). Dagegen stieg im Spritzfenster das Prädatorvorkommen auf  $13,1 \pm 16,5$  PU pro  $m^2$  an. Den absolut größten Anteil an der Prädatorgesellschaft machten dabei sowohl vor als auch nach der Insektizidbehandlung in beiden Varianten *Coccinella 7-punctata* aus. In der 50 %-Variante traten zu einem geringeren Umfang auch Syrphidenlarven auf (Abb. 4.6). Eine detaillierte Auflistung der Prädatoren zeigt Tabelle 7.6.



**Abb. 4.5** Abnahmen der Blattläuse pro Halm bzw. Befallshäufigkeit nach der Insektizidbehandlung in der 100 %- und 50 %-Variante auf Feld 2.

#### 2006 (Winterweizen)

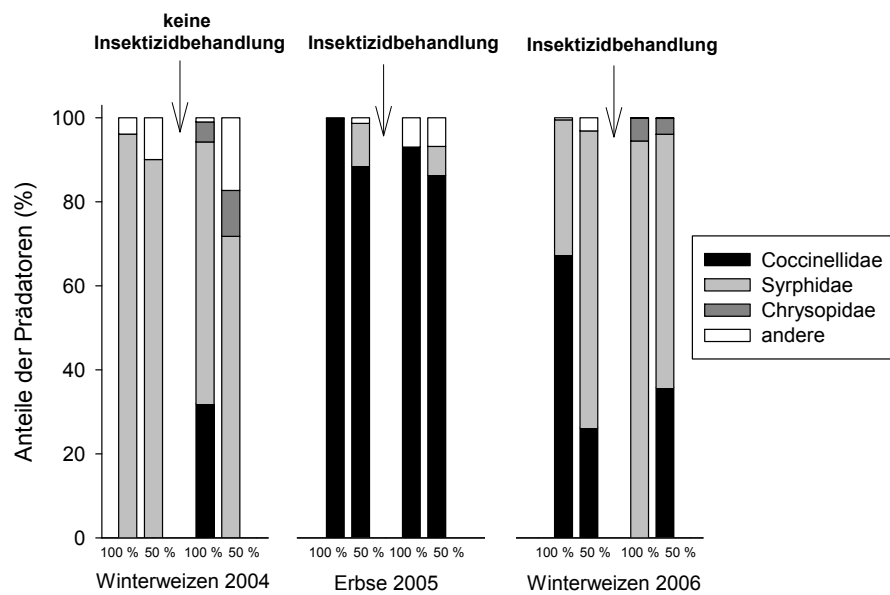
Zu Beginn der Fruchtbildung (BBCH 71) waren in der 100 %-Variante (BI: 1,5) mit  $1,2 \pm 0,5$  Blattläuse pro Halm signifikant weniger Blattläuse vorhanden als in der 50 %-Variante (BI: 0,75) mit  $2,5 \pm 0,6$  Blattläuse pro Halm (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0073$ ) (Abb. 4.4). Nach der Insektizidbehandlung (BBCH 75/77) kam es zu keinem signifikanten Unterschied zwischen beiden Varianten mehr ( $p = 0,5076$ ). Allerdings war die Abnahme der Befallsdichte in der 50 %-Variante etwas größer als in der 100 %-Variante (Abb. 4.5).

Dabei war im Gegensatz zum Vorjahr *Metopolophium dirhodum* mit über 80 % am Gesamtvorkommen die dominierendste Blattlausart sowohl vor als auch nach der Insektizidbehandlung, gefolgt von *Sitobion avenae* und *Rhopalosiphum padi* (Tab. 4.9). Die jeweiligen Anteile der Blattlausarten waren in beiden Varianten ähnlich. Der Anteil der Alaten am Gesamtvorkommen der Blattläuse betrug von 1,5 % bis 2,5 % (Tab. 4.9).

**Tab. 4.9** Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse (%) in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) auf Feld 2. Im Jahr 2004 erfolgte keine Insektizidbehandlung (I).

Kultur/ Erntejahr	BBCH- Stadium	Variante	<i>Sitobion avenae</i>	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Metopolophium dirhodum</i>	Geflügelte
Winterweizen 2004	61	"100 %"	50,2	45,2	4,6	1,8
		"50 %"	48,6	45,8	5,6	2,2
	75	"100 %"	77,6	18,3	4,2	0,6
		"50 %"	60,7	30,9	8,4	3,5
Winterweizen 2006	71 vor I	100 %	15,5	1,7	82,8	1,5
		50 %	5,9	8,6	85,5	2,5
		SF 100 %	9,2	20,6	70,2	1,3
	75/77 nach I	100 %	12,6	4,1	83,3	2,2
		50 %	14,1	2,4	83,5	2,4
		SF 100 %	49,1	29,2	21,7	1,5

Das Prädatorvorkommen lag vor der Insektizidbehandlung in der 100 %-Variante bei  $1,4 \pm 2,0$  PU pro  $m^2$  und in der 50 %-Variante bei  $5,0 \pm 4,1$  PU pro  $m^2$ , wobei dieser Unterschied allerdings nicht signifikant war (ungepaarter t-Test,  $p = 0,1147$ ) (Abb. 4.4). Vor allem *Coccinella 7-punctata* Imagines und *Propylea 14-punctata* Larven sowie Syrphidenlarven hatten den größten Anteil an der Prädatorgesellschaft (Abb. 4.6). Auch nach der Insektizidbehandlung kam es zu keinen signifikanten Unterschieden in der Prädatordichte zwischen beiden Varianten ( $p = 0,6507$ ). Die Prädatordichte lag hier bei  $1,8 \pm 2,5$  PU pro  $m^2$  in der 100 %-Variante und bei  $2,6 \pm 2,5$  % in der 50 %-Variante. Zu diesem Zeitpunkt traten in der 100 %-Variante keine Coccinellidae mehr auf (Abb. 4.6). Den größten Anteil machten hier die Syrphidenlarven aus. In der 50 %-Variante dagegen waren noch Coccinellidae zu finden. Auch hier kamen hauptsächlich Syrphidenlarven und zu einem geringeren Anteil Chrysopidenlarven vor.



**Abb. 4.6** Anteile der Prädatoren der Blattläuse zu den beiden Boniturterminen (Winterweizen 2004) bzw. vor und nach der Insektizidbehandlung (I) (Erbse 2005 und Winterweizen 2006) im Feld 2.

Eine detaillierte Liste der Prädatoren findet sich in Tabelle 7.5 (Anhang) wieder.

#### 4.1.3.2 Bodenfallenfänge

##### 2004 (Winterweizen)

Über die gesamte Fangperiode wurden insgesamt 123 Carabidae aus 17 Arten gefangen, die sich gleichmäßig auf beide Varianten verteilt haben (Tab. 4.10). In beiden Varianten traten in allen Fangwochen nur wenige Individuen auf (Abb. 4.7). Zu keinem Zeitpunkt bestand ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ). Die am häufigsten vorkommende Art war in beiden Varianten *Anchomenus dorsalis* (Tab. 4.11).

In der gleichen Fangperiode wurden insgesamt 650 Araneae aus 26 Arten, davon 407 Araneae aus 16 Arten in der „100 %-Variante“ und 243 Araneae aus 24 Arten in der „50 %-Variante“, gefangen (Tab. 4.10). In allen fünf Fangwochen traten mehr Individuen pro Bodenfalle und Woche in der „100 %-“ als in der „50 %-Variante“ auf (Abb. 4.7), wobei die Unterschiede in der zweiten und vierten Fangwoche signifikant waren (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ). Die Aktivitätsdichten waren in beiden Varianten über den gesamten

Fangzeitraum relativ konstant und *Oedothorax apicatus* und *Erigone atra* stellten die häufigsten Vertreter dar (Tab. 4.11).

**Tab. 4.10** Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge 2004-2006 für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2.

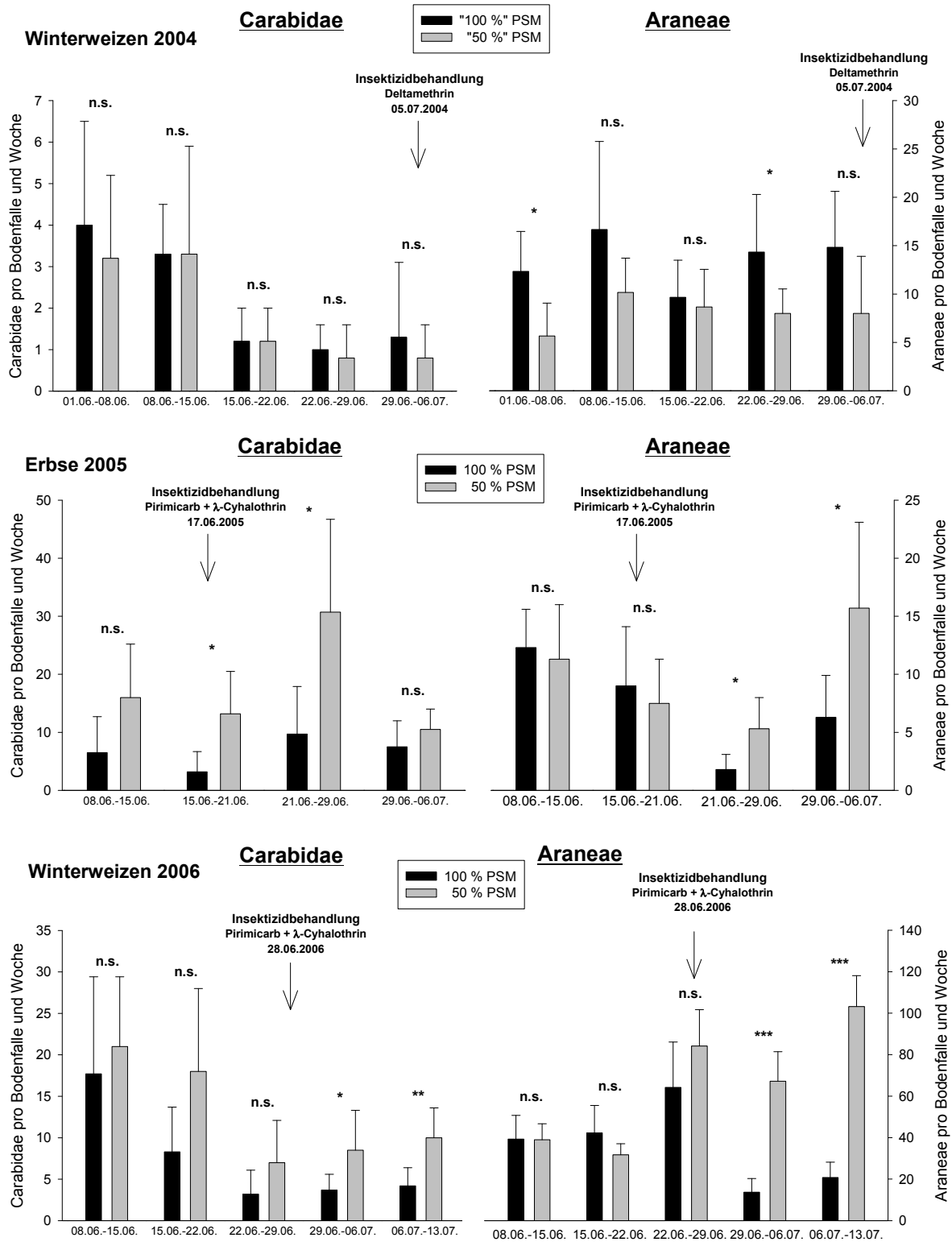
untersuchte Parameter	Winterweizen 2004			Erbse 2005			Winterweizen 2006		
	"100 %"	"50 %"	gesamt	100 %	50 %	gesamt	100 %	50 %	gesamt
<b>Carabidae</b>									
Anzahl Individuen	66	57	123	161	422	583	222	387	609
Anzahl Arten	12	15	17	13	19	23	16	19	23
Anzahl gleicher Arten			10			9			12
Shannon-Weaver-Index	1,92	2,20	2,15	1,35	1,49	1,49	1,40	1,71	1,68
Evenness	0,77	0,81	0,76	0,53	0,51	0,47	0,51	0,58	0,53
Jaccard'sche Zahl			1,43			0,64			1,09
Renkone's Zahl (%)			73,36			82,80			78,84
<b>Araneae</b>									
Anzahl Individuen	407	243	650	177	238	415	1082	1951	3033
Anzahl Arten	16	24	26	11	16	19	25	25	33
Anzahl gleicher Arten			14			8			17
Shannon-Weaver-Index	1,90	1,99	1,97	1,54	1,37	1,49	1,61	1,25	1,40
Evenness	0,69	0,63	0,60	0,64	0,50	0,51	0,50	0,39	0,40
Jaccard'sche Zahl			1,17			0,73			1,06
Renkone's Zahl (%)			87,08			78,90			87,78

### 2005 (Erbse)

Mit 583 Carabidae aus 23 Arten wurden 2005 deutlich mehr Carabidae gefangen als in 2004 (Tab. 4.10). In der 100 %-Variante kamen 161 Carabidae aus 13 Arten vor. In der 50 %-Variante wurden dagegen ungefähr die dreifache Anzahl an Individuen aus 19 Arten gefangen. Vor der Insektizidbehandlung traten in der 50 %-Variante mit  $16,0 \pm 9,2$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche fast dreimal so viele Individuen auf als in der 100 %-Variante mit  $6,5 \pm 6,2$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche (Abb. 4.7). Allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,062$ ). Nach der Insektizidbehandlung kamen in der 50 %-Variante signifikant mehr Individuen als in der 100 %-Variante vor ( $p = 0,0132$  bzw.  $p = 0,0169$ ). Erst in der 4. Fangwoche bestand dieser Unterschied nicht mehr ( $p = 0,2244$ ). In beiden Varianten waren die drei am



häufigsten vorkommenden Arten jeweils *Poecilus cupreus*, *Anchomenus dorsalis* und *Harpalus rufipes* (Tab. 4.11).



**Abb. 4.7** Anzahl der mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae pro Bodenfalle und Woche (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) in Winterweizen 2004, Erbse 2005 und Winterweizen 2006 in der 100 %- und 50 %-Variante über einen Fangzeitraum von vier bis fünf Wochen im Feld 2 (n = 6). Ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

Im Vergleich zu 2004 wurden 2005 mit insgesamt 415 Araneae aus 20 Arten etwas weniger Araneae gefangen (Tab. 4.10). Dabei fielen 177 Araneae aus 11 Arten auf die 100 %-Variante und 238 Araneae aus 17 Arten auf die 50 %-Variante. Bis zur Insektizidbehandlung kam es zu keinen signifikanten Unterschieden in der Aktivitätsdichte zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ) (Abb. 4.7). Erst ab der dritten Fangwoche traten signifikant mehr Individuen pro Bodenfalle und Woche in der 50 %- als in der 100 %-Variante auf ( $p < 0,05$ ). In beiden Varianten war *Oedothorax apicatus* der häufigste Vertreter, gefolgt von *Erigone dentipalpis* bzw. *Lepthyphantes tenuis* (Tab. 4.11).

**Tab. 4.11** Dominanzen der drei am häufigsten in den Bodenfallenfängen vorkommenden Carabidae und Araneae über den gesamten Fangzeitraum in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 2 von 2004-2006.

Carabidae/ Araneae	Kultur/ Erntejahr	I	100 %-Variante	Anteil (%)	50 %-Variante	Anteil (%)
<b>Carabidae</b>	Winterweizen 2004	nein	<i>Anchomenus dorsalis</i>	41,8	<i>Anchomenus dorsalis</i>	36,8
			<i>Trechus quadristriatus</i>	14,9	<i>Carabus auratus</i>	12,3
			<i>Carabus auratus</i>	7,5	<i>Amara plebeja</i>	7,0
	Erbse 2005	ja	<i>Poecilus cupreus</i>	50,3	<i>Poecilus cupreus</i>	57,6
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	26,7	<i>Anchomenus dorsalis</i>	17,3
			<i>Harpalus rufipes</i>	15,5	<i>Harpalus rufipes</i>	11,1
	Winterweizen 2006	ja	<i>Anchomenus dorsalis</i>	61,3	<i>Anchomenus dorsalis</i>	49,6
			<i>Loricera pilicornis</i>	14,0	<i>Loricera pilicornis</i>	16,0
			<i>Harpalus rufipes</i>	10,8	<i>Harpalus rufipes</i>	10,9
<b>Araneae</b>	Winterweizen 2004	nein	<i>Oedothorax apicatus</i>	34,6	<i>Oedothorax apicatus</i>	35,0
			<i>Erigone atra</i>	23,8	<i>Erigone atra</i>	23,9
			<i>Meioneta rurestris</i>	6,1	<i>Lepthyphantes tenuis</i>	9,5
	Erbse 2005	ja	<i>Oedothorax apicatus</i>	42,9	<i>Oedothorax apicatus</i>	58,8
			<i>Lepthyphantes tenuis</i>	14,7	<i>Erigone dentipalpis</i>	6,7
			<i>Erigone dentipalpis</i>	12,4	<i>Lepthyphantes tenuis</i>	6,7
					<i>Meioneta rurestris</i>	6,7
	Winterweizen 2006	ja	<i>Oedothorax apicatus</i>	49,4	<i>Oedothorax apicatus</i>	61,3
			<i>Erigone atra</i>	17,7	<i>Erigone atra</i>	19,4
<i>Erigone dentipalpis</i>			7,2	<i>Erigone dentipalpis</i>	5,1	

I: Insektizidbehandlung

### 2006 (Winterweizen)

Mit 609 Carabidae aus 23 Arten traten ähnlich viele Carabidae auf wie 2005 (Tab. 4.10). Hier war die Verteilung auf die beiden Varianten allerdings ein wenig ausgeglichener. In der 100 %-Variante traten 222 Carabidae aus 16 Arten auf und in der 50 %-Variante 387 Carabidae aus 19 Arten. In der 1. Fangwoche wurden in der 100 %-Variante  $17,7 \pm 11,7$  Carabidae und in der 50 %-Variante  $21,0 \pm 8,4$  Individuen pro Bodenfalle und Woche gefunden (Abb. 4.7). Während in der 100 %-Variante die Anzahl der Individuen in der 2. und 3. Fangwoche abnahm und bis zum Ende so verblieb, geschah dies in der 50 %-Variante erst ab der 3. Fangwoche. In den letzten beiden Fangwochen nach der Insektizidbehandlung konnte ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Varianten festgestellt werden (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0432$  bzw.  $p = 0,0073$ ). Am häufigsten wurden in beiden Varianten *Anchomenus dorsalis*, *Loricera pilicornis* und *Harpalus rufipes* gefangen (Tab. 4.11).

Das Jahr 2006 war durch sehr hohe Fangsummen von Araneae gekennzeichnet. Insgesamt wurden 3033 Individuen aus 32 Arten gefangen, wobei 1082 Individuen aus 25 Arten auf die 100 %-Variante und 1951 Individuen ebenfalls aus 25 Arten auf die 50 %-Variante fielen (Tab. 4.10). In den drei Fangwochen vor der Insektizidbehandlung traten keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der Individuen pro Bodenfalle und Woche zwischen beiden Varianten auf (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ) (Abb. 4.7). Nach der Insektizidbehandlung waren signifikant mehr Araneae in der 50 %- als in der 100 %-Variante vorhanden ( $p < 0,0001$ ). Während die Populationsdichte der Araneae in der 100 %-Variante sichtbar abnahm, waren in der 50 %-Variante diesbezüglich kaum Veränderungen zu beobachten waren. In der 100 %-Variante wurden maximal  $20,8 \pm 7,4$  Individuen pro Bodenfalle und Woche gefangen, während in der 50 %-Variante ein Maximum von  $103,2 \pm 14,9$  Individuen pro Bodenfalle und Woche zu finden war. Dagegen gab es keine Unterschiede zwischen beiden Varianten in den Dominanzstrukturen der Arten. *Oedothorax apicatus* trat jeweils als dominantester Vertreter auf, gefolgt von den beiden *Erigone*-Arten *Erigone atra* und *Erigone dentipalpis* (Tab. 4.11).

Eine Gesamtartenliste der Carabidae und Araneae für das Feld 2 findet sich in den Tabellen 7.10 bzw. 7.11 (Anhang) wieder.

#### 4.1.3.3 Unkrautbonitur

##### 2004 (Winterweizen)

Vor der Herbizidbehandlung wurden keine Daten erhoben. Der Bedeckungsgrad der Restverunkrautung nach der Herbizidbehandlung war zu beiden Boniturterminen in beiden Varianten jeweils  $\leq 0,2\%$  (Tab. 4.12). Insgesamt kamen sieben verschiedene Unkrautarten vor, davon fünf in der 100 %-Variante und sechs in der 50 %-Variante. Zum Zeitpunkt BBCH 77 waren in der 100 %-Variante gar keine Unkräuter vorhanden, während in der 50 %-Variante hauptsächlich *Veronica hederifolia* (Efeublättriger Ehrenpreis) sowie *Polygonum convulvulus* (Windknöterich) bei einem Bedeckungsgrad von  $0,2 \pm 0,1\%$  auftraten. Zwar bestanden zu beiden Bonituren signifikante Unterschiede zwischen beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ), allerdings waren diese Unterschiede aufgrund der sehr geringen Unkrautdichte irrelevant.

##### 2005 (Erbse)

Vor der Herbizidbehandlung traten in der 100 %-Variante mit  $82,5 \pm 21,6$  Pflanzen pro  $m^2$  aus 11 Arten mehr Unkräuter auf als in der 50 %-Variante mit  $57,5 \pm 18,1$  Pflanzen pro  $m^2$  aus 4 Arten (Tab. 4.12). Dieser Unterschied war aber nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0550$ ). Nach der Herbizidbehandlung allerdings lag der Bedeckungsgrad der Restverunkrautung in der 100 %-Variante signifikant niedriger als in der 50 %-Variante ( $p = 0,0004$  bzw.  $p < 0,0001$ ). Während in der 100 %-Variante so gut wie keine Unkräuter mehr auftraten, betrug der Bedeckungsgrad in der 50 %-Variante  $35,5 \pm 9,4\%$  (BBCH 55/59) bzw.  $11,1 \pm 3,3\%$  (BBCH 79). Hier bildeten *Polygonum convulvulus*, *Galium aparine* und *Fumaria officinalis* den Hauptanteil am Gesamtvorkommen.

##### 2006 (Winterweizen)

Im Gegensatz zu 2005 war die Abundanz der Unkräuter vor der Herbizidbehandlung im Frühjahr in der 50 %-Variante signifikant höher als in der 100 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p < 0,0001$ ) (Tab. 4.12). Während in der 100 %-Variante nur  $0,4 \pm 1,0$  *Cirsium arvensis* pro  $m^2$  auftraten, wurden in der 50 %-Variante  $35,5 \pm 9,4$  Pflanzen pro  $m^2$  aus 4 Arten gefunden. Den Hauptanteil machten dabei *Chenopodium album* ( $26,7$  Pflanzen pro  $m^2$ ) sowie *Galium aparine* ( $5,0$  Pflanzen pro  $m^2$ ) aus. Auch nach der Herbizidbehandlung war jeweils ein signifikant höherer Bedeckungsgrad an Unkräutern in der 50 %-Variante als in der 100 %-Variante zu finden ( $p = 0,0004$  bzw.  $p < 0,0001$ ).

**Tab. 4.12** Vergleich der Unkrautdichten (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) sowie die Anzahl der Arten in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) vor und nach der Herbizidbehandlung (H) der Jahre 2004-2006 auf Feld 2 (n = 6). 2006 erfolgte eine zusätzliche Bonitur vor der Herbstbehandlung (HeH). Auf Signifikanzen (Sig.) wurde nur zwischen der 100 %- und 50 %-Variante getestet (ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ).

Kultur/ Ernte- jahr	vor/nach H	BBCH- Stadium	Bonitur- Parameter	Herbizidanwendung			Sig.
				100 %	50 %	SF 100 %	
Winter- weizen 2004	nach H	30/31	BG/m <sup>2</sup> (%)	< 0,1	0,2 $\pm$ 0,1	/	*
			Anzahl der Arten	4	5		
	nach H	77	BG/m <sup>2</sup> (%)	0	0,2 $\pm$ 0,1	/	***
			Anzahl der Arten	0	3		
Erbse 2005	vor H	12/13	Pflanzen/m <sup>2</sup>	82,5 $\pm$ 21,6	57,5 $\pm$ 18,1	/	n.s.
			Anzahl der Arten	11	4		
	nach H	55/59	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,3 $\pm$ 0,3	35,5 $\pm$ 11,9	18,6 $\pm$ 2,8	***
			Anzahl der Arten	2	8	7	
	nach H	79	BG/m <sup>2</sup> (%)	0	11,1 $\pm$ 3,3	10,1 $\pm$ 3,0	***
			Anzahl der Arten	0	5	5	
Winter- weizen 2006	vor HeH	11/12	Pflanzen/m <sup>2</sup>	2,5 $\pm$ 1,6	9,6 $\pm$ 6,6	/	*
			Anzahl der Arten	3	5		
	vor H	23	Pflanzen/m <sup>2</sup>	0,4 $\pm$ 1,0	35,5 $\pm$ 9,4	0	***
			Anzahl der Arten	1	4	0	
	nach H	45/47	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,1 $\pm$ 0,1	7,6 $\pm$ 3,6	0,4 $\pm$ 0,2	***
			Anzahl der Arten	2	7	6	
	nach H	77/83	BG/m <sup>2</sup> (%)	< 0,1	2,0 $\pm$ 0,7	0,5 $\pm$ 0,2	***
			Anzahl der Arten	1	5	4	

BG: Bedeckungsgrad

/: nicht erhoben

In der 100 %-Variante waren wiederum so gut wie keine Unkräuter mehr vorhanden. In der 50 %-Variante betrug dagegen der Bedeckungsgrad zum Zeitpunkt BBCH 45/47  $7,6 \pm 3,6$  % und später  $2,0 \pm 0,7$  % (BBCH 77/83). Weiterhin machten dabei *Galium aparine* und *Chenopodium album* sowie zusätzlich *Polygonum convolvulus* den größten Anteil aus.

Eine Gesamtartenliste der aufgetreten Unkräutern zeigt Tabelle 7.12 (Anhang).

#### 4.1.3.4 Erträge und andere Ertragsparameter

Die Erträge und die behandlungskostenfreien Mehrerlöse waren im Winterweizen 2004 und 2006 in der 100 %-Variante und in der Erbse 2005 in der 50 %-Variante höher als in der jeweils anderen Variante (Tab. 4.13). Im Winterweizen war 2004 und 2006 die Tausendkornmasse jeweils signifikant in der 100 %-Variante höher als in der 50 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p < 0,001$ ). Das gleiche galt auch 2004 für die Anzahl der Samen pro Ähre ( $p = 0,0385$ ) und 2006 für das Gewicht der Samen pro Ähre ( $p = 0,0224$ ). Auch in der Erbse war die Tausendkornmasse in der 100 %-Variante signifikant höher als in der 50 %-Variante ( $p < 0,0001$ ).

**Tab. 4.13** Erträge und andere Ertragsparameter (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) des Feldes 2 von 2004-2006. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ).

Ertragsparameter	Winterweizen 2004		Erbse 2005		Winterweizen 2006	
	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
Ertrag (dt/ha)	90	81	46	49	94	73
Erlös (€/ha)	837	753	688	733	1410	1095
Kosten PSM (€/ha)	133	66	134	67	171	85
Behandlungskosten- freier Mehrerlös (€/ha)	17			112	229	
Halme/m <sup>2</sup>	706 $\pm$ 77 <sup>a</sup>	760 $\pm$ 82 <sup>a</sup>	/	/	137 $\pm$ 21 <sup>a</sup>	127 $\pm$ 21 <sup>a</sup>
Samen/Ähre bzw. Samen/Schote	46,1 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>	42,2 $\pm$ 9,6 <sup>b</sup>	5,1 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	5,2 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	45,7 $\pm$ 11,4 <sup>a</sup>	41,7 $\pm$ 10,3 <sup>a</sup>
Gewicht Samen/Ähre bzw. Samen/Schote (g)	/	/	2,3 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	2,3 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	2,0 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>
TKM <sup>1</sup> (g)	36,9 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	31,5 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	258,8 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	246,0 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>	44,6 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	38,6 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> TKM: Tausendkornmasse

/: nicht erhoben

### 4.1.4 Feld 3

#### 4.1.4.1 Bonituren – Blattläuse und ihre Prädatoren

##### 2004 (Sommerweizen)

Vor der Insektizidbehandlung war der Blattlausbefall zum Zeitpunkt der Vollblüte (BBCH 65) in beiden Varianten mit  $7,8 \pm 5,6$  Blattläusen pro Halm in der 100 %-Variante (BI: 1,0) und  $5,5 \pm 4,4$  Blattläuse pro Halm in der 50 %-Variante (BI: 0,5) nicht signifikant verschieden (ungepaarter t-Test,  $p = 0,4085$ ) (Abb. 4.8). Nach der Insektizidbehandlung sank der Blattlausbefall in der 100 %-Variante um 25 % auf  $2,0 \pm 1,0$  Blattläuse pro Halm und verblieb auch zwei Wochen später auf diesem Niveau. Dagegen kam es in der 50 %-Variante zu einem deutlichen Anstieg der Blattlausdichte auf  $17,4 \pm 4,7$  (BBCH 75) bzw.  $43,6 \pm 14,5$  Blattläuse pro Halm (BBCH 83) (Abb. 4.9). Die Blattlausdichte im Spritzfenster war mit  $46,0 \pm 7,1$  Blattläuse pro Halm zum Zeitpunkt BBCH 75 erwartungsgemäß am höchsten. Die Unterschiede nach der Insektizidbehandlung zwischen der 100 %- und 50 %-Variante waren signifikant ( $p < 0,0001$  bzw.  $p = 0,0002$ ).

*Rhopalosiphum padi* und *Sitobion avenae* kamen vor der Insektizidbehandlung am häufigsten vor (Tab. 4.14). Nach der Insektizidanwendung war zum Zeitpunkt der mittleren Milchreife (BBCH 75) vor allem in der 100 %-Variante *Metopolophium dirhodum* die dominanteste Blattlausart. Zwei Wochen später kamen alle drei Blattlausarten dann zu ungefähr gleichen Anteilen vor. In der 50 %-Variante dagegen war *Metopolophium dirhodum* immer die am geringsten vorkommende Art. Der Anteil der Alaten am Gesamtvorkommen der Blattläuse lag vor der Insektizidbehandlung bei 1,2 % bzw. 1,5 % in der 100 %- und 50 %-Variante (Tab. 4.14). Er stieg auf bis zu 8,5 % in der 100 %-Variante und 4,0 % in der 50 %-Variante. Im Spritzfenster dagegen betrug der Anteil der Alaten 0,8 %.

Das Prädatorkommen vor der Insektizidbehandlung lag in beiden Varianten bei ca. 1 PU pro  $m^2$  (ungepaarter t-Test,  $p = 0,6102$ ) (Abb. 4.8). Nach der Insektizidbehandlung kamen zum Zeitpunkt BBCH 75 in der 50 %-Variante und im Spritzfenster mehr als doppelt so viele Prädatoreinheiten ( $7,7 \pm 1,5$  bzw.  $7,2 \pm 8,5$  PU pro  $m^2$ ) vor als in der 100 %-Variante mit  $3,0 \pm 2,4$  PU pro  $m^2$ . Während in der 100 %-Variante es zu keiner weiteren Zunahme der Prädatoreinheiten kam, stieg das Prädatorkommen in der 50 %-Variante dramatisch auf  $71,0 \pm 19,9$  PU pro  $m^2$  an und lag damit etwa 20 mal höher als in der 100 %-Variante. Zu beiden Zeitpunkten waren diese Unterschiede zwischen beiden Varianten signifikant ( $p = 0,0057$  bzw.  $p < 0,0001$ ). Den absolut größten Anteil an der

Prädatorgesellschaft bildeten die Syrphidenlarven, vor allem nach der Insektizidbehandlung (Abb. 4.10). Vor der Insektizidbehandlung kam in der 50 %-Variante eine aggregierte Larvengruppe von *Propylea 14-punctata* vor, die hier den größten Anteil an der Prädatorgesellschaft bildete. Eine genaue Übersicht der Prädatoren findet sich in Tabelle 7.7 (Anhang) wieder.

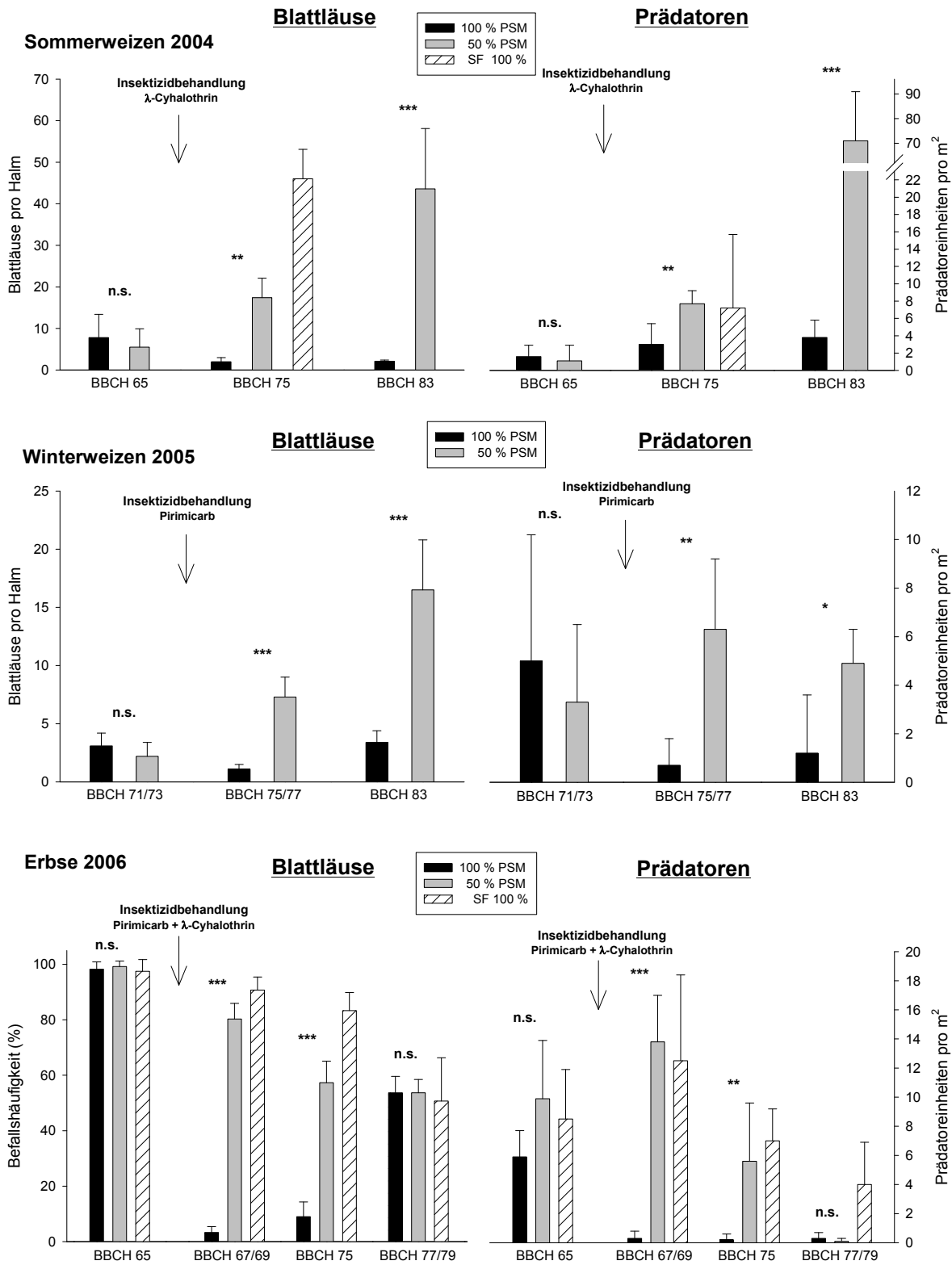
**Tab. 4.14** Dominanzen der drei Getreideblattlausarten sowie der Anteil geflügelter Blattläuse (%) vor und nach der Insektizidbehandlung (I) in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) auf Feld 3.

Kultur/ Erntejahr	BBCH- Stadium	Variante	<i>Sitobion avenae</i>	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Metopolophium dirhodum</i>	Geflügelte
Sommer- weizen	65 vor I	100 %	28,9	68,1	3,0	1,2
		50 %	51,7	43,3	5,0	1,5
2004	75	100 %	6,7	36,0	57,3	8,5
		50 %	24,6	65,8	9,6	4,0
	83	SF 100 %	62,1	33,4	4,5	0,8
		50 %	33,2	29,2	37,6	5,2
Winter- weizen	71/73 vor I	100 %	9,6	11,0	79,4	2,2
		50 %	7,0	18,0	75,0	2,6
2005	75/77	100 %	4,9	0,2	94,9	7,5
		50 %	9,0	11,6	79,4	2,2
	83	100 %	13,6	1,3	85,1	4,1
		50 %	17,9	8,2	73,9	2,3

#### 2005 (Winterweizen)

Zum Zeitpunkt BBCH 71/73 unmittelbar vor der Insektizidbehandlung war der Blattlausbefall in beiden Varianten mit  $3,1 \pm 1,1$  Blattläuse pro Halm in der 100 %-Variante (BI: 1,0) und  $2,2 \pm 1,2$  Blattläuse pro Halm in der 50 %-Variante (BI: 0,5) ähnlich (ungepaarter t-Test,  $p = 0,2269$ ) (Abb. 4.8). Nach der Insektizidbehandlung sank die Dichte der Blattlauspopulation in der 100 %-Variante auf  $1,1 \pm 0,4$  Blattläuse pro Halm ab (BBCH 75/77) und stieg nach einer Woche (BBCH 83) wieder leicht auf  $3,4 \pm 1,0$  Blattläuse pro Halm an, während es in der 50 %-Variante zu einem deutlichen Anstieg der Blattlauspopulation auf  $7,3 \pm 1,7$  bzw. auf  $16,5 \pm 4,3$  Blattläuse pro Halm kam ( $p < 0,0001$  bzw.  $p = 0,0002$ ) (Abb. 4.9).

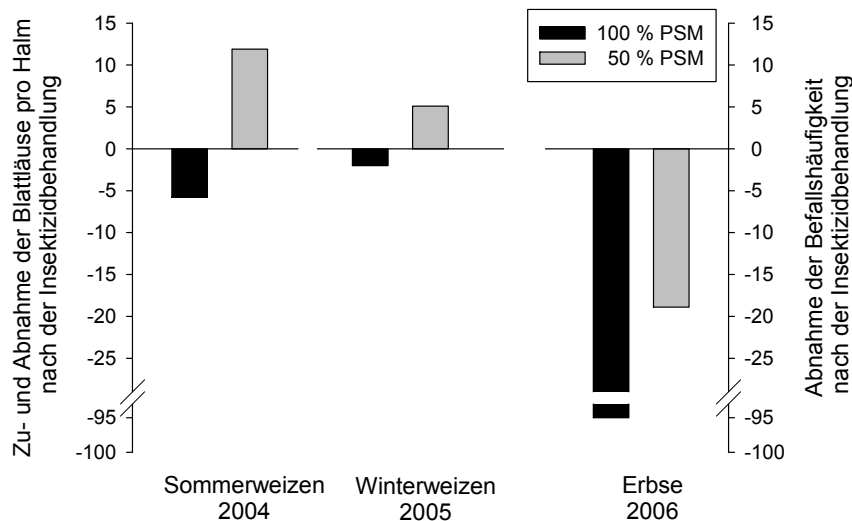




**Abb. 4.8** Dichten von Blattläusen und ihren Prädatoren (Mittelwerte ± Standardabweichungen) an Sommerweizen 2004, Winterweizen 2005 und Erbse 2006 in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) im Feld 3 (Weizen: n = 5, Erbse: n = 6). Ungepaarter t-Test und  $\chi^2$ -Test (Erbse: Blattläuse), n.s. nicht signifikant p > 0,05, \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001 (getestet zu jedem Zeitpunkt nur 100 % vs. 50 %).

Im Gegensatz zum Vorjahr bildete *Metopolophium dirhodum* mit über 70 % jeweils den größten Anteil am Gesamtvorkommen (Tab. 4.14). Die Dominanzverteilungen der drei Getreideblattlausarten waren in beiden Varianten ähnlich. Der Anteil der Alaten am Gesamtvorkommen reichte bis zu 7,5 % in der 100 %-Variante und 2,6 % in der 50 %-Variante (Tab. 4.14).

Die Anzahl der Prädatoren lag vor der Insektizidbehandlung (BBCH 71/73) in der 100 %-Variante bei  $5,0 \pm 5,2$  PU pro  $m^2$  und in der 50 %-Variante bei  $3,3 \pm 3,2$  PU pro  $m^2$ , wobei dieser Unterschied nicht signifikant war (ungepaarter t-Test,  $p = 0,5678$ ) (Abb. 4.8). Nach der Insektizidbehandlung kamen in der 100 %-Variante nur noch  $0,7 \pm 1,1$  bzw.  $1,2 \pm 2,4$  PU pro  $m^2$  vor, während in der 50 %-Variante die Anzahl der Prädatoren mit  $6,3 \pm 2,9$  bzw.  $4,9 \pm 1,4$  PU pro  $m^2$  etwas anstieg und damit signifikant höher lag ( $p = 0,0038$  bzw.  $p = 0,0179$ ). Den Hauptanteil der Prädatorgesellschaft bildeten Larven und Imagines von *Coccinella 7-punctata* und *Propylea 14-punctata* sowie Syrphidenlarven (Abb. 4.10). Nach der Insektizidbehandlung ging in beiden Varianten der Anteil der Coccinellidae zurück, während die Syrphidenlarven den größten Anteil einnahmen. Die Dichte der einzelnen Prädatoren sind in Tabelle 7.8 (Anhang) dargestellt.

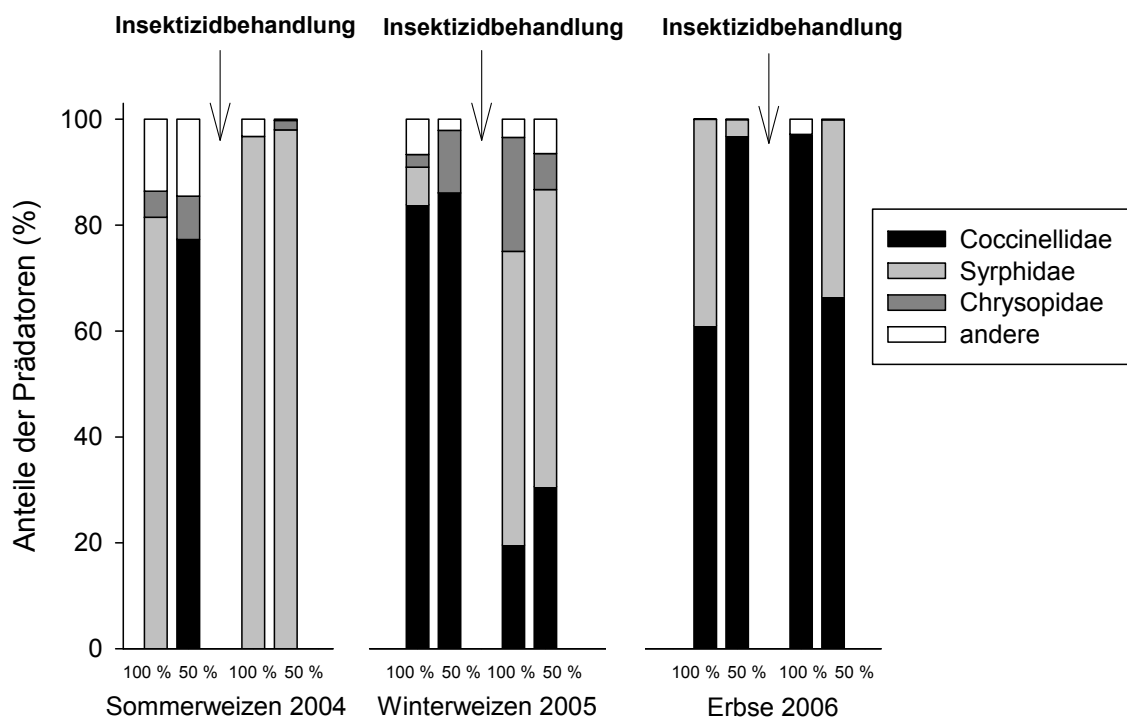


**Abb. 4.9** Zu- und Abnahmen der Blattläuse pro Halm bzw. der Befallshäufigkeit nach der Insektizidbehandlung in der 100 %- und 50 %-Variante auf Feld 3.

## 2006 (Erbse)

Auch im dritten Jahr bestand vor der Insektizidbehandlung kein signifikanter Unterschied in der Befallshäufigkeit zwischen beiden Varianten ( $\chi^2$ -Test,  $p = 0,5607$ ), da zum Zeitpunkt der Vollblüte (BBCH 65) in beiden Varianten nahezu alle Pflanzen mit *Acyrtosiphon pisum* befallen waren (Abb. 4.8). Nach der Insektizidbehandlung sank die Befallshäufigkeit in der 100 %-Variante (BI: 1,5) auf  $3,3 \pm 2,1$  % deutlich ab, während in der 50 %-Variante (BI: 0,75) die Befallshäufigkeit zunächst nur geringfügig auf  $80,3 \pm 5,6$  % reduziert wurde ( $p < 0,0001$ ) (Abb. 4.9). Zum Zeitpunkt BBCH 77/79 hob sich dieser signifikanter Unterschied auf, da die Befallshäufigkeit in der 100 %-Variante mit  $53,7 \pm 5,9$  % auf das Niveau in der 50 %-Variante anstieg ( $p = 0,0674$ ).

Ähnlich wie bei den Blattläusen verhielt sich das Vorkommen der Prädatoren. Vor der Insektizidbehandlung waren in der 100 %-Variante  $5,9 \pm 1,8$  PU pro  $m^2$  und in der 50 %-Variante  $9,9 \pm 4,0$  PU pro  $m^2$  vorhanden (Abb. 4.8), wobei dieser Unterschied knapp nicht signifikant war (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0509$ ).



**Abb. 4.10** Anteile der Prädatoren der Blattläuse vor und nach der Insektizidbehandlung (I) im Feld 3.

Nach der Insektizidbehandlung kam es in der 100 %-Variante zu einer deutlichen Abnahme an Prädatoren auf  $0,3 \pm 0,5$  PU pro  $m^2$ , die dann auf diesem Niveau verblieb. Im Gegensatz dazu erfolgte in der 50 %-Variante zunächst eine Zunahme der Prädatoren auf  $13,8 \pm 3,2$  PU pro  $m^2$ , um dann auch auf  $0,1 \pm 0,2$  PU pro  $m^2$  zum Zeitpunkt BBCH 77/79 abzunehmen. Signifikante Unterschiede zwischen beiden Varianten bestanden nur zu den Zeitpunkten BBCH 67/69 und BBCH 75 ( $p < 0,0001$  bzw.  $p = 0,0080$ ). Den größten Anteil an der Prädatorgesellschaft bildeten in beiden Varianten jeweils vor und nach der Insektizidbehandlung die Coccinellidae sowie die Syrphidenlarven (Abb. 4.10). Eine detaillierte Auflistung der Prädatoren zeigt Tabelle 7.9 (Anhang).

#### 4.1.4.2 Bodenfallenfänge

##### 2004 (Sommerweizen)

Insgesamt wurden 616 Carabidae aus 20 Arten gefangen, die sich gleichmäßig auf beide Varianten verteilt haben (Tab. 4.15). In der ersten Fangwoche wurden in der 100 %-Variante  $21,2 \pm 6,2$  Carabidae und in der 50 %-Variante  $16,0 \pm 5,8$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche gefunden (Abb. 4.11). Vor der Insektizidbehandlung war die Anzahl gefangener Carabidae in beiden Varianten mit  $10,3 \pm 6,8$  (100 %-Variante) bzw.  $9,7 \pm 3,6$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche (50 %-Variante) nicht signifikant verschieden (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ). Nach der Insektizidbehandlung kam es vor allem in der 100 %-Variante zu einer Reduzierung der Anzahl gefangener Carabidae. Der Unterschied zwischen beiden Varianten war zu beiden Zeitpunkten nach der Insektizidbehandlung signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0337$  bzw.  $p = 0,0419$ ). In beiden Varianten trat mit über 30 % Anteil am Gesamtvorkommen *Carabus auratus* auf, gefolgt in der 100 %-Variante von *Poecilus cupreus* (20,3 %) und *Anchomenus dorsalis* (19,0 %) sowie in der 50 %-Variante von *Anchomenus dorsalis* (28,3 %) und *Poecilus cupreus* (17,9 %) (Tab. 4.16).

Auch die Fangzahlen der Araneae 2004 verteilten sich mit 228 Individuen in der 100 %-Variante und 207 Araneae in der 50 %-Variante relativ gleichmäßig auf die beiden Varianten (Tab. 4.15). Insgesamt wurden 20 Arten gefangen, wobei 19 Arten in der 100 %-Variante und 14 Arten in der 50 %-Variante auftraten. Bis zur Insektizidbehandlung war die Aktivitätsdichte in der 100 %-Variante höher als in der 50 %-Variante, wobei in der dritten Fangwoche dieser Unterschied signifikant war (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0135$ ) (Abb. 4.11).

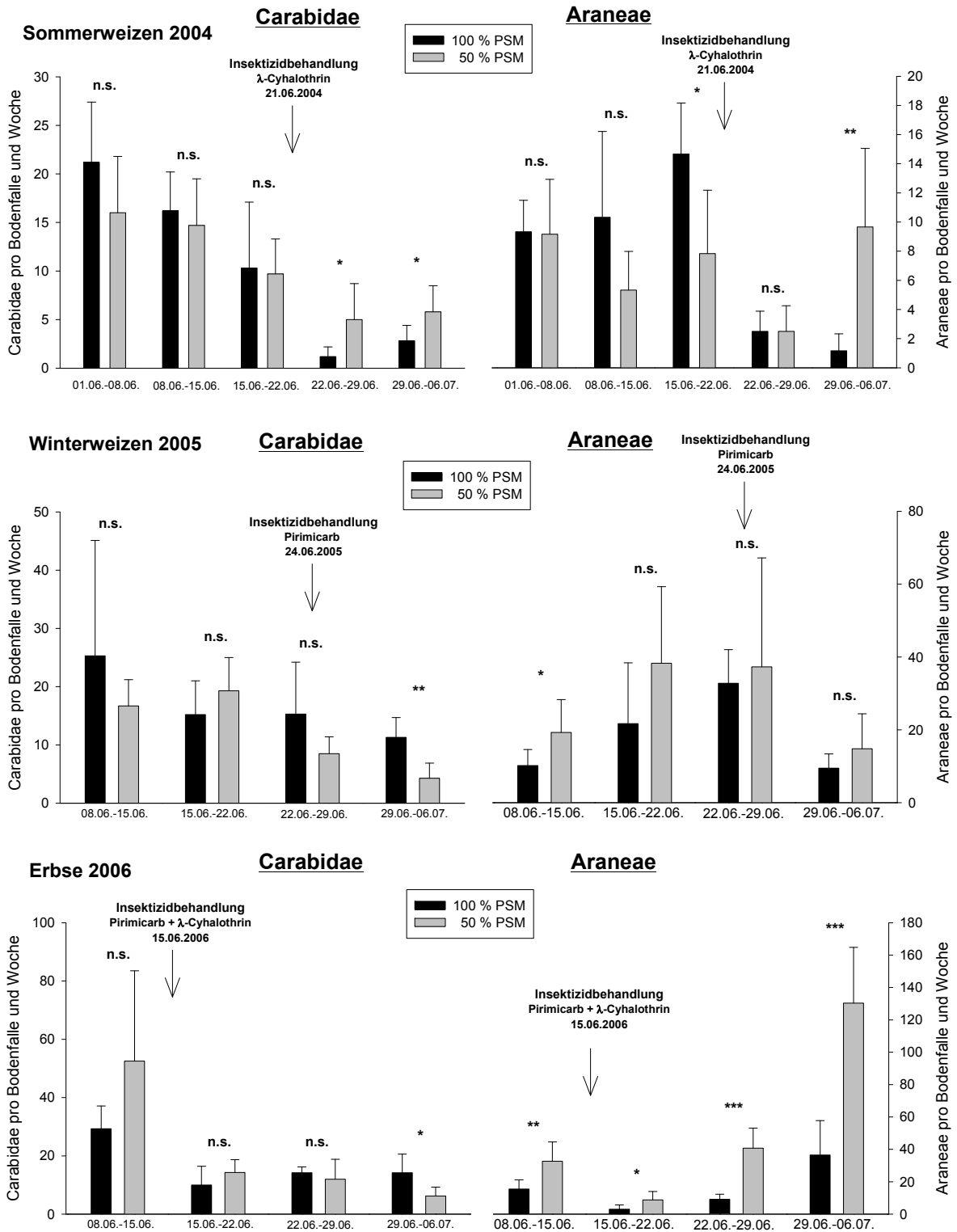
**Tab. 4.15** Diversitätsparameter der Bodenfallenfänge für Carabidae und Araneae in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3.

untersuchte Parameter	Sommerweizen 2004			Winterweizen 2005			Erbse 2006		
	100 %	50 %	gesamt	100 %	50 %	gesamt	100 %	50 %	gesamt
<b>Carabidae</b>									
Anzahl Individuen	310	306	616	402	293	695	401	508	909
Anzahl Arten	17	15	20	21	15	22	17	17	21
Anzahl gleicher Arten			12			14			13
Shannon-Weaver-Index	1,63	1,80	1,76	1,43	1,68	1,57	1,57	1,54	1,62
Evenness	0,57	0,67	0,59	0,47	0,62	0,51	0,55	0,54	0,53
Jaccard'sche Zahl			1,50			1,75			1,63
Renkonen's Zahl (%)			78,10			79,94			69,86
<b>Araneae</b>									
Anzahl Individuen	228	207	435	445	659	1104	385	1275	1660
Anzahl Arten	19	14	20	18	18	25	20	30	34
Anzahl gleicher Arten			13			11			16
Shannon-Weaver-Index	2,02	1,70	1,88	1,48	1,54	1,54	1,40	1,42	1,45
Evenness	0,69	0,64	0,63	0,51	0,53	0,48	0,47	0,42	0,42
Jaccard'sche Zahl			1,86			0,79			0,94
Renkonen's Zahl (%)			87,61			83,48			79,44

Nach der Insektizidbehandlung kam es in beiden Varianten zu einem Einbruch in der Aktivitätsdichte. In der fünften Fangwoche stieg in der 50 %-Variante die Anzahl der gefangenen Araneae im Gegensatz zur 100 %-Variante wieder deutlich auf  $9,7 \pm 5,4$  Individuen pro Bodenfalle und Woche an. Der Unterschied zwischen beiden Varianten war signifikant ( $p = 0,0036$ ). Die häufigsten Vertreter waren in beiden Varianten *Oedothorax apicatus* und *Erigone atra* (Tab. 4.16).

#### 2005 (Winterweizen)

Insgesamt wurden 695 Carabidae aus 22 Arten gefangen, wobei 402 Individuen aus 21 Arten in der 100 %-Variante auftraten und 293 Carabidae aus 15 Arten in der 50 %-Variante (Tab. 4.15). Davon kamen 14 Arten in beiden Varianten vor. Bis zur Insektizidbehandlung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Auftreten der Carabidae in beiden Varianten (ungepaarter t-Test,  $p > 0,05$ ) (Abb. 4.11).



**Abb. 4.11** Anzahl der mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae und Araneae pro Bodenfalle und Woche (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) in Sommerweizen 2004, Winterweizen 2005 und Erbse 2006 in der 100 %- und 50 %-Variante über einen Fangzeitraum von vier bis fünf Wochen im Feld 3 (n = 6). Ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

Nach der Insektizidbehandlung waren in der 100 %-Variante mit  $11,3 \pm 3,4$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche signifikant mehr Individuen vorhanden als in der 50 %-Variante mit  $4,3 \pm 2,6$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche ( $p = 0,0024$ ). In beiden Varianten waren *Carabus auratus*, *Harpalus rufipes* und *Anchomenus dorsalis* jeweils die mit Abstand am häufigsten auftretenden Arten (Tab. 4.16).

2005 wurden mit 1104 Araneae mehr als doppelt so viele Individuen gefangen als 2004 (Tab. 4.15). Davon fielen 445 Araneae auf die 100 %-Variante und 659 Araneae auf die 50 %-Variante. In beiden Varianten konnten jeweils 18 Arten bestimmt werden. Zu allen Fangwochen lag die Anzahl der gefangenen Araneae in der 100 %-Variante niedriger als in der 50 %-Variante, wobei dieser Unterschied in der ersten Fangwoche knapp signifikant war (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0497$ ) (Abb. 4.11). Nach der Insektizidbehandlung kam es in beiden Varianten zu einem Abfall in der Aktivitätsdichte. Die häufigsten Vertreter waren in beiden Varianten *Oedothorax apicatus* mit über 40 % und die *Erigone*-Arten (Tab. 4.16).

**Tab. 4.16** Dominanzen der drei am häufigsten in den Bodenfallenfängen vorkommenden Carabidae und Araneae über den gesamten Fangzeitraum in der 100 %- und 50 %-Variante im Feld 3 von 2004-2006.

Carabidae/ Araneae	Kultur/ Erntejahr	I	100 %-Variante	Anteil (%)	50 %-Variante	Anteil (%)
<b>Carabidae</b>	Sommerweizen 2004	ja	<i>Carabus auratus</i>	45,5	<i>Carabus auratus</i>	31,3
			<i>Poecilus cupreus</i>	20,3	<i>Anchomenus dorsalis</i>	28,3
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	19,0	<i>Poecilus cupreus</i>	17,9
	Winterweizen 2005	ja	<i>Carabus auratus</i>	58,1	<i>Carabus auratus</i>	42,3
			<i>Harpalus rufipes</i>	15,6	<i>Harpalus rufipes</i>	21,5
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	14,9	<i>Anchomenus dorsalis</i>	19,1
	Erbse 2006	ja	<i>Carabus auratus</i>	36,2	<i>Anchomenus dorsalis</i>	42,2
			<i>Poecilus cupreus</i>	32,2	<i>Carabus auratus</i>	29,8
			<i>Anchomenus dorsalis</i>	17,5	<i>Poecilus cupreus</i>	14,3
<b>Araneae</b>	Sommerweizen 2004	ja	<i>Oedothorax apicatus</i>	31,6	<i>Oedothorax apicatus</i>	41,6
			<i>Erigone atra</i>	14,9	<i>Erigone atra</i>	19,8
			<i>Erigone dentipalpis</i>	5,3	<i>Porrhomma microphthalmum</i>	7,2
	Winterweizen 2005	ja	<i>Oedothorax apicatus</i>	49,7	<i>Oedothorax apicatus</i>	40,1
			<i>Erigone atra</i>	20,4	<i>Erigone atra</i>	30,3
			<i>Erigone dentipalpis</i>	5,2	<i>Erigone dentipalpis</i>	6,7
	Erbse 2006	ja	<i>Oedothorax apicatus</i>	61,0	<i>Oedothorax apicatus</i>	56,1
			<i>Meioneta rurestris</i>	7,5	<i>Erigone dentipalpis</i>	14,6
			<i>Erigone atra</i>	6,0	<i>Erigone atra</i>	14,5

### 2006 (Erbse)

Mit 909 Carabidae aus 21 Arten traten die meisten Individuen auf diesem Feld in den drei Jahren auf (Tab. 4.15). Diese verteilten sich auf 401 Carabidae in der 100 %-Variante und 508 Carabidae in der 50 %-Variante. In beiden Varianten setzten sie sich aus 17 Arten zusammen, wobei 13 Arten in beiden gemeinsam vorkamen. Vor der Insektizidbehandlung konnten in der 100 %-Variante  $29,3 \pm 7,8$  Carabidae und in der 50 %-Variante  $52,5 \pm 31,0$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche gefangen werden. Dieser Unterschied war aber nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,1062$ ) (Abb. 4.11). Nach der Insektizidbehandlung kam es in beiden Varianten zu einem deutlichen Abfall in der Individuenanzahl auf bis zu  $10,0 \pm 6,4$  Carabidae in der 100 %-Variante und auf bis zu  $6,2 \pm 3,1$  Carabidae pro Bodenfalle und Woche in der 50 %-Variante. In der 4. Fangwoche waren in der 100 %-Variante signifikant mehr Carabidae vorhanden als in der 50 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0204$ ). In beiden Varianten traten am häufigsten *Carabus auratus*, *Poecilus cupreus* und *Anchomenus dorsalis* auf (Tab. 4.16).

2006 wurden mit 1660 Individuen aus 34 Arten mehr Araneae gefangen als 2005. In der 100 %-Variante traten 385 Individuen aus 20 Arten auf, während in der 50 %-Variante mit 1275 Individuen aus 30 Arten mehr als dreimal so viel Araneae zu finden waren (Tab. 4.15). Während des gesamten Untersuchungszeitraumes kamen signifikant mehr Araneae in der 50 %- als in der 100 %-Variante vor (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ) (Abb. 4.11). Nach der Insektizidbehandlung nahm vor allem die Populationsdichte in der 50 %-Variante deutlich zu ( $130,3 \pm 34,5$  Individuen pro Bodenfalle und Woche), während dieser Anstieg in der 100 %-Variante geringer ausfiel ( $36,5 \pm 21,3$  Individuen pro Bodenfalle und Woche). In beiden Varianten war *Oedothorax apicatus* der dominanteste Vertreter (Tab. 4.16).

Eine Gesamtartenliste von Carabidae und Araneae des Feld 3 findet sich in den Tabellen 7.10 bzw. 7.11(Anhang) wieder.



#### 4.1.4.3 Unkrautbonitur

##### 2004 (Sommerweizen)

Vor der Herbizidbehandlung wurden keine Daten erhoben. Der Bedeckungsgrad der Restverunkrautung nach der Herbizidbehandlung war mit maximal 2 % zu beiden Boniturterminen und in beiden Varianten sehr gering (Tab. 4.17). Sie lag in der 100 %-Variante jeweils ein wenig höher als in der 50 %-Variante, wobei nur zum letzteren Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bestand (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0373$ ). Zum Zeitpunkt BBCH 27 kam nur *Cirsium arvense* vor.

##### 2005 (Winterweizen)

Vor der Herbizidbehandlung waren in der 100 %-Variante mit  $12,9 \pm 5,3$  Pflanzen pro  $m^2$  etwas weniger Pflanzen zu finden als in der 50 %-Variante mit  $21,3 \pm 10,1$  Pflanzen pro  $m^2$  (Tab. 4.17). Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,1042$ ). In der 100 %-Variante traten vor allem *Cirsium arvense*, *Veronica hederaefolia* und *Viola arvensis* auf. In der 50 %-Variante machten *Veronica hederaefolia* und *Lamium amplexicaule* den größten Anteil aus. Auch nach der Herbizidbehandlung kam es zu keinen Unterschieden in der Restverunkrautung zwischen beiden Varianten ( $p > 0,05$ ). Während der Bedeckungsgrad zum Zeitpunkt BBCH 47 noch bei knapp 7 % (100 %-Variante) bzw. 16 % (50 %-Variante) lag, war die Restverunkrautung zum späteren Zeitpunkt in beiden Varianten  $< 1\%$ . Allerdings trat *Cirsium arvense* in beiden Varianten nesterweise gehäuft auf. So waren in der 100 %-Variante 8 Distelnester und in der 50 %-Variante 2 Distelnester zu finden. Außerdem kamen hauptsächlich *Veronica persica*, *Lamium amplexicaule* sowie *Polygonum convolvulus* vor.

##### 2006 (Erbse)

2006 waren im Erbsenfeld vor der Herbizidbehandlung in der 50 %-Variante mit  $27,1 \pm 10,1$  Pflanzen pro  $m^2$  siebenmal so viele Unkräuter zu finden als in der 100 %-Variante mit  $3,8 \pm 3,1$  Pflanzen pro  $m^2$  (Tab. 4.17). Dieser Unterschied war hoch signifikant (ungepaarter t-Test,  $p = 0,0003$ ). Den größten Anteil machten in der 50 %-Variante *Lamium amplexicaule* (15,8 Pflanzen pro  $m^2$ ), *Veronica persica* (2,5 Pflanzen pro  $m^2$ ) und *Chenopodium album* (2,5 Pflanzen pro  $m^2$ ). In der 100 %-Variante hatte *Cirsium arvense* mit 1,7 Pflanzen pro  $m^2$  den absolut größten Anteil am Gesamtvorkommen.

**Tab. 4.17** Vergleich der Unkrautdichten (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) sowie die Anzahl der Arten in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) vor und nach der Herbizidbehandlung (H) der Jahre 2004-2006 auf Feld 3 (n = 6). Auf Signifikanzen (Sig.) wurde nur zwischen der 100 %- und 50 %-Variante getestet (ungepaarter t-Test, n.s. nicht signifikant  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ).

Kultur/ Ernte- jahr	vor/nach H	BBCH- Stadium	Bonitur- Parameter	Herbizidanwendung			Sig.
				100 %	50 %	SF 100 %	
Sommer- weizen 2004	nach H	29	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,3 $\pm$ 0,7	< 0,1	/	n.s.
			Anzahl der Arten	1	1		
	nach H	77	BG/m <sup>2</sup> (%)	1,9 $\pm$ 1,4	0,3 $\pm$ 0,1	/	*
			Anzahl der Arten	3	5		
Winter- weizen 2005	vor H	24	Pflanzen/m <sup>2</sup>	12,9 $\pm$ 5,3	21,3 $\pm$ 10,1	/	n.s.
			Anzahl der Arten	7	8		
	nach H	47	BG/m <sup>2</sup> (%)	6,8 $\pm$ 3,8 (+ 0,4)	16,4 $\pm$ 10,3 (+ 0,2)	/	n.s.
			Anzahl der Arten	13	17		
	nach H	77	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,7 $\pm$ 0,7	0,5 $\pm$ 0,1 (+ 0,7)	/	n.s.
			Anzahl der Arten	7	11		
Erbse 2006	vor H	13	Pflanzen/m <sup>2</sup>	3,8 $\pm$ 3,1	27,1 $\pm$ 10,1	8,3 $\pm$ 6,8	***
			Anzahl der Arten	6	7	7	
	nach H	39	BG/m <sup>2</sup> (%)	0,1 $\pm$ 0,1	4,2 $\pm$ 1,1	2,8 $\pm$ 0,8	***
			Anzahl der Arten	2	12	10	
	nach H	83	BG/m <sup>2</sup> (%)	< 0,1	2,3 $\pm$ 0,6	2,6 $\pm$ 1,5	***
			Anzahl der Arten	1	14	9	

BG: Bedeckungsgrad

Zahl in Klammer = Anzahl *Apera spica-venti* /m<sup>2</sup>

/: nicht erhoben

Nach der Herbizidbehandlung waren in der 100 %-Variante so gut wie keine Unkräuter mehr vorhanden. Die Restverunkrautung in der 50 %-Variante lag mit  $4,2 \pm 1,1$  % bzw.  $2,3 \pm 0,6$  % jeweils signifikant höher ( $p < 0,0001$ ), wobei am häufigsten *Lamium amplexicaule* und *Polygonum convolvulus* und wiederum *Cirsium arvense* mit 2 Nestern auftraten. Die Abundanz der Unkräuter in der Spritzfenstern lag immer ein wenig höher als in ihrer jeweiligen behandelten Fläche.

Eine vollständige Artenliste ist in Tabelle 7.12 (Anhang) dargestellt.

#### 4.1.4.4 Erträge und andere Ertragsparameter

2004 und 2005 lagen die Erträge und die behandlungskostenfreien Mehrerlöse im Weizen jeweils in der 100 %-Variante höher als in der 50 %-Variante (Tab. 4.18). In der Erbse 2006 zeigte sich dagegen ein gegenteiliges Bild. Im Weizen waren die Anzahl der Samen pro Ähre in beiden Jahren in der 100 %-Variante signifikant höher als in der 50 %-Variante (ungepaarter t-Test,  $p < 0,001$ ). In der Erbse galt dies für die Tausendkornmasse ( $p = 0,0016$ ) und das Gewicht der Samen pro Schote ( $p = 0,0016$ ).

**Tab. 4.18** Erträge und andere Ertragsparameter (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) des Feldes 3 von 2004-2006. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (ungepaarter t-Test,  $p < 0,05$ ).

Ertragsparameter	Sommerweizen 2004		Winterweizen 2005		Erbse 2006	
	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
Ertrag (dt/ha)	88	77	74	58	35	47
Erlös (€/ha)	1047	916	646	506	436	586
Kosten PSM (€/ha)	133	67	113	57	115	58
Behandlungskosten- freier Mehrerlös (€/ha)	65		84			207
Halme/m <sup>2</sup>	678 $\pm$ 106 <sup>a</sup>	713 $\pm$ 116 <sup>a</sup>	622 $\pm$ 116 <sup>a</sup>	744 $\pm$ 136 <sup>b</sup>	/	/
Samen/Ähre bzw. Samen/Schote	53,3 $\pm$ 9,0 <sup>a</sup>	42,0 $\pm$ 5,3 <sup>b</sup>	59,4 $\pm$ 9,1 <sup>a</sup>	52,8 $\pm$ 8,2 <sup>b</sup>	5,5 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	5,3 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>
TKM <sup>1</sup> (g)	34,7 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	34,5 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	42,8 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	43,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	239,2 $\pm$ 3,5 <sup>a</sup>	230,8 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> TKM: Tausendkornmasse

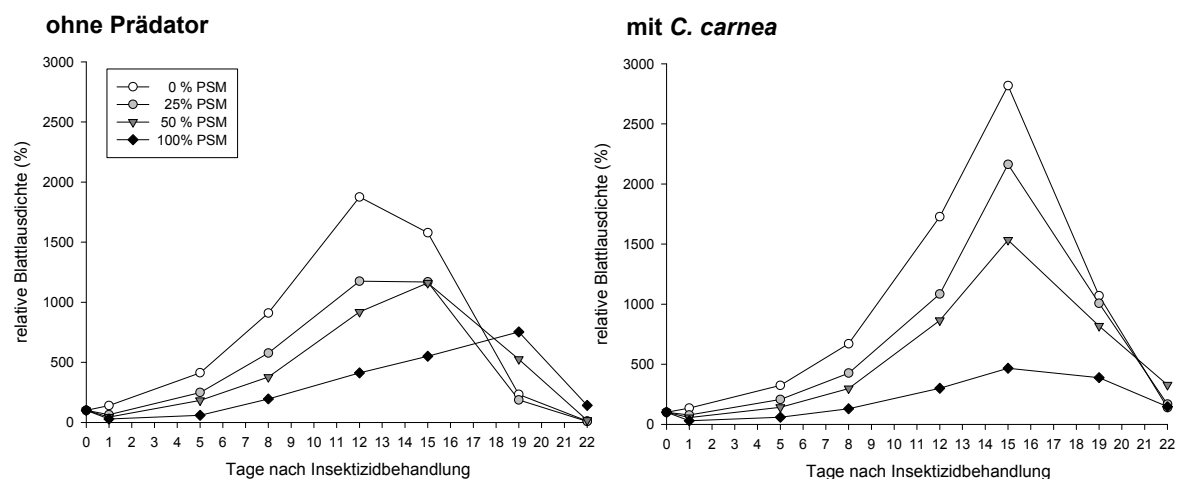
/: nicht erhoben

## 4.2 Laboruntersuchungen

Die statistische Auswertungen aller Versuchsvarianten der Modellgefäßversuche sind in den Tabellen 7.13, 7.14, 7.15, 7.16 und 7.17. (Anhang) zusammengestellt.

### 4.2.1 *Triticum aestivum*

Die Modellgefäßversuche mit *Triticum aestivum* als Kulturpflanze behandelt mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen ergab für die Versuche ohne und mit Prädator (*Chrysoperla carnea*) ein ähnliches Bild (Abb. 4.12). In beiden Fällen kam es nach der Insektizidbehandlung zunächst zu einer Abnahme der Populationsdichte von *Sitobion avenae* bei allen Dosierungsstufen mit Ausnahme der Kontrolle. Die Abnahme war umso stärker, je höher die applizierte Dosis war. Danach erfolgte ein Anstieg der Populationsdichte, wobei das Maximum umso höher ausfiel je geringer die Dosis war. Der Peak wurde dabei im Versuch ohne Prädator in der Kontrolle früher (Tag 12) erreicht als bei der 100 %-Dosis (Tag 19). Danach kam es bei allen Dosierungsstufen zu einem Zusammenbruch der Blattlauspopulation. Einen Einfluss des Prädators auf die Populationsdichte bei den verschiedenen Dosierungsstufen im Vergleich zum Versuch ohne Prädator war nicht feststellbar.

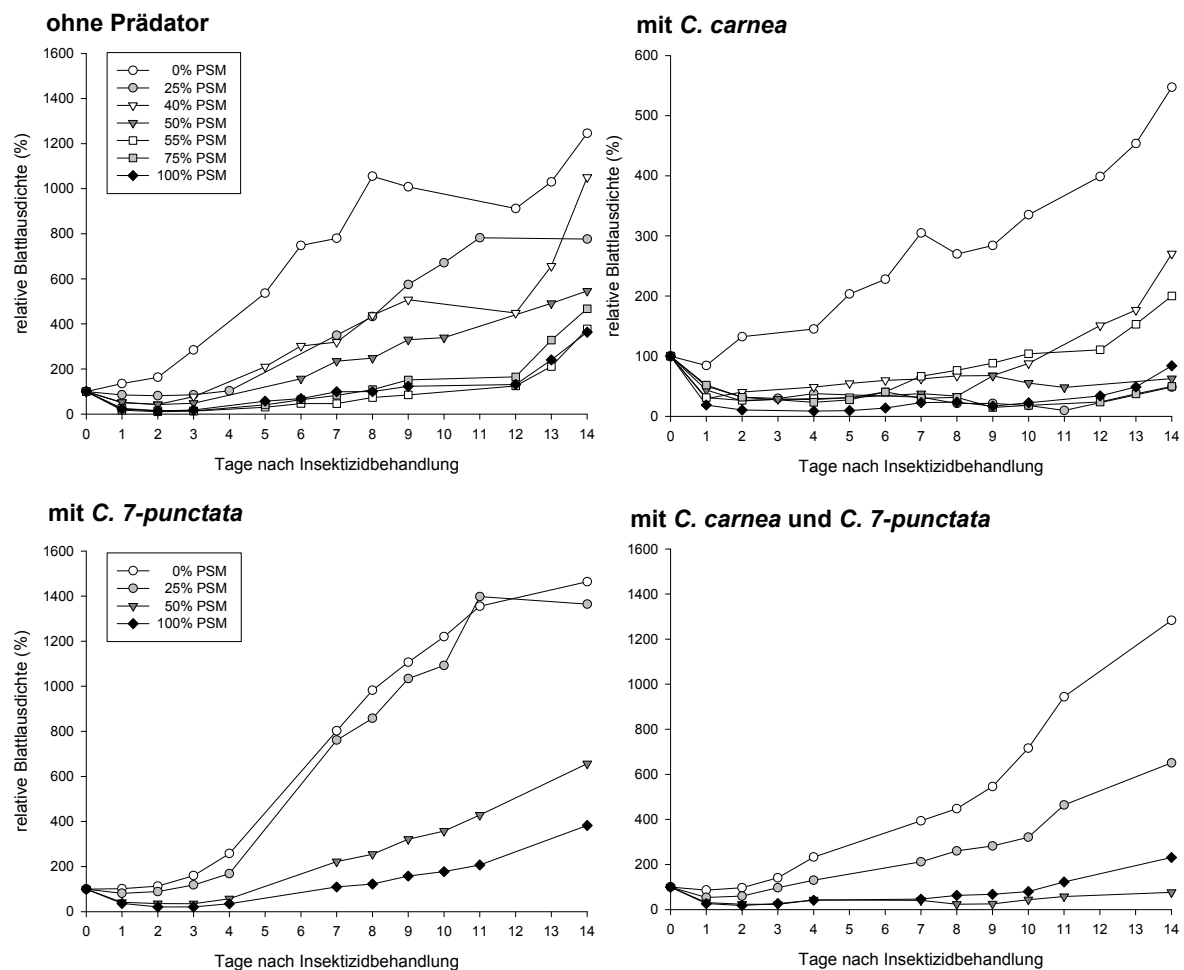


**Abb. 4.12** Relative Blattlausdichte in den Modellgefäßversuchen mit *Triticum aestivum*, *Sitobion avenae* *Chrysoperla carnea* oder ohne Prädator, behandelt mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen (PSM) ( $\lambda$ -Cyhalothrin). Die Populationsdichte vor der Insektizidbehandlung wurde gleich 100 % gesetzt ( $n = 7$ ).

## 4.2.2 *Vicia faba*

### 4.2.2.1 Insektizidbehandlung

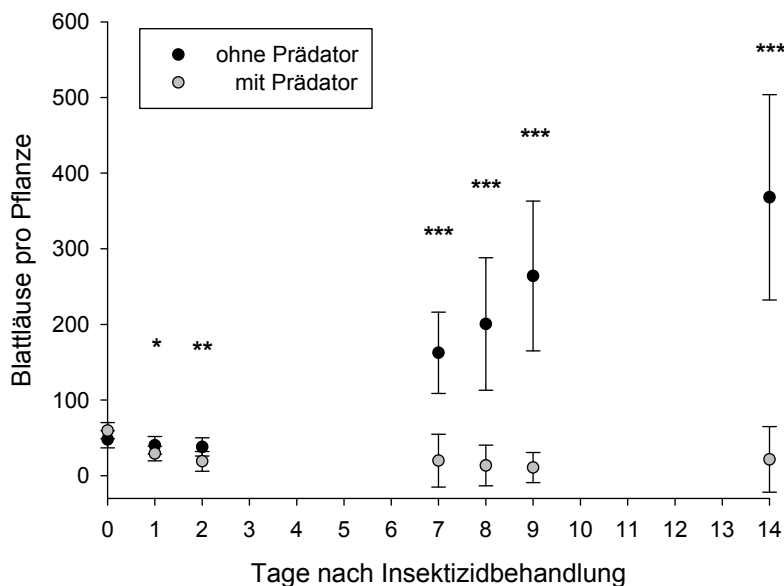
Die Versuchsvariante mit *Vicia faba* als Unkraut behandelt mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen zeigte bei der Versuchsvariante ohne Prädator eine gute Blattlauskontrolle bei den hohen Dosierungsstufen (55 %, 75 %, 100 %) (Abb. 4.13).



**Abb. 4.13** Relative Blattlausdichte in den Modellgefäßversuchen mit *Vicia faba*, *Aphis fabae*, *Chrysoperla carnea* und/oder *Coccinella 7-punctata* bzw. ohne Prädator, behandelt mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen (PSM) ( $\lambda$ -Cyhalothrin). Die Populationsdichte vor der Insektizidbehandlung wurde gleich 100 % gesetzt (n = 10, n = 7).

Hier wurde die Anfangspopulationsdichte erst ca. 9 Tage nach der Insektizidbehandlung wieder überschritten. Bei den mittleren und geringen Dosierungen (50 %, 40 %, 25 %) erfolgte nach der Abnahme der Populationsdichte direkt nach der

Insektizidbehandlung dagegen ein schnellerer Populationsanstieg auf bis das 10fache der Anfangspopulationsdichte. Die Populationsdichten lagen aber während des gesamten Versuchszeitraumes unter der der Kontrolle. Bei Vorhandensein von *Chrysoperla carnea* waren bei allen Dosierungsstufen die Populationsdichten deutlich geringer als bei der Kontrolle (Abb. 4.13). Erst zum Ende des Versuches wurden in manchen Fällen die Ausgangspopulationsdichten überschritten. Verglich man die Populationsdichten der Versuchsvarianten mit und ohne Prädator bei der 25 % Dosierungsstufe, so lag die Populationsdichte ohne Prädator zu jedem Zeitpunkt signifikant höher als die mit Prädator (Welch-Test,  $p < 0,05$ ) (Abb. 4.14).



**Abb. 4.14** Vergleich der Populationsdichten (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) bei der 25 % Insektiziddosis in den Versuchsvarianten *Vicia faba* ohne und mit *Chrysoperla carnea* (Welch-Test, \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ) ( $n = 10$ ).

Auch bei der Kontrolle, der 40 %- und 50 %-Dosis war die Populationsdichte im Vergleich zur Versuchsvariante ohne Prädator signifikant niedriger (Tab. 4.19).

**Tab. 4.19** Signifikanzen in den Blattlausdichten bei verschiedenen Insektiziddosierungen der Versuchsvarianten *Vicia faba* mit und ohne *Chrysoperla carnea* (Welch-Test, \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

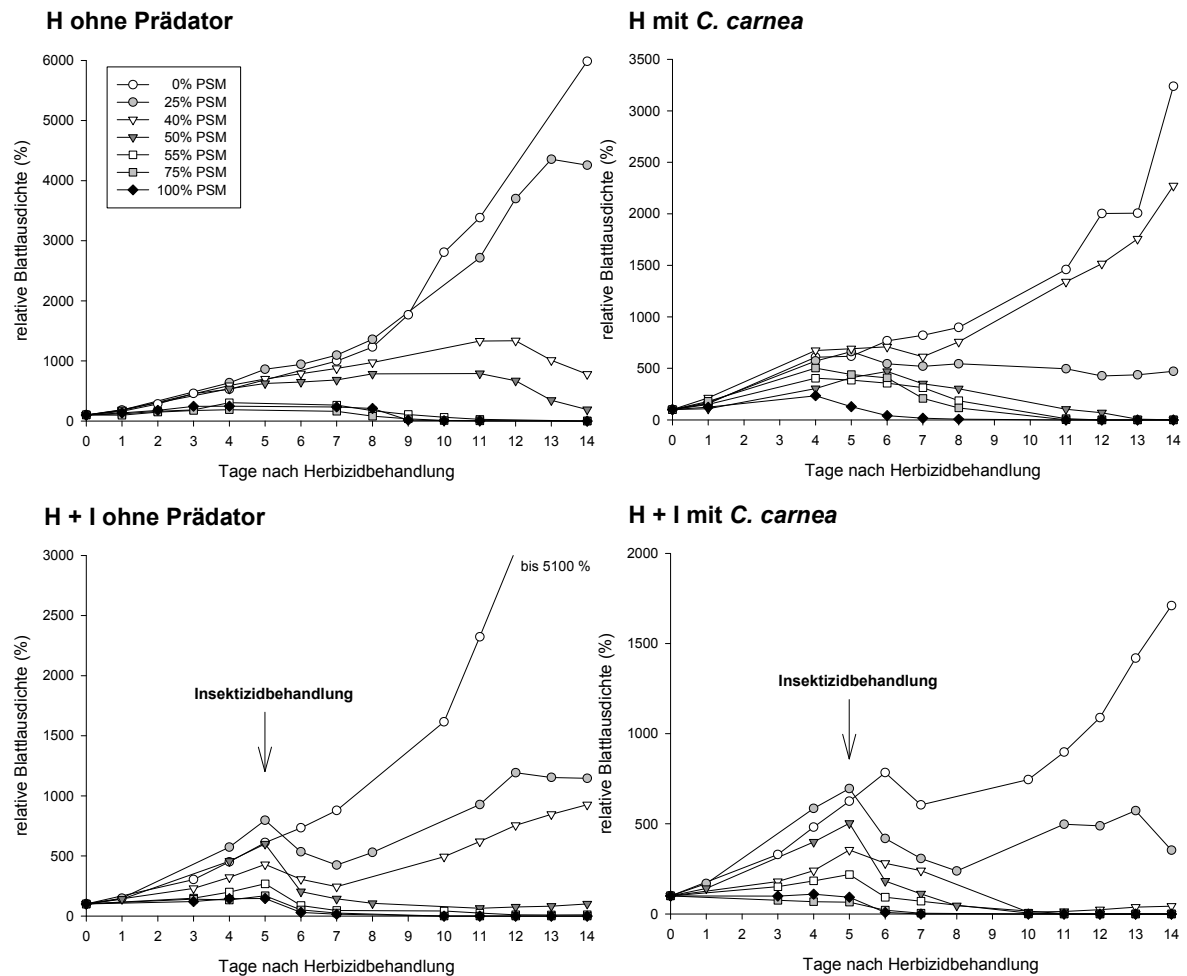
Vergleich der Dosen	Tage nach Insektizidbehandlung										
	1	2	7	8	9	14					
0 - 0 %	< 0,0001	0,0004	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0012	***	***	***	***	**
25 - 25 %	0,0351	0,0033	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	*	**	**	**	***
40 - 40 %	0,0025	0,0233	0,0006	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	**	*	**	**	***
50 - 50 %	0,0002	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	***	***	***	***	***

Im Gegensatz dazu wurden im Versuch mit *Coccinella 7-punctata* nur bei den Dosierungsstufen 50 % und 100 % eine gute Blattlauskontrolle erreicht (Abb. 4.13). Bei der niedrigen Dosierungsstufe von 25 % lag die Populationsdichte während des ganzen Versuches im Bereich der der Kontrolle. Ein ähnliches Bild ergab sich beim Versuch mit *Chrysoperla carnea* und *Coccinella 7-punctata* als Prädatoren (Abb. 4.13). Hier wurde allerdings eine etwas geringere Blattlausdichte in der 25 %-Dosierungsstufe im Vergleich zur Kontrolle verzeichnet. Bei den beiden letztgenannten Versuchsvarianten erreichten die Populationsdichten der Kontrollen ähnliche Werte wie im Versuch ohne Prädatoren.

#### 4.2.2.2 Herbizidbehandlung/Herbizidbehandlung und Insektizidbehandlung

Die Populationsentwicklungen von *Aphis fabae* zeigten nach Herbizidbehandlung mit unterschiedlichen Dosierungen ohne Prädatoren und mit *Chrysoperla carnea* einen ähnlichen Verlauf (Abb. 4.15). Im Gegensatz zur Insektizidbehandlung erfolgte nach der Herbizidbehandlung in keinem Fall eine Abnahme der Populationsdichte. Allerdings kam es bei den Dosierungsstufen 55 %, 75 % und 100 % zu keinem nennenswerten Anstieg der Populationsdichte während des gesamten Versuches. Zum Ende des Versuches hin (10 Tage nach Herbizidbehandlung) waren sogar so gut wie keine Blattläuse mehr vorhanden. Dies hing mit dem schlechten Zustand der Pflanzen aufgrund der Herbizidbehandlung zusammen. Bei den geringen Dosierungsstufen (25 %, 40 %) wurden die Pflanzen durch die Herbizidbehandlung dagegen nicht so stark beeinflusst, so dass hier eine ähnliche Populationsentwicklung wie bei der Kontrolle festzustellen war.

Bei den Versuchen mit Herbizid- und Insektizidbehandlung erfolgten die Populationsentwicklungen bis zur Insektizidbehandlung bei den verschiedenen Dosierungsstufen wie beim Versuch mit Herbizidbehandlung. Nach der Insektizidbehandlung erfolgte eine Abnahme der Populationsdichte bei allen Dosierungsstufen mit Ausnahme der Kontrolle. Während bei der Versuchsvariante ohne Prädatoren die Populationsdichte in der Kontrolle bis auf das 50fache anstieg und bei den Dosierungsstufen 25 % und 40 % ein Populationsanstieg auf das ca. 10fache festzustellen war, erreichte die Populationsdichte der Kontrolle in der Versuchsvariante mit Prädatoren ein Maximum auf das 17fache. Ein Anstieg der Populationsdichte war ansonsten nur bei einer Dosierungsstufe von 25 % zu erkennen. Bei allen anderen Dosierungsstufen waren so gut wie keine Blattläuse mehr vorhanden.



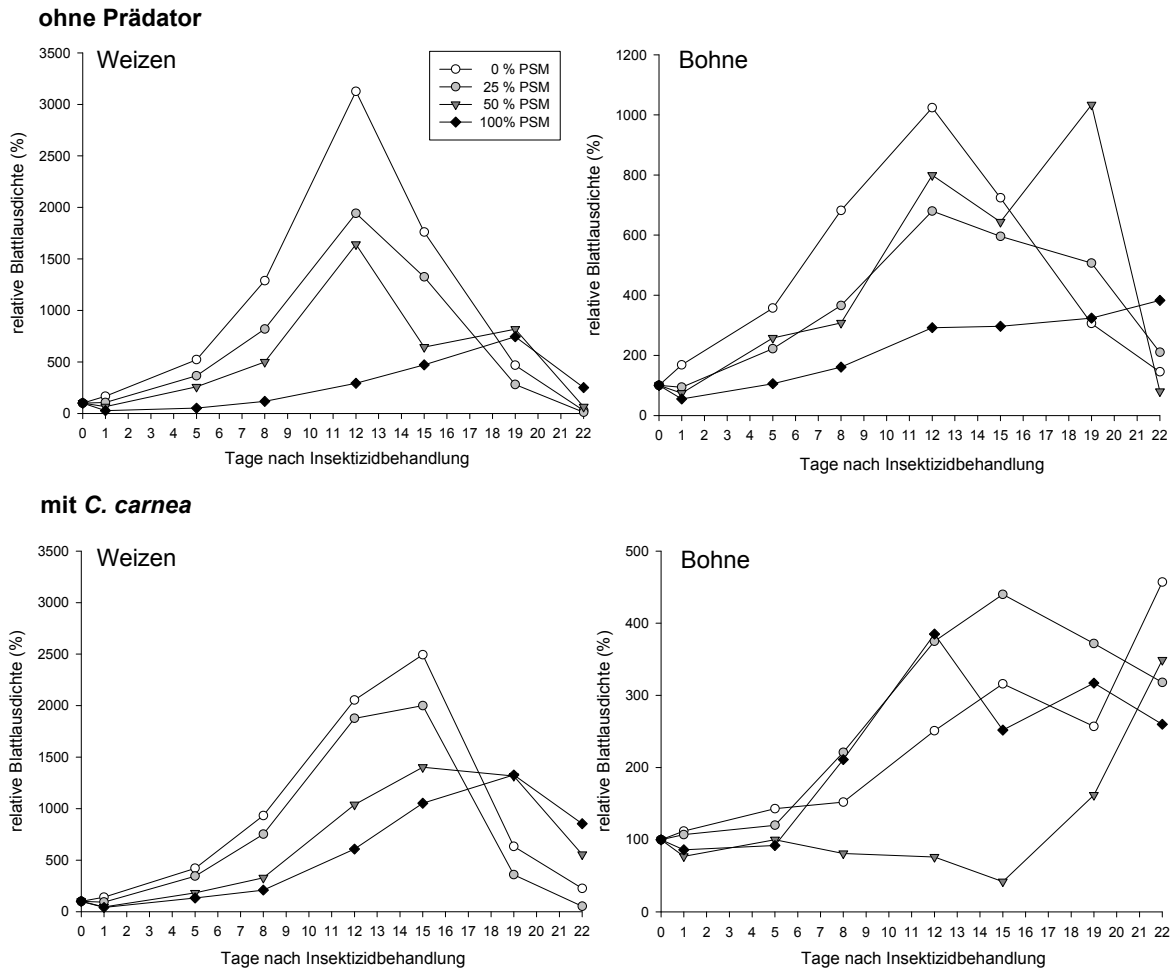
**Abb. 4.15** Relative Blattlausdichte in den Modellgefäßversuchen mit *Vicia faba*, *Aphis fabae* und *Chrysoperla carnea* bzw. ohne Prädator, behandelt mit unterschiedlichen Herbiziddosierungen (H) (2,4-D) bzw. Herbizid- und Insektiziddosierungen (H + I) ( $\lambda$ -Cyhalothrin) (PSM). Die Populationsdichte vor der Herbizidbehandlung wurde gleich 100 % gesetzt (n = 10).

#### 4.2.2.3 *Triticum aestivum* mit *Vicia faba*

Die Entwicklung der Blattlauspopulationen auf dem Weizen bei den verschiedenen Dosierungsstufen mit und ohne Prädator verlief ähnlich wie bei der Versuchsvariante ohne *Vicia faba* (Abb. 4.16). Die Populationsentwicklung der Blattläuse auf *Vicia faba* unterschied sich zwischen dem Versuch mit und ohne Prädator (Abb. 4.16). Während bei Anwesenheit eines Prädators bei einer Dosierungsstufe von 50 % zunächst die geringste Populationsdichte festgestellt wurde, traf dies bei Abwesenheit eines Prädators bei der höchsten Dosierungsstufe zu. Allerdings bestanden bei allen Dosierungsstufen nur ganz



vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den Populationsdichten, so dass keine eindeutigen Unterschiede vorlagen.



**Abb. 4.16** Relative Blattlausdichte in den Modellgefäßversuchen mit *Triticum aestivum* und *Sitobion avenae* zusammen mit *Vicia faba* und *Aphis fabae* sowie *Chrysoperla carnea* bzw. ohne Prädator, behandelt mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen (PSM) ( $\lambda$ -Cyhalothrin). Die Populationsdichte vor der Insektizidbehandlung wurde gleich 100 % gesetzt ( $n = 7$ ).

#### 4.2.2.4 Prädatoren

Die Überlebensraten der Prädatoren in den einzelnen Versuchsvarianten unterschieden sich in den verschiedenen Dosierungsstufen kaum voneinander (Tab. 4.20). Die Überlebensraten der Larven von *Coccinella 7-punctata* waren allerdings sehr gering. Bei einer Insektiziddosis von 50 % trat drei Tage nach der Insektizidbehandlung keine Larve

mehr auf. Bei der Versuchsvariante mit zwei Prädatoren überlebten nur die Larven von *Chrysoperla carnea*, während keine Larven von *Coccinella 7-punctata* zu finden waren.

**Tab. 4.20** Überlebensraten der Prädatoren (%) in den unterschiedlichen Versuchsvarianten der Modellgefäßversuche jeweils drei Tage nach der Pflanzenschutzmittelbehandlung.

Versuchsvariante	Pflanzenschutzmitteldosis						
	0 %	25 %	40 %	50 %	55 %	75 %	100 %
<i>T. aestivum</i> + I + <i>C. carnea</i>	43	50	/	57	/	/	64
<i>V. faba</i> + I + <i>C. carnea</i>	75	70	60	50	45	60	60
<i>V. faba</i> + I + <i>C. 7-punctata</i>	43	14	/	0	/	/	0
<i>V. faba</i> + I + <i>C. carnea</i> + <i>C. 7-punctata</i>	50	43	/	50	/	/	14
<i>V. faba</i> + H + <i>C. carnea</i>	80	80	80	70	60	40	30
<i>V. faba</i> + I + H + <i>C. carnea</i>	80	70	80	40	50	30	70
<i>T. aestivum</i> + <i>V. faba</i> + I + <i>C. carnea</i>	71	57	/	65	/	/	79

/: nicht getestet

#### 4.2.2.5 Ertragsparameter

Es traten signifikante Unterschiede nur im Gewicht pro Ähre in der Versuchsvarianten ohne Prädatoren zwischen der Kontrolle und der 100 %-Dosis (*Triticum aestivum*) sowie zwischen der Kontrolle und der 50 %-Dosis (*Triticum aestivum* + *Vicia faba*) auf (Kruskal-Wallis-Test,  $p < 0,05$ ) (Tab. 4.21).

**Tab. 4.21** Vergleich der Ertragsparameter in den Modellgefäßversuchen zwischen den unterschiedlichen Dosierungen innerhalb einer Versuchsvariante. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an (Kruskal-Wallis-Test,  $p < 0,05$ ;  $n = 7$ ).

PSM-Dosierung	Ertragsparameter	<i>Triticum aestivum</i>		<i>Triticum aestivum</i> + <i>Vicia faba</i>	
		ohne Prädatoren	mit Prädatoren	ohne Prädatoren	mit Prädatoren
0 %	n Samen/Ähre	32,2 ± 7,9 <sup>a</sup>	33,4 ± 9,3 <sup>a</sup>	27,8 ± 8,0 <sup>a</sup>	29,5 ± 5,2 <sup>a</sup>
	Gewicht/Ähre (mg)	409,6 ± 188,5 <sup>a</sup>	405,0 ± 169,1 <sup>a</sup>	287,1 ± 123,1 <sup>a</sup>	315,7 ± 120,9 <sup>a</sup>
25 %	n Samen/Ähre	36,3 ± 8,8 <sup>a</sup>	34,0 ± 4,9 <sup>a</sup>	27,3 ± 9,0 <sup>a</sup>	27,2 ± 8,4 <sup>a</sup>
	Gewicht/Ähre (mg)	432,2 ± 197,0 <sup>a</sup>	446,1 ± 176,4 <sup>a</sup>	304,6 ± 181,3 <sup>a</sup>	309,8 ± 184,0 <sup>a</sup>
50 %	n Samen/Ähre	32,4 ± 5,9 <sup>a</sup>	35,9 ± 5,4 <sup>a</sup>	30,6 ± 5,8 <sup>a</sup>	28,6 ± 8,9 <sup>a</sup>
	Gewicht/Ähre (mg)	509,5 ± 181,0 <sup>a</sup>	500,0 ± 158,2 <sup>a</sup>	438,3 ± 160,1 <sup>b</sup>	389,0 ± 187,3 <sup>a</sup>
100 %	n Samen/Ähre	33,1 ± 5,8 <sup>a</sup>	32,6 ± 5,8 <sup>a</sup>	25,5 ± 5,2 <sup>a</sup>	24,5 ± 5,9 <sup>a</sup>
	Gewicht/Ähre (mg)	577,2 ± 190,6 <sup>b</sup>	475,8 ± 149,6 <sup>a</sup>	345,8 ± 132,2 <sup>a</sup>	291,3 ± 129,7 <sup>a</sup>

## 5 Diskussion

Ziel dieser Studie war es, die Effekte einer reduzierten Dosis von Pflanzenschutzmitteln auf tritrophische Systeme im Ackerbau zu untersuchen. Pflanzenschutzmittel, die im Laufe einer Vegetationsperiode auf die Ackerflächen ausgebracht werden, stellen für die Nicht-Ziel-Arthropoden im Feld ein bestimmtes Gefährdungspotenzial dar, das bei der Zulassung der Pflanzenschutzmittel im Rahmen einer Nutzen-Risiko-Abschätzung als vertretbar eingestuft wird. Es stellte sich aber die Frage, ob mit Hilfe einer radikalen Reduzierung der Anwendung synthetisch chemischer Pflanzenschutzmittel, d. h. mit einer um 50 % reduzierten Dosis, eine gewisse Entspannung dieser Situation hervorgerufen und dadurch das Potenzial der natürlichen Schädlingskontrolle vergrößert werden kann. Schon der Schweizer Arzt und Naturforscher PARACELsus (1493-1541) stellte fest: „Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift – allein die Dosis macht, das ein Ding kein Gift ist.“ Nach VAN EMDEN (1988) ist der Verlauf der Dosis-Wirkungskurven von Insektiziden für viele Prädatoren steiler als für die entsprechenden Schädlinge. Folglich müsste bei reduzierten Dosen die Mortalität der Prädatoren schneller abnehmen als die ihrer Beute. Bei einer reduzierten Insektiziddosis überleben demnach durch den verminderten Wirkungsgrad mehr Blattläuse. Die erhaltene Restpopulation könnte daraufhin aber von den geschonten Prädatoren weiter reduziert werden. Mit Hilfe von Freiland- und Modellgefäßversuche wurde dieser Annahme nachgegangen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zunächst die verwendeten Methoden einer kritischen Betrachtung unterzogen werden müssen.

### 5.1 Methodendiskussion

Es hat sich bewährt, eine Kombination aus Freilanduntersuchungen und Modellgefäßversuchen in Klimakammern durchzuführen (AMANO & HASEEB 2001), um möglichst viele Informationen über die ökologischen Auswirkungen von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die untersuchten tritrophischen Systeme im Ackerbau zu erhalten. Denn jede Untersuchungsmethode hatte seine Vor- und Nachteile.

#### Freilanduntersuchungen

Freilanduntersuchungen spiegeln die realistische Situation im Feld mit allen Interaktionen wider. Die Wirkung der Insektizidbehandlungen auf die Arthropodengesellschaft im Feld sowie der befallsmindernde Einfluss von Nützlingen auf Schädlingspopulationen können aber aufgrund der vielen Einflussfaktoren überlagert werden. So werden Störungen der

Arthropodengesellschaft, die durch die Applikation der Pflanzenschutzmittel hervorgerufen werden, durch verschiedene Vorgänge, wie z. B. Migration, Emigration, Absterben und Geburten, sofort entgegengewirkt. Das Vorkommen bzw. die Wirksamkeit der Nützlinge können u. a. durch die Witterungsbedingungen und die Verschiebung der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Antagonisten beeinflusst werden. Während die Schädlinge bei Abwesenheit der Nützlinge ein erhöhtes Vermehrungspotenzial mit hohen Generationsfolgen aufweisen, kommt es innerhalb der Nützlingsgesellschaft zur Konkurrenz um die Nahrung (intra- und interspezifische Konkurrenz) bei meist niedrigen Generationsfolgen (STARK et al. 2004). Durch die zumeist nicht vorhandenen Standardisierungen lassen sich die Daten mit anderen Studien nur schwer vergleichen und interpretieren (CANDOLFI et al. 2000). Auch die statistische Auswertung bereitet Schwierigkeiten, da keine echte Wiederholungen vorhanden waren. Dies kann zu fehlerhaften Schlussfolgerungen führen. Echte Wiederholungen wären nur in Parzellenversuchen möglich gewesen, die aber meist nur eine geringe Größe aufweisen. Diese spiegeln aber nicht die Bedingungen eines großen Feldes wider und die Ergebnisse der Erhebungen z. B. sehr mobiler Arten wie Carabiden sind dabei nur schwer zu interpretieren. Die Daten aus den Spritzfenstern waren nicht als gleichwertig zu denen der anderen beiden Varianten zu betrachten. Aufgrund ihrer nur sehr geringen Größe konnten sie nur Anhaltspunkte für eine ungestörte Entwicklung geben. Optimalerweise hätte ein Feld in drei Teilflächen geteilt werden müssen. Dies war aber nicht durchführbar.

Die unechten Wiederholungen wurden in dieser Untersuchung zugunsten der realistischen Freilandbedingungen und der Feldgröße (> 15 ha) in Kauf genommen. Es ist aber zu berücksichtigen, dass es sich hierbei nur um Fallbeispiele handeln kann.

Über drei Jahre wurden alle Pflanzenschutzmittelanwendungen hinsichtlich auf ihren Gefährdungsgrad für Nicht-Ziel-Arthropoden analysiert und die ökologischen Auswirkungen der Insektizide auf drei Feldern eines konventionell bewirtschafteten Betriebes untersucht. Labor- und Freilanduntersuchungen sowie die im Pflanzenschutzmittelverzeichnis aufgelisteten Nebenwirkungen der in den drei Jahren eingesetzten Pflanzenschutzmittel auf relevante Prädatoren zeigen, dass vor allem Insektizide sich schädigend auf eine Reihe von Nutzarthropoden auswirken und daher das schädlichste Potenzial besitzen (ANONYMUS 2006). Vor allem die zu den synthetischen Pyrethroiden gehörenden Fraß- und Kontaktgifte Karate Zeon ( $\lambda$ -Cyhalothrin) und Decis (Deltamethrin) sind für ihre hohe akute Toxizität und ihr breites Wirkungsspektrum gegenüber beißenden und saugenden Insekten bekannt (INGLESFIELD 1989). Sie schädigen relevante Prädatoren, wie *Coccinella 7-punctata* und die Wolfsspinnen der *Pardosa*-Arten sowie in einem geringen Maße *Episyrphus balteatus*.

Das Insektizid Pirimor (Pirimicarb) ist ebenfalls ein Kontakt- und Fraßgift und gehört zu den Carbamaten, das spezifisch gegen Blattläuse wirkt. Aufgrund seiner Selektivität gilt es als nützlingsschonend, wobei es allerdings schädigend auf *Episyrphus balteatus* und schwach schädigend auf *Chrysoperla carnea* wirkt.

Aufgrund der hohen Toxizität der Insektizide war es sinnvoll, die Untersuchung hauptsächlich auf die ökologischen Auswirkungen der Insektizidbehandlung auf die Situation im Feld zu konzentrieren.

Die Insektizidapplikation erfolgte in der 100 %-Variante mit einem Behandlungsindex (BI) von 1,0 oder bei der kombinierten Anwendung von Karate Zeon ( $\lambda$ -Cyhalothrin) und Pirimor (Pirimicarb) mit einem BI von 1,5, das eine Mittel mit BI 1,0 und das andere mit BI 0,5. Hierbei konnte eine stärkere Insektizidwirkung auf die Arthropoden vermuten werden.

### *Wahl der Untersuchungseinheit*

Eine entscheidende Frage für das Versuchsdesign der Freilandhebungen war die Wahl der Untersuchungseinheiten. Zwei Alternativen waren vorstellbar:

- 1) Vergleich zweier ganzer Felder, die unterschiedliche Pflanzenschutzintensitäten erfahren (*Paired fields*).
- 2) Vergleich zweier Feldhälften eines Feldes, die mit unterschiedlichen Pflanzenschutzintensitäten behandelt wurden (*Half fields*).

Ein starkes Argument für die Untersuchung von *Half fields* war die geringere Variabilität innerhalb eines Feldes im Vergleich zu zwei unterschiedlichen Feldern, da sie ähnlicher von den vorherigen Behandlungen (Pflanzenschutzmaßnahmen, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge usw.), vom Bodentyp und vom umgebenden Habitat sind (ROTHERY et al. 2002, PERRY et al. 2003). Es ist schwer, zwei Felder zu finden, die sich diesbezüglich gleichen. Ein weiterer Vorteil von *Half fields* war die erleichterte Datenaufnahme, da keine großen Entfernungen zurückzulegen waren. Dies war vor allem zu Zeitpunkten gehäufte Datensammlungen (gleiche Zeitpunkte von Bonituren) von großer Bedeutung. Ein Nachteil stellte allerdings die schwierige Extrapolation der Daten auf das ganze Feld dar, da ihre Interpretation für relativ mobile Arten bei nah aneinander grenzenden Untersuchungseinheiten kritisch ist (DUFFIELD & AEBISCHER 1994, KENNEDY et al. 2001). Die hohe Mobilität von z. B. Carabiden konnte eventuell vorhandene Unterschiede verbergen, da sie z. B. die erhöhte Mortalität in der einen Hälfte durch Immigration aus der anderen Hälfte kompensiert (THOMAS et al. 2006). Des Weiteren musste bei nah aneinander grenzenden Untersuchungseinheiten auf Interferenzen z. B. durch Pflanzenschutzmitteldrift geachtet werden. Durch geeignete Pufferzonen der Probenpunkte konnte dieses Problem aber minimiert werden. Aufgrund der geringeren Variabilität und der gleichen Vorgeschichte zweier Feldhälften eines Feldes sowie der

erleichterten Datenaufnahme fiel die Wahl auf das *Half fields*-Design, allerdings unter der Voraussetzung, dass die Größe der Feldhälften realistische Bedingungen widerspiegelt. Dies war mit einer Größe von mindestens 7 ha der untersuchten Feldhälften gegeben.

### *Bodenfallen*

Das Aufstellen von Bodenfallen ist eine gebräuchliche Methode zum Fangen epigäischer Arthropoden, mit der die relative Abundanz von Staphyliniden, Araneaeen und besonders von Carabiden bestimmt werden kann (LUFF & EYRE 1988). Es ist eine relativ kostengünstige, effektive und standardisierte Methode, die es ermöglicht, eine große Anzahl von epigäischen Arthropoden zu erfassen. Die Fangergebnisse hängen allerdings nicht nur von der jeweiligen Populationsdichte der Arthropoden ab, sondern auch von deren Laufaktivität (PERNER & SCHUELER 2004). Diese kann für die einzelnen Arten recht unterschiedlich sein. So können relativ große Laufkäfer wie *Pterostichus melanarius* an einem Tag in einem Getreidefeld eine Distanz von bis zu 28 m zurücklegen (THOMAS et al. 1998), während relativ kleine Laufkäfer wie *Trechus quadristriatus* nur 0,05-0,4 m pro Tag zurücklegen (THACKER & DIXON 1996). Daher kann es zu einer Unterschätzung der kleineren und zu einer Überschätzung der größeren Arthropoden kommen. Die Aktivitätsdichte bzw. das Bewegungsverhalten wird wiederum von der Temperatur und Feuchtigkeit, aber auch von der Vegetationsstruktur und -zusammensetzung (Bedeckungsgrad, Höhe der Pflanzen usw.), dem Typ und der Qualität der angrenzenden Habitate, dem Hungerlevel (WALLIN & EKBOM 1988, RAWORTH & CHOI 2001) sowie der Beuteverteilung und -verfügbarkeit beeinflusst (KENNEDY et al. 2001). Unterschiede in den Fangergebnissen können demnach Differenzen entweder in der Aktivitätsdichte oder Populationsdichte oder in beidem reflektieren. Des Weiteren ist eine Beeinflussung der Fangeffizienz durch die verwendeten Fangflüssigkeiten, die Zugabe von Detergenzen sowie die Größe, Form und Anordnung der Bodenfallen für einzelne Arten nicht ausgeschlossen (HOLLAND & SMITH 1999, WINDER et al. 2001, PEKÁR 2002, DÁVALOS & BLOSSEY 2006). Dies macht die Interpretation der Daten schwierig, so dass die Fangergebnisse kritisch bewertet werden müssen (LUFF 1975). In dieser Untersuchung wurde sich für eine lineare Anordnung von je sechs Bodenfallen mit einer 2%ige Formalinlösung als Fangflüssigkeit und Zugabe eines Detergenz entschieden. Dieses Design wurde in der Vergangenheit erfolgreich angewendet (VOLKMAR & FREIER 2003).

### *Auswahl der Bioindikatoren*

Bioindikatoren sind Arten, die auf geringfügige Änderungen innerhalb ihres Lebensraumes, z. B. auf Bewirtschaftungsmaßnahmen, empfindlich reagieren. Bei der Auswahl der für die Untersuchung zu verwendenden Bioindikatoren sollte berücksichtigt

werden, dass sie für die untersuchte Kultur relevant und im Falle der Prädatoren für die auftretenden Schädlinge von Bedeutung sind. Die untersuchte Prädatorgemeinschaft sollte aus einem Komplex von Arten mit großer taxonomischer und ökologischer Diversität bestehen (CANDOLFI et al. 2000, AMANO & HASEEB 2001). Sie sollte Vertreter zum einen mit unterschiedlichen Ernährungsstrategien (stechend-saugend oder beißend, stenophag oder polyphag), zum anderen mit verschiedenen Fortpflanzungsstrategien (univoltin oder polyvoltin) sowie unterschiedlichen Lebensweisen (auf dem Boden oder auf den Pflanzen lebend, laufend oder fliegend, tag- oder nachtaktiv) beinhalten. Durch diese Vielfalt erhält man die ganze Bandbreite der verschiedenen Reaktionen auf Pflanzenschutzmaßnahmen, da die Bioindikatoren auch auf unterschiedliche Weise den Pflanzenschutzmitteln ausgesetzt sind.

Aufgrund ihrer Bedeutung als natürliche Gegenspieler von Blattläusen und ihrer leichten Erfassbarkeit durch visuelle Kontrollen und Bodenfallen sowie ihrer unterschiedlichen Fortpflanzungs- und Lebensweisen, wurden die hier untersuchten Arthropoden (Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Carabidae, Araneae) als Bioindikatoren für die ökologischen Auswirkungen von reduzierten Pflanzenschutzmittelmaßnahmen gewählt (FREIER et al. 1999).

### **Laboruntersuchungen**

Für Untersuchungen grundlegender Phänomene der Anpassung tritrophischer Systeme an unterschiedliche Dosierungen von Pflanzenschutzmitteln eigneten sich Laborexperimente bzw. Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen besser. Hier konnten gezielt die Wirkungen der verschiedenen Pflanzenschutzmittelintensitäten auf das System Kulturpflanze und/oder Unkraut – Schädling – Prädatoren untersucht werden, da eine Vielzahl von Faktoren, die im Freiland auf das System einwirken, kontrolliert wurden. So wurden die Versuche unter konstanten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen sowie kontrollierten Nützlings- und Schädlingszahlen durchgeführt, da Zu- und Abwanderungen durch die Isolierung (Gazehaube) verhindert wurden. Allerdings dürfen Ergebnisse aus Laboruntersuchungen nicht einfach auf die Freilandbedingungen im Kulturbestand übertragen werden. Durch die standardisierten Bedingungen im Labor werden die realistischen abiotischen Umweltbedingungen und die zahlreichen möglichen Interaktionen zwischen Arten sowie Vorgänge, wie Migrationen usw., nicht mit berücksichtigt. Mögliche akkumulierende Effekte einer reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln können dabei nicht beobachtet werden. Dadurch können sich Ergebnisse aus Labor- und Freilandversuchen stark unterscheiden, so dass eine einfache Übertragung der Laborergebnisse auf die Freilandsituation nicht möglich ist.

Viele Laboruntersuchungen werden meist auch nur über einen sehr kurzen Zeitraum von wenigen Stunden oder Tagen und unter sehr künstlichen Bedingungen (z. B. in Petrischalen) durchgeführt (SENGONCA & FRINGS 1985, LÖVEI & ARPAIA 2005). In dieser Untersuchung sollte der Versuchsansatz die Freilandbedingungen landwirtschaftlicher Felder so weit wie möglich imitieren. Daher wurden die Wirkungen der Pflanzenschutzmittel mit Hilfe von komplexen mehrdimensionalen Versuchsbedingungen an einem dynamischen System untersucht, in dem Wiedererholungsprozesse durch Reproduktion möglich waren und über mehrere Tage beobachtet wurden. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass die Anzahl der Weizenhalme pro Topf einer Standraumsituation von ca. 500 Halme pro m<sup>2</sup> entsprach, die durchschnittlich im Freiland zu finden ist. Die Applikation des Insektizides erfolgte entsprechend des Schwellenwertes zum Zeitpunkt Ende der Blüte (BBCH 69) bei Vorhandensein von mindestens 3-5 Blattläusen pro Halm und die Applikationsmenge der Pflanzenschutzmittel lag mit 324 l/ha im Bereich der empfohlenen Menge von 200-400 l/ha. Außerdem wurde der Ansatz der Blattläuse an die Versuchspflanzen fünf Tage vor der Pflanzenschutzmittelbehandlung durchgeführt, um eine reale Populationsstruktur der Blattläuse zu erhalten.

## 5.2 Freilanduntersuchungen

In dieser Untersuchung wurden die Blattläuse nur als Direktschädlinge betrachtet. Der Blattlausbefall im Sommer war in den drei Untersuchungsjahren sehr unterschiedlich. Während im Jahr 2004 eine sehr hohe Blattlausabundanz auftrat, fiel der Befall 2005 und 2006 sehr gering aus. In diesen beiden Jahren wurden die Schwellenwerte für eine Insektizidbehandlung von 3-5 Blattläuse pro Halm zum Zeitpunkt Ende der Blüte im Getreide (WETZEL & FREIER 1975, HOLZ et al. 1994) entweder nicht (2005 Feld 1, 2006 Feld 2) oder nur knapp erreicht (2005 Feld 3). Aufgrund des niedrigen Befalldruckes hat der Landwirt auf eine Insektizidbehandlung im Winterweizen 2004 (Feld 2) und 2005 (Feld 1) verzichtet. Auch andere Untersuchungen zeigten, dass der Blattlausbefall zwischen den Jahren stark schwanken kann (LARSSON 2005, FREIER et al. 2007). Bei der Bewertung der Auswirkungen der Insektizidbehandlung auf die Populationsentwicklung der Blattläuse war zu berücksichtigen, dass die Blattlausdichte nach der Insektizidbehandlung sowohl durch die Wirkung des Insektizides als auch durch die Prädatoren beeinflusst wurde, wobei sich beide Effekte überlagern konnten.

In allen drei Jahren traten auf Feld 1 und Feld 2 meist nur wenige spezialisierte Blattlausprädatoren auf, während auf Feld 3 jeweils die höchsten Dichten zu verzeichnen waren, unabhängig von der angebauten Kultur und dem Jahr. In der Erbse kamen 2004



(Feld 1) und 2005 (Feld 2) während der gesamten Untersuchungszeit, sowohl vor als auch nach der Insektizidbehandlung, weniger als 1 PU pro m<sup>2</sup> in beiden Varianten vor.

Im Folgenden werden die einzelnen Felder genauer betrachtet.

### **Feld 1**

Auf Feld 1 bestand das im Vergleich zu den anderen beiden Feldern geringste Gefährdungspotenzial für Arthropoden durch die Pflanzenschutzmittelbehandlungen, da die applizierten Pflanzenschutzmittel insgesamt als zweimal schwach schädigend und zweimal schädigend eingestuft werden (ANONYMUS 2006).

2004 bestanden in der Erbse vor der Insektizidbehandlung keine signifikanten Unterschiede in der Befallshäufigkeit zwischen der 100 %- und 50 %-Variante. In beiden Pflanzenschutzmittelvarianten wurde durch die Insektizidbehandlung mit Karate Zeon ( $\lambda$ -Cyhalothrin) keine gute Blattlauskontrolle erzielt. In der 50 %-Variante waren nahezu alle Pflanzen mit Blattläusen befallen. Auch der Anteil der befallenen Pflanzen in der 100 %-Variante war neun Tage nach der Insektizidbehandlung mit 95 % sehr hoch. BOOTH et al. (2007) stellten ebenfalls fest, dass unter Feldbedingungen  $\lambda$ -Cyhalothrin keine Blattlausmortalität zur Folge hatte. Allerdings könnte eine mögliche Reduktion der Blattlauspopulation nicht erfasst worden sein, da es als Befall bewertet wurde, sobald sich eine Blattlaus auf der Pflanze befand, unabhängig von der Anzahl der Blattläuse. Die Erfassung der Befallshäufigkeit in der Erbse (Befall/Nicht-Befall) war daher kein guter Indikator für die Wirkung des Insektizides. Ein geeigneterer Indikator wäre die Bestimmung der Anzahl der Blattläuse pro Trieb gewesen, da dadurch eine genaue Quantifizierung der Blattlausdichte erfolgt. Ein anderer Grund könnte gewesen sein, dass *Acyrtosiphon pisum* im Vergleich zu den Getreideblattläusen bei Erschütterungen schnell herunterfallen (eigene Beobachtung). Durch die Applikation der Insektizide kann dieses Verhalten auch ausgelöst worden sein, so dass die Blattläuse nur eine sublethale Dosis aufgenommen haben und anschließend wieder auf die Pflanzen zurückgekehrt sind. Aufgrund der sehr geringen Prädatordichte von weniger als 1 PU pro m<sup>2</sup> während der gesamten Untersuchungszeit in beiden Varianten waren keine Effekte der reduzierten Anwendung des Insektizides auf die Prädatoren feststellbar. Die natürliche Schädlingskontrolle konnte demnach als gering eingestuft werden.

Im Winterweizen 2005 erfolgte aufgrund des geringen Schädlingsdruckes keine Insektizidbehandlung. Es kam in beiden Varianten zu einem kontinuierlichen Anstieg der Blattlausdichte auf maximal 7 Blattläuse pro m<sup>2</sup>. Aufgrund des niedrigen Anfangsbefall und der vorhandenen Prädatordichte von bis zu 8 PU pro m<sup>2</sup> wurde die Schadensschwelle von 12-15 Blattläusen pro Ähre zum Zeitpunkt des Populationsmaximums nicht überschritten (HOLZ et al. 1994). Die natürliche Schädlingsregulation konnte also das

Blattlauswachstum einschränken und somit war der Verzicht auf eine Insektizidbehandlung gerechtfertigt. Dies stimmt mit Untersuchungen von FREIER et al. (1997) überein, die bei einem mittleren Prädatorpotenzial von 5,6 PU pro m<sup>2</sup> ebenfalls eine Begrenzung des Blattlausbefalls auf 6,7 Individuen pro Halm feststellten.

Wirkungen der anderen Pflanzenschutzmittelmaßnahmen waren nicht feststellbar.

## Feld 2

Die applizierten Pflanzenschutzmittel auf Feld 2 hatten ein großes Gefährdungspotenzial für die Nicht-Ziel-Arthropoden, da die applizierten Pflanzenschutzmittel insgesamt als sechsmal schwach schädigend und zehnmals schädigend eingestuft werden (ANONYMUS 2006). Vor allem die Insektizidbehandlungen 2005 und 2006 zeigten sich dafür verantwortlich.

In beiden Jahren traten vor der Insektizidbehandlung signifikant mehr Blattläuse in der 100 %- als in der 50 %-Variante auf. In der Erbse 2005 nahm die Blattlausdichte aber nach der Insektizidbehandlung in der 100 %- im Vergleich zur 50 %-Variante deutlich ab, so dass der Erwartung hier nicht widersprochen wurde. Eine Abweichung davon stellte die Situation im Winterweizen 2006 dar, in der nach der Insektizidbehandlung die Blattlausdichte in der 100 %-Variante gegenüber der 50 %-Variante nicht entscheidend verringert wurde. Deutliche Hinweise auf eventuell akkumulierte Effekte der reduzierten Anwendung liegen allerdings nicht vor, da seit 2003 erst eine Insektizidbehandlung erfolgte. Ein Einfluss der zuvor applizierten Herbizide und Fungizide auf die Blattlausdichte war ebenfalls nicht erkennbar. Die Verunkrautung war in beiden Varianten ähnlich und in der 100 %-Variante trat sogar ein höherer Pilzbefall mit *Septoria tritici* auf als in der 50 %-Variante, der den Blattlausbefall hätte negativ beeinflussen können. Der Unterschied in den Blattlausdichten vor der Insektizidbehandlung war entweder auf andere, nicht aufgenommene Faktoren oder auf den geringen Befall von weniger als 2,5 Blattläusen pro Halm zurückzuführen, der eine eindeutige Wirkung des Insektizides nicht erkennen ließ.

2004 war durch einen sehr starken Blattlausbefall gekennzeichnet. Die Blattlauspopulation stieg in beiden Varianten auf über 40 Blattläuse pro Halm an. Trotz einer Prädatordichte von ca. 8 PU pro m<sup>2</sup> konnte der starke Blattlausbefall durch die Prädatoren nicht entscheidend eingeschränkt werden.

Die Applikation der vollen Aufwandmenge des blattlausspezifischen Insektizides Pirimor (Bi 1,0) und der halben Aufwandmenge an Karate Zeon (Bi 0,5) (100 %-Variante) führte in der Erbse 2005 zu einer sehr guten Blattlauskontrolle, während die Bekämpfung der Blattläuse mit den verminderten Dosen nicht so stark ausfiel. Eine Reduktion des

Befalls fand aber auch bei der halben Aufwandmenge statt, da der Befall im Spritzfenster (keine Insektizidbehandlung) bis zu 30 % höher lag. Man hätte allerdings eine stärkere Wirkung der halben Dosis erwarten können, da der Behandlungsindex aufgrund der kombinierten Anwendung der beiden Insektizide hier bei 0,75 lag. Die reduzierte Anwendung der beiden Insektizide führte zu keiner Schonung der Prädatoren. In beiden Varianten traten sowohl vor als auch nach der Insektizidbehandlung so gut wie keine natürlichen Gegenspieler auf. Hier konnte also eine natürliche Schädlingsregulation nicht greifen. Im Gegensatz dazu waren im Spritzfenster, vor allem zum Zeitpunkt BBCH 79, bis zu 13 PU pro m<sup>2</sup> zu finden. In anderen Untersuchungen konnte dagegen bei reduzierten Anwendungen eine Schonung der natürlichen Feinde erzielt werden (MANN et al. 1991, Niehoff & Poehling 1995, Longley et al. 1997).

Im Winterweizen 2006 fiel, wie oben erwähnt, die Reduktion der Blattlausdichte in der 50 %-Variante größer aus als in der 100 %-Variante. Im Gegensatz zu 2005 wurde hier Karate Zeon mit voller Aufwandmenge und Pirimor mit halber Aufwandmenge in der 100 %-Variante appliziert. Trotz der bekannten Nebenwirkungen von Karate Zeon, traten keine Unterschiede in den Prädatorichten zwischen beiden Varianten auf. Allerdings war auch hier die Dichte mit etwa 2,5 PU pro m<sup>2</sup> relativ gering, so dass eine Regulation der Blattlausdichte durch die Prädatoren nur im begrenzten Maße stattgefunden haben kann.

### **Feld 3**

Auf Feld 3 bestand aufgrund der Pflanzenschutzmittelanwendungen ein großes Gefährdungspotenzial für die Arthropoden (sechsmal schwach schädigend und neunmal schädigend, ANONYMUS 2006), vor allem aufgrund der in allen drei Jahren erfolgten Insektizidbehandlung.

In allen drei Jahren zeigten sich vor der jeweiligen Insektizidbehandlung keine Unterschiede in den Blattlaus- und Prädatorichten zwischen beiden Varianten. Eine langfristige Auswirkung der reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln war hier wie auch bei den anderen beiden Feldern nicht zu erkennen. Auf diesem Feld traten deutlich mehr Prädatoren als auf den anderen beiden Feldern auf. Es war ein positiver Effekt der reduzierten Anwendung von Insektiziden auf die Prädatorgesellschaft gut zu erkennen. Nach der Insektizidbehandlung waren stets signifikant mehr Prädatoren in der 50 %-Variante als in der 100 %-Variante zu finden. Die Anwendung der betriebsüblichen Insektiziddosis (100 %) führte in allen drei Jahren zu einer guten Blattlauskontrolle. Die reduzierte Anwendung der verschiedenen Insektizide führte dagegen trotz Vorhandensein vieler Prädatoren jeweils zu keiner ausreichenden Blattlauskontrolle. Es kam nach der Insektizidbehandlung meist zu keiner Reduktion der Blattlausdichte, sondern diese stieg aufgrund der unzureichenden Wirkung gegen die Blattläuse größtenteils sogar weiter

stark an und lag signifikant über der 100 %-Variante. Im Vergleich zur ungestörten Entwicklung der Blattläuse im Spritzfenster (ohne Insektizidbehandlung) wurde im Sommerweizen 2004 die Blattlauspopulation in der reduzierten Variante durch die Anwendung von Karate Zeon ( $\lambda$ -Cyhalothrin) zwar um 60 % verringert. Dieser Wirkungsgrad reichte aber nicht aus, um den Massenbefall mit einem Maximum von 68 Blattläusen pro Halm zu verhindern. Obwohl die Prädatoren durch die reduzierte Anwendung des Insektizides deutlich geschont wurden und in großer Anzahl vorkamen, waren sie nicht in der Lage, die massenhafte Vermehrung der Blattläuse einzuschränken. FREIER et al. (1999) erwarteten eine gute Blattlauskontrolle bei einer Prädatorichte von 5-10 PU pro m<sup>2</sup>. Zum Zeitpunkt BBCH 75 traten ca. 7 PU pro m<sup>2</sup> und zum Zeitpunkt BBCH 83 sogar 71 PU pro m<sup>2</sup> auf. Damit lag die Prädatorichte im Vergleich zur 100 %-Variante um 20mal höher als in der 50 %-Variante. Die Prädatoren traten aber zu spät auf, so dass aufgrund der fehlenden Synchronisation von Räuber und Beute und der zu diesem Zeitpunkt sehr hohen Blattlausdichte die natürliche Regulation ineffektiv war.

Ein ähnliches Bild ergab sich 2005 im Winterweizen nach Applikation von Pirimor (Pirimicarb). Dies widerspricht den Ergebnissen von anderen Untersuchungen, die denen zwar auch verminderte Wirkungsgrade reduzierter Insektiziddosierungen festgestellt wurde, die aber trotzdem noch zu einer ausreichenden Blattlauskontrolle führten (POEHLING & DEHNE 1986, POEHLING 1988, 1990, NIEHOFF & POEHLING 1995, WILES & JEPSON 1995, BOOTH et al. 2007).

Im Erbsenfeld 2006 konnte in der 100 %-Variante eine Zunahme der befallenen Pflanzen ca. drei Wochen nach der Insektizidbehandlung mit Karate und Pirimor festgestellt werden. Dies könnte auf die kurze Persistenz von Pirimor auf den Blattoberflächen aufgrund seines hohen Dampfdruckes und/oder auf das Fehlen von Prädatoren zurückzuführen sein, so dass sich die vorhandene Restpopulation durch Reproduktion wiedererholen konnte. Außerdem könnte ein Zuflug geflügelter Blattläuse stattgefunden haben.

Wie zu erwarten war, übten die Insektizidbehandlungen einen großen Einfluss auf Blattläuse und ihre Prädatoren aus. Alle vorherigen Fungizid- und Herbizidbehandlungen führten zum Zeitpunkt vor der Insektizidbehandlung zu keinen Unterschieden zwischen den beiden Pflanzenschutzmittelvarianten. Kumulative Effekte waren ebenfalls nicht erkennbar. Die Anwendung einer reduzierten Dosis von Insektiziden führte bei einem hohen Befallsdruck zu keiner guten Blattlauskontrolle, obwohl ein erhöhtes Prädatorpotenzial (vor allem auf Feld 3) zu verzeichnen war. Mehrere Effekte könnten für die relative Schonung der Prädatoren durch die reduzierte Anwendung von Insektiziden entscheidend gewesen sein. Zum einen könnte die Schädigung der Prädatoren durch den

direkten Kontakt mit dem Insektizid bzw. die Rückstände auf den Blättern (LONGLEY & STARK 1996) bei der reduzierten Anwendung geringer ausgefallen sein als bei der vollen Dosis. Die Prädatoren waren eventuell in der Lage, aufgrund der reduzierten Dosis das aufgenommene Insektizid im Körper abzubauen bzw. unschädlich zu machen und somit zu überleben. Zum anderen könnte es aber auch eine indirekte Folge durch den Erhalt ihrer Nahrungsgrundlage sein. In der 100 %-Variante waren die Blattlausdichten nach der Insektizidbehandlung sehr gering, so dass den Prädatoren nicht genügend Nahrung zur Verfügung stand. Durch die geringe verbleibende Beutedichte könnte es zu sekundären Hungereffekten bzw. zu einer Abwanderung der Prädatoren gekommen sein (POEHLING 1989). Im Gegensatz dazu war bei der reduzierten Insektizidaufwandmenge die Restpopulation der Blattläuse groß genug, um als Nahrungsressource dienen zu können, so dass der geringere Wirkungsgrad bei der Blattlausbekämpfung positive Auswirkungen auf die Prädatoren hatte. Weitere indirekte Effekte der Insektizidbehandlung konnten durch den Fraß kontaminierter Beute entstanden sein (DEBACH & ROSEN 1991). So könnten dadurch die vorher sublethalen Dosen des Insektizides zu lethalen Dosen geworden sein und damit den Tod des Prädators hervorgerufen haben. Diese Gefahr war in der 100 %- höher als in der 50 %-Variante. Sublethale Insektizidrückstände können außerdem zu Verhaltensänderungen der Prädatoren führen, wodurch die Beutefindung reduziert ist (SINGH et al. 2001).

Die Auswirkungen der Behandlungen mit den verschiedenen Insektiziden auf die einzelnen Prädatoren werden im Nachfolgenden näher betrachtet.

### **Effekte der Insektizidbehandlungen auf Syrphidae**

Den zahlenmäßig größten Anteil an der Prädatorgesellschaft bildeten zumeist die Syrphidenlarven. So waren sie im Sommerweizen 2004 (Feld 3) mit bis zu 151 Larven pro m<sup>2</sup> im Feld zu finden. Auch in anderen Untersuchungen werden den Syrphidae innerhalb einer Prädatorgemeinschaft eine Schlüsselrolle bei der Begrenzung der Blattlauspopulation zugeschrieben (TENHUMBERG 1993, HASKEN & POEHLING 1994, NIEHOFF & POEHLING 1995, KRÜSSEL et al. 1997, FREIER et al. 2007). Die Eiablage der Syrphidae war meist positiv mit der aufgetretenen Blattlausdichte korreliert. Das konnte auch in anderen Untersuchungen gezeigt werden (BUDENBERG & POWELL 1992, BARGEN et al. 1998, FREIER et al. 2001). Das Auftreten der Prädatoren, vor allem während der Blattlausetablierung bzw. in der frühen Phase der Blattlausentwicklung, ist aufgrund des exponentiellen Populationswachstums der Blattläuse für eine erfolgreiche biologische Kontrolle entscheidend (EKBOM et al. 1992). Kommt es zu einer schlechten zeitlichen und räumlichen Synchronisation zwischen Räuber und Beute, ist die Phase für die natürliche

Regulation ungenügend lang (TENHUMBERG & POEHLING 1995). Eine schlechte Synchronisation konnte vor allem im Jahr 2004 für die Syrphidenlarven festgestellt werden, da auf allen drei Feldern zum Zeitpunkt der Blüte trotz eines meist hohen Blattlausbefalls nur wenige Eier abgelegt wurden. Erst zu späteren Zeitpunkten (nach der Insektizidbehandlung) waren in den Weizenfeldern dagegen bei hohen Blattlausdichten viele Eier und Larven zu finden. Eine mögliche Erklärung dafür liefern Ergebnisse von KAN (1988a, b). Imagines von Syrphidae sind anscheinend in der Lage, ihre Eiablage der Altersstruktur von Blattlauspopulationen anzupassen. Sie bevorzugen für ihre Eiablage junge, schnellwachsende Blattlauskolonien, damit den Larven während ihrer ganzen Entwicklungszeit genügend Nahrung zur Verfügung stehen. Durch die verzögerte Eiablage und damit das zu späte Auftreten der Larven wurde trotz der hohen Larvendichten ein Massenbefall der Blattläuse nicht verhindert. Eine gute zeitliche Synchronisation zwischen der Eiablage der Syrphidae und dem Blattlausauftreten zeigte sich im Winterweizen 2006 (Feld 2). Auf diesem Feld war anschließend keine Massenentwicklung der Blattläuse zu verzeichnen. Dies war möglicherweise zum Teil auf die Prädatorwirkung der Syrphidae zurückzuführen.

Unabhängig von der Aufwandmenge waren Anzeichen der unterschiedlichen Wirkung der verwendeten Pflanzenschutzmittel auf die Syrphidae zu erkennen. Karate Zeon schien auf die Syrphideneier und -larven keinen so großen direkten Einfluss zu haben wie Pirimor. Nach Applikation von Karate Zeon (Sommerweizen 2004) stiegen die Ei- und Larvendichten bei der reduzierten Anwendung zwar deutlich stärker an als in der 100 %-Variante, dies kann aber mit der viel höheren Blattlausdichte erklärt werden. WHITE et al. (1991) konnten im Labor ebenfalls eine sehr geringe Toxizität von Syrphidenlarven gegenüber Karate nachweisen. Dagegen waren nach der Insektizidbehandlung mit Pirimor (Winterweizen 2005, Feld 3) in der 100 %-Variante keine Eier und Larven mehr zu finden. Die hohe Toxizität von Pirimor gegenüber Syrphidenlarven ist aus Labor- und Freilanduntersuchungen bekannt (POEHLING & DEHNE 1986, POEHLING 1988, POEHLING 1990, NIEHOFF 1996, JANSEN 2000). Eine gewisse Schonung der Syrphidenlarven konnte durch die Applikation der reduzierten Dosis von Pirimor erzielt werden. Auch SCHWEIZER et al. (1988) konnten dies zeigen. Die höhere Syrphidendichte könnte aber zum Teil wiederum auf die höhere Blattlauspopulationsdichte in der 50 %-Variante zurückzuführen sein. Eine deutlichere Schonung der Larven durch die verminderte Dosierung konnte bei der kombinierten Anwendung von Karate und Pirimor festgestellt werden. So traten 2006 im Erbsenfeld nach der Insektizidbehandlung in der 100 %-Variante keine Eier und Larven mehr auf, während in der reduzierten Variante weiterhin Eier und nun auch große Larven beobachtet werden konnten.

Die reduzierte Toxizität durch die Anwendung von Karate und die reduzierten Dosierungen von Pirimor sowie Karate mit Pirimor führte zusammen mit einem höheren Beuteangebot zu einer höheren Überlebensrate der Syrphidenlarven.

### **Effekte der Insektizidbehandlungen auf Coccinellidae**

Coccinellidae werden eine wichtige Bedeutung als Prädatoren von Getreideblattläusen zugeschrieben (CHAMBERS et al. 1983, FREIER & GRUEL 1993, TRILTSCH 1997). Es traten die beiden Arten *Coccinella 7-punctata* und *Propylea 14-punctata* auf. Sie wurden auf den Feldern allerdings meist nur in geringen Dichten nachgewiesen. Die größten Dichten erreichten sie 2006 im Erbsenfeld. HONEK (1985) zeigte, dass *Coccinella 7-punctata* lichtere Bestände, wie sie in Erbsen- und Bohnenfeldern zu finden sind, bevorzugt. Von den stenophagen Prädatoren wurden die Coccinellidae am meisten durch die Insektizidbehandlung beeinflusst. Nach den Insektizidbehandlungen traten bei allen verwendeten Mitteln in der 100 %-Variante entweder keine oder nur noch wenige Coccinellidae auf. Studien zeigen, dass Insektizidbehandlungen einen großen Einfluss auf die Population der Coccinellidae haben kann (POEHLING und DEHNE 1986, KRÜSSEL et al. 1997, OBRYCKI & KRING 1998). Coccinellidae sind sehr mobil und dadurch der Insektizidbehandlung stark ausgesetzt (WILES & JEPSON 1995).

Neben der direkten Nebenwirkung der Insektizide wurde die Abundanz der Coccinellidae wahrscheinlich auch durch die starke Reduktion der Blattlauspopulation beeinflusst. Eine geringe Beutedichte kann zu einem Abwandern der Coccinellidae führen. Eine Schonung der Coccinellidae wurde anders als bei den Syrphidae durch die reduzierte Anwendung von Pirimor erreicht. Hier konnte eine deutliche Schonung der Larven und Imagines festgestellt werden. Auch in anderen Untersuchungen konnte eine geringe Empfindlichkeit der Larven und Imagines von Coccinellidae gegenüber Pirimor nachgewiesen werden (HELLPAP 1982, BROWN et al. 1983, STORCK-WEYHERMÜLLER 1987, POEHLING 1988, DIMETRY & MAREI 1992, JANSEN 2000). Dagegen wurde keine Schonung der Coccinellidae bei reduzierten Dosen von Karate erzielt. So traten im Sommerweizen 2004 nach der Anwendung von Karate auch in der 50 %-Variante trotz hoher Blattlausdichten keine Coccinellidae auf. Eine fehlende Nahrungsgrundlage kann also nicht der Grund für die Abwesenheit der Coccinellidae gewesen sein. Auch andere Autoren weisen auf die hohe Toxizität von Karate auf Coccinellidae hin (BROWN et al. 1983). Geringe Dosierungen von Karate in Kombination mit Pirimor führte in den Weizenfeldern ebenfalls zu einer geringen Abundanz der Coccinellidae. Im Erbsenfeld 2006 konnte dagegen eine gewisse Schonung der Coccinellidae festgestellt werden. Allerdings wurden hauptsächlich Imagines und Eier gefunden. Larven konnten trotz hoher

Eiablagezahlen kaum beobachtet werden. Dies könnte mit der hohen Mobilität der Larven zusammenhängen, was zu einer Unterschätzung der Dichte führen kann (FRAZER 1988). Dagegen spricht aber, dass im Spritzfenster zahlreiche Larven gefunden wurden. Die Larven reagierten also sensitiv gegenüber der Anwendung von Karate, auch in Kombination mit Pirimor, so dass ihre Dichte deutlich reduziert wurde.

Nur die reduzierte Anwendung von Pirimor führte also zu einer höheren Abundanz von Coccinellidae. Aufgrund der geringen Dichten war die prädatorische Leistung der Coccinellidae gegenüber den Blattläusen als gering einzustufen.

### **Effekte der Insektizidbehandlungen auf Chrysopidae**

Chrysopidenlarven kamen nur in sehr geringen Dichten vor, so dass eine Aussage über die Auswirkungen der Insektizidbehandlung und ihre reduzierte Anwendung nur schwer möglich war. Eventuell wurden die Larvendichten unterschätzt, da sich die Larven bereits bei geringen Erschütterungen fallen lassen und somit ihre Erfassung durch visuelle Kontrollen schwierig ist. Dagegen sprechen aber die sehr geringen Puppendichten. In einigen Fällen waren nach der Insektizidbehandlung in der 50 %-Variante mehr Eier zu finden als in der 100 %-Variante. Dies galt aber mit zwei Ausnahmen nicht für die Larven. Nur 2004 im Sommerweizen und 2005 im Winterweizen (Feld 3) traten nach der reduzierten Anwendung von Karate bzw. Pirimor mehr Larven auf als bei der vollen Dosis. Dabei wurde aber nur ein Maximum von ca. 8 Larven pro m<sup>2</sup> erreicht. Die verschiedenen Insektizide und Dosierungen schienen damit keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Chrysopiden zu haben. Aus der Literatur ist bekannt, dass Chrysopidae eine hohe Toleranz gegenüber einigen Pyrethroiden und Pirimicarb zeigen (HELLPAP 1982, DIMETRY & MAREI 1992, KRÜSSEL et al. 1997, BOOTH et al. 2007). Auffällig war aber die frühzeitige Eiablage bei zum Teil geringen Blattlausdichten wie sie auch KRÜSSEL et al. (1997) fanden. Im Gegensatz zu den Syrphidae erfolgt die Eiablage aber selten gezielt in der Nähe einer Blattlauskolonie. Aufgrund dessen und der geringen Larvendichte war hier nur eine begrenzte Wirkung auf das Populationswachstum der Blattläuse zu erwarten.

Trotzdem lohnte es sich, die Larven von *Chrysoperla carnea* als Modellorganismus für die Laboruntersuchungen zu verwenden, da sie aufgrund ihrer natürlichen Toleranz gegenüber Pyrethroiden und Pirimicarb weniger empfindlich auf die Insektizide reagieren als Blattläuse. Ihr Potenzial für integrierte Pflanzenschutzprogramme zur Bekämpfung von Blattläusen mit ausgewählten Dosierungen von z. B.  $\lambda$ -Cyhalothrin schien daher vielversprechend.



## **Effekte der Insektizidbehandlungen auf epigäische Prädatoren**

Es war zu erwarten, dass reduzierte Dosierungen von Insektiziden die Bedingungen für die polyphagen Prädatoren verbessern. Vor allem Arten, die als Kletterer gelten und besonders empfindlich gegenüber Insektiziden reagieren, sollten von den reduzierten Anwendungen profitieren. In Feldversuchen ist schwer zu erfassen, ob die Insektizidbehandlungen direkt toxisch wirken oder Aktivitätsänderungen aufgrund des Ernährungszustandes oder Mortalität durch Verzehr kontaminierter Nahrung verursachen (MAUCHLINE et al. 2004). Des Weiteren können Insektizidbehandlungen zu sublethalen Effekten führen, die das Verhalten der Prädatoren, auch durch eine veränderte Beuteverfügbarkeit, verändern (DEMPSTER 1968, CHIVERTON 1984).

### *Carabidae*

Untersuchungen zeigen, dass Carabiden sensitiv gegenüber Insektiziden reagieren können (HOLLAND et al. 2000, EPSTEIN et al. 2001). In der vorliegenden Untersuchung allerdings führte die Insektizidbehandlung nicht immer zu einer starken Reduktion der Fangzahlen. Die größte Reduktion wurde durch die Applikation von Karate herbeigeführt, während bei Pirimor dieser Effekt nicht so stark ausfiel. Auch in der Untersuchung von KENNEDY et al. (2001) konnten keine signifikanten Effekte von Pirimicarb auf Carabiden festgestellt werden. Für das Insektizid Dimethoat dagegen konnten hohe Mortalitätsraten, die teilweise aber nur kurzfristig auftraten, gezeigt werden (VICKERMAN & SUNDERLAND 1977, KENNEDY et al. 2001).

Ein eindeutiger Effekt der reduzierten Insektizidbehandlung auf die Aktivitäts- und Populationsdichte der Carabidae konnte in der vorliegenden Studie nicht festgestellt werden. Nach der Insektizidbehandlung traten teilweise mehr Individuen in der reduzierten Variante auf (Erbse 2005, Winterweizen 2006 Feld 2, Sommerweizen 2004 Feld 3). Es gab aber auch Fälle, in denen in der 100 %-Variante mehr Carabiden gefangen wurden (Winterweizen 2005, Erbse 2006 Feld 3) oder keine Unterschiede in den Fangzahlen festgestellt werden konnten (Erbse 2004 Feld 1). Zumeist waren die auftretenden Unterschiede auch nur schwach signifikant. Auch LÜBKE-AL HUSSEIN (2002) konnte nur geringe Unterschiede in den Fangsummen von Carabiden zwischen abgestuften Pflanzenschutzmittelintensitäten finden. Die höhere Aktivitätsdichte in der 100 %-Variante im Vergleich zur 50 %-Variante könnte aufgrund des verminderten Nahrungsangebotes (z. B. weniger Blattläuse) zustande gekommen sein. Bei Hunger laufen die Carabiden auf der Suche nach Nahrung intensiver, wodurch die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass sie in den Bodenfallen gefangen werden (CHIVERTON 1984, DIXON & MCKINLAY 1992). Dagegen könnte wiederum die höhere direkte Toxizität und der Fraß stärker kontaminierter Beute in der 100 %-Variante im Vergleich zur

50 %-Variante die höheren Fangzahlen in der reduzierten Variante erklären (MAUCLINE et al. 2004). Allerdings ist die direkte Aussetzung mit dem Insektizid für Carabiden meist gering, da das Insektizid nur zu einem geringen Anteil bis zum Boden gelangt. NIEHOFF (1996) zeigte, dass nur 21 % der applizierten Spritzbrühe eines Insektizides auf den Boden gelangten. Für Arten, die auf Pflanzen klettern können, könnte diese Gefahr aber höher sein. Bestanden keine Unterschiede im Auftreten der Carabiden zwischen beiden Varianten, kann eine eventuell höhere Mortalität in der 100 %-Variante durch das Laufen der Carabiden aus in der 50 %- in die 100 %-Variante kompensiert worden sein (THOMAS et al. 2006). Die Arten- und Dominanzverhältnisse unterschieden sich ebenfalls kaum zwischen beiden Varianten. Viele Arten waren nur durch wenige Individuen vertreten. *Anchomenus dorsalis*, *Carabus auratus*, *Harpalus rufipes*, *Loricera pilicornis*, *Poecilus cupreus* und *Pterostichus melanarius* traten am häufigsten auf. Vor allem für *Anchomenus dorsalis* ist nachgewiesen, dass ein Großteil seiner Nahrung aus Blattläusen besteht (SUNDERLAND 1975). Damit kommt ihm eine Bedeutung für die natürliche Blattlauskontrolle zu. Aber auch *Harpalus rufipes*, *Loricera pilicornis* und *Pterostichus melanarius* fressen teilweise Blattläuse (VICKERMAN & SUNDERLAND 1975, SUNDERLAND & VICKERMAN 1980). Keine Art profitierte von der Insektizidbehandlung bzw. der reduzierten Dosis, denn nach der Insektizidbehandlung reduzierten sich die Fangzahlen der dominanten Arten unabhängig von der Dosis. Nur *Loricera pilicornis* und teilweise *Harpalus rufipes* wurden nach der Insektizidbehandlung, allerdings in beiden Varianten, vermehrt gefangen. NAVNTOFT et al. (2006) konnten bei reduzierten Dosierungen ebenfalls erhöhte Aktivitäten von *Loricera*-, aber auch von *Pterostichus*- und *Demetrias*-Arten feststellen. GYLDENKÆRNE et al. (2000) beobachteten ebenfalls dosisabhängige Effekte von Insektiziden. Vor allem kleinere Carabiden, wie *Anchomenus dorsalis* und *Bembidion lampros*, waren sensibler gegenüber höheren Dosen von Insektiziden. Langfristige Auswirkungen einer reduzierten Anwendung traten in der vorliegenden Studie nicht auf. Die Insektizidbehandlung beeinflusste die Aktivität der Carabidae im folgenden Jahr nicht. Das gleiche konnten KENNEDY et al. (2001) feststellen.

Auch in den Diversitätsindices zeigten sich nur geringe Unterschiede zwischen beiden Varianten. In der reduzierten Variante lagen sie meist ein wenig höher als in der 100 %-Variante.

Die geringen Unterschiede im Auftreten der Carabiden zwischen der hohen und reduzierten Dosis könnten auch darauf zurückzuführen sein, dass kaum Unterschiede in der Verunkrautung zwischen beiden Varianten zu finden waren. Untersuchungen zeigen, dass eine hohe Unkrautdichte zu Änderungen der Aktivitätsdichte einzelner Arten führen kann (O'NEAL et al. 2005, THOMAS et al. 2006). Arten, die dichte Vegetationen bevorzugen, profitieren von reduzierten Herbizidbehandlungen (NAVNHOF et al. 2006).

Die Aktivität anderer, vor allem großer Arten wird wiederum durch dichte Vegetation reduziert (POWELL et al. 1985).

Der Einfluss der reduzierten Insektiziddosis auf die Aktivitäts- und Populationsdichte sowie die Dominanzstrukturen der Carabidengesellschaft scheint nur eine untergeordnete Rolle gespielt zu haben.

### *Araneae*

Die Spinnenfauna war hauptsächlich durch Vertreter der Familie Linyphiidae geprägt (Anteil > 90 %). Dazu zählten vor allem *Oedothorax apicatus*, *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis*, *Lepthyphantes tenuis* und *Meioneta rurestris*. Ähnliche Ergebnisse wurden in anderen Untersuchungen erzielt (SUNDERLAND et al. 1986, VOLKMAR & WETZEL 1993). Daneben traten noch in nennenswerten Anzahlen Vertreter der Familie Lycosidae (Anteil 3,3 %), hauptsächlich *Pardosa*-Arten, im Erbsenfeld 2004 auf. Die Auswertung der Nebenwirkungen von Insektiziden wurde daher auf die Familie der Linyphiidae beschränkt. Zusätzlich wurden die Geschlechterverhältnisse der Linyphiidae ermittelt. Denn die im Frühsommer vorherrschende Verbreitungsstrategie des „baloonings“ der Linyphiidae könnte die durch die Insektizidbehandlung hervorgerufene Mortalität kompensieren. Es ist bekannt, dass in relativ ungestörten Habitaten mehr Weibchen als Männchen von *Oedothorax apicatus* in Bodenfallen zu finden sind (SAMAKÉ & VOLKMAR 2002). In dieser Untersuchung waren die Verhältnisse sowohl in der 100 %-Variante als auch in der 50 %-Variante allerdings zugunsten der Männchen verschoben.

Der Einfluss einer Insektizidbehandlung auf die Spinnenzönose war vor allem bei der Applikation von Karate sichtbar. Besonders die Offenlandart *Oedothorax apicatus* reagierte empfindlich auf das Insektizid. Auch andere Untersuchungen belegen, dass Pyrethroide toxisch auf Spinnen wirken (EVERTS et al. 1989, EVERTS et al. 1991a, EVERTS et al. 1991b). WEHLING und HEIMBACH (1991) stellten ebenfalls fest, dass nach Applikation von Karate sowohl die Individuen- als auch die Artenanzahl von Araneae reduziert wurden. Die Insektiziddosis hatte Einfluss auf das Auftreten der Araneae, was im Erbsenfeld 2004 besonders deutlich wurde. In der 100 %-Variante traten nach der Insektizidbehandlung so gut wie keine Spinnen mehr auf, während in der 50 %-Variante weiterhin Individuen der Art *Oedothorax apicatus* gefangen wurden, wobei der Anteil der Männchen zurückging. Im Gegensatz zum Erbsenfeld kam es im Sommerweizenfeld 2004 zu einer deutlichen Wiedererholung der Population in der reduzierten Variante, während in der 100 %-Variante dies nicht zu beobachten war. Vor allem die Population von *Oedothorax apicatus* wurde wieder aufgebaut. VOLKMAR und WETZEL (1993) stellten zwar ebenfalls eine Wiedererholung der Spinnenpopulation innerhalb von 4-5 Wochen nach einer Insektizidbehandlung fest, führten dies aber auf einen schnellen Wiederaufbau der

Population der Pionierart *Erigone atra* zurück. Auch bei DINTER und POEHLING (1995) wurden Weibchen von *Erigone atra* durch geringere Dosen von Karate weniger beeinflusst als bei hohen Dosen und sie erholten sich wenige Tage nach der Applikation wieder. Auch die Behandlung mit Pirimor führte zu einer Reduktion der Populations- bzw. Aktivitätsdichte der Araneae, vor allem der *Erigone*-Arten. Allerdings konnten hier keine Unterschiede aufgrund der unterschiedlichen Insektiziddosis festgestellt werden. Dies steht im Widerspruch zu anderen Studien, in denen Pirimor keine Effekte auf die Spinnenzönose ausübte (DINTER & POEHLING 1995, KENNEDY et al. 2001). WEHLING & HEIMBACH (1991) stellten nach Applikation von Pirimor sogar eine Hyperaktivität von Linyphiidae fest. Die Behandlung mit Pirimor und Karate führte in der 100 %-Variante jeweils zu einem starken Einbruch der Populationsdichte, während sie in der 50 %-Variante, wenn überhaupt, nur einen kurzfristigen Rückgang der Spinnenpopulation bewirkte. Hier kam es auch innerhalb weniger Tage zu einem erneuten deutlichen Anstieg in den Fangzahlen. Allerdings befanden sich in den Bodenfallen so gut wie keine *Erigone*-Arten mehr. Die erhöhten Fangzahlen waren erneut hauptsächlich auf *Oedothorax apicatus* zurückzuführen. Dies stimmt mit Ergebnissen von DINTER & POEHLING (1995) überein, die eine höhere Mortalität von *Erigone atra* im Vergleich zu *Oedothorax apicatus* gegenüber Pyrethroiden zeigten. WILES und JEPSON (1992) stellten ebenfalls fest, dass *Erigone atra* besonders sensitiv gegenüber Deltamethrin (Pyrethroid) reagierte. Im Falle von *Oedothorax apicatus* konnte nur eine kurzfristige Wirkung der reduzierten Insektiziddosis festgestellt werden. Bei Behandlung mit Dimethoat wurde ebenfalls eine kurzfristige Reduktion der Populationsdichte von Linyphiidae beschrieben (KENNEDY et al. 2001). Eine Wiedererholung der Spinnenpopulation nach einer Insektizidbehandlung ist abhängig von der Immigration durch „ballooning“ bzw. durch Immigranten aus benachbarten Feldrändern sowie durch Reproduktion der Überlebenden. Das Verschwinden der *Erigone*-Arten nach der Insektizidbehandlung könnte auf eine Verringerung der Reproduktion von *Erigone atra* zurückzuführen sein. DINTER und POEHLING (1995) wiesen nach, dass ihr Schlupf aus den Eiern durch das Pyrethroid gehemmt werden kann. Allerdings kann eine Wiedererholung durch Reproduktion aufgrund der Generationszeit und damit einhergehenden Entwicklungsdauer der Linyphiidae erst nach mehreren Wochen wirken (JAGERS OP AKKERHUIS & VAN DER VOET 1992), so dass dieser Faktor vernachlässigt werden kann. Außerdem waren nach der Insektizidbehandlung keine Individuen von *Erigone atra* mehr vorhanden, so dass erst die Reproduktion der eingewanderten Tiere zum Tragen gekommen sein kann und ein erneuter Aufbau einer Population noch länger gedauert hätte. Da sich der Untersuchungszeitraum aber insgesamt auf 4-5 Wochen begrenzt hat, ist eine vollständige Aussage über Wiedererholungseffekte nicht möglich. Auch eine

Einwanderung von *Erigone atra* von unbehandelten in die behandelten Flächen konnte im Untersuchungszeitraum nicht festgestellt werden, obwohl sie als stärkere „balooners“ gelten als *Oedothorax apicatus* (THORBEK et al. 2004).

Durch eine reduzierte Insektiziddosis wurden die Spinnenzönosen, besonders die Art *Oedothorax apicatus*, geschont und/oder eine schnellere Wiedererholung fand statt. Je früher eine Insektizidbehandlung erfolgte, desto nachhaltiger wurde die Spinnenzönose beeinflusst. Dagegen kam es wie bei den Carabidae zu keinen eindeutigen Unterschieden in den Dominanzstrukturen und den Diversitätsindices zwischen der Anwendung der vollen und der reduzierten Insektiziddosis. Allerdings war im Jahr 2006 im Erbsenfeld (Feld 3) eine deutlich erhöhte Artenanzahl in der reduzierten Variante (30 Arten) im Vergleich zur 100 %-Variante (20 Arten) feststellbar, wobei die Arten aber meist nur mit wenigen Individuen vertreten waren. Die reduzierte Insektiziddosis führte im Gegensatz zu den Carabidae also zu einer erhöhten Biodiversität (Artenvielfalt) bei den Araneae. Außerdem traten auf diesem Feld 2005 und 2006 bereits vor der Insektizidbehandlung signifikant mehr Araneae in der reduzierten Variante auf als in der 100 %-Variante. Diese Tendenz könnte auf einen langfristigen Effekt hinweisen. Es ist vorstellbar, dass Araneae einen langfristigen Effekt auf reduzierte Insektizidanwendungen zeigen, da viele Araneae im Feld überwintern. Werden die Araneae durch die reduzierte Dosis im Vorjahr geschont, können mehr Araneae überwintern und im darauffolgenden Jahr schon vor der Insektizidbehandlung in größeren Anzahlen vorhanden sein als in der 100 %-Variante, in der nur wenige Araneae überlebten.

Mögliche sublethale Effekte auf das Vorkommen von Spinnen sind auch denkbar, da Insektizide Bewegungs-, Nahrungs- und Fortpflanzungsverhalten sowie den Netzbau von Spinnen in Abhängigkeit des Insektizidwirkstoffes und der -dosis verändern können (SHAW et al. 2006, SAMU & VOLLRATH 1992). Da die epigäischen Araneae empfindlich gegenüber den Insektizidbehandlungen reagierten, eigneten sie sich als Bioindikatoren.

### **Mögliche Einflussfaktoren auf die Prädatorwirkung**

Eine hohe Prädatordichte muss infolge reduzierter Insektizidapplikation nicht zwangsläufig eine verbesserte natürliche Schädlingsregulation nach sich ziehen (ÖSTMAN 2004). So führte die bei einer reduzierten Insektiziddosis erhöhte Prädatorabundanz zu keiner Verbesserung der natürlichen Blattlauskontrolle. Dafür sind mehrere Gründe denkbar.

Bei einem schnellen Anstieg der Blattlauspopulation, wie er im Jahr 2004 zu finden war, und der daraus resultierenden großen Populationsdichte waren die Prädatoren nicht in der Lage, die Blattläuse entscheidend zu reduzieren. ACHEAMPONG und STARK (2004) stellten ebenfalls fest, dass bei großen Populationsdichten natürliche Gegenspieler

ineffektiv waren. Bei geringeren Blattlausdichten konnten mit reduzierten Dosierungen von Insektiziden dagegen gute Bekämpfungserfolge erzielt werden. Weiterhin können u. a. die räumliche und zeitliche Synchronisation im Auftreten zwischen Prädator und Beute (EKBOM et al. 1992, TENHUMBERG & POEHLING 1995), die Prädator-Prädator-Interaktionen (Konkurrenz, *intraguild*-Prädation) (POLIS & MYERS 1989, POLIS & HOLT 1992, POLIS 1994, ROSENHEIM 1998, YASUDA & KIMURA 2001) und das Vorhandensein alternativer Nahrungsquellen (HOLT & LAWTON 1994, BERGESON & MESSINA 1998, SYMONDSON et al. 2002, KOSS & SNYDER 2005) eine entscheidende Rolle für die Effektivität der natürlichen Regulation von Blattläusen spielen. Es gibt Fälle, in denen komplexe Prädatorgemeinschaften die Blattlauskontrolle erhöhen (FRAZER et al. 1981) und andere, in denen die Effektivität der Blattlauskontrolle reduziert ist (ROSENHEIM et al. 1995). Verschiedene Möglichkeiten der Prädator-Prädator-Interaktionen sind vorstellbar. So können die verschiedenen Prädatoren nicht untereinander in Wechselbeziehungen stehen oder sich gegenseitig angreifen und töten. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass ein Prädator das Verhalten der Beutetiere verändert und damit dem anderen Prädator zugänglich macht, z. B. durch Flucht oder Herunterfallen der Beutetiere. Damit kann die Effektivität der Blattlauskontrolle additiv (DINTER 2002), antagonistisch (CARDINALE et al. 2006) oder synergistisch (größerer Effekt als die Summe der einzelnen Prädatoren) (LOSEY & DENNO 1998) sein. Arthropoden, die in dieser Studie nicht betrachtet wurden, könnten einen Einfluss auf die untersuchten Prädatoren ausgeübt haben.

### **Effekte der Insektizidbehandlung auf Wiedererholungsprozesse**

Die Effekte einer Insektizidbehandlung können durch Wiederbesiedlungs- und Erholungsprozesse kompensiert werden. Die Wiedererholungsprozesse können im Feld einerseits durch Reproduktion der verbliebenen Individuen oder andererseits durch Einwanderung neuer Individuen von außen erfolgen. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Prozesse unmittelbar nach der Insektizidapplikation ereignen. Dabei treten zwischen Schädlingen und ihren Prädatoren Unterschiede auf.

Die Wiedererholung durch Reproduktion kann bei Blattläusen schneller erfolgen als bei den Prädatoren. Aufgrund ihrer Fortpflanzungsstrategie, der Parthenogenese, besitzen Blattläuse hohe Generationsfolgen und können dadurch schnell wieder hohe Dichten erreichen. Durch die reduzierte Anwendung von Insektiziden konnte die Wiedererholung der Blattlausdichten aufgrund der größeren erhaltenen Restpopulation in der 50 %-Variante schneller erfolgen als in der 100 %-Variante. Eine Erholung der Blattlauspopulation in der 100 %-Variante konnte 2006 in der Erbse (Feld 3) beobachtet werden. Da durch eine Insektizidbehandlung nie alle Blattläuse vernichtet wurden, war

dieser Prozess möglich. Zusätzlich kann es zu einem Zuflug von Alaten gekommen sein, wodurch das Populationswachstum weiter gesteigert wurde.

Im Gegensatz dazu zeichnen sich ihre Prädatoren meist durch eine langsame Reproduktion mit geringen Generationsfolgen aus. Bis wieder blattlausfressende Entwicklungsstadien der Prädatoren nach einer Insektizidbehandlung vorhanden sind, vergehen einige Tage, in denen sich die Blattläuse weiter vermehren. Diese Verzögerung der natürlichen Regulation kann dazu führen, dass die Blattlausvermehrung nicht entscheidend eingeschränkt wird. Das Vorhandensein gleichaltriger Prädatoren, wie sie vor der Insektizidbehandlung auftraten, kann nur durch Einwanderungen von außerhalb des Feldes erfolgen, z. B. Neubesiedlung durch Coccinellidae. Allerdings hängt diese auch vom Vorhandensein geeigneter Nahrungsquellen im Feld ab, die in der 50 %-Variante aufgrund der größeren Blattlauspopulation mehr gegeben waren als in der 100 %-Variante. Das Verbreitungspotenzial z. B. der Leistungsträger der Prädatorgesellschaft, der Syrphidenlarven, ist aber als relativ gering einzustufen. Für sehr mobile Arten, wie den Imagines der stenophagen Blattlausprädatoren sowie einigen Carabidae und Araneae ist eine schnellere Wiederbesiedlung möglich.

Langfristige Auswirkungen einer wiederholten Insektizidbehandlung auf die Arthropodenfauna waren für sehr mobile Arten nicht zu erwarten, da sie Jahr für Jahr die Felder wieder von neuem besiedeln.

Die Wiedererholung war in der 50 %-Variante demnach höher einzuschätzen als in der 100 %-Variante, da eine größere Restpopulation der Blattläuse nach der Insektizidbehandlung erhalten blieb, die sich schnell reproduzieren konnte und als Nahrungsressource für einwandernde Prädatoren dienen konnte.

### **Effekte der Herbizidbehandlung auf Unkraut**

Die direkte Wirkung der Herbizide auf die Nicht-Ziel-Arthropoden wurde nicht geprüft. Da zum Zeitpunkt der Herbizidbehandlung vermutlich nur wenige Blattlausprädatoren im Feld vorhanden waren und außerdem keine direkten Effekte der eingesetzten Herbizide auf Nützlinge bekannt sind, war eine Wirkung nicht zu erwarten. Jedoch gab es einen Einfluss der Herbizidbehandlung auf die Verunkrautung im Feld. Die Wirkung eines Herbizides gegenüber einer Zielpflanze ist abhängig von der Art des Herbizides, der Empfindlichkeit der Zielpflanze gegenüber dem Wirkstoff, dem Entwicklungsstadium der Zielpflanze sowie von der Dosis des applizierten Herbizides.

Bei Anwendung der vollen Dosis der Herbizide traten nach der Herbizidbehandlung so gut wie keine Unkräuter mehr auf. Die Applikation der halben Dosis führte allerdings auch zu einer ausreichenden Unkrautkontrolle. Der Bedeckungsgrad lag hier bei 0,5-8 %

(Ausnahme Erbse 2005 11-35 %). Aufgetretene signifikante Unterschiede zwischen beiden Varianten waren aufgrund des sehr geringen Bedeckungsgrades zu vernachlässigen. Auch in der Literatur findet man Hinweise darauf, dass ein ausreichender Bekämpfungserfolg mit reduzierten Aufwandmengen möglich ist (NGUYEN HUU TE' & KARCH 1980, KUDSK 1989, PALLUTT 1989, PEDERSEN et al. 1993, CHRISTENSEN 1994, BRAIN et al. 1999, SÖNDESKOV et al. 2006). Dabei erhöht ein konkurrenzstarker Kulturpflanzenbestand die Effektivität der Unkrautkontrolle (BLACKSHAW et al. 2006). SALONEN (1992) folgerte ebenfalls, dass eine um 35 % reduzierte Dosis der empfohlenen Aufwandmenge für einige Mixturen mit MCPA die gleiche Unkrautdicke hervorrief wie bei der empfohlenen Dosis. KNEZEVIC et al. (2003) stellten fest, dass bei Anwendung der halben Dosis der Wirkungsgrad in Bezug auf die Biomasse zwar um 12 % abnahm, dies aber dennoch eine gute Kontrolle darstellte. Vor allem schwer zu bekämpfende und dadurch schadstarke Arten wie *Chenopodium album*, *Cirsium arvense* und *Galium aparine* sowie *Apera spica-venti* wurden mittels der eingesetzten Herbizide bei beiden Dosierungen gut bekämpft. Auch WITTMANN et al. (1996) konnten mittels Herbiziden mit spezifischen Wirkungsspektren bei verminderten Aufwandmengen gute Erfolge gegenüber diese Arten erzielen. Weniger sensitive Arten wie *Stellaria media*, *Veronica spec.*, *Viola arvensis* und *Lamium amplexicaule* wurden später durch wüchsige Bestandesentwicklung des Getreides unterdrückt. Das gleiche Ergebnis konnte in dieser Untersuchung gezeigt werden. Eine unterschiedliche Artenzusammensetzung zwischen beiden Varianten konnte nicht festgestellt werden. Ein Unterschied zwischen beiden Dosierungsstufen lag aber darin, dass mehr Arten in der reduzierten Variante zu finden waren als bei der vollen Dosis. Dies stimmt mit Untersuchungen von ESBJERG und PETERSEN (2002) überein, die eine höhere Diversität an Unkräutern bei reduzierten Aufwandmengen vorfanden. Auffällig war außerdem, dass im Jahr 2006, also im vierten Jahr nach Beginn der Studie, im Winterweizen und in der Erbse vor der Herbizidbehandlung signifikant mehr Unkräuter in der 50 %-Variante als in der 100 %-Variante vorhanden waren. Dies könnte ein erstes Anzeichen einer langfristigen Auswirkung der dauerhaft reduzierten Anwendung darstellen. Der Unterschied beruht hauptsächlich auf der Zunahme des Besatzes von *Chenopodium album*, *Galium aparine* und *Polygonum convolvulus*. PALLUTT und GRÜBNER (2004) bestätigen, dass Änderungen in der Unkrautregulierung zu längerfristigen Veränderungen der Populationsdynamik von Unkräutern führen kann, die sich in Form von der Unkrautdicke, Artenzusammensetzung und der Selektion schwer zu bekämpfender Arten ausdrücken können. Der Grund für die Unkrautzunahme könnte in der Anreicherung der Samenbank im Boden aufgrund der ständig reduzierten Anwendung von Herbiziden liegen. Allerdings konnten DAVIES et al. (1993) und MEINLSCHMIDT (1997) keine größere Samenbank bei Anwendung reduzierter



Aufwandmengen feststellen. BARRALIS et al. (1996) sowie SUTCLIFFE und KAY (2000) weisen außerdem darauf hin, dass Auswirkungen der Änderung des Bodensamenpotenzials und der daraus resultierenden Unkrautbiozönose erst nach mehreren Vegetationsperioden möglich sind. Langfristige pauschal reduzierte Aufwandmengen erhöhen demnach das Risiko der Selektion einzelner Unkrautarten und/oder fördern die Entwicklung höherer Unkrautdichten (GEHRING et al. 2006). In einem Langzeitversuch in Südwest-Brandenburg konnte aber gezeigt werden, dass über einen Zeitraum von zwei bis fünf Jahren halbe Aufwandmengen an Herbiziden sich nicht wirtschaftlich negativ auswirkten (PALLUTT et al. 2005).

Aufgrund der geringen Unterschiede in der Unkrautdichte zwischen beiden Varianten bestand kein positiver Effekt der verminderten Herbiziddosis auf die Arthropodengesellschaft. Der Einfluss des Unkrautes auf die Prädatorgesellschaft war daher als gering einzustufen.

### **Effekte der Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Ertrag**

Für den Landwirt sind die ökonomischen Auswirkungen der reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln von entscheidender Bedeutung. Deshalb soll an dieser Stelle kurz auf die ökonomische Bilanz (Ertrag und behandlungskostenfreier Mehrerlös) eingegangen werden. Die Frage war, ob in der reduzierten Variante eventuell die durch Schadorganismen auftretenden Ertragsverluste durch Einsparung der Kosten für die Pflanzenschutzmittel kompensiert bzw. der Gewinn sogar gesteigert werden konnte. Als Indikator dafür wurde der behandlungskostenfreie Mehrerlös ermittelt. Nur in drei Fällen (Erbse 2005, 2006 und Wintergerste 2006) war der behandlungskostenfreie Mehrerlös bei der reduzierten Pflanzenschutzintensität höher als bei der hohen Pflanzenschutzintensität. Dies ließ sich aber nicht nur auf die Einsparung der Pflanzenschutzmittelkosten, sondern auf den an sich schon höheren Ertrag in dieser Variante, zurückführen. Eventuell wurde der höhere Ertrag durch eine größere Bestandsdichte in dieser Variante erzielt. Die Tausendkornmasse konnte dafür nicht verantwortlich gewesen sein, da sie in der reduzierten Variante niedriger ausfiel als in der 100 %-Variante. In allen anderen Fällen war der erzielte Ertrag in der 100 %-Variante zum Teil deutlich höher als in der 50 %-Variante, so dass die Einsparung der Pflanzenschutzmittelkosten diesen Verlust nicht zu kompensieren vermochte. Die Höhe des Ertragsverlustes hängt u. a. von den Pflanzenteilen ab, an denen die Blattläuse die Assimilate entziehen. Im Getreide wird *Sitobion avenae* als ährenbewohnende Blattlaus die größte Bedeutung zugeschrieben, da sie direkt am ertragsbildenden Organ saugt und dadurch das Kornwachstum einschränkt. Als Richtwert wird eine Reduzierung des Kornertrages durch ein Individuum während des

Populationsmaximums von 5 mg in der Literatur angegeben (HOLZ et al. 1994). Der unmittelbare Schaden durch das Saugen zeigte sich vor allem in einer Minderung des Tausendkorngewichtes. Die hohen Blattlausabundanzen in der reduzierten Variante führten demnach zu den auftretenden Ertragsverlusten (CARDINALE et al. 2003). Außerdem ist bekannt, dass geringe Blattlausdichten ( $\leq 9$  Blattläuse pro Ähre) zu einer Kompensation des Assimilatentzuges führen und es somit zu einem leichten Ertragsanstieg kommen kann (JAHN & MERBACH 1984). Die große Ertragsdifferenz zwischen beiden Pflanzenschutzintensitäten im Winterweizen 2006 von 21 dt kann nicht durch eine höhere Abundanz von *Sitobion avenae* in der 50 %-Variante erklärt werden. In beiden Varianten machte nämlich *Metopolophium dirhodum* einen Anteil von über 80 % aus, die hauptsächlich an den weniger ertragsbeeinflussenden Pflanzenteilen vorkam. Da der Pilzbefall, vor allem mit *Septoria tritici*, in der 100 %-Variante höher ausfiel als in der 50 %-Variante, war dieser für den Ertragunterschied ebenfalls nicht verantwortlich. Andere Faktoren, die nicht aufgenommen wurden, scheinen einen starken Einfluss auf die Ertragsbildung ausgeübt zu haben.

Der Ertragsausfall bei der reduzierten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln konnte demnach nicht durch Kosteneinsparung für die Pflanzenschutzmittel kompensiert werden.

### **Gefahr der Resistenzbildung**

Die Gefahr der Resistenzbildung durch Anwendung unterdosierter Pflanzenschutzmittel war nicht Gegenstand dieser Untersuchung, soll hier aber trotzdem kurz diskutiert werden. Es gibt zwei Arten von Resistenzbildung, die Wirkortresistenz und die metabolische Resistenz, die durch natürliche Selektion entstehen. Die Wirkortresistenz beruht auf Mutationen des Pflanzenschutzmittelrezeptors und damit einer verbundenen geringeren Affinität des Pflanzenschutzmittels mit dem Rezeptor. Die metabolische Resistenz z. B. gegenüber Insektiziden kann durch verschiedene Mechanismen, wie reduzierte Penetration der Kutikula, erhöhte Exkretion sowie erhöhte Detoxifikation und Degradation des Insektizides, zustande kommen (ZLOTKIN 1999).

Resistenzbildungen verschiedener Organismen gegenüber einigen Fungiziden (STAUB 1991, CHIN et al. 2001), Herbiziden (HOLT 1993) und vor allem Insektiziden (GEORGHIOU 1972, ROUSH & MCKENZIE 1987, DENHOLM & ROWLAND 1992, HERRON et al. 2001, FOSTER et al. 2002, TODA et al. 2004) sind zahlreich bekannt. Um die Gefahr der Resistenzbildung zu verringern, wird vorgeschlagen (z. B. vom Fungicide Resistance Action Committee), die Zahl der Pflanzenschutzmittelanwendungen zu reduzieren, die volle empfohlene Aufwandmenge anzuwenden und Mixturen von Pflanzenschutzmitteln zu verwenden, die unterschiedliche Wirkmechanismen aufweisen, um Kreuzresistenzen

zu verhindern. Dies beruht aber auf der Annahme, dass hohe Dosen alle sensitiven Organismen maximal abtöten und dadurch ein Aufbau von resistenten Genotypen minimiert wird. Im Gegensatz dazu überleben bei Anwendung reduzierter Dosen mehr Individuen, die dazu tendieren resistent zu sein, so dass sich die Resistenz schneller ausbreiten kann. Eine gegenteilige Hypothese ist aber, dass reduzierte Dosen die Entwicklung von Resistenzen verringern, da relativ mehr Individuen überleben, die sensitiv gegenüber den Pflanzenschutzmitteln sind. Außerdem ist nicht davon auszugehen, dass bei hohen Dosen tatsächlich alle Individuen abgetötet werden, so dass angenommen werden kann, dass die Überlebenden resistenter sind als die Überlebenden bei reduzierten Dosen. In diesem Fall würde sich das Ausmaß der Selektion mit steigender Dosis erhöhen (SHAW 2000, MAVROEIDI & SHAW 2006). Sowohl die Theorie als auch die experimentellen Daten zur Frage der Abhängigkeit der Resistenzentwicklung von der verwendeten Pflanzenschutzmitteldosis sind widersprüchlich (METCALFE et al. 2000), so dass eine abschließende Klärung dieser Frage nicht möglich ist.

### 5.3 Laboruntersuchungen

Mit Hilfe der Modellgefäßversuche sollten die grundlegenden Phänomene der Anpassung tritrophischer Systeme an unterschiedliche Dosierungen von Pflanzenschutzmitteln untersucht werden. Es ließ sich deutlich erkennen, dass die Initialwirkung des Insektizides ( $\lambda$ -Cyhalothrin) auf die Schädlinge *Sitobion avenae* und *Aphis fabae* umso größer ausfiel, je höher die applizierte Dosis war. Bei keiner der verwendeten Dosen wurde die gesamte Blattlauspopulation abgetötet. Allerdings wurde das erneute Populationswachstum der Blattläuse bei hohen Insektiziddosen deutlich verlangsamt. So wurde bei einer Dosierungsstufe von 55 % der empfohlenen Aufwandmenge die gleiche gute Blattlauskontrolle von *Aphis fabae* auf *Vicia faba* erreicht wie bei den noch höheren Dosierungsstufen (75 %, 100 %). Dagegen war bei den mittleren und niedrigen Dosierungsstufen (25 %, 40 % und 50 %) einige Tage nach der Insektizidbehandlung wieder ein deutlicher Anstieg der Populationsdichte zu verzeichnen. Die Wiedererholung hängt dabei zum einen von der Persistenz des Insektizides (WENNERGREN & STARK 2000) und zum anderen von der Populationsstruktur der Blattläuse zum Zeitpunkt der Applikation ab (STARK et al. 2004). Nymphen reagieren dabei sensitiver gegenüber den Insektiziden und benötigen längere Zeit für ihre Reproduktion als adulte Blattläuse. Da aber zum Zeitpunkt der Insektizidapplikation bei allen Dosierungsstufen eine reale Populationsstruktur vorlag, dürfte es diesbezüglich zu keinen Unterschieden gekommen sein.

Schon deutlich reduzierte Aufwandmengen wirkten also sehr effektiv gegen die Blattläuse, so dass ein Einsparungspotenzial der Insektiziddosierung vorhanden war. Dies konnte auch in anderen Untersuchungen gezeigt werden (WILES & JEPSON 1995, BOOTH et al. 2007).

Die Effekte der unterschiedlichen Dosierungen des Insektizides auf das Überleben der Prädatoren waren dagegen nicht eindeutig, da nur geringe Unterschiede in der Anzahl der Überlebenden bei den verschiedenen Dosierungsstufen auftraten. Es konnte keine deutliche Schonung der Prädatoren durch die Anwendung reduzierter Aufwandmengen des Insektizides festgestellt werden, wie sie in anderen Studien teilweise zu finden war (NIEHOFF & POEHLING 1995, OAKLEY et al. 1996). Allerdings war zu erkennen, dass die Larven von *Coccinella 7-punctata* sensitiver gegenüber dem Insektizid reagierten als die von *Chrysoperla carnea*. Auch bei einer Halbierung der empfohlenen Aufwandmenge waren drei Tage nach der Insektizidbehandlung alle Larven von *Coccinella 7-punctata* tot, während zu diesem Zeitpunkt noch 50 % der Chrysopidenlarven vorhanden waren. Die Freilanduntersuchungen und andere Studien bestätigen die unterschiedliche Toxizität der Pyrethroide auf Chrysopidae und Coccinellidae (BROWN et al. 1983, NIEHOFF 1996, BOOTH et al. 2007).

Durch Ausnutzung des Prädatorpotenzials der überlebenden Larven von *Chrysoperla carnea* konnte die Insektiziddosis weiter auf 25 % reduziert werden, um den gleichen Bekämpfungserfolg von *Aphis fabae* auf *Vicia faba* zu erzielen wie bei einer Insektiziddosis von 55 % der empfohlenen Aufwandmenge ohne Prädator. Aufgrund ihrer Fraßleistung waren die Larven in der Lage, die nach der Insektizidbehandlung vorhandene Restpopulation der Blattläuse auf einem niedrigen Niveau zu halten bzw. eine Wiedererholung der Population zu verhindern. Ähnliche Ergebnisse erzielten HELLPAP und SCHMUTTERER (1982) mit reduzierten Pirimor-Konzentrationen. Dies galt allerdings nur für die Versuchsvariante mit *Vicia faba* und nicht mit *Triticum aestivum*. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass sich auf *Vicia faba* die Blattläuse nur auf einer Pflanze und bei *Triticum aestivum* auf mehreren Halmen vermehren konnten. Daher war die Chance, dass sich überlebende Blattläuse auf einem Halm ungestört, das heißt ohne Vorhandensein eines Prädators, reproduzieren konnten, im Falle von *Triticum aestivum* sehr viel größer. Denn wenn die Larven von *Chrysoperla carnea* erst einmal eine Blattlauskolonie gefunden hatten, fraßen sie diese zunächst auf, bevor sie nach weiterer Nahrung suchten. In dieser Zeit konnten sich die Blattläuse auf den anderen Halmen so stark vermehren, dass die Larven dann nicht mehr in Lage waren, die Blattlausentwicklung zu reduzieren. Dies zeigt deutlich, dass es durch Vereinfachung des Versuchsaufbaus, im Falle von *Vicia faba* die Betrachtung nur einer Pflanze, zu einer Überbewertung der Nützlingsleistung kommen kann (TENHUMBERG & POEHLING 1995).

Deshalb ist es wichtig, in Laboruntersuchungen die Freilandsituation so gut wie möglich widerzuspiegeln (z. B. Betrachtung mehrerer Weizenhalme), um Ergebnisse aus dem Labor besser auf die Feldbedingungen übertragen zu können.

Bei Anwesenheit der Larven von *Coccinella 7-punctata* konnte dagegen kein Einsparungspotenzial der Insektiziddosis erzielt werden, da hier die Populationsentwicklungen der Blattläuse denen ohne Anwesenheit des Prädatoren glichen. Dies ließ sich auf die hohe Sensitivität der Larven gegenüber des Pyrethroides zurückführen. Nur bei Applikation der geringsten Dosis des Insektizides (25 %) überlebten 14 % der Larven, während in den höheren Dosierungsstufen alle Larven starben. Aufgrund der hohen Toxizität des Insektizides konnten die Larven die nach der Insektizidbehandlung vorhandene Restpopulation der Blattläuse nicht weiter reduzieren bzw. die Populationsentwicklung begrenzen, so dass es zu einer massenhaften Vermehrung der Blattläuse kam. Im Fall der Coccinellidae profitierten demnach die Blattläuse mehr von der reduzierten Anwendung der Insektiziddosis als ihre Prädatoren, während sich dies bei *Chrysoperla carnea* andersherum verhielt.

Bei Vorhandensein der zwei Prädatoren *Chrysoperla carnea* und *Coccinella 7-punctata* konnte kein additiver Effekt nachgewiesen werden. Zwar war die Populationsentwicklung der Blattläuse bei der 25 % Dosierungsstufe nicht so stark ausgeprägt wie bei *Coccinella 7-punctata* alleine, die Fraßrate fiel aber geringer aus als bei *Chrysoperla carnea* alleine. Die Prädatorenleistung war hier nur auf die Fraßleistung der Larven von *Chrysoperla carnea* zurückzuführen, da nur diese überlebten. Dies hing zum einen mit der unterschiedlichen Sensitivität der beiden Prädatoren gegenüber dem Insektizid zusammen. Zum anderen könnte aber auch die *intraguild*-Prädation eine Rolle gespielt haben. Es ist bekannt, dass die Larven von *Chrysoperla carnea* die Larven von *Coccinella 7-punctata* fressen, wenn sie ungefähr gleich groß sind (SENGONCA & FRINGS 1985, LUCAS et al. 1998). Da beide Larven im selben Larvalstadium eingesetzt wurden, war dieser Umstand gegeben. Die Larven von *Chrysoperla carnea* besitzen eine höhere Aggressivität und einen sehr wirkungsvollen Mundapparat, mit dessen Hilfe sie in der Lage sind, die Larven von *Coccinella 7-punctata* zu erbeuten (LUCAS et al. 1998). Auch PHOOFOLO und OBRZYCKI (1998) konnten zeigen, dass *Chrysoperla carnea* im dritten Larvalstadium unabhängig von der vorhandenen Blattlausdichte die Larven von *Coleomegilla maculata* (DeGeer) (Coccinellidae) im vierten Larvalstadium frisst. So konnte es zu einer reduzierten Schädlingskontrolle aufgrund der *intraguild*-Prädation kommen. Im Gegensatz dazu konnte CHANG (1996) eine additive Interaktion zwischen dem ersten Larvalstadium von *Chrysoperla plorabunda* Fitch und *Coccinella 7-punctata* auf *Aphis fabae* feststellen. Andere Autoren beschrieben ebenfalls, dass eine hohe Artenvielfalt der Prädatoren eine größere Schädlingskontrolle zur Folge hatte als die Anwesenheit nur eines Prädatoren

(LOSEY & DENNO 1998, CARDINALE et al. 2003, SNYDER & IVES 2003, ACHEAMPONG und STARK 2004, AQUILINO et al. 2005).

Die Herbizidbehandlung mit U 46 D fluid (2,4-Dichlorphenoxyssäure) zeigte wie erwartet keine direkten Effekte auf die Schädlinge *Aphis fabae* und den Prädator *Chrysoperla carnea*. Die Blattlausdichten bzw. die Populationsentwicklungen waren vor allem bei den hohen Dosierungen ( $\geq 55\%$ ) sehr gering. Aber auch bei den mittleren Dosierungen (40 %, 50 %) waren die Blattlausdichten deutlich geringer als in der Kontrolle. Nur bei der geringsten Dosierungsstufe (25 %) traten keine Unterschiede zwischen Behandlung und Kontrolle auf. Dies ließ sich aber nur indirekt auf die Herbizidbehandlung zurückführen. Der Zustand der Pflanzen von *Vicia faba* war bei Dosierungsstufen  $> 25\%$  durch die Herbizidbehandlung so stark beeinträchtigt, dass sie den Blattläusen nicht mehr als Nahrungsgrundlage dienen konnten und dadurch so gut wie alle Schädlinge starben. Im Umkehrschluss wurde demnach eine gute Unkrautbekämpfung schon bei einer um 60 % reduzierten Dosierung erreicht. Dies stimmt mit den Ergebnissen der Freilanduntersuchung überein. Auch KNESEVIC et al. (2003) konnten ein Einsparungspotenzial bei gleichzeitiger guter Unkrautbekämpfung zeigen.

Bei Anwendung des Herbizides und des Insektizides führte die Insektizidbehandlung zu einem vollständigen Zusammenbruch der Blattlauspopulation bei einer Dosierungsstufe  $> 40\%$ . Bei Vorhandensein eines Prädators war wiederum eine zusätzliche Einsparung der Dosis möglich, da nur noch Blattläuse in der 25 % Dosierungsstufe überlebten. Auch hier zeigte sich, dass eine Einsparung von Herbiziden und Insektiziden möglich war, um eine geeignete Blattlauskontrolle zu erzielen.

Die Versuchsvariante mit *Triticum aestivum*, *Vicia faba*, den beiden Blattlausarten *Sitobion avenae* und *Aphis fabae* sowie dem Prädator *Chrysoperla carnea* spiegelte den komplexesten Versuchansatz wider. Die Populationsdichten von *Aphis fabae* auf *Vicia faba* bei den verschiedenen Dosierungsstufen unterschieden sich nur in ganz wenigen Fällen voneinander. Dies deutet darauf hin, dass das Insektizid nur bedingt auf *Vicia faba* zwischen den Weizenhalmen gelangte und aufgrund des verminderten Wirkungsgrades nicht seine ganze Wirkung entfalten konnte (LONGLEY et al. 1997). Bei Vorhandensein der Larve von *Chrysoperla carnea* lagen die Populationsdichten auf *Vicia faba* deutlich geringer als bei der Variante ohne Prädator. Dies galt für *Sitobion avenae* auf *Triticum aestivum* trotz ähnlicher Überlebensraten des Prädators bei den verschiedenen Dosierungsstufen aber nur für die Kontrolle. Dies kann bedeuten, dass bei Vorhandensein alternativer Nahrungsquellen (hier *Aphis fabae*) die Blattlauskontrolle

auf *Triticum aestivum* geringer ausfiel als man erwartet hätte. Andere Studien zeigten ebenfalls eine geringere Schädlingskontrolle bei Darreichung alternativer Nahrung (BERGESON & MESSINA 1998, KOSS & SNYDER 2005). Allerdings ist zu beachten, dass die Blattlausentwicklung von *Sitobion avenae* auf *Triticum aestivum* bei den verschiedenen Dosierungsstufen im Vergleich zur Versuchsvariante ohne *Vicia faba* ähnlich war. Vielleicht war dies aber auch auf die unterschiedlichen Zeitpunkte der Versuchsdurchführung zurückzuführen, so dass beide Versuchsvarianten nicht ohne Vorbehalt miteinander verglichen werden können. Eine eindeutige Aussage zu den Veränderungen der Blattlausentwicklung bei Vorhandensein alternativer Nahrung war demnach nicht möglich.

Im Gegensatz zu den Laboruntersuchen führte die Anwendung einer reduzierten Insektiziddosis zu einer Erhöhung des Prädatorpotenzials, aber die natürliche Regulation der Blattläuse wurde dadurch nicht verbessert. Demnach profitierten die Blattläuse in einem höheren Maße von einer reduzierten Pflanzenschutzmitteldosis als ihre Prädatoren. Die geschonten Prädatoren schafften es nicht, die vorhandene Restpopulation der Blattläuse zu reduzieren.

## 5.4 Ausblick

Erste mögliche Hinweise einer langfristigen Auswirkung waren in der Verunkrautung und in der Aktivitätsdichte der Araneae zu erkennen. Da sich die Ergebnisse der Erhebungen in den drei Jahren zum Teil stark unterschieden, waren definitive Aussagen nur begrenzt möglich. Weiterführende Untersuchungen wären nötig, um die möglichen kumulierenden Effekte in den nächsten Vegetationsperioden bestätigen zu können.

Des Weiteren wären Freilanduntersuchungen zu den Interaktionen zwischen Blattläusen und der einzelnen Prädatoren sowie zwischen Unkräutern und den Prädatoren wünschenswert, um das tatsächliche Prädatorpotenzial der verschiedenen Prädatoren zu bestimmen und um zu ermitteln, welche Unkräuter das Auftreten der Prädatoren steigern können. Mit Hilfe von z. B. Käfigen könnten im Freiland die Prädatoren einzeln ausgeschlossen und somit die jeweilige Fraßleistung getrennt nach den Prädatoren ermittelt werden. Die Interaktionen bzw. die Dichte der Prädatoren an Unkräutern könnten mittels Fangpflanzen bestimmt werden. Bei genauen Kenntnissen über diese Interaktionen könnten die wichtigsten Prädatoren gezielt durch geeignete Pflanzenschutzmittelanwendungen geschont und ein zusätzlicher Beitrag zur Umweltentlastung geleistet werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Acheampong, S. & Stark, J. (2004) Can reduced rates pymetrozine and natural enemies control the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae), on broccoli? *Int. J. Pest Manage.*, **50**, 275-279.
- Alderweireldt, M. (1994) Prey selection and prey capture strategies of linyphiid spiders in high-input agricultural fields. *Bull. Br. arachnol. Soc.*, **9**, 300-308.
- Amano, H. & Haseeb, M. (2001) Recently-proposed methods and concepts of testing the effects of pesticides on the beneficial mite and insect species: study limitations and implications in IPM. *Appl. Entomol. Zool.*, **36**, 1-11.
- Andersen, A. & Eltun, R. (2000) Long-term developments in the carabid and staphylinid (Col., Carabidae and Staphylinidae) fauna during conversion from conventional to biological farming. *J. Appl. Entomol.*, **124**, 51-56.
- Anglade, M. P. (1969) Essais d' estimation des dégâts provoqués sur le blé par la présence de colonies abondantes de "*Macrosiphum avena*" Fab. *Rev. Zool. Agr. Pathol.*, **68**, 17-25.
- Ankersmit, G. W., Dijkman, H., Keuning, N. J., Sins, A. & Tacoma, H. M. (1986) *Episyrphus balteatus* as a predator of the aphid *Sitobion avenae* on winter wheat. *Entomol. Exp. Appl.*, **42**, 271-277.
- Anonymus (2004a) Reduktionsprogramm Chemischer Pflanzenschutz. BMVEL (Hrsg.).
- Anonymus (2004b) Rote Listen Sachsen-Anhalt. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Heft 39.
- Anonymus (2006) Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 1. Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- Aquilino, K. M., Cardinale, B. J. & Ives, A. R. (2005) Reciprocal effects of host plant and natural enemy diversity on herbivore suppression: an empirical study of a model tritrophic system. *Oikos*, **108**, 275-282.
- Bargen, H. B., Saudhof, K. & Poehling, H. M. (1998) Prey finding by larvae and adult females of *Episyrphus balteatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, **87**, 245-254.
- Barralis, G., Dessaint, F. & Chadoeuf, R. (1996) Relationship between the seedbank and the actual weed flora in agricultural soils in the Cote-d'Or. *Agronomie*, **16**, 453-463.
- Bergeson, E. & Messina, J. (1998) Effect of a co-occurring aphid on the susceptibility of the Russian wheat aphid to lacewing predators. *Entomol. Exp. Appl.*, **87**, 103-108.
- Bick, H. (1993) Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., Harker, K. N., Clayton, G. W. & Stougaard, R. N. (2006) Reduced herbicide doses in field crops: A review. *Weed Biol. Manag.*, **6**, 10-17.



- Blair, A. M., Jones, P. A., Orson, J. H. & Caseley, J. C. (1997) Integration of row widths, chemical and mechanical weed control and the effect on winter wheat yield. *Aspects Appl. Biol.*, **50**, 385-392.
- Bode, E. (1981) Begrenzung der Massenvermehrung von Getreideblattläusen durch Spirtzbrühen mit vermindertem Aphizidgehalt als Beitrag zum Konzept des integrierten Pflanzenschutzes. *Mitt. BBA Berlin Dahlem*, **203**, 80-81.
- Booij, C. J. H. & Noorlander, J. (1992) Farming systems and insect predators. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **40**, 125-135.
- Booth, L. H., Wratten, S. D. & Kehrl, P. (2007) Effects of Reduced Rates of Two Insecticides on Enzyme Activity and Mortality of an Aphid and Its Lacewing Predator. *J. Econ. Entomol.*, **100**, 11-19.
- Borgemeister, C., Poehling, H. M., Dinter, A. & Höller, C. (1993) Effects of insecticides on life history parameters of the aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphi* (Hym.: Aphididae). *Entomophaga*, **38**, 245-255.
- Boström, U. & Fogelfors, H. (1999) Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden 2. Weed flora and diversity. *Soil Till. Res.*, **50**, 283-293.
- Bozsik, A. (2006) Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different mode of action. *Pest. Manag. Sci.*, **62**, 651-654.
- Brain, P., Wilson, B. J., Wright, K. J., Seavers, G. P. & Caseley, J. C. (1999) Modelling the effect of crop and weed on herbicide efficacy in wheat. *Weed Res.*, **39**, 21-35.
- Brewer, M. J. & Elliott, N. C. (2004) Biological control of cereal aphids in North America and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annu. Rev. Entomol.*, **49**, 219-242.
- Brown, K. C., Lawton, J. H. & Shires, S. W. (1983) Effects of insecticides on invertebrate predators and their cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) prey: Laboratory experiment. *Environ. Entomol.*, **12**, 1747-1750.
- Budenberg, W. J. & Powell, W. (1992) The role of honeydew as an ovipositional stimulant for two species of syrphids. *Entomol. Exp. Appl.*, **64**, 57-61.
- Büchs, W., Harenberg, A. & Zimmermann, J. (1997) The Invertebrate Ecology of Farmland as a Mirror of the Intensity of the impact of man? – An approach to interpreting results of field experiments carried out in different crop management intensities of a sugar beet and an oil seed rape rotation including set-aside. In: Entomological Research in Organic Agriculture. Kromp, B. Meindl, J. & Oxon, J. (eds.). *Biol. Agric. Hortic.*, **15**, 83-107.
- Candolfi, M., Bigler, F., Campbell, P. J. & 22 other authors (2000) Principles for regulatory testing and interpretation of semi-field and field studies with non-target arthropods. *Anz. Schädlingskde.*, **73**, 141-147.
- Cardinale, B. J., Harvey, C. T., Gross, K. & Ives, A. R. (2003) Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecol. Lett.*, **6**, 857-865.

- Cardinale, B. J., Weis, A. E., Forbes, V. E., Tilmon, K. J. & Ives, A. R. (2006) Biodiversity as both a cause and consequence of resource availability: a study of reciprocal causality in a predator-prey system. *J. Anim. Ecol.*, **75**, 497-505.
- Carter, M. C. & Dixon, A. F. G. (1984) Foraging behaviour of Coccinellid larvae: duration of intensive search. *Entomol. Exp. Appl.*, **36**, 133-136.
- Chambers, R. J. (1991) Oviposition by aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in relation to aphid densities and distribution in winter wheat. *In: Behaviour and impact of Aphidophaga*. Polgar, L., Chambers, R. J., Dixon, A. F. G., Hodek, I. (eds.). SPB Academic, Netherland, 115-121.
- Chambers, R. J. & Aikman, D. P. (1988) Quantifying the effects of predators on aphid populations. *Entomol. Exp. Appl.*, **46**, 257-265.
- Chambers, R. J., Sunderland, K. D., Wyatt, I. J. & Vickerman, G. P. (1983) The effects of predator exclusion and caging on cereal aphids in winter wheat. *J. Appl. Ecol.*, **20**, 209-224.
- Chang, G. C. (1996) Comparison of single versus multiple species of generalist predators for biological control. *Environ. Entomol.*, **25**, 207-212.
- Chin, K. M., Chavallaz, D., Kaesbohrer, M., Staub, T. & Felsenstein, F. G. (2001) Characterizing resistance risk of *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* to strobilurins. *Crop Prot.*, **20**, 87-96.
- Chiverton, P. A. (1984) Pitfall-trap catches of the carabid beetle *Pterostichus melanarius*, in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley. *Entomol. Exp. Appl.*, **36**, 23-30.
- Chiverton, P. A. (1988) Searching behaviour and cereal aphid consumption by *Bembidion lampros* and *Pterostichus cupreus*, in relation to temperature and prey densities. *Entomol. Exp. Appl.*, **47**, 173-182.
- Christensen, S. (1994) Crop weed competition and herbicide performances in cereal species and varieties. *Weed Res.*, **36**, 55-64.
- Clark, M. S. (1999) Ground beetle abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's Central Valley. *Appl. Soil Ecol.*, **11**, 199-206.
- Claupein, W. (1994) Möglichkeiten und Grenzen der Extensivierung im Ackerbau. Wirkungen der Bewirtschaftungsintensität auf die langfristige Produktivität und Stabilität von Agrarökosystemen und deren Umweltwirkungen. Triade-Verlag Erika Claupein, Göttingen.
- Dávalos, A. & Blossey, B. (2006) Assessing capture techniques for ground beetles. *Entomol. Soc. Can.*, **138**, 118-122.
- Davies, D. H. K., Proven, M. J., Courtney, A. D. & Lawson, H. M. (1993) Comparison of the use of weed thresholds and routine herbicide use at reduced rate on the economics of cereal production in the rotation. Proc. EWRS Symposium, Quantitative Approaches in Weed and Herbicide Research and their Practical Application, Braunschweig, 747-754.

- Day, K. R., Docherty, M., Leather, S. R. & Kidd, N. A. C. (2006) The role of generalist insect predators and pathogens in suppressing green spruce aphid populations through direct mortality and mediation of aphid dropping behavior. *Biol. Control*, **38**, 233-246.
- DeBach, P. & Rosen, D. (1991) *Biological Control by Natural Enemies*. 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Dempster, J. P. (1968) The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by the ground-beetle *Harpalus rufipes*. *Entomol. Exp. Appl.*, **11**, 51-54.
- Denholm, I. & Rowland, M. W. (1992) Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.*, **37**, 91-112.
- Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2004) *Umweltgutachten 2004 – Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern*.
- Deutscher Wetterdienst (2003) *Witterungsreport*. Hefte 09/03 -12/03.
- Deutscher Wetterdienst (2004) *Witterungsreport*. Hefte 01/04 – 12/04.
- Deutscher Wetterdienst (2005) *Witterungsreport*. Hefte 01/05 – 12/05.
- Deutscher Wetterdienst (2006) *Witterungsreport*. Hefte 01/06 – 09/06.
- Diercks, R. & Heitefuss, R. (1994) *Integrierter Landbau: Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion; Grundlagen, Praxiserfahrungen, Entwicklungen; Ackerbau, Gemüse, Obst, Hopfen, Grünland*. 2. überarb. und erw. Aufl. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- Dimetry, N. Z. & Marei, S. S. (1992) Laboratory evaluation of some pesticides on the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. and their side effects on some important natural enemies. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **65**, 16-19.
- Dinter, A. (2002) Microcosm studies on intraguild predation between female erigonid spiders and lacewing larvae and influence of single versus multiple predators on cereal aphids. *J. Appl. Ecol.*, **126**, 249-257.
- Dinter, A. & Poehling, H. M. (1995) Side-effects of insecticides on two erigonid spider species. *Entomol. Exp. Appl.*, **74**, 151-163.
- Dixon, P. L. & McKinlay, R. G. (1992) Pitfall trap catches of and aphid predation by *Pterostichus melanarius* and *Pterostichus madidus* in insecticide treated and untreated potatoes. *Entomol. Exp. Appl.*, **64**, 63-72.
- Döring, T. F. & Kromp, B. (2003) Which carabid species benefit from organic agriculture?- a review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **98**, 153-161.
- Duffield, S. J. & Aebischer, N. J. (1994) The effect of spatial scale of treatment with dimethoate on invertebrate population recovery in winter wheat. *J. Appl. Ecol.*, **31**, 263-281.
- Edwards, C. A., Sunderland, K. D. & George, K. S. (1979) Studies on polyphagous predators of cereal aphids. *J. Appl. Ecol.*, **16**, 811-823.

- Ekbohm, B. S., Wiktelius, S. & Chiverton, P. A. (1992) Can polyphagous predators control the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) in spring cereals? *Entomol. exp. appl.*, **65**, 215-223.
- Epstein, D. L., Zack, R. S., Brunner, J. F., Gut, L. & Brown, J. J. (2001) Ground Beetle Activity in Apple Orchards under Reduced Pesticide Management Regimes. *Biol. Control*, **21**, 97-104.
- Esbjerg, P. & Petersen, J. (2002) Effects of reduced pesticide use on flora and fauna in agricultural fields. *Pesticides Research*, **58**, 1-203.
- Europäische Kommission (1993) Fifth Environment Action Programme of the European Community "Towards Sustainability". *Official Journal of the European Communities*, **No C 138/5**, 17.5.1993.
- Europäische Kommission (2002) Sixth Environment Action Programme of the European Community "Environment 2010: Our future, Our choice". *COM (2001)*, **31**, 22 July 2002.
- Europäische Kommission (2004) Überwachung von Pestizidrückständen in Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs in der Europäischen Union, in Norwegen, Island und Lichtenstein – Bericht 2002. SANCO/17/04 endg.
- Evans, E. W. (1991) Intra versus interspecific interactions of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) attacking aphids. *Oecologia*, **87**, 401-408.
- Everts, J. W., Aukema, B., Hengeveld, R. & Koeman, J. H. (1989) Side-effects of pesticides on ground-dwelling predatory arthropods in arable ecosystems. *Environ. Pollut.*, **59**, 203-225.
- Everts, J. W., Aukema, B., Mullié, W. C., van Gemerden, A., Rottier, A., van Katz, R. & van Gestel, C. A. M. (1991a) Exposure of the ground dwelling spider *Oedothorax apicatus* (Blackwall) (Erigonidae) to spray and residues of deltamethrin. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **20**, 13-19.
- Everts, J. W., Willemsen, I., Stulp, M., Simons, L., Aukema, B. & Kammenga, J. (1991b) The toxic effect of deltamethrin on linyphiid and erigonid spiders in connection with ambient temperature, humidity, and predation. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **20**, 20-24.
- Feber, R. E., Bell, J., Johnson, P. J., Firbank, L. G. & Macdonald, D. W. (1998) The effects of organic farming on surface-active spider (Araneae) assemblages in wheat in southern England, UK. *J. Arachnol.*, **26**, 190-202.
- Fletcher, K. E. & Bardner, R. (1969) Cereal aphids on wheat. *Rep. Rothamsted Exp. Stn.*, **Part 1**, 200-201.
- Foster, S. P., Harrington, R., Dewar, A. W., Denholm, I. & Devonshire, A. L. (2002) Temporal and spatial dynamics of insecticide resistance in *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Pest Manag. Sci.*, **58**, 895-907.
- Frazer, B. D. (1988) Coccinellidae. In: *Aphids-Their Biology, Natural Enemies and Control*. Minks, A. K. & Harrewijn (eds.). Vol. B. Elsevier, New York, Amsterdam, 231-247.
- Frazer, B. D., Gilbert, N., Ives, P. M. & Raworth, D. A. (1981) Predator reproduction and the overall predator-prey relationship. *Can. Ent.*, **113**, 1015-1024.

- Freier, B. (1983) Untersuchungen zur Struktur von Populationen und Massenwechsel von Schadinsekten des Getreides als Grundlage für ihre Überwachung, Prognose und gezielten Bekämpfung sowie für die Entwicklung von Simulationsmodellen. Habilitationsschrift, Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
- Freier, B., Burth, U. & Pallutt, B. (1995) Schärfere Konturen für den integrierten Pflanzenschutz. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **47**, 287-290.
- Freier, B. & Gruel, H.-J. (1993) Vorkommen und Bedeutung von Marienkäfern (Coccinellidae) als Nützlinge in Agrar-Ökosystemen. *Gesunde Pflanzen*, **45**, 300-307.
- Freier, B., Möwes, M., Triltsch, H. & Rappaport, V. (1996) Investigations on the predatory effect of coccinellids in winter wheat fields and problems of situation-related evaluation. *IOBC WPRS Bull.*, **19**, 41-52.
- Freier, B., Triltsch, H. & Gosselke, U. (2001) Potentials and limitations of long-term field data to identify numerical and functional responses of predators to aphid density in wheat. In: *Integrated Control in Cereal Crops*. Borgemeister, C. & Poehling, H. M. (eds.). *IOBC wprs Bulletin*, **24**, 65-71.
- Freier, B., Triltsch, H., Möwes, M. & Moll, E. (2007) The potential of predators in natural control of aphids in wheat: Results of a ten-year field study in two German landscapes. *Biocontrol* (in press).
- Freier, B., Triltsch, H., Möwes, M. & Rappaport, V. (1997) Der relative Wert von Prädatoren bei der natürlichen Kontrolle von Getreideblattläusen und die Verwendung von Prädatoreinheiten. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **49**, 215-222.
- Freier, B., Volkmar, C., Kreuter, T., Triltsch, H., Stark, A. & Forster, R. (1999) Nützlinge als Bioindikatoren für die ökologischen Auswirkungen des Pflanzenschutzes in Feldstudien – Methoden und die Probleme bei der Interpretation der Daten. *J. Pest Sci.*, **72**, 5-11.
- Freude, H., Harde, K. W. & Lohse, G. A. (1976) Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 2. Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- Gehring, K., Thyssen, S. & Festner, T. (2006) Anpassung der Unkrautflora an eine unterschiedliche Intensität der Herbizidbehandlung. *Gesunde Pflanzen*, **58**, 52-56.
- Georghiou, G. P. (1972) The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **3**, 133-168.
- Gyldenkaerne, S., Ravn, H. P. & Halling-Soerensen, B. (2000) The effect of dimethoate and cypermethrin on soil-dwelling beetles under semi-field conditions. *Chemosphere*, **41**, 1045-1057.
- Hasken, K.-H. & Poehling, H. M. (1994). Some effects of low input agriculture on cereal aphids and aphid specific predators in winter wheat. *IOBC WPRS Bull.*, **17**, 137-147.
- Hassan, S. A., Bigler, F., Bogenschütz, H. & 16 weitere Autoren (1991) Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-working group "Pesticide and beneficial organisms". *Entomophaga*, **36**, 55-67.

- Hassan, S. A., Bigler, F., Bogenschütz, H. & 21 weitere Autoren (1994) Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group "Pesticide and beneficial organisms". *Entomophaga*, **39**, 107-119.
- Haughton, A. J., Bell, J. R., Boatman, N. D. & Wilcox, A. (1999) The effects of different rates of the herbicide glyphosate on spiders in arable field margins. *J. Arachnol.*, **27**, 249-254.
- Heimer, S. & Nentwig, W. (1991) Spinnen Mitteleuropas. Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
- Hellpap, C. (1982) Untersuchungen zur Wirkung verschiedener Insektizide auf Prädatoren von Getreideblattläusen unter Freilandbedingungen. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **55**, 129-131.
- Hellpap, C. & Schmutterer (1982) Untersuchungen zur Wirkung verminderter Pirimorkonzentrationen auf Erbsenblattläuse (*Acyrtosiphon pisum* Harr.) und natürliche Feinde. *Z. angew. Entomol.*, **94**, 246-252.
- Hemptinne, J.-L., Dixon, A. F. G. & Coffin, J. (1992) Attack strategy of ladybird beetles (Coccinellidae): factors shaping their numerical response. *Oecologia*, **90**, 238-245.
- Herron, G. A., Powis, K. & Rophail, J. (2001) Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. *Aust. J. Entomol.*, **40**, 85-91.
- Hodek, I. (1967) Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.*, **12**, 79-104.
- Holland, J. M. & Smith, S. (1999) Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-release-recapture and comparisons to unfenced pitfall traps in arable crops. *Entomol. Exp. Appl.*, **91**, 347-357.
- Holland, J. M., Winder, L. & Perry, J. N. (2000) The impact of dimethoate on the spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.*, **136**, 93-105.
- Holt, J. S. (1993) Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annu. Rev. Plant Mol. Biol.*, **44**, 203-229.
- Holt, R. D. & Lawton, J. H. (1994) The ecological consequences of shared natural enemies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **25**, 495-520.
- Holz, F., Wetzell, T. & Freier, B. (1994) 3 bis 5 Blattläuse pro Ähre im Winterweizen - eine neue Bekämpfungsschwelle? *Gesunde Pflanzen*, **46**, 8-12.
- Honek, A. (1980) Population density of aphids at the time of settling and ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* (Col., Coccinellidae). *Entomophaga*, **25**, 427-430.
- Honek, A. (1982a) Factors which determine the composition of field communities of adult aphidophagous Coccinellidae (Col.). *Z. Ang. Entomol.*, **94**, 157-168.
- Honek, A. (1982b) The distribution of overwintered *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) adults in agricultural crops. *Z. Ang. Entomol.*, **94**, 311-319.

- Honek, A. (1985) Habitat preferences of aphidophagous coccinellids (Col.). *Entomophaga*, **30**, 253-264.
- Huusela-Veistola, E. (1996) Effects of pesticide use and cultivation techniques on ground beetles (Col., Carabidae) in cereal fields. *Ann. Zool. Fennici*, **33**, 197-205.
- Inglesfield, C. (1989) Pyrethroids and Terrestrial Non-target Organisms. *Pestic. Sci.*, **27**, 387-428.
- Ipteri, G. (1991) Abiotic and biotic factors influencing distribution of the aphidophagous Coccinellidae. In: Behaviour and impact of Aphidophaga. Polgar, L., Chambers, R. J., Dixon, A. F. G., Hodek, I. (eds.). SPB Academic, Netherland, 163-166.
- Irmiler, U. (2003) The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-Holstein) and their value as ecological indicators. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **98**, 141-151.
- Jacobs, W. & Renner, M. (1998) Biologie und Ökologie der Insekten. Honomichl, K. (Hrsg.). 3. überarb. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Jagers op Akkerhuis, G. A. J. M. & van der Voet, H. (1992) A Dose-Effect Relationship for the Effect of Deltamethrin on a Linyphiid Spider Population in Winter Wheat. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **22**, 114-121.
- Jahn, B. & Merbach, W. (1984) Einfluss der Getreideläus (*Macrosiphum avenae* (Fabr.)) auf die Ertragsbildung von Winterweizen. *Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, Berlin*, **224**, 437-441.
- Jansen, J. P. (2000) A three-year field study on the short-term effects of insecticides used to control cereal aphids on plant-dwelling aphid predators in winter wheat. *Pest Manag. Sci.*, **56**, 533-539.
- Jensen, A. M. M. (1998) Effects of use of reduced herbicide doses on weed. A part of the project: effects of use of reduced pesticide doses on flora and fauna in the agriculture landscape. *DJF Rapport, Markbrug*, **3**, 121-129.
- Kan, E. (1988a) Assessment of aphid colonies by hoverflies. I. Maple aphids and *Episyrphus balteatus* (de Geer) (Diptera: Syrphidae). *J. Ethol.*, **6**, 39-48.
- Kan, E. (1988b) Assessment of aphid colonies by hoverflies. II. Pea aphids and 3 syrphid species: *Betasyrphus serarius* (Wiedemann), *Metasyrphus frequens* (Matsumura) and *Syrphus vitripennis* (Meigen) (Diptera: Syrphidae). *J. Ethol.*, **6**, 135-142.
- Kaule, G. & Schulzke, D. (1998) EU-Projekt AIR 3 CT 94-1296. Regionale Richtlinien zur Unterstützung einer nachhaltigen Landnutzung durch Agrarumweltprogramme der EU. Forschungsbericht. Teilprojekt Brandenburg 2: Agrarökologische Gebietsgliederung.
- Kennedy, G. G. & Storer, N. P. (2000) Life system of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems. *Annu. Rev. Entomol.*, **45**, 467-493.
- Kennedy, P. J., Conrad, K. F., Perry, J. N., Powell, D., Aegerter, J., Todd, A. D., Walters, K. F. A. & Powell, W. (2001) Comparison of two field-scale approaches for the study of effects of insecticides on polyphagous predators in cereals. *Appl. Soil Ecol.*, **17**, 253-266.

- Knezevic, M., Durkic, M., Knezevic, I., Antonic, O. & Jelaska, S. (2003) Effects of tillage and reduced herbicide doses on weed biomass production in winter and spring cereals. *Plant Soil Environ.*, **49**, 414-421.
- Kolbe, W. (1969) Untersuchungen über das Auftreten verschiedener Blattlausarten als Ursache von Ertrags- und Qualitätsminderungen im Getreidebau. *Pflanzenschutz-Nachrichtr. Bayer*, **22**, 177-211.
- Koss, A. M. & Snyder, W. E. (2005) Alternative prey disrupt biocontrol by a guild of generalist predators. *Biol. Control*, **32**, 243-251.
- Kowalska, T. & Szczepanska, K. (1988) Effect of pesticides on Chrysopidae. In: Ecology and effectiveness of aphidophaga. Niemczyk, E. & Dixon, A. F. G. (eds.). SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, 333-336.
- Kreuter, T. (2002) Laufkäfer als agrarökologische Indikatoren für Bewirtschaftungs- und Gestaltungskonzepte auf trockenen Lößstandorten (sechsjährige Untersuchungen im Ökohof Seeben). Diss., Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
- Kromp, B. (1990) Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in biological and conventional farming in Austrian potato fields. *Biol. Fert. Soils*, **9**, 182-187.
- Kromp, B. (1999) Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **74**, 187-228.
- Krooss, S. & Schaefer, M. (1998) The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **69**, 121-133.
- Krüssel, S., Hasken, K.-H., Ulber, B. & Poehling, H. M. (1997) Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen auf Getreideblattläuse und deren natürliche Gegenspieler im Winterweizen. In: Ökologische und ökonomische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. Ergebnisse aus dem Göttinger INTEX-Projekt 1990-94. Gerowitt, B. & Wildenhayn, M. (Hrsg.). 199-220.
- Kudsk, P. (1989) Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. *Brighton Crop Prot. Conf. – Weeds*, 545-554.
- Langmaack, M., Land, S. & Büchs, W. (2001) Effects of different field management systems on the carabid coenosis in oil seed rape with special respect to ecology and nutritional status of predacious *Poecilus cupreus* L. (Col., Carabidae). *J. Appl. Entomol.*, **125**, 313-320.
- Larsson, H. (2005) A crop loss model and economic thresholds for the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), in winter wheat in southern Sweden. *Crop Prot.*, **24**, 397-405.
- Letourneau, D. K. & Goldstein, B. (2001) Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *J. Appl. Ecol.*, **38**, 557-570.
- Liu, T.-X. & Chen, T.-Y. (2001) Effects of three aphid species (Homoptera: Aphididae) on development, survival and predation of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **36**, 361-366.



- Lövei, G. L. & Arpaia, S. (2005) The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomol. Exp. Appl.*, **114**, 1-14.
- Lövei, G. L. & Sunderland, K. D. (1996) Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.*, **41**, 231-256.
- Longley, M., Jepson, P. C., Izquierdo, J. & Sotherton, N. (1997) Temporal and spatial changes in aphid and parasitoid populations following applications of deltamethrin in winter wheat. *Entomol. Exp. Appl.*, **83**, 41-52.
- Longley, M. & Stark, J. D. (1996) Analytical Techniques for Quantifying Direct, Residual, and Oral Exposure of an Insect Parasitoid to an Organophosphate Insecticide. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **57**, 683-690.
- Losey, J. E. & Denno, R. F. (1998) Positive predator-predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology*, **79**, 2143-2152.
- Lucas, E., Coderre, D. & Brodeur, J. (1998) Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology*, **79**, 1084-1092.
- Lübke-Al Hussein, M. (2002) Einfluss unterschiedlicher Pflanzenschutzstrategien auf die Struktur von Laufkäfergesellschaften (Coleoptera; Carabidae) im Verlauf einer Fruchtfolgerotation. *Archiv. Phythopath. Pflanz.*, **35**, 231-252.
- Luff, M. L. (1975) Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia*, **19**, 345-357.
- Luff, M. L. & Eyre, M. D. (1988) Soil-surface activity of weevils (Coleoptera, Curculionidae) in grassland. *Pedobiologia*, **32**, 39-46.
- Mann, B. P., Wratten, S. D., Poehling, H. M. & Borgemeister, C. (1991) The economics of reduced-rate insecticide applications to control aphids in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.*, **119**, 451-464.
- Marc, P., Canard, A. & Ysnel, F. (1999) Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **74**, 229-273.
- Marshall, E. J. P., Brown, V. K., Boatman, N. D., Lutman, P. J. W., Squire, G. R. & Ward, L. K. (2003) The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.*, **43**, 77-89.
- Mauchline, A. L., Osborne, J. L. & Powell, W. (2004) Feeding responses of carabid beetles to dimethoate-contaminated prey. *Agr. Forest Entomol.*, **6**, 99-104.
- Mavroei, V. I. & Shaw, M. W. (2006) Effects of fungicide dose and mixtures on selection for triazole resistance in *Mycosphaerella graminicola* under field conditions. *Plant Pathol.*, **55**, 715-725.
- Meinlschmidt, E. (1997) Untersuchungen zur sukzessiven Bekämpfung des Unkrautbesatzes in Getreidebeständen durch gezielte Applikation reduzierter Herbizidaufwandmengen. Diss., Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
- Melnichuk, N. A., Olfert, O., Youngs, B. & Gillott, C. (2003) Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **95**, 69-72.

- Metcalf, R. J., Shaw, M. W. & Russell, P. E. (2000) The effect of dose and mobility on the strength of selection for DMI fungicide resistance in inoculated field experiments. *Plant Pathol.*, **49**, 546-557.
- Meynen, E. & Schmithüsen, J. (1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Selbstverlag Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen, 1339 S.
- Mühlenberg, M. (1993) Freilandökologie. 3. überarb. Aufl. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden.
- NABU (2002) Pflanzenschutzpolitik in Deutschland. Reformbedarf und Handlungsempfehlungen.
- Navntoft, S., Esbjerg, P. & Riedel, W. (2006) Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. *Agr. Forest Entomol.*, **8**, 57-62.
- Nguyen Huu Te´ & Karch, K. (1980) Untersuchungen zur Belastbarkeit des Getreides mit Herbiziden. *Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR*, **34**, 32-34.
- Niehoff, B. (1996) Untersuchungen zum Einfluss gestaffelter Aufwandmengen der Insektizide Pirimor und Karate auf die Populationsdynamik von Getreideblattläusen in Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung von Nebenwirkungen auf ausgewählte Nutzarthropoden. Diss., Georg-August-Universität Göttingen. Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld.
- Niehoff, B. & Poehling, H. M. (1995) Population dynamics of aphids and syrphid larvae in winter wheat treated with different rates of pirimicarb. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **52**, 51-55.
- Norris, R. F. & Kogan, M. (2005) Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, **50**, 479-503.
- Nyffeler, M. & Benz, G. (1981) Freilanduntersuchungen zur Nahrungsökologie der Spinnen: Beobachtungen aus der Region Zürich. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **3**, 33-39.
- Oakley, J. N., Walters, K. F. A., Ellis, S. A., Green, D. B., Watling, M. & Young, J. E. B. (1996) Development of selective aphicide treatments for integrated control of summer aphids in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.*, **128**, 423-436.
- Obrycki, J. J. & Kring, T. J. (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, **43**, 295-321.
- Obst, A. & Paul, V. H. (1993) Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.
- Östman, Ö. (2004) The relative effects of natural enemy abundance and alternative prey abundance on aphid predation rates. *Biol. Control*, **30**, 281-287.
- O'Neal, M. E., Mason, K. S. & Isaacs, R. (2005) Seasonal Abundance of Ground Beetles in Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Fields and Response to a Reduced-Risk Insecticide Program. *Environ. Entomol.*, **34**, 378-384.
- Pallutt, B. (1989) Beiträge zur integrierten Unkrautbekämpfung im Getreidebau. Diss., Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin.

- Pallutt, B. & Grübner, P. (2004) Langzeitwirkung ausgewählter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Verunkrautung am Beispiel des Getreides. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, **Sonderh. XIX**, 969-979.
- Pallutt, B., Jahn, M. & Freier, B. (2005) Halber Aufwand kann lohnen. *DLG-Mitt.*, **3**, 58-60.
- PAN Germany (2003) 30 % Pestizidreduktion sind machbar. Presseinformation vom 22.1.2003. Internet: <http://www.pan-germany.org/presse/2003.htm>.
- PAN Germany (2004) Stellungnahme des PAN Germany zum „Reduktionsprogramm Chemischer Pflanzenschutz“ des BMVEL. [http://www.pan-germany.org/download/GGTSPU-styx.bba.de-8788-350119-DAT/reduprog\\_04.pdf](http://www.pan-germany.org/download/GGTSPU-styx.bba.de-8788-350119-DAT/reduprog_04.pdf).
- Pedersen, J. O., Kudsk, P. & Helweg, A. (1993) Principles of factor-adjusted doses of herbicides. Proc. EWRS Symposium, Quantitative Approaches in Weed and Herbicide Research and their Practical Application, Braunschweig, 201-208.
- Pekár, S. (2002) Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. *Pedobiologia*, **46**, 539-547.
- Pemberton, R. W. & Vandenberg, N. J. (1993) Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Col., Coccinellidae). *Proc. Entomol. Soc. Washington*, **95**, 139-151.
- Perner, J. & Schueler, S. (2004) Estimating the density of ground-dwelling arthropods with pitfall traps using a nested-cross array. *J. Anim. Ecol.*, **73**, 469-477.
- Perry, J. N., Rothery, P., Clark, S. J., Heard, M. S. & Hawes, C. (2003) Design, analysis and statistical power of the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *J. Appl. Ecol.*, **40**, 17-31.
- Pfiffner, L. & Niggli, U. (1996) Effects of bio-dynamic, organic and conventional farming on ground beetles (Col., Carabidae) and other epigeic arthropods in winter wheat. *Biol. Agric. Hortic.*, **12**, 353-364.
- Phoofolo, M. W. & Obrycki, J. J. (1998) Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. *Entomol. Exp. Appl.*, **89**, 47-55.
- Pickett, A. D. & Patterson, N. A. (1953) The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. IV. A review. *Can. Entomologist*, **85**, 472-478.
- Platen, R., Blick, T., Bliss, P., Droglia, R., Malten, A., Martens, J., Sacher, P. & Wunderlich, J. (1995) Verzeichnis der Spinnentiere (excl. Acarida) Deutschlands (Arachnida: Araneida, Opilionida, Pseudoscorpionida). *Arachnol. Mitt.*, **Sonderbd. 1**, 1-55.
- Platnick, N. J. (1993) Advances in spider taxonomy 1988-1991. *Entomol. Soc. & Am. Mus. Nat. Hist.*, New York.
- Poehling, H. M. (1988) Influence of Cereal Aphid Control on Aphid Specific Predators in Winter Wheat. *Entomol. Gener.*, **13**, 163-174.
- Poehling, H. M. (1989) Selective application strategies for insecticides in agricultural crops. In: Effects of Pesticides on Non Target Invertebrates. Jepson, P. C. (ed.). Intercept Ltd., Wimborne, 151-175.

- Poehling, H. M. (1990) Use of reduced rates of pesticides for aphid control: economic and ecological aspects. *British Crop Prot. Conf. Monogr. No. 45 "Organic and low input agriculture"*, **45**, 77-86.
- Poehling, H. M. & Dehne, H. W. (1986) Mehrjährige Untersuchungen zur Bekämpfung von Getreideblattläusen in Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung direkter und indirekter Nebenwirkungen auf Nutzarthropoden. *Med. Fac. Landbouww. Rijksniv. Gent*, **51**, 1131-1145.
- Polis, G. A. (1994) Food webs, trophic cascades and community structure. *Aust. J. Ecol.*, **19**, 121-136.
- Polis, G. A. & Holt, R. D. (1992) Intraguild Predation: The Dynamics of Complex Trophic Interactions. *Trends Ecol. Evol.*, **7**, 151-154.
- Polis, G. A. & Myers, C. A. (1989) The ecology and evolution of intraguild predation: Potential Competitors That Eat Each Other. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **20**, 297-330.
- Powell, W., Dean, G. J. & Dewar, A. (1985) The influence of weeds on polyphagous arthropod predators in winter wheat. *Crop Prot.*, **4**, 298-312.
- Purtauf, T., Roschewitz, I., Dauber, J., Thies, C., Tschardtke, T. & Wolters, V. (2005) Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **108**, 165-174.
- Rabbinge, R., Drees, E. M., Van der Graaf, M., Verberne, F. C. M. & Wesselo, A. (1981) Damage effects of cereal aphids in wheat. *Neth. J. Plant Pathol.*, **87**, 217-232.
- Raworth, D. A. & Choi, M.-Y. (2001) Determining numbers of active carabid beetles per unit area from pitfall-trap data. *Entomol. Exp. Appl.*, **98**, 95-108.
- Roberts, M. J. (1985) The Spiders of Great Britain and Ireland. 1, Atypidae to Theridiosomatidae. Harley Books, Martins, Great Horkeley, Colchester.
- Roberts, M. J. (1987) The Spiders of Great Britain and Ireland. 2, Linyphiidae. Harley Books, Martins, Great Horkeley, Colchester.
- Rosenheim, J. A. (1998) Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annu. Rev. Entomol.*, **43**, 421-447.
- Rosenheim, J. A., Kaya, H. K., Ehler, L. E., Marois, J. J. & Jaffee, B. A. (1995) Intraguild Predation among Biological-Control Agents: Theory and Evidence. *Biol. Control*, **5**, 303-335.
- Roßberg, D., Gutsche, V., Enzian, S. & Wick, M. (2002) NEPTUN 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. BBA Braunschweig, Deutschland (Hrsg.). Eigenverlag.
- Rossing, W. A. H. & Van de Wiel, L. A. J. M. (1990) Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 1. Quantification of the effects of honeydew on gas exchange of leaves and aphid populations of different size on crop growth. *Neth. J. Plant Pathol.*, **96**, 343-364.
- Rothery, P., Clark, S. J. & Perry, J. N. (2002) Design and Analysis of Farm-Scale Evaluations of Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops. *Proc. XXIIth Int. Biometric Conf.*, 351-364.

- Roush, R. T. & McKenzie, J. A. (1987) Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annu. Rev. Entomol.*, **32**, 361-380.
- Salonen, J. (1992) Efficacy of reduced herbicide doses in spring cereals of different competitive ability. *Weed Res.*, **32**, 483-491.
- Samaké, B. & Volkmar, C. (2002) Einfluss ausgewählter Herbizide und der Verunkrautung auf das Aktivitätsverhalten der Geschlechter von Webspinnen (Araneae) in transgenen Zuckerrüben- und Maisbeständen. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, **35**, 221-229.
- Samu, F., Sunderland, K. D. & Szinetár, C. (1999) Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *J. Arachnol.*, **27**, 325-332.
- Samu, F. & Vollrath, F. (1992) Spider orb web as bioassay for pesticide side effects. *Entomol. Exp. Appl.*, **62**, 117-124.
- Schmidt, K. (2003) Ergebnisse der Meldungen für Pflanzenschutzmittel und Wirkstoffe nach § 19 des Pflanzenschutzgesetzes für die Jahre 1999, 2000 und 2001 im Vergleich zu 1998. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **55**, 121-133.
- Schmidt, M. H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M. & Tschamtker, T. (2003) Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proc. R. Soc. Lond. B*, **270**, 1905-1909.
- Schmidt, M. H., Roschewitz, I., Thies, C. & Tschamtker, T. (2005) Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. *J. Appl. Ecol.*, **42**, 281-287.
- Schmitz, P. M. (2002) Nutzen-Kosten-Analyse Pflanzenschutz. Jahresbericht 2001/2002. Industrieverband Agrar, Frankfurt/Main, 16-18.
- Scholz, D. & Poehling, H. M. (2000) Oviposition site selection of *Episyrphus balteatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, **94**, 149-158.
- Schweizer, M., Zebitz, C. P. W. & Poehling, H. M. (1988) Untersuchungen zur Entwicklung von *Episyrphus balteatus* (Syrphidae: Diptera) bei unterschiedlichem Beuteangebot und unter dem Einfluß der insektiziden Wirkstoffe Pirimicarb und Fenvalerate. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuiv. Gent*, **53**, 1023-1032.
- Sengonca, C. & Frings, B. (1985) Interference and competitive behaviour of the aphid predators, *Chrysoperla carnea* and *Coccinella septempunctata* in the laboratory. *Entomophaga*, **30**, 245-251.
- Shah, P. A., Brooks, D. R., Ashby, J. E., Perry, J. N. & Woiwod, I. P. (2003) Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. *Agr. Forest Entomol.*, **5**, 51-60.
- Shaw, E. M., Waddicor, M. & Langan, A. M. (2006) Impact of cypermethrin on feeding behaviour and mortality of the spider *Pardosa amentata* in arenas with artificial "vegetation". *Pest Manag. Sci.*, **62**, 64-68.
- Shaw, M. W. (2000) Models of the Effects of Dose Heterogeneity and Escape on Selection Pressure for Pesticide Resistance. *Phytopathology*, **90**, 333-339.

- Singh, S. R., Walters, K. F. A. & Port, G. R. (2001) Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), in response to dimethoate residue on bean plants in the laboratory. *B. Entomol. Res.*, **91**, 221-226.
- Snyder, W. E. & Ives, A. R. (2003) Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology*, **84**, 91-107.
- Sønderskov, M., Axelsen, J. A., Pedersen, M. B. & Tybirk, K. (2006) Assessment of the effects of reduced herbicide applications on selected arable weeds by a simulation model. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **116**, 216-224.
- Sotherton, N. W. & Moreby, S. J. (1988) The effects of foliar fungicides on beneficial arthropods in wheat fields. *Entomophaga*, **33**, 87-99.
- Stark, J. D., Banks, J. E. & Acheampong, S. (2004) Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of live history strategies and population structure. *Biol. Control*, **29**, 392-398.
- Staub, T. (1991) Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Annu. Rev. Phytopathol.*, **29**, 421-442.
- Steinmann, H.-H., Krüssel, S., Veenker, H. & Gerowitt, B. (2003): Auftreten und Regulierung von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und Unkräutern in den Anbausystemen. *In: Integrierte Ackerbausysteme in Versuch und Praxis. Ergebnisse aus dem Göttinger INTEX-Projekt und seinen Demonstrationsflächen.* Steinmann, H.-H. (Hrsg.). Mecke Druck und Verlag, Duderstadt, 50-68.
- Stelzl, M. & Devetak, D. (1999) Neuroptera in agricultural ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **74**, 305-321.
- Sterk, G., Hassan, S. A., Baillod, M. & 29 other authors (1999) Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficials Organisms". *BioControl*, **44**, 99-117.
- Stern, V. M., Smith, R. F., Bosch, R. & Hagen, K. S. (1959) The integrated control concept. *Hilgardia*, **29**, 81-101.
- Storck-Weyhermüller, S. (1987) Untersuchungen zum Einfluß natürlicher Feinde auf die Populationsdynamik der Getreideblattläuse sowie über die Wirkung niedriger Dosierungen selektiver Insektizide auf die Aphiden und deren spezifische Prädatoren. Diss., Justus-Liebig-Univ. Gießen.
- Sunderland, K. D. (1975) The diet of some predatory arthropods in cereal crops. *J. Appl. Ecol.*, **12**, 507-515.
- Sunderland, K. D. (1999) Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. *J. Arachnol.*, **27**, 308-316.
- Sunderland, K. D., Axelsen, J. A., Dromph, K. & 9 other authors (1997): Pest control by a community of natural enemies. *Acta Jutlandica*, **72**, 271-326.
- Sunderland, K. D., Crook, N. E., Stacey, D. L. & Fuller, B. J. (1987) A study of feeding by polyphagous predators on cereal aphids using ELISA and gut dissection. *J. Appl. Ecol.*, **24**, 907-933.

- Sunderland, K. D., Fraser, A. M. & Dixon, A. F. G. (1986) Distribution of linyphiid spiders in relation to capture of prey in cereal fields. *Pedobiologia*, **29**, 367-375.
- Sunderland, K. D. & Vickerman, G. P. (1980) Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields. *J. Appl. Ecol.*, **17**, 389-396.
- Sutcliffe, O. L. & Kay, Q. O. N. (2000) Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s. *Biol. Conserv.*, **93**, 1-8.
- Swenson, K. G. (1968) Role of aphid in the ecology of plant viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.*, **6**, 351-374.
- Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D. & Greenstone, M. H. (2002) Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents? *Annu. Rev. Entomol.*, **47**, 561-594.
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., Daane, K. M. & Hagen, K. S. (2000) Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). *Am. Entomol.*, **46**, 26-38.
- Tenhumberg, B. (1993) Untersuchungen zur Populationsdynamik von Syrphiden in Winterweizenbeständen und Quantifizierung ihrer Bedeutung als Antagonisten von Getreideblattläusen. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Tenhumberg, B. & Poehling, H. M. (1995) Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: Aspects of their biology and efficacy in different years and regions. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **52**, 39-43.
- Thacker, J. R. M. & Dixon, J. (1996) Modelling the within-field recovery of carabid beetles following their suppression by exposure to an insecticide. *Ann. Zool. Fennici*, **33**, 225-231.
- Thiele, H. U. (1977) Carabid beetles in their environment. Springer Verlag, Berlin.
- Thomas, C. F. G., Brown, N. J. & Kendall, D. A. (2006) Carabid movement and vegetation density: Implications for interpreting pitfall trap data from split-field trials. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **113**, 51-61.
- Thomas, C. F. G. & Marshall, E. J. P. (1999) Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **72**, 131-144.
- Thomas, C. F. G., Parkinson, L. & Marshall, E. J. P. (1998) Isolation the components of activity-density for the carabid beetle *Pterostichus melanarius* in farmland. *Oecologia*, **116**, 103-112.
- Thorbek, P., Sunderland, K. D. & Topping, C. J. (2004) Reproductive biology of agrobiont linyphiid spiders in relation to habitat, season and biocontrol potential. *Biol. Control*, **30**, 193-202.
- Toda, S., Komazaki, S., Tomita, T. & Kono, Y. (2004) Two amino acid substitutions in acetylcholinesterase associated with pirimicarb and organophosphorous insecticide resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Insect Mol. Biol.*, **13**, 549-553.
- Trautner, J. & Geigenmüller, K. (1987) Tiger Beetles Ground Beetles. Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Verlag Josef Margraf, Aichtal.

- Trautner, J. & Müller-Motzfeld, G. (1995) Faunistisch-ökologischer Bearbeitungsstand, Gefährdung und Checkliste der Laufkäfer. Eine Übersicht für die deutschen Bundesländer. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, **27**, 96-105.
- Triltsch, H. (1997) Contents in field sampled adults of *Coccinella septempunctata* (Col.: Coccinellidae). *Entomophaga*, **42**, 125-131.
- Turner, D. (1994) The use of reduced-rate Deltamethrin to control summer aphid pests of UK cereals. *Int. Org. Biol. Control/West Palaearctic Regional Section Bull.*, **17**, 57-67.
- Van Emden, H. F. (1988) The potential for managing indigenous natural enemies of aphids on field crops. *Philo. Trans R. Soc. Lond.*, **318**, 183-201.
- Vickerman, G. P. & Sunderland, K. D. (1975) Arthropods in cereal crops: nocturnal activity, vertical distribution and aphid predation. *J. Appl. Ecol.*, **12**, 755-766.
- Vickerman, G. P. & Sunderland, K. D. (1977) Some effects of dimethoate on arthropods in winter wheat. *J. Appl. Ecol.*, **14**, 767-777.
- Volkmar, C., Bothe, S., Kreuter, T., Lübke Al-Hussein, M., Richter, L., Heimbach, U. & Wetzel, T. (1994) Epigäische Raubarthropoden in Winterweizenbeständen Mitteldeutschlands und ihre Beziehung zu Blattläusen. *Mitt. BBA*, **299**, 1-134.
- Volkmar, C. & Freier, B. (2003) Spinnenzönosen in Bt-Mais und nicht gentechnisch veränderten Maisfeldern. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, **110**, 572-582.
- Volkmar, C. & Wetzel, T. (1993) Zum Auftreten von tierischen Schaderregern und räuberischen Spinnen (Araneae) in Getreidebeständen und deren Beeinflussung durch chemische Pflanzenschutzmittel. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **45**, 233-239.
- Wallin, H. & Ekbohm, B. S. (1988) Movements of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) inhabiting cereal fields: a field tracing study. *Oecologia*, **77**, 39-43.
- Wehling, A. & Heimbach, U. (1991) Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Spinnen (Araneae) am Beispiel einiger Insektizide. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **43**, 24-30.
- Wennergren, U. & Stark, J. (2000) Modelling long-term effects of pesticides on populations: beyond just counting dead animals. *Ecol. Appl.*, **10**, 295-302.
- Wetzel, T. (2004) Integrierter Pflanzenschutz und Agrarökosysteme. 2. überarb. und erw. Aufl. Steinbeis-Transferzentrum, Pausa/Vogtland.
- Wetzel, T. & Freier, B. (1975) Kenntnis der Vermehrungspotenz und Massenwechsels von Getreideblattläusen als Voraussetzung zur Prognose und gezielten Bekämpfung. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, **11**, 133-153.
- White, J. S., Everett, C. J. & Brown, R. A. (1991) Lambda-Cyhalothrin: Laboratory and field methods to assess the effects on natural enemies. *Proc. Brit. Crop Prot. Conf. Pests Dis.*, 969-974.
- Wiles, J. A. & Jepson, P. C. (1992) The susceptibility of a cereal aphid pest and its natural enemies to deltamethrin. *Pestic. Sci.*, **36**, 263-272.



- Wiles, J. A. & Jepson, P. C. (1995) Dosage reduction to improve the selectivity of deltamethrin between aphids and coccinellids in cereals. *Entomol. Exp. Appl.*, **76**, 83-96.
- Winder, L., Alexander, C. J., Holland, J. M., Woolley, C. & Perry, J. N. (2001) Modelling the dynamic spatio-temporal response of predators to transient prey patches in the field. *Ecol. Lett.*, **4**, 568-576.
- Wittmann, C., Pallas, K. & Hintzsche, E. (1996) Wirkungen niedrig dosierter Herbizide auf die Struktur der verbleibenden Unkrautgemeinschaften. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz, Sonderh.* **XV**, 367-376.
- Yasuda, H. & Kimura, T. (2001) Interspecific interactions in a tri-trophic arthropod system: effects of a spider on the survival of larvae of three predatory ladybirds in relation to aphids. *Entomol. Exp. Appl.*, **98**, 17-25.
- Zaki, F.N., Farag, N. A. & Abdel-Aziz Shadia, E. (1999) Evaluation of tolerance in *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuropt., Chrysopidae) to successive insecticidal treatments. *J. Appl. Entomol.*, **123**, 299-301.
- Zeleny, J., Vostrel, J., Ruzicka, Z. & Kalushkov, P. K. (1988) Impact of various pesticides on aphidophagous coccinellids. *In: Ecology and effectiveness of aphidophaga.* Niemczyk, E. & Dixon, A. F. G. (eds.). SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, 333-336.
- Zlotkin, E. (1999) The insect voltage-gated sodium channel as target of insecticides. *Annu. Rev. Entomol.*, **44**, 429-455.

# 7 Anhang

**Tab. 7.1** Termine der durchgeführten Erhebungen der Jahre 2004-2006.

Programm	Feld 1						Feld 2						Feld 3					
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006	
	Erbse	Winterweizen 1	Wintergerste	Winterweizen	Erbse	Winterweizen	Winterweizen 1	Winterweizen	Erbse	Winterweizen	Winterweizen	Wechselweizen	Winterweizen 3	Erbse				
Unkraut- bonitur	1. Bonitur	20.04.04 15/16	04.04.05 25/26	11.10.05 12	20.04.04 30/31	25.04.05 12/13	27.10.05 11/12	20.04.04 29	04.04.05 24	04.05.06 13								
	2. Bonitur	08.07.04 79	01.06.05 55	18.04.06 25	08.07.04 77	01.06.05 55/59	18.04.06 23	08.07.04 77	01.06.05 47	29.05.06 39								
	3. Bonitur		08.07.05 83	13.07.06 87/89		08.07.05 79	08.06.06 45/47		08.07.05 77	13.07.06 83								
	4. Bonitur						13.07.06 77/73											
Insekten- bonitur	1. Bonitur	25.05.04 33-39	14.06.05 65/69	15.06.06 69	17.06.04 61	01.06.05 55/59	28.06.06 71	16.06.04 65	23.06.05 71/73	15.06.06 65								
	2. Bonitur	01.06.04 51	28.06.05 75		01.07.04 75	06.06.05 63/65	10.07.06 75/77	30.06./1.7.04 75	04.07.05 75/77	22.06.06 67/69								
	3. Bonitur	18.06.04 69	05.07.05 77/83			15.06.05 67		13.07.04 83	11.07.05 83	29.06.06 75								
	4. Bonitur	02.07.04 77				21.06.05 71/73				06.07.06 77/79								
Boden- fallen	5. Bonitur					29.06.05 77												
	6. Bonitur					06.07.05 79												
	Aufstellen	01.06.04 51	08.06.05 61	08.06.06 65	01.06.04 39	08.06.05 63/65	08.06.06 45/47	01.06.04 47	08.06.05 59	08.06.06 59/60								
	1. Leerung	08.06.04 63-65	15.06.05 65/69	15.06.06 69	08.06.04 55	15.06.05 67	15.06.06 59/61	08.06.04 59	15.06.05 59	15.06.06 65								
	2. Leerung	15.06.04 69	21.06.05 71/73	22.06.06 75	15.06.04 61	21.06.05 71/73	22.06.06 61	15.06.04 65	21.06.05 71/73	22.06.06 67/69								
	3. Leerung	22.06.04 71	29.06.05 75	29.06.06 77/83	22.06.04 69	29.06.05 77	29.06.06 71	22.06.04 65	29.06.05 75	29.06.06 75								
4. Leerung	29.06.04 75	06.07.05 77/83	06.07.06 87	29.06.04 75	06.07.05 79	06.07.06 73/75	29.06.04 75	06.07.05 75/77	06.07.06 77/79									
5. Leerung	06.07.04 77			06.07.04 77		13.07.06 77/83		06.07.04 77										

**Tab. 7.2** Summe der Prädatoren pro Bonitурpunkt in der 100 %- und 50 %-Variante im Erbsenfeld 2004 auf Feld 1 (n = 5).

Prädatoren		vor Insektizidbehandlung		nach Insektizidbehandlung			
		BBCH 51		BBCH 69		BBCH 77	
		50%	100%	50%	100%	50%	100%
<i>Coccinella 7-punctata</i>	Imago	1	0	2	0	0	0
Syrphidae	Ei	0	1	0	0	0	0
	Larve	0	0	4	2	1	0
	Puppe	0	0	0	0	1	0
	Imago	0	0	1	0	4	0
Chrysopidae	Ei	0	0	0	0	4	0
	Larve	0	0	1	0	0	0
	Imago	0	0	0	1	0	0
Carabidae		0	0	1	0	3	1
Staphylinidae		0	0	1	0	2	0
Araneae		0	0	0	2	6	1

**Tab. 7.3** Anzahl der Prädatoren pro m<sup>2</sup> (Mittelwert ± Standardabweichung) in der „100 %-“ und „50 %-Variante“ im Winterweizen 2005 auf Feld 1 (n = 5).

Prädatoren		BBCH 65/69		BBCH 75		BBCH 77/83	
		"100 %"	"50 %"	"100 %"	"50 %"	"100 %"	"50 %"
<i>C. 7-punctata</i>	Ei	0	0	48,5 ± 93,3	13,1 ± 18,0	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0	0,7 ± 1,6	0	2,0 ± 2,8	1,0 ± 2,2
	L <sub>4</sub>	0	0			0,9 ± 2,0	0
	Imago	0	0	0,7 ± 1,6	2,2 ± 4,8	0	0
<i>P. 14-punctata</i>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0	0	1,8 ± 2,6	0,9 ± 2,0	0
	Puppe	0	0	0	0	1,6 ± 3,6	0
Syrphidae	Ei	0	2,1 ± 3,1	8,1 ± 5,5	5,3 ± 9,9	4,7 ± 4,1	1,7 ± 2,4
	Larve	0	0	3,7 ± 4,4	11,0 ± 13,2	3,9 ± 4,4	11,0 ± 3,4
	Puppe	0	0	0	0,8 ± 1,7	8,3 ± 3,9	2,7 ± 4,4
	Imago	0	0	0	0	0,9 ± 2,0	0
Chrysopidae	Ei	15,1 ± 7,9	13,5 ± 13,8	44,1 ± 19,5	54,5 ± 37,4	54,4 ± 21,3	76,0 ± 39,1
	Larve	0,8 ± 1,9	0,8 ± 1,8	6,2 ± 6,4	4,6 ± 4,2	0	4,7 ± 5,0
	Imago	0	0	0	1,8 ± 2,6	0	1,0 ± 2,2
Carabidae	≤ 1,0 cm	2,3 ± 3,7	0	2,3 ± 3,3	4,1 ± 3,9	2,7 ± 5,9	3,4 ± 3,2
	> 1,0 cm	0,7 ± 1,6	0,8 ± 1,7	0	0	0	0,7 ± 1,5
Staphylinidae		1,3 ± 2,9	1,6 ± 2,2	0	1,8 ± 2,6	0,9 ± 2,0	0,7 ± 1,5
Araneae		2,9 ± 2,9	5,3 ± 5,2	0,7 ± 1,6	8,7 ± 8,9	5,0 ± 4,6	14,2 ± 7,4
Coleoptera	Larve	0	0,7 ± 1,5	0,7 ± 1,6	0	1,6 ± 2,2	0

L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>: 1.-4. Larvalstadium

**Tab. 7.4** Anzahl der Prädatoren pro m<sup>2</sup> (Mittelwert ± Standardabweichung) in der „100 %-“- und „50 %-Variante“ im Winterweizen 2004 auf Feld 2 (n = 5).

Prädatoren		BBCH 61		BBCH 75	
		"100 %"	"50 %"	"100 %"	"50 %"
<i>C. 7-punctata</i>	Imago	0	0	2,9 ± 6,6	0
<i>P. 14-punctata</i>	Ei	0	0	14,7 ± 32,8	0
Syrphidae	Ei	0	0	20,5 ± 16,7	2,9 ± 6,6
	Larve	1,5 ± 2,1	0,8 ± 1,8	11,7 ± 12,2	11,7 ± 19,1
	Puppe	0	0	2,9 ± 6,6	0
Chrysopidae	Ei	7,6 ± 6,1	8,3 ± 7,9	55,7 ± 40,7	26,4 ± 19,1
	Larve	0	0	2,9 ± 6,6	5,9 ± 8,0
	Imago	0	0,7 ± 1,5	0	0
Carabidae	≤ 1,0 cm	0	0	2,9 ± 6,6	5,9 ± 13,1
	> 1,0 cm	0	0	0	5,9 ± 13,1
Staphylinidae		2,4 ± 2,2	0,8 ± 1,9	2,9 ± 6,6	0
Araneae		2,3 ± 3,6	1,4 ± 1,9	2,9 ± 6,6	11,7 ± 19,1
Coleoptera	Larve	4,0 ± 4,4	8,6 ± 5,4	2,9 ± 6,6	26,4 ± 24,1

**Tab. 7.5** Anzahl der Prädatoren pro m<sup>2</sup> (Mittelwert ± Standardabweichung) in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) im Winterweizen 2006 auf Feld 2 (n = 5).

Prädatoren		BBCH 71 (vor Insektizidbehandlung)			BBCH 75/77 (nach Insektizidbehandlung)		
		100 %	50 %	SF 100 %	100 %	50 %	SF 100 %
<i>C. 7-punctata</i>	Ei	0	29,2 ± 62,3	0	0	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0
	Imago	0,9 ± 1,9	0,8 ± 1,8	0,7 ± 1,5	0	0	0
<i>P. 14-punctata</i>	Ei	0	48,2 ± 67,4	0	0	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	1,0 ± 2,3	0,8 ± 1,8	0	0	0	0
	Imago	0	0,8 ± 1,8	0	0	1,6 ± 2,1	0
Syrphidae	Ei	1,5 ± 2,1	14,7 ± 11,0	25,3 ± 27,9	2,1 ± 3,1		0,8 ± 1,8
	Larve	1,0 ± 2,3	7,7 ± 7,8	0,7 ± 1,5	3,7 ± 5,1	3,4 ± 5,6	8,0 ± 0,6
	Puppe	0	0	0	4,0 ± 0,7	14,0 ± 4,0	8,6 ± 7,5
	Imago	0	1,0 ± 2,3	0,7 ± 1,5	0	3,8 ± 8,5	0
Chrysopidae	Ei	33,0 ± 10,8	28,3 ± 16,9	26,6 ± 24,0	28,8 ± 11,9	29,5 ± 22,4	45,7 ± 30,6
	Larve	0	0	0,7 ± 1,5	0,7 ± 1,5	0,7 ± 1,6	3,0 ± 3,1
	Imago	0	0,7 ± 1,6	2,2 ± 3,4	0	0	0,8 ± 1,8
Carabidae	≤ 1,0 cm	0	0	0,8 ± 1,7	0	0	1,5 ± 3,3
	> 1,0 cm	0	0,8 ± 1,8	0	0	0	0
Staphylinidae		0,6 ± 1,4	1,8 ± 2,5	0	0	0,8 ± 1,8	0,8 ± 1,8
Araneae		2,7 ± 4,4	3,2 ± 3,4	2,9 ± 4,9	0,7 ± 1,6	0,8 ± 1,8	2,4 ± 3,7

L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>: 1.-3. Larvalstadium



**Tab. 7.7** Anzahl der Pradatoren pro m<sup>2</sup> (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) im Sommerweizen 2004 auf Feld 3 (n = 5).

Pradatoren		vor Insektizidbehandlung		nach Insektizidbehandlung				
		BBCH 65		BBCH 75			BBCH 83	
		100 %	50 %	100 %	50 %	SF 100 %	100 %	50 %
<i>P. 14-punctata</i>	Ei	7,9 $\pm$ 17,7	0	0	0	0	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	7,1 $\pm$ 15,8	0	0	0	0	0
Syrphidae	Ei	2,4 $\pm$ 5,5	1,0 $\pm$ 2,2	2,4 $\pm$ 3,7	30,8 $\pm$ 18,9	5,6 $\pm$ 12,5	6,2 $\pm$ 5,9	28,0 $\pm$ 14,0
	Larve	2,9 $\pm$ 3,0	0	6,0 $\pm$ 5,4	15,4 $\pm$ 3,1	16,8 $\pm$ 25,0	8,1 $\pm$ 4,4	151,3 $\pm$ 42,5
	Puppe	0	0	0	0	11,2 $\pm$ 18,3	3,7 $\pm$ 2,2	47,6 $\pm$ 32,3
	Imago	0	0	0	0	0	0,9 $\pm$ 2,1	2,8 $\pm$ 6,3
Chrysopidae	Ei	12,7 $\pm$ 8,7	14,7 $\pm$ 5,1	16,4 $\pm$ 6,5	33,6 $\pm$ 16,0	28,0 $\pm$ 29,7	10,3 $\pm$ 7,7	47,6 $\pm$ 30,7
	Larve	0,6 $\pm$ 1,4	0,6 $\pm$ 1,4	0	1,4 $\pm$ 3,1	5,6 $\pm$ 12,5	0	8,4 $\pm$ 7,7
	Imago	0	3,1 $\pm$ 6,9	0	0	0	0	0
Carabidae	$\leq$ 1,0 cm	1,4 $\pm$ 2,0	1,0 $\pm$ 2,3	1,6 $\pm$ 2,2	18,2 $\pm$ 15,4	0	2,1 $\pm$ 2,0	8,4 $\pm$ 12,5
	> 1,0 cm	0,9 $\pm$ 1,9	0,6 $\pm$ 1,4	0,8 $\pm$ 1,8	0	2,8 $\pm$ 6,3	0	0
Staphylinidae		9,4 $\pm$ 5,5	3,4 $\pm$ 4,2	1,1 $\pm$ 2,4	8,4 $\pm$ 18,8	2,8 $\pm$ 6,3	1,5 $\pm$ 3,3	0
Araneae		2,7 $\pm$ 3,9	6,5 $\pm$ 6,7	0	8,4 $\pm$ 5,9	5,6 $\pm$ 7,7	0	2,8 $\pm$ 6,3
Coleoptera	Larve	0,7 $\pm$ 1,6	1,0 $\pm$ 2,3	0	4,2 $\pm$ 6,3	0	0	5,6 $\pm$ 7,7

L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>: 1.-3. Larvalstadium

**Tab. 7.8** Anzahl der Prädatoren pro m<sup>2</sup> (Mittelwert ± Standardabweichung) in der 100 %- und 50 %-Variante im Winterweizen 2005 auf Feld 3 (n = 5).

Prädatoren		vor Insektizidbehandlung		nach Insektizidbehandlung			
		BBCH 71/73		BBCH 75/77		BBCH 83	
		100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
<i>C. 7-punctata</i>	Ei	0	31,8 ± 71,2	0	26,6 ± 51,5	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	2,4 ± 3,6	2,9 ± 4,8	0	4,5 ± 4,2	0	1,8 ± 2,4
	L <sub>4</sub>	0	0	0	1,5 ± 2,1	0	0
	Imago	4,0 ± 5,7	2,4 ± 3,4	0	1,7 ± 2,3	0	0
<i>P. 14-punctata</i>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0,9 ± 2,1	0	0,6 ± 1,3	0	0,8 ± 1,9
	Imago	0	0	0,7 ± 1,5	0	0	0
Syrphidae	Ei	3,3 ± 7,5	0	0	4,0 ± 4,7	8,3 ± 8,9	7,4 ± 8,1
	Larve	0,8 ± 1,7	0	0	6,8 ± 6,5	2,3 ± 5,2	6,9 ± 2,4
	Puppe	0	0	0	0,6 ± 1,4	0	2,5 ± 3,8
	Imago	0	0,9 ± 2,1	0	0	0,8 ± 1,7	4,7 ± 4,7
Chrysopidae	Ei	18,4 ± 14,0	25,6 ± 14,3	20,6 ± 10,7	41,2 ± 27,6	18,2 ± 5,8	39,2 ± 10,7
	Larve	0,8 ± 1,9	2,8 ± 4,2	2,2 ± 3,4	0,8 ± 1,8	0,8 ± 1,8	4,7 ± 7,9
	Imago	0	0	0,9 ± 2,0	1,8 ± 4,1	0,8 ± 1,7	0
Carabidae	≤ 1,0 cm	0,8 ± 1,8	1,8 ± 4,1	0	0	2,3 ± 3,5	4,4 ± 5,7
	> 1,0 cm	1,6 ± 2,2	0	0	0	0	3,2 ± 3,2
Staphylinidae		2,4 ± 3,6	3,3 ± 7,3	0,8 ± 1,8	0	0	3,3 ± 3,2
Araneae		6,5 ± 6,9	9,5 ± 7,6	3,1 ± 1,8	6,4 ± 2,6	1,5 ± 2,0	10,7 ± 4,9
Coleoptera	Larve	0,8 ± 1,7	0,9 ± 2,1	0	1,3 ± 1,8	2,2 ± 2,1	2,8 ± 2,6

L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>: 1.-4. Larvalstadium

**Tab. 7.9** Summe der Prädatoren pro Bonitupunkt in der 100 %- und 50 %-Variante sowie im Spritzfenster (SF) in der Erbse 2006 auf Feld 3 (n =6).

Prädatoren	vor Insektizidbehandlung						nach Insektizidbehandlung						
	BBCH 65			BBCH 67/69			BBCH 75			BBCH 77/79			
	100 %	50 %	SF 100 %	100 %	50 %	SF 100 %	100 %	50 %	SF 100 %	100 %	50 %	SF 100 %	
<i>C. 7-punctata</i>	Ei	512	881	191	0	117	1203	0	476	0	0	0	0
	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0	0	0	1	123	0	1	136	0	1	7
	L <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	45
	Puppe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
	Imago	23	61	45	2	47	10	1	35	2	2	0	0
<i>P. 14-punctata</i>	L <sub>1</sub> -L <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Imago	2	2	1	2	2	2	0	1	0	1	0	6
Syrphidae	Ei	81	21	65	1	34	20	1	0	0	11	1	0
	Larve	30	4	18	0	83	100	0	1	10	0	1	1
	Puppe	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0
	Imago	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	15	0
Chrysopidae	Ei	12	12	7	6	28	21	8	25	10	15	24	10
	Larve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Imago	0	1	3	0	1	1	0	2	0	1	0	1
Carabidae	≤ 1,0 cm	0	0	0	1	0	0	1	2	0	1	1	0
	> 1,0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae		0	3	0	0	2	10	1	1	0	0	0	0
Araneae		6	17	7	4	15	26	3	19	13	14	10	6
Coleoptera	Larve	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0



Tab. 7.10 Artenliste der auf den drei Feldern mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3						
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006		
	Erbse	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	Winterweizen	"100 %"	"50 %"	Winterweizen	"100 %"	"50 %"	Winterweizen	"100 %"	"50 %"	Winterweizen	"100 %"	"50 %"	
<i>Acupalpus meridianus</i> (LINNAEUS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara aenea</i> (DE GEER)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara apricaria</i> (PAYKULL)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	2	4	0	0	0	0	0
<i>Amara aulica</i> (PANZER)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara bifornis</i> (GYLLENHAL)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara consularis</i> (DUFTSCHMID)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Amara convexior</i> STEPHENS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara familiaris</i> (DUFTSCHMID)	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Amara lunicollis</i> SCHÖDTE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara ovata</i> (FABRICIUS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	0	0	0	0
<i>Amara plebeja</i> (GYLLENHAL)	4	2	2	20	11	2	2	4	0	0	3	2	13	7	1	1	0	0	0
<i>Amara similata</i> (GYLLENHAL)	2	4	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Anchomenus dorsalis</i> (PONTOPPIDAN)	90	184	66	86	32	47	28	21	43	73	136	192	59	87	60	56	70	215	0
<i>Asaphidion flavipes</i> (LINNAEUS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Badister sodalis</i> (DUFTSCHMID) <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bembidion spec.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bembidion lampros</i> (HERBST)	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Bembidion obtusum</i> (SERVILLE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bembidion properans</i> STEPHENS	1	7	7	2	0	0	0	0	1	10	0	0	1	0	1	0	5	0	0
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (LINNAEUS)	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Calathus ambiguus</i> (PAYKULL)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Calathus cinctus</i> MOTSCHULSKY	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calathus erratus</i> SAHLBERG	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Calathus fuscipes</i> (GOEZE)	27	11	4	12	0	2	0	1	1	4	1	13	0	0	2	1	0	0	0
<i>Calathus melanocephalus</i> (LINNAEUS)	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calosoma maderae</i> (FABRICIUS)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	1	0	0	0	0
<i>Carabus auratus</i> LINNAEUS	0	0	0	0	0	0	5	7	0	3	0	33	141	96	234	124	145	152	0
<i>Carabus nemoralis</i> MÜLLER	0	3	2	3	2	11	0	0	0	1	0	6	4	4	3	5	1	10	0
<i>Demetrias atricapillus</i> (LINNAEUS)	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0

<sup>1</sup> Rote Liste-Art in Sachsen-Anhalt (Kategorie 3)

Fortsetzung Tab. 7.10 Artenliste der auf den drei Feldern mittels Bodenfallen gefangenen Carabidae der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3								
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006				
	Erbse	Winterweizen	"100%"	"50%"	Wintergerste	"100%"	"50%"	Winterweizen	"100%"	"50%"	Winterweizen	"100%"	"50%"	Wechselweizen	Winterweizen	100 %	50 %	Erbse	100 %	50 %	
<i>Harpalus spec.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Harpalus affinis</i> (SCHRANK)	0	1	1	1	1	2	0	3	1	5	1	13	0	0	1	1	1	3	4	0	0
<i>Harpalus distinguendus</i> (DUFTSCHMID)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0
<i>Harpalus luteicornis</i> (DUFTSCHMID)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus rubripes</i> (DUFTSCHMID)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Harpalus rufipes</i> (DE GEER)	4	10	17	32	10	20	4	4	25	47	24	42	7	13	63	63	30	26	0	0	0
<i>Harpalus signaticornis</i> (DUFTSCHMID)	0	0	0	1	0	0	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus tardus</i> (PANZER)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Limodromus assimilis</i> (PAYKULL)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Loricera pilicornis</i> (FABRICIUS)	0	0	6	6	36	22	0	0	0	0	31	62	0	0	2	6	0	0	0	0	0
<i>Microlestes minutulus</i> (GOEZE)	12	7	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	2	0	7	1	0	0	0
<i>Notophilus aestuans</i> (MOTSCHULSKY)	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Notophilus aquaticus</i> (LINNAEUS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notophilus biguttatus</i> (FABRICIUS)	0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notophilus palustris</i> (DUFTSCHMID)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophonus rufibarbis</i> (FABRICIUS)	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Poecilus cupreus</i> (LINNAEUS)	209	148	9	18	3	3	4	4	81	243	8	1	63	55	5	15	129	73	0	0	0
<i>Poecilus versicolor</i> (STURM)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pterostichus melanarius</i> (ILLIGER)	133	212	73	163	22	151	5	2	1	0	5	6	4	24	4	7	2	10	0	0	0
<i>Stomis pumicatus</i> (PANZER)	0	4	9	4	0	1	1	1	0	4	1	3	2	4	7	3	1	4	0	0	0
<i>Synuchus vivalis</i> (ILLIGER)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	2	2	2	0	0	0
<i>Trechus spec.</i>	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Trechus quadristriatus</i> (SCHRANK)	23	87	3	3	2	1	10	3	0	8	3	0	1	6	3	5	0	1	0	0	0
<i>Zabrus tenebrioides</i> (GOEZE)	0	0	0	1	0	0	0	2	2	8	0	6	0	0	0	0	1	2	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>523</b>	<b>695</b>	<b>204</b>	<b>365</b>	<b>129</b>	<b>271</b>	<b>67</b>	<b>57</b>	<b>161</b>	<b>422</b>	<b>222</b>	<b>387</b>	<b>310</b>	<b>403</b>	<b>293</b>	<b>401</b>	<b>510</b>				

Tab. 7.11 Artenliste der auf den drei Feldern mittels Bodenfallen gefangenen Araneae der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3							
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006			
	Erbse	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	Winterweizen	"100 %"	"50 %"	Winterweizen	Erbse	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	
<b>Angelinidae</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Araneidae</b>	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Mangora acalypha</i> (WALCKENAER)	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Araneidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dictynidae</b>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	2
<i>Argenna patula</i> (SIMON)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	1
<i>Argenna subnigra</i> (O. P. CAMBRIDGE)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Gnaphosidae</b>	4	3	0	1	4	1	1	1	1	0	3	0	0	0	0	0	4	2	1	2
<i>Drassodes lapidosus</i> (WALCKENAER)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Drassyllus praeficus</i> (L. KOCH)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Drassyllus lutetianus</i> (L. KOCH)	2	3	0	1	4	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	3	1	1	0	4
<i>Drassyllus pusillus</i> (C. L. KOCH)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micaria pulicaria</i> (SUNDEVALL)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zelotes</i> spec.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gnaphosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Linyphiidae</b>	41	118	295	931	1895	2552	370	220	173	226	1013	1879	199	192	399	643	356	643	1214	
<i>Araeoncus humilis</i> (BLACKWALL)	1	1	20	34	87	82	19	7	1	2	53	28	3	3	13	14	5	14	21	
<i>Bathypantes gracilis</i> (BLACKWALL)	0	0	10	2	5	7	6	1	0	0	9	13	2	1	7	6	0	0	3	
<i>Collisia inerrans</i> (O. P. CAMBRIDGE)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diplocephalus picinus</i> (BLACKWALL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diplostyla concolor</i> (WIDER)	0	1	1	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Erigone atra</i> BLACKWALL	2	3	82	197	854	1253	97	58	11	13	192	378	34	41	91	200	23	91	185	
<i>Erigone dentipalpis</i> (WIDER)	3	9	21	71	162	276	16	5	22	16	78	99	12	10	23	44	18	23	186	
<i>Erigonella himalis</i> (BLACKWALL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lepthyphantes tenuis</i> - Gruppe	0	3	42	58	13	44	23	23	26	16	17	22	10	10	13	31	6	13	10	
<i>Mecynargus foveatus</i> (F. DAHL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Meioneta rurestris</i> (C. L. KOCH)	5	9	23	33	49	65	25	7	11	16	20	39	4	5	15	18	29	15	42	
<i>Micrargus herbigradus</i> (BLACKWALL)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Micrargus subaequalis</i> (WESTRING)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Microlinyphia pusilla</i> (SUNDEVALL)	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Millenana inerrans</i> (O. P. CAMBRIDGE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mioxena blanda</i> (SIMON)	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	

Fortsetzung Tab. 7.11 Artenliste der auf den drei Feldern mittels Bodenfallen gefangenen Araneae der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3					
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006	
	100 %	50 %	100 %	"50 %"	100 %	"50 %"	100 %	"50 %"	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
<b>Linyphiidae - Fortsetzung</b>																		
<i>Oedothorax apicatus</i> (BLACKWALL)	13	66	67	476	655	758	141	85	76	140	535	1195	72	86	221	264	235	715
<i>Oedothorax fuscus</i> (BLACKWALL)	0	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
<i>Oedothorax retusus</i> (WESTRING)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostearius melanopygius</i> (O. P. CAMBRIDGE)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peleopsis parallela</i> (WIDER)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pocadicnemis juncea</i> LOCKET & MILLIDGE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1
<i>Porrhomma microphthalmum</i> (O. P. CAMBRIDGE)	2	6	8	19	22	25	12	15	3	1	21	25	9	15	2	6	7	3
<i>Savignia frontata</i> (BLACKWALL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochurus scabriculus</i> (WESTRING)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Walckenaeria aliceps</i> (DENIS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. P. CAMBRIDGE)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linyphiidae	14	17	19	36	40	38	30	14	23	21	81	73	52	21	12	54	32	43
<b>Lycosidae</b>	<b>47</b>	<b>36</b>	<b>17</b>	<b>41</b>	<b>100</b>	<b>69</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>37</b>
<i>Alopecosa cuneata</i> (CLERCK)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (CLERCK)	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pardosa agrestis</i> (WESTRING)	20	7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	0	4	0
<i>Pardosa amenata</i> (CLERCK)	5	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1
<i>Pardosa lugubris</i> (WALCKENAER)	1	1	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pardosa palustris</i> (LINNAEUS)	3	10	1	2	2	2	2	1	1	0	3	9	2	0	1	0	5	9
<i>Pardosa prativaga</i> (L. KOCH)	7	4	13	32	23	24	9	6	0	2	33	29	11	8	2	3	8	22
<i>Pardosa pullata</i> (CLERCK)	0	0	1	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Pardosa spec.</i>	3	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Pirata hygrophilus</i> THORELL	0	1	1	3	0	1	1	1	0	3	2	2	2	1	0	1	0	0
<i>Pirata latitans</i> (BLACKWALL)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	1	2
<i>Trochosa ruricola</i> (DE GEER)	0	4	0	2	8	1	0	0	0	1	6	2	0	0	2	0	0	0
<i>Trochosa terricola</i> THORELL	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Trochosa spec.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xerolycosa miniata</i> (C. L. KOCH)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Lycosidae	2	3	0	0	57	38	1	0	0	0	1	8	0	0	33	1	0	1

Fortsetzung Tab. 7.11 Artenliste der auf den drei Feldern mittels Bodenfallen gefangenen Araneae der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3					
	2004 Erbse		2005 Winterweizen		2006 Wintergerste		2004 Winterweizen		2005 Erbse		2006 Winterweizen		2004 Wechselweizen		2005 Winterweizen		2006 Erbse	
	100 %	50 %	"100 %" "50 %"	"100 %" "50 %"	"100 %" "50 %"	"100 %" "50 %"	"100 %" "50 %"	"100 %" "50 %"	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
<b>Pisauridae</b>																		
<i>Pisaura mirabilis</i> (CLERCK)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Salicidae</b>																		
<i>Euophrys frontalis</i> (WALCKENAER)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Euophrys petrensis</i> C. L. KOCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tetragnathidae</b>																		
<i>Pachygnatha degeeri</i> SUNDEVALL	1	5	7	6	31	26	19	6	0	0	13	10	6	2	2	3	2	4
<i>Tetragnatha extensa</i> (LINNAEUS)	1	5	5	6	31	26	19	6	0	0	13	10	6	2	2	3	2	4
	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Theridiidae</b>																		
<i>Achaearanea riparia</i> (BLACKWALL)	0	0	0	3	2	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Enoplognatha mordax</i> THORELL <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Enoplognatha thoracica</i> (HAHN)	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Robertus neglectus</i> (O. P. CAMBRIDGE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theridion bimaculatum</i> (LINNAEUS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theridion impressum</i> L. KOCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Thomisidae</b>																		
<i>Ozyptila trux</i> (BLACKWALL)	1	0	2	4	1	6	0	2	0	0	3	2	1	1	0	3	1	4
<i>Xysticus kochi</i> THORELL	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xysticus ulmi</i> (HAHN)	1	0	1	4	1	6	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	1	4
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Zodariidae</b>																		
<i>Zodarium rubidum</i> SIMON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
<b>Zoridae</b>																		
<i>Zora spinimana</i> (SUNDEVALL)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>94</b>	<b>162</b>	<b>323</b>	<b>986</b>	<b>2038</b>	<b>2660</b>	<b>407</b>	<b>243</b>	<b>177</b>	<b>238</b>	<b>1082</b>	<b>1951</b>	<b>228</b>	<b>207</b>	<b>445</b>	<b>659</b>	<b>385</b>	<b>1275</b>

<sup>1</sup> Rote Liste-Art in Sachsen-Anhalt (Kategorie 3)

Tab. 7.12 Artenliste der auf den drei Feldern aufgetretenen Unkräuter der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3					
	2004 Erbse		2005 Winterweizen		2006 Wintergerste		2004 Winterweizen		2005 Erbse		2006 Winterweizen		2004 Wechselweizen		2005 Winterweizen		2006 Erbse	
	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %
<i>Anagallis arvensis</i> LINNAEUS	/ <sup>1</sup>	/	0	0	0	0	/	/	7,5	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1
<i>Apera spica-venti</i> (LINNAEUS) <sup>3</sup>	/	/	5,4	13,3	0,4	1,7	/	/	0,8	0	0	0	/	/	0	1,7	0	0
	0	0	0	0,3	0	9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (LINNAEUS)	/	/	0	0	0	0	/	/	0,8	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centaurea cyanus</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	60,8	27,5	0	26,7	/	/	0	0	0,4	2,5
	0	0	0	0,5	0	1,0	<0,1	<0,1	0	0,9	0,1	0,7	0	0	<0,1	0,2	0	0,3
<i>Cirsium arvense</i> (LINNAEUS)	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0,4	0	/	/	2,9	0	1,7	0
	0	0	0,6	0,2	0,9	0,5	0	<0,1	0	0	0	0,1	0,3	<0,1	2,6	3,5	0,1	0,1
<i>Euphorbia helioscopia</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0,4	0,8
	0	0	0	<0,1	0	0	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0	<0,1	0	<0,1
<i>Fumaria officinalis</i> LINNAEUS	/	/	0,8	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0,4	0	0	0
	0,1	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	5,3	0	0,1	0	0	0,6	<0,1	0	0,1
<i>Galium aparine</i> LINNAEUS	/	/	0,4	0	0	0,8	/	/	0	0	0	5,0	/	/	0	0	0	0
	0,1	0	0	1,4	0	<0,1	0	0	0	5,2	0	3,8	0	0	<0,1	<0,1	0	0,2
<i>Lamium amplexicaule</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	4,2	4,2	0	0	/	/	1,7	2,5	0	15,8
	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	4,1	0	2,2
<i>Matricaria inodora</i> LINNAEUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,4	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	0	0	0	<0,1	<0,1	0	0
<i>Mercurialis annua</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0,4	0
	0,6	26,2	0,1	4,1	0	0,8	0	0	0,6	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	0	0
<i>Myosotis arvensis</i> (LINNAEUS)	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0	0	0	<0,1	0	<0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	0	0

/: nicht erhoben

<sup>1</sup> obere Zahl: Anzahl der Pflanzen pro m<sup>2</sup> vor Herbizidbehandlung<sup>2</sup> untere Zahl: Bedeckungsgrad (%) der 1. Bonitur nach der Herbizidbehandlung<sup>3</sup> als Monokotyle immer als Helme pro m<sup>2</sup> bestimmt

Fortsetzung Tab. 7.12 Artenliste der auf den drei Feldern aufgetretenen Unkräuter der Jahre 2004-2006 (n = 6).

Art	Feld 1						Feld 2						Feld 3					
	2004		2005		2006		2004		2005		2006		2004		2005		2006	
	Erbse	100 %	Winterweizen	100 %	Wintergerste	100 %	Winterweizen	100 %	Erbse	100 %	Winterweizen	100 %	Wechselweizen	100 %	Winterweizen	100 %	Erbse	100 %
<i>Papaver rhoeas</i> LINNAEUS	/ <sup>1</sup>	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0 <sup>2</sup>	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	0	0	0
<i>Polygonum aviculare</i> LINNAEUS	/	/	0	0,4	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
<i>Polygonum convolvulus</i> LINNAEUS	/	/	0,4	0,8	0	0	/	/	1,7	24,2	0	3,3	/	/	2,1	0,8	0,4	1,7
	0,3	1,7	0	1,1	0,2	0	<0,1	0,1	0	21,9	0	2,9	0	0	1,1	1,1	0	0,9
<i>Polygonum persicaria</i> LINNAEUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stellaria media</i> (LINNAEUS)	/	/	0	1,3	0	0	/	/	3,3	0	0	0	/	/	0	1,7	0,4	1,3
	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	2,1	<0,1	0,1
<i>Thlaspi arvense</i> LINNAEUS	/	/	0	0	0	0	/	/	0,8	1,7	0	0	/	/	0	0,8	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i> LINNAEUS	/	/	0,4	7,1	0	0	/	/	0,8	0	0	0	/	/	2,1	10,0	0	0
	0	0,1	0,1	0,8	0	0	0	0,1	0	0,4	0	0	0	0	0,5	0,9	0	<0,1
<i>Veronica persica</i> POIRET	/	/	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0	/	/	1,3	1,7	0	3,3
	0	0	<0,1	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	0	0	1,0	3,4	0	0,1
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	/	/	0,8	0	0	0	/	/	0,8	0	0	0	/	/	2,5	1,7	0	1,7
	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	0	0	0	0	0,7	0,8	0	0	0,1

/: nicht erhoben

<sup>1</sup> obere Zahl: Anzahl der Pflanzen pro m<sup>2</sup> vor Herbizidbehandlung<sup>2</sup> untere Zahl: Bedeckungsgrad (%) der 1. Bonitur nach der Herbizidbehandlung

**Tab. 7.13** Signifikanzen der Versuchsvarianten *Vicia faba* mit unterschiedlichen Insektizid-dosierungen ohne und mit Prädator (P, *C. c.*: *Chrysoperla carnea*, *C. 7*: *Coccinella 7-punctata*) (Welch-Test, n.s.  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ) (n = 7-10).

Variante	Vergleich der Dosen	Tage nach Insektizidbehandlung											
		1	2	3	7	9	14						
ohne P	0 - 25 %	0,0010	**	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0291	*
	0 - 40 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0010	**	0,0014	**	0,7938	n.s.
	0 - 50 %	0,0017	**	0,0010	**	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0004	***	0,0714	n.s.
	0 - 55 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0118	*
	0 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0091	**
	0 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0071	**
	25 - 40 %	0,4956	n.s.	0,3698	n.s.	0,2142	n.s.	0,2125	n.s.	0,1345	n.s.	0,0140	*
	25 - 50 %	0,0524	n.s.	0,0680	n.s.	0,0515	n.s.	0,1574	n.s.	0,3359	n.s.	0,4210	n.s.
	25 - 55 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,3509	n.s.
	25 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0001	***	0,0010	**	0,2497	n.s.
	25 - 100 %	0,0001	***	< 0,0001	***	0,0003	***	0,0064	**	0,0008	***	0,1741	n.s.
	40 - 50 %	0,0429	*	0,0295	*	0,9823	n.s.	0,7669	n.s.	0,5933	n.s.	0,0515	n.s.
	40 - 55 %	0,0063	**	0,0073	**	0,0030	**	0,0010	**	< 0,0001	***	0,0054	**
	40 - 75 %	0,0132	*	0,0110	*	0,0026	**	0,0020	**	0,0002	***	0,0032	**
	40 - 100 %	0,0160	*	0,0140	*	0,0048	**	0,0056	**	0,0002	***	0,0023	**
	50 - 55 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0002	***	0,1391	n.s.
	50 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0007	***	0,0859	n.s.
	50 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0008	***	0,0006	***	0,0577	n.s.
55 - 75 %	0,3775	n.s.	0,6113	n.s.	0,8501	n.s.	0,2933	n.s.	0,2879	n.s.	0,9299	n.s.	
55 - 100 %	0,5256	n.s.	0,6413	n.s.	0,6106	n.s.	0,1766	n.s.	0,4115	n.s.	0,7916	n.s.	
75 - 100 %	0,9804	n.s.	0,9421	n.s.	0,5389	n.s.	0,5359	n.s.	0,8669	n.s.	0,8464	n.s.	
mit C. c.	0 - 25 %	0,7181	n.s.	0,0040	**	0,0601	n.s.	0,0432	*	0,0771	n.s.	0,1043	n.s.
	0 - 40 %	0,0110	*	0,0008	***	0,0244	*	0,0488	*	0,1395	n.s.	0,6884	n.s.
	0 - 50 %	0,3380	n.s.	0,0009	***	0,0114	*	0,0274	*	0,1111	n.s.	0,1052	n.s.
	0 - 55 %	0,0138	*	0,0005	***	0,0117	*	0,1166	n.s.	0,1622	n.s.	0,2482	n.s.
	0 - 75 %	0,0248	*	0,0003	***	0,0042	**	0,0234	*	0,0575	n.s.	0,0847	n.s.
	0 - 100 %	0,0063	**	0,0002	***	0,0030	**	0,0262	*	0,0678	n.s.	0,1701	n.s.
	25 - 40 %	< 0,0001	***	0,1957	n.s.	0,7146	n.s.	0,8639	n.s.	0,4131	n.s.	0,1776	n.s.
	25 - 50 %	0,3300	n.s.	0,2793	n.s.	0,3775	n.s.	0,4979	n.s.	0,5681	n.s.	0,9837	n.s.
	25 - 55 %	0,0001	***	0,0913	n.s.	0,3850	n.s.	0,3943	n.s.	0,1565	n.s.	0,1985	n.s.
	25 - 75 %	0,0004	***	0,0422	*	0,1012	n.s.	0,3214	n.s.	0,3436	n.s.	0,6509	n.s.
	25 - 100 %	< 0,0001	***	0,0063	**	0,0610	n.s.	0,4318	n.s.	0,6946	n.s.	0,4560	n.s.
	40 - 50 %	0,0100	*	0,8451	n.s.	0,4586	n.s.	0,3769	n.s.	0,7820	n.s.	0,1792	n.s.
	40 - 55 %	0,6666	n.s.	0,5519	n.s.	0,4763	n.s.	0,4637	n.s.	0,7715	n.s.	0,4365	n.s.
	40 - 75 %	0,1554	n.s.	0,2618	n.s.	0,0446	*	0,2284	n.s.	0,1965	n.s.	0,1412	n.s.
	40 - 100 %	0,1353	n.s.	0,0147	*	0,0180	*	0,3161	n.s.	0,2977	n.s.	0,2988	n.s.
	50 - 55 %	0,0151	*	0,4678	n.s.	0,9885	n.s.	0,1827	n.s.	0,5219	n.s.	0,2016	n.s.
	50 - 75 %	0,0403	*	0,2345	n.s.	0,1629	n.s.	0,6597	n.s.	0,2567	n.s.	0,6325	n.s.
	50 - 100 %	0,0040	**	0,0222	*	0,0609	n.s.	0,9169	n.s.	0,4058	n.s.	0,4632	n.s.
55 - 75 %	0,3519	n.s.	0,6204	n.s.	0,2165	n.s.	0,1316	n.s.	0,0431	n.s.	0,1107	n.s.	
55 - 100 %	0,1109	n.s.	0,0628	n.s.	0,0946	n.s.	0,1632	n.s.	0,0826	n.s.	0,5950	n.s.	
75 - 100 %	0,0175	*	0,1238	n.s.	0,2592	n.s.	0,6678	n.s.	0,4148	n.s.	0,2753	n.s.	
mit C. 7	0 - 25 %	0,0108	*	0,0639	n.s.	0,0276	*	0,2668	n.s.	0,3760	n.s.	0,1052	n.s.
	0 - 50 %	0,0002	***	0,0009	***	0,0004	***	0,0084	**	0,0160	*	0,0027	**
	0 - 100 %	< 0,0001	***	0,0004	***	0,0002	***	0,0038	**	0,0068	**	0,0006	***
	25 - 50 %	0,0442	*	0,0309	*	0,0058	**	0,0029	**	0,0013	**	0,0050	**
	25 - 100 %	0,0119	*	0,0053	**	0,0012	**	0,0007	***	0,0002	***	< 0,0001	***
50 - 100 %	0,6521	n.s.	0,1996	n.s.	0,2383	n.s.	0,0746	n.s.	0,0774	n.s.	0,0530	n.s.	
mit C. c. + C. 7	0 - 25 %	0,0691	n.s.	0,0880	n.s.	0,1920	n.s.	0,2456	n.s.	0,2490	n.s.	0,2008	n.s.
	0 - 50 %	0,0093	**	0,0071	**	0,0116	*	0,0316	*	0,0288	*	0,0148	*
	0 - 100 %	0,0044	**	0,0042	**	0,0109	*	0,0317	*	0,0363	*	0,0244	*
	25 - 50 %	0,0089	**	0,0004	***	0,0008	***	0,0599	n.s.	0,0516	n.s.	0,0460	*
	25 - 100 %	0,0004	***	0,0001	***	0,0007	***	0,0558	n.s.	0,0774	n.s.	0,1019	n.s.
50 - 100 %	0,2472	n.s.	0,2720	n.s.	0,7898	n.s.	1,0000	n.s.	0,4444	n.s.	0,3225	n.s.	



**Tab. 7.14** Signifikanzen der Versuchsvarianten *Vicia faba* mit unterschiedlichen Herbizid-dosierungen ohne und mit Prädator (P, *Chrysoperla carnea*) (Welch-Test, n.s.  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ) (n = 10).

Vari- ante	Vergleich der Dosen	Tage nach der Herbizidbehandlung											
		1		4		7		8		11		14	
ohne P	0 - 25 %	0,4381	n.s.	0,1101	n.s.	0,3746	n.s.	0,3658	n.s.	0,2098	n.s.	0,1847	n.s.
	0 - 40 %	0,5872	n.s.	0,4535	n.s.	0,4348	n.s.	0,1607	n.s.	0,0002	***	0,0003	***
	0 - 50 %	0,2468	n.s.	0,9090	n.s.	0,0218	*	0,0063	**	< 0,0001	***	0,0002	***
	0 - 55 %	0,1509	n.s.	0,0021	**	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	0 - 75 %	0,0440	*	0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	0 - 100 %	0,3683	n.s.	0,0015	**	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	25 - 40 %	0,7319	n.s.	0,5627	n.s.	0,1262	n.s.	0,0268	*	0,0068	**	0,0027	**
	25 - 50 %	0,8283	n.s.	0,1119	n.s.	0,0007	***	0,0001	***	0,0005	***	0,0010	**
	25 - 55 %	0,0300	*	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	25 - 75 %	0,0079	**	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	25 - 100 %	0,0908	n.s.	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	n.t.	
	40 - 50 %	0,4588	n.s.	0,4914	n.s.	0,2243	n.s.	0,2529	n.s.	0,0985	n.s.	0,0502	n.s.
	40 - 55 %	0,0308	*	0,002	**	0,0007	***	0,0001	***	0,0004	***	n.t.	
	40 - 75 %	0,0074	**	0,0001	***	0,0002	***	< 0,0001	***	0,0003	***	n.t.	
	40 - 100 %	0,1074	n.s.	0,0010	**	0,0006	***	0,0003	***	0,0003	***	n.t.	
	50 - 55 %	0,0049	**	0,0009	***	0,0007	***	< 0,0001	***	0,0042	**	n.t.	
	50 - 75 %	0,0014	**	< 0,0001	***	0,0001	***	< 0,0001	***	0,0035	**	n.t.	
	50 - 100 %	0,0197	*	0,0009	***	0,0012	**	0,0003	***	0,0035	**	n.t.	
	55 - 75 %	0,4407	n.s.	0,1010	n.s.	0,2422	n.s.	0,2569	n.s.	0,4111	n.s.	n.t.	
	55 - 100 %	0,5228	n.s.	0,4378	n.s.	0,7661	n.s.	0,7487	n.s.	0,3886	n.s.	n.t.	
75 - 100 %	0,1738	n.s.	0,4707	n.s.	0,5030	n.s.	0,2330	n.s.	0,8061	n.s.	n.t.		
mit P	0 - 25 %	0,6583	n.s.	0,6583	n.s.	0,0317	*	0,0417	*	0,0257	*	0,0282	*
	0 - 40 %	0,0267	*	0,6991	n.s.	0,3661	n.s.	0,6291	n.s.	0,8532	n.s.	0,4772	n.s.
	0 - 50 %	0,0235	*	0,0433	*	0,0016	**	0,0007	***	0,0030	**	0,0133	*
	0 - 55 %	0,7614	n.s.	0,1599	n.s.	0,0072	**	0,0003	***	0,0020	**	n.t.	
	0 - 75 %	0,3735	n.s.	0,6051	n.s.	0,0002	***	< 0,0001	***	0,0019	**	n.t.	
	0 - 100 %	0,1286	n.s.	0,0180	*	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0019	**	n.t.	
	25 - 40 %	0,0729	n.s.	0,3946	n.s.	0,6621	n.s.	0,4576	n.s.	0,1680	n.s.	0,0563	n.s.
	25 - 50 %	0,0119	*	0,0006	***	0,0529	n.s.	0,0575	n.s.	0,0726	n.s.	0,0469	*
	25 - 55 %	0,4980	n.s.	0,0246	*	0,1740	n.s.	0,0271	*	0,0301	*	n.t.	
	25 - 75 %	0,6311	n.s.	0,6831	n.s.	0,0048	**	0,0030	**	0,0272	*	n.t.	
	25 - 100 %	0,0666	n.s.	0,0001	***	0,0001	***	0,0007	***	0,0269	*	n.t.	
	40 - 50 %	0,0002	***	0,008	**	0,2196	n.s.	0,1121	n.s.	0,0484	*	0,0207	*
	40 - 55 %	0,0256	*	0,042	*	0,2164	n.s.	0,0613	n.s.	0,0364	*	n.t.	
	40 - 75 %	0,2185	n.s.	0,3799	n.s.	0,0758	n.s.	0,0344	*	0,0352	*	n.t.	
	40 - 100 %	0,0013	**	0,0028	**	0,0135	*	0,0166	*	0,0350	*	n.t.	
	50 - 55 %	0,0892	n.s.	0,1628	n.s.	0,7794	n.s.	0,3315	n.s.	0,1695	n.s.	n.t.	
	50 - 75 %	0,0077	**	0,2424	n.s.	0,1007	n.s.	0,0150	*	0,1231	n.s.	n.t.	
	50 - 100 %	0,4861	n.s.	0,3464	n.s.	< 0,0001	***	0,0001	***	0,1191	n.s.	n.t.	
	55 - 75 %	0,2880	n.s.	0,5569	n.s.	0,4871	n.s.	0,5587	n.s.	0,3934	n.s.	n.t.	
	55 - 100 %	0,2873	n.s.	0,0343	*	0,0459	*	0,1207	n.s.	0,3434	n.s.	n.t.	
75 - 100 %	0,0363	*	0,1284	n.s.	0,0214	*	0,0587	n.s.	0,3434	n.s.	n.t.		

**Tab. 7.15** Signifikanzen der Versuchsvarianten *Vicia faba* mit unterschiedlichen Herbizid- und Insektiziddosierungen ohne und mit Prädator (P, *Chrysoperla carnea*) (Welch-Test, n.s.  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ) (n = 10).

Variante	Vergleich der Dosen	Tage nach der Herbizidbehandlung											
		4		5		7		11		13		14	
ohne P	0 - 25 %	0,1407	n.s.	0,1429	n.s.	0,0005	***	0,0002	***	0,0001	***	0,0001	***
	0 - 40 %	0,1100	n.s.	0,0501	n.s.	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***
	0 - 50 %	0,9487	n.s.	0,8995	n.s.	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***
	0 - 55 %	0,0024	**	0,0002	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***
	0 - 75 %	0,0004	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***
	0 - 100 %	0,0006	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***
	25 - 40 %	0,0022	**	0,0085	**	0,0303	*	0,1887	n.s.	0,4499	n.s.	0,6045	n.s.
	25 - 50 %	0,1126	n.s.	0,1284	n.s.	0,0016	**	0,0004	***	0,0068	**	0,008	**
	25 - 55 %	< 0,0001	***	0,0005	***	< 0,0001	***	0,0004	***	0,0047	**	0,005	**
	25 - 75 %	< 0,0001	***	0,0001	***	< 0,0001	***	0,0003	***	0,0045	**	n.t.	
	25 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0003	***	0,0045	**	n.t.	
	40 - 50 %	0,0628	n.s.	0,0747	n.s.	0,1866	n.s.	0,0058	**	0,0144	*	0,0174	*
	40 - 55 %	0,0531	n.s.	0,044	*	0,0044	**	0,0038	**	0,0088	**	0,0096	**
	40 - 75 %	0,0041	**	0,0032	**	0,0024	**	0,0030	**	0,0083	**	n.t.	
	40 - 100 %	0,0107	*	0,0020	**	0,0018	**	0,0030	**	0,0083	**	n.t.	
	50 - 55 %	0,0004	***	0,0005	***	0,0881	n.s.	0,4723	n.s.	0,2898	n.s.	0,3803	n.s.
	50 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0433	*	0,2546	n.s.	0,2389	n.s.	n.t.	
	50 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0312	*	0,2546	n.s.	0,2389	n.s.	n.t.	
	55 - 75 %	0,1298	n.s.	0,0769	n.s.	0,0895	n.s.	0,1298	n.s.	0,1323	n.s.	n.t.	
	55 - 100 %	0,2912	n.s.	0,0436	*	0,0163	*	0,1298	n.s.	0,1323	n.s.	n.t.	
75 - 100 %	0,8109	n.s.	0,6967	n.s.	0,1940	n.s.	n.t.		n.t.		n.t.		
mit P	0 - 25 %	0,2103	n.s.	0,4772	n.s.	0,0544	n.s.	0,3599	n.s.	0,2424	n.s.	0,0893	n.s.
	0 - 40 %	0,0015	*	0,0076	**	0,0183	*	0,0327	*	0,0382	*	0,0344	*
	0 - 50 %	0,2440	n.s.	0,1522	n.s.	0,0020	**	0,0308	*	0,0342	*	n.t.	
	0 - 55 %	0,0001	***	< 0,0001	***	0,0012	**	0,0306	*	0,0342	*	n.t.	
	0 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0006	***	0,0306	*	0,0342	*	n.t.	
	0 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0006	***	0,0306	*	0,0342	*	n.t.	
	25 - 40 %	0,0003	***	0,0026	**	0,5546	n.s.	0,0738	n.s.	0,2182	n.s.	0,3411	n.s.
	25 - 50 %	0,0278	*	0,0475	*	0,0549	n.s.	0,0678	n.s.	0,1897	n.s.	n.t.	
	25 - 55 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0223	*	0,0672	n.s.	0,1897	n.s.	n.t.	
	25 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0055	**	0,0672	n.s.	0,1897	n.s.	n.t.	
	25 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0052	**	0,0672	n.s.	0,1897	n.s.	n.t.	
	40 - 50 %	0,0181	*	0,0919	n.s.	0,1508	n.s.	0,1749	n.s.	0,1689	n.s.	n.t.	
	40 - 55 %	0,2506	n.s.	0,0769	n.s.	0,0586	n.s.	0,1372	n.s.	0,1689	n.s.	n.t.	
	40 - 75 %	0,0017	**	0,0014	**	0,0113	*	0,1372	n.s.	0,1689	n.s.	n.t.	
	40 - 100 %	0,0129	*	0,0026	**	0,0104	*	0,1372	n.s.	0,1689	n.s.	n.t.	
	50 - 55 %	0,0012	**	0,0003	***	0,4458	n.s.	0,3434	n.s.	n.t.		n.t.	
	50 - 75 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0261	*	0,3434	n.s.	n.t.		n.t.	
	50 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0223	*	0,3434	n.s.	n.t.		n.t.	
	55 - 75 %	0,0013	**	0,0006	***	0,0619	n.s.	n.t.		n.t.		n.t.	
	55 - 100 %	0,0492	*	0,0054	**	0,0504	n.s.	n.t.		n.t.		n.t.	
75 - 100 %	0,1192	n.s.	0,3724	n.s.	0,3434	n.s.	n.t.		n.t.		n.t.		

**Tab. 7.16** Signifikanzen der Versuchsvariante *Triticum aestivum* mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen ohne und mit Prädator (*P. Chrysoperla carnea*) (Welch-Test, n.s.  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ , n = 7).

Vari- ante	Vergleich der Dosen	Tage nach der Insektizidbehandlung													
		1	5	8	12	15	19	22							
ohne P	0 - 25 %	0,0019	**	0,0110	*	0,0112	*	0,0133	*	0,0109	*	0,7485	n.s.	0,8408	n.s.
	0 - 50 %	0,0003	***	0,0002	***	0,0003	***	0,0038	**	0,0291	*	0,0292	*	0,3862	n.s.
	0 - 100 %	0,0001	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0002	***	< 0,0001	***	0,0341	*	0,0464	*
	25 - 50 %	0,1801	n.s.	0,3296	n.s.	0,1323	n.s.	0,2918	n.s.	0,6482	n.s.	0,0068	**	0,1935	n.s.
	25 - 100 %	0,0094	**	0,0055	**	0,0033	**	0,0003	***	0,0004	***	0,0173	*	0,0436	*
	50 - 100 %	0,0074	**	0,0044	***	0,0101	*	0,0048	**	0,0006	***	0,5211	n.s.	0,0588	n.s.
mit P	0 - 25 %	0,0065	**	0,0421	*	0,0587	n.s.	0,0143	*	0,4946	n.s.	0,9796	n.s.	0,5768	n.s.
	0 - 50 %	0,0002	***	0,0012	**	0,0031	**	0,0019	**	0,0070	**	0,4410	n.s.	0,3669	n.s.
	0 - 100 %	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0004	***	< 0,0001	***	< 0,0001	***	0,0151	*	0,6111	n.s.
	25 - 50 %	0,0807	n.s.	0,0248	*	0,0070	**	0,1013	n.s.	0,2559	n.s.	0,4386	n.s.	0,4459	n.s.
	25 - 100 %	0,0130	*	0,0011	**	0,0015	**	0,0005	***	0,0214	*	0,0181	*	0,9013	n.s.
	50 - 100 %	0,1300	n.s.	0,0398	*	0,0638	n.s.	0,0120	*	0,0035	**	0,2667	n.s.	0,4871	n.s.

**Tab. 7.17** Signifikanzen der Versuchsvariante *Triticum aestivum* und *Vicia faba* mit unterschiedlichen Insektiziddosierungen ohne und mit Prädator (*P. Chrysoperla carnea*) (Welch-Test, n.s.  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ ,  $n = 7$ ).

Vari- ante	Vergleich der Dosen	Tage nach der Insektizidbehandlung									
		1	5	8	12	15	19	22			
<i>T. a.</i> ohne P	0 - 25 %	0,0184 *	0,0406 *	0,0074 **	0,0102 *	0,2075 n.s.	0,4716 n.s.	0,2666 n.s.			
	0 - 50 %	0,0004 ***	0,0005 **	0,0006 ***	0,0003 **	0,7560 n.s.	0,3667 n.s.	0,4734 n.s.			
	0 - 100 %	< 0,0001 ***	0,0003 ***	0,0001 ***	0,0004 ***	0,0378 *	0,1421 n.s.	0,0308 *			
25 - 50 % 25 - 100 %	n.s.	0,1305 n.s.	0,3243 n.s.	0,1513 n.s.	0,2139 n.s.	0,0571 n.s.	0,1035 n.s.	0,1157 n.s.			
	*	0,0168 *	0,0027 **	0,0017 **	< 0,0001 ***	0,0214 *	0,0238 *	0,0231 *			
	*	0,0192 *	0,0017 **	0,0077 **	0,0039 **	0,0004 ***	0,5947 n.s.	0,0419 *			
<i>V. f.</i> ohne P	0 - 25 %	0,7306 n.s.	0,7649 n.s.	0,3587 n.s.	0,9294 n.s.	0,5641 n.s.	0,2552 n.s.	0,6933 n.s.			
	0 - 50 %	0,1841 n.s.	0,2569 n.s.	0,0746 n.s.	0,8117 n.s.	0,9668 n.s.	0,0275 *	0,7945 n.s.			
	0 - 100 %	0,0178 *	0,0266 *	0,0136 *	0,0055 **	0,2114 n.s.	0,2244 n.s.	0,0702 n.s.			
25 - 50 % 25 - 100 %	n.s.	0,4344 n.s.	0,3807 n.s.	0,2618 n.s.	0,9301 n.s.	0,4480 n.s.	0,0956 n.s.	0,8262 n.s.			
	n.s.	0,1465 n.s.	0,0353 *	0,0298 *	0,0898 n.s.	0,4328 n.s.	0,9866 n.s.	0,1440 n.s.			
	n.s.	0,5257 n.s.	0,1106 n.s.	0,0986 n.s.	0,0358 *	0,0877 n.s.	0,0893 n.s.	0,0864 n.s.			
<i>T. a.</i> mit P	0 - 25 %	0,0587 n.s.	0,4071 n.s.	0,4095 n.s.	0,8100 n.s.	0,4054 n.s.	0,3629 n.s.	0,3867 n.s.			
	0 - 50 %	0,0007 ***	0,0011 **	0,0009 ***	0,0133 *	0,0025 **	0,2065 n.s.	0,2766 n.s.			
	0 - 100 %	0,0004 ***	0,0002 ***	0,0003 ***	0,0003 ***	0,0003 ***	0,1141 n.s.	0,0235 *			
25 - 50 % 25 - 100 %	***	0,0014 **	0,0029 **	0,0113 *	0,0128 *	0,0128 *	0,0451 *	0,0369 *			
	***	< 0,0001 ***	0,0006 ***	< 0,0001 ***	0,0009 ***	0,0009 ***	0,0184 *	0,0012 **			
	n.s.	0,0878 n.s.	0,0885 n.s.	0,0893 n.s.	0,0472 *	0,9474 n.s.	0,1776 n.s.				
<i>V. f.</i> mit P	0 - 25 %	0,9019 n.s.	0,8780 n.s.	0,3498 n.s.	0,3159 n.s.	0,3508 n.s.	0,1586 n.s.	0,9448 n.s.			
	0 - 50 %	0,6972 n.s.	0,6924 n.s.	0,5589 n.s.	0,2825 n.s.	0,1215 n.s.	0,9471 n.s.	0,7179 n.s.			
	0 - 100 %	0,5178 n.s.	0,3942 n.s.	0,5024 n.s.	0,7750 n.s.	0,6501 n.s.	0,6855 n.s.	0,6504 n.s.			
25 - 50 % 25 - 100 %	n.s.	0,6050 n.s.	0,6932 n.s.	0,0420 *	0,0263 *	0,0099 **	0,1202 n.s.	0,7358 n.s.			
	n.s.	0,2368 n.s.	0,2482 n.s.	0,7416 n.s.	0,5399 n.s.	0,1287 n.s.	0,3666 n.s.	0,5147 n.s.			
	n.s.	0,6591 n.s.	0,1262 n.s.	0,0927 n.s.	0,2208 n.s.	0,1663 n.s.	0,6939 n.s.	0,2437 n.s.			

## Danksagung

Ohne die Hilfe von zahlreichen Menschen wäre diese Arbeit nie möglich gewesen. Daher möchte ich mich ganz herzlich bedanken bei...

...*Herrn PD Dr. Bernd Freier* für die Überlassung des Themas und seine wertvollen Tipps sowie die hilfreichen Diskussionen...

...*Herrn Prof. Dr. Axel Gzik* für sein Interesse an der Arbeit, seine Unterstützung und Anregungen sowie die Übernahme der Begutachtung....

...*Frau Prof. Dr. Christa Volkmar* für die Determination der Spinnen....

...der ganzen *Arbeitsgruppe von Herrn PD Dr. Bernd Freier* und den vielen helfenden Händen von Diplomand/innen, Masterand/innen und studentischen Hilfskräften bei der Feldarbeit...ein besonderer Dank gebührt dabei...*Ute Müller* für all ihre Hilfen, besonders beim endlosen Blattlauszählen im „dunklen Tierteknikum“, denn schließlich „arbeiten wir hier wissenschaftlich“...*Birgit Schlage* für all ihre Unterstützungen in jeglicher Situation auf und neben dem Feld...*Andreas Schober* für die Hilfe bei der Determination „kniffliger“ Laufkäferarten....

...allen anderen *Mitarbeitern von IP*, die stets ein offenes Ohr für mich hatten und besonders bei den *Gärtner/innen*, den *Handwerkern*, den *Bibliothekarinnen*, *Herrn Dr. E. Moll* für die Einweihung in die Geheimnisse der statistischen Welt und *Herrn Dr. U. Wittchen* für die Bereitstellung der Wetterdaten....

...der *Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Dr. Axel Gzik*, besonders bei *Gabriele Gehrman* und *Karin Späth* für die lustigen Stunden während des Praktikums und darüber hinaus...

...*Herrn Hartmann* sowie *seinen Partnern und Mitarbeitern* für die Bereitstellung der Untersuchungsflächen und für die Hilfe bei der Versuchsdurchführung....

...der *Deutschen Bundesstiftung Umwelt* und der *Gemeinschaft der Förderer und Freunde der BBA* für ihre finanzielle Unterstützung....

...*meinen Freunden* und *Lacrosse-Mädels*, die mich immer wieder erfolgreich von der Arbeit abgelenkt haben...

...*meiner Familie*, für Euer Interesse an der Arbeit und Eure Anteilnahme an meinen Beschäftigungen wie Blattlaus- und „Erbsenzählen“ sowie Euer großes Verständnis und Eure Unterstützung....

...und ganz besonders bei Dir, lieber *Carsten*, für Deine Geduld und Kraft, die Du mir während der gesamten Zeit gegeben hast. Ohne Deinen Rückhalt und Deine Liebe hätte ich es nicht geschafft.

# Curriculum vitae

## Persönliche Daten

Name Kerstin Schumacher  
Geburtsdatum 27.04.1978  
Geburtsort Berlin

## Wissenschaftlicher Werdegang

Seit 06/2004 Promotionsstudentin in der AG Ökophysiologie am Institut für Biochemie und Biologie der Universität Potsdam mit externer Arbeitsstelle an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Kleinmachnow, Stipendiatin der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

12/2003 – 05/2004 Volontärin an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Kleinmachnow

10/1997 – 08/2003 Studium der Biologie am Institut für Biologie der Freien Universität Berlin,  
Diplomarbeit: *Nachweis einer neuen Funktion exokriner Drüsensekrete: Das Wehrsekret von Phratora vitellinae (Chrysomelidae) schützt die Larven vor Pilzinfektionen,*  
Abschluss: Diplom-Biologin

## Schulbildung

09/1988 – 08/1997 Bertha von Suttner Oberschule in Berlin  
Abschluss: Abitur

09/1984 – 08/1988 Till-Eulenspiegel Grundschule in Berlin

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Dissertation selbständig ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Hochschule vorgelegen.

Potsdam, den 16.07.2007

Kerstin Schumacher