

# **Schädlingsmonitoring und Entwicklung von nachhaltigen Pflanzenschutzstrategien in Spinatkulturen**

Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Hannover  
zur Erlangung des Grades eines

**DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN**

**- Dr. rer. nat. -**

genehmigte Dissertation

von

**Dipl.-Biol. Thomas Klug**

geboren am 20. Januar 1974, in Hameln

**2006**

Referent: Prof. Dr. Hans-Michael Poehling

Korreferent: Prof. Dr. Klaus Wächtler

Tag der Promotion: 10.01.2006

## ZUSAMMENFASSUNG

Auf Spinatanbauflächen der Firma Unilever Deutschland GmbH wurden in den Jahren 2001 bis 2004 Versuche zur Entwicklung alternativer Schädlingsbekämpfungsstrategien durchgeführt. Als häufigste Schaderreger traten in allen drei Jahren die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Homoptera: Aphididae) sowie Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) auf den Spinatanbauflächen auf.

Als direkte Bekämpfungsstrategie wurde der Einsatz von natürlichen Schädlingsbekämpfungsmitteln und Nützlingen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz des Neem-Präparates, NeemAzal-T/S® keine Wirkung gegen die Schwarze Bohnenlaus, aber eine Wirkung gegen Raupen der Gammaeule aufwies. Darüber hinaus konnten Larven der Gammaeule erfolgreich durch das *Bacillus thuringiensis*-Präparat, XenTari® bekämpft werden.

Um einem Befall mit Raupen der Gammaeule vorzubeugen, wurde die Eignung von *Trichogramma*-Eiparasitoiden untersucht. Diese Nützlinge zeigten eine gute Parasitierungsleistung, aber ein unzureichendes Dispersionsverhalten. Vor einer kommerziellen Anwendung sollte die Ausbringungstechnik optimiert werden.

Zur Steuerung von Pflanzenschutzmassnahmen wurde die Eignung von artspezifischen Pheromonfallen zur Befallsprognose für die Gammaeule untersucht. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die Anzahl gefangener Männchen bei wöchentlicher Kontrolle der Pheromonfallen gut mit dem Befall auf den Feldern korrelierte.

Durch ein gezieltes Management der Spinatanbauflächen könnte das Befallsrisiko durch Schädlinge minimiert werden. Daher wurde der Einfluss von Landschaftselementen auf das Vorkommen von Schad- und Nutzarthropoden untersucht, um Befallssituationen genauer zu charakterisieren. Ein eindeutiger Einfluss bestimmter Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen konnte nicht nachgewiesen werden.

**Schlagwörter:** Spinat, biologische Schädlingskontrolle, Landschaftsanalyse

## ABSTRACT

Abiding by the principles of sustainable agriculture, alternative pest control strategies were developed and tested on spinach fields belonging to the company Unilever Deutschland GmbH within the time frame 2001-2004. The chief pests of spinach cultures were colonies of the black bean aphid, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) and caterpillars of the silver Y moth, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae).

Direct pest control strategies exploiting organic pesticides and beneficials were tested. The results show that one application of the neem-based pesticide, NeemAzal-T/S<sup>®</sup> was inefficient on black bean aphids but effective against caterpillars of the silver Y moth. Moreover, the *Bacillus thuringiensis*-preparation, XenTari<sup>®</sup> was best on different larval stages of the silver Y moth in laboratory and field experiments.

To prevent a caterpillar infestation the suitability of *Trichogramma* egg parasitoids was investigated under field and greenhouse conditions. The tested strains showed a high parasitisation efficiency but dispersal in the field was limited. For commercial use the release technique should be optimized.

For timing of plant protection treatments against the silver Y moth caterpillars, specific pheromone traps as a forecasting tool were tested. Good correlations between the number of weekly trapped males and the caterpillar infestations on spinach fields were obtained.

To minimize pest infestation risk on spinach fields cropping arrangements might be useful. Therefore the influence of landscape elements on the colonization of spinach fields by different arthropod species was investigated. No clear relationship between pest infestation situations and landscape area composition in the vicinity of the selected spinach fields could be detected.

**Keywords:** spinach, biological control, landscape analysis

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>1. ALLGEMEINE EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MONITORING VON SCHAD- UND NUTZARTHROPODEN IN FREILANDSPINATKULTUREN</b> .....	<b>12</b>
2.1 EINLEITUNG .....	12
2.2 MATERIAL UND METHODEN.....	14
2.2.1 <i>Phänologie und Abundanz der Arthropodenfauna in Spinat- kulturen</i> .....	14
2.2.1.1 Statistische Datenanalyse.....	16
2.2.2 <i>Ermittlung eines geeigneten Boniturzeitpunktes zur Erfassung der Populationsdichte von Schaderregern</i> .....	23
2.2.2.1 Statistische Datenanalyse.....	23
2.2.3 <i>Erhebung meteorologischer Daten</i> .....	24
2.3 ERGEBNISSE.....	24
2.3.1 <i>Analyse der meteorologischen Daten</i> .....	24
2.3.2 <i>Raupen der Gammaeule im Winterspinat</i> .....	29
2.3.3 <i>Artenzusammensetzung von Schad- und Nutzinsekten im Sommerpinat</i> .....	30
2.3.4 <i>Abundanzen der Hauptschädlinge im Sommerspinat</i> .....	37
2.3.5 <i>Abundanzen des Siebenpunkt-Marienkäfers im Sommer- spinat</i> .....	46
2.3.6 <i>Wahl des geeigneten Boniturzeitpunkts</i> .....	49
2.4 DISKUSSION.....	54
2.4.1 <i>Monitoring</i> .....	54
2.4.2 <i>Der geeignete Boniturzeitpunkt</i> .....	61

<b>3. LABOR- UND FREILANDUNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ VON BACILLUS THURINGIENSIS- UND NEEM-PRÄPARATEN GEGEN DIE RAUPEN DER GAMMAEULE UND DIE SCHWARZE BOHNENLAUS.....</b>	<b>65</b>
3.1 EINLEITUNG .....	65
3.2 MATERIAL UND METHODEN.....	68
3.2.1 <i>Laboruntersuchungen zur Wirksamkeit des Bacillus thuringiensis-Präparates, XenTari® im Einsatz gegen Raupen der Gammaeule.....</i>	<i>68</i>
3.2.1.1 Statistische Datenanalyse.....	70
3.2.2 <i>Freilanduntersuchungen zur Wirksamkeit des Bacillus thuringiensis-Präparates, XenTari® und des Neem- Präparates, NeemAzaI®-T/S im Einsatz gegen Raupen der Gammaeule und die Schwarze Bohnenlaus .....</i>	<i>71</i>
3.2.2.1 Statistische Datenanalyse.....	73
3.3 ERGEBNISSE.....	74
3.3.1 <i>Laborergebnisse zur Wirksamkeit von XenTari® im Einsatz gegen verschiedene Entwicklungsstadien der Gammaeule .....</i>	<i>74</i>
3.3.2 <i>Die Wirksamkeit von XenTari® und NeemAzaI®-T/S im Freilandeinsatz gegen Raupen der Gammaeule und die Schwarze Bohnenlaus .....</i>	<i>85</i>
3.4 DISKUSSION.....	91
3.4.1 <i>Labor- und Freilanduntersuchungen zur Wirksamkeit des Bacillus thuringiensis-Präparates, XenTari®.....</i>	<i>91</i>
3.4.2 <i>Der Einsatz von NeemAzaI®-T/S gegen die Schwarze Bohnenlaus und Raupen der Gammaeule .....</i>	<i>93</i>

<b>4. LABOR- UND FREILANDUNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ VON TRICHOGRAMMA-EIPARASITOIDEN ZUR BEKÄMPFUNG DER GAMMAEULE .....</b>	<b>96</b>
4.1 EINLEITUNG .....	96
4.2 MATERIAL UND METHODEN.....	99
4.2.1 <i>Die untersuchten Trichogramma-Stämme</i> .....	99
4.2.2 <i>Gewächshausuntersuchungen</i> .....	99
4.2.2.1 Statistische Datenanalyse.....	102
4.2.3 <i>Freilanduntersuchungen</i> .....	102
4.2.3.1 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm I.....	102
4.2.3.2 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm II.....	104
4.2.3.3 Datenanalyse .....	106
4.3 ERGEBNISSE.....	108
4.3.1 <i>Ergebnisse des Gewächshausversuches</i> .....	108
4.3.1.1 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm I.....	108
4.3.1.2 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm II.....	108
4.3.2 <i>Ergebnisse des Freilandversuches</i> .....	110
4.3.2.1 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm I.....	110
4.3.2.2 <i>Trichogramma brassicae</i> Stamm II.....	111
4.4 DISKUSSION.....	117
<b>5. EINSATZ VON PHEROMONFALLEN ZUR PROGNOSE EINES BEFALLS DER SPINATKULTUREN MIT RAUPEN DER GAMMAEULE.....</b>	<b>127</b>
5.1 EINLEITUNG .....	127
5.2 MATERIAL UND METHODEN.....	131
5.2.1 <i>Auswahl geeigneter Fallensysteme, Pheromonbeladungsraten und Dispenserstandzeiten</i> .....	131

5.2.1.1	Versuche zur Eignung verschiedener Fallensysteme .....	133
5.2.1.2	Versuche zur Eignung verschiedener Pheromonbeladungsraten.....	133
5.2.1.3	Versuche zur Wahl einer geeigneten Dispenserstandzeit.....	133
5.2.1.4	Statistische Datenanalyse.....	134
5.2.2	<i>Beifang in den Topffallen .....</i>	<i>134</i>
5.2.3	<i>Erfassung der Flugaktivität von Gammaeulen im Anbauggebiet Wahl der geeigneten Fallenanzahl.....</i>	<i>134</i>
5.2.3.1	Statistische Datenanalyse.....	135
5.2.4	<i>Einsatz von Pheromonfallen zur Prognose eines Gammaeulenbefalls in Spinatkulturen .....</i>	<i>140</i>
5.2.4.1	Statistische Datenanalyse.....	140
5.3	ERGEBNISSE.....	143
5.3.1	<i>Eignung von Fallentypen, Pheromonbeladungsraten und Dispenserstandzeiten.....</i>	<i>143</i>
5.3.1.1	Die Fallentypen .....	143
5.3.1.2	Die unterschiedlichen Pheromonbeladungsraten.....	144
5.3.1.3	Die Dispenserstandzeiten .....	145
5.3.2	<i>Der Beifang in den Topffallen.....</i>	<i>147</i>
5.3.3	<i>Ergebnisse der Untersuchung zum räumlichen und zeitlichen Auftreten der Gammaeule im Anbauggebiet .....</i>	<i>148</i>
5.3.4	<i>Die Prognose eines Raupenbefalls auf den Spinatanbauflächen .....</i>	<i>167</i>
5.4	DISKUSSION.....	177
5.4.1	<i>Fallentypen, Pheromonbeladungsraten und Dispenserwechselzeitpunkte.....</i>	<i>177</i>

5.4.2	<i>Die Phänologie der Gammaeule im Untersuchungszeitraum.....</i>	183
5.4.3	<i>Prognose eines Raupenbefalls der untersuchten Spinatanbauflächen .....</i>	188
<b>6.</b>	<b>CHARAKTERISIERUNG DER LANDSCHAFTSSTRUKTUR IN DEN DREI GEOGRAFISCHEN ANBAUREGIONEN .....</b>	<b>193</b>
6.1	EINLEITUNG .....	193
6.2	MATERIAL UND METHODEN.....	194
6.2.1	<i>Berechnung der Indizes zur Beschreibung der Landschafts- struktur der drei geografischen Anbauregionen .....</i>	194
6.3	ERGEBNISSE.....	195
6.4	DISKUSSION.....	199
<b>7.</b>	<b>EINFLUSS VON LANDSCHAFTSSTRUKTUREN AUF DIE BESIEDLUNG VON SPINATANBAUFLÄCHEN MIT SCHAD- UND NUTZARTHROPODEN – DIE ENTWICKLUNG EINER BEFALLSPROGNOSE.....</b>	<b>200</b>
7.1	EINLEITUNG .....	200
7.2	MATERIAL UND METHODEN.....	205
7.2.1	<i>Das Untersuchungsgebiet.....</i>	205
7.2.2	<i>Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden auf Spinat- feldern .....</i>	205
7.2.3	<i>Die Landschaftsanalyse.....</i>	207
7.2.3.1	Eigene Kartierungsdaten im 600 m-Radius um die Spinatfelder .....	207
7.2.3.2	Landschaftsdaten aus dem Amtlich Topografisch- Kartografischen Informationssystem (ATKIS) im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder .....	210
7.2.4	<i>Statistische Datenanalyse.....</i>	212
7.2.4.1	<i>RandomForest.....</i>	212

7.2.4.2	Binäre Logistische Regression mit <i>cutpoint</i> -Analyse .....	213
7.2.4.3	Multiple Regression mit der Rückwärts-Methode.....	216
7.3	ERGEBNISSE.....	217
7.3.1	<i>Quantifizierung der Landschaftselemente und Landschafts- element-Klassen im Umkreis der Spinatfelder .....</i>	<i>217</i>
7.3.1.1	Daten der eigenen Landschaftskartierung im Radius von 600 m um die Spinatfelder.....	217
7.3.1.2	Daten der Landschaftsbeschreibung auf Basis des ATKIS-Datensatzes im Radius von 1.200 m um die Spinatfelder .....	217
7.3.2	<i>Das Vorhersagemodell basierend auf der randomForest- Analysemethode .....</i>	<i>217</i>
7.3.3	<i>Vorhersagemodell auf Basis der binären logistischen Regressionsanalyse für die verschiedenen cutpoints .....</i>	<i>222</i>
7.3.3.1	Die Vorhersage von Eiern und Raupen der Gammaeule.....	222
7.3.3.2	Die Vorhersage von Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten .....	225
7.3.3.3	Die Vorhersage von Individuen des Siebenpunkt- Marienkäfers und von Individuen aller weiteren Coccinellidenarten.....	232
7.3.4	<i>Einfluss der einzelnen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen auf die Vorhersage.....</i>	<i>238</i>
7.3.4.1	Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf die Gammaeule ...	239
7.3.4.2	Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten.....	241
7.3.4.3	Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers und anderer Coccinelliden- Arten .....	244
7.4	DISKUSSION.....	247

7.4.1	<i>Zusammensetzung der Landschaft</i> .....	247
7.4.2	<i>Die Vorhersage einer Besiedlung von Spinatanbauflächen durch Schad- und Nutzarthropoden auf Basis von Landschaftsdaten</i> .....	247
7.4.2.1	Vorhersage von Eiern und Raupen der Gammaeule .....	247
7.4.2.2	Vorhersage von Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten .....	251
7.4.2.3	Vorhersage des Siebenpunkt-Marienkäfers und anderer Coccinellidenarten.....	253
7.4.3	<i>Methodenkritik</i> .....	255
<b>8.</b>	<b>ABSCHLUSSDISKUSSION</b> .....	<b>257</b>
8.1	<i>Die Bekämpfung der Schwarzen Bohnenlaus</i> .....	260
8.2	<i>Die Bekämpfung der Gammaeule</i> .....	262
8.3	<i>Praxistaugliche Strategien zur Bekämpfung eines Gammaeulenbefalls</i> .....	269
<b>9.</b>	<b>SUMMARY</b> .....	<b>275</b>
<b>10.</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>279</b>
<b>11.</b>	<b>DATENANHANG</b> .....	<b>312</b>
	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>352</b>
	<b>PUBLIKATIONEN</b> .....	<b>353</b>
	<b>TAGUNGSBEITRÄGE</b> .....	<b>354</b>
	<b>LEBENS LAUF</b> .....	<b>356</b>

## 1. ALLGEMEINE EINLEITUNG

Mit dem Erdgipfel vom 3. bis 14. Juni 1992 wurde Nachhaltigkeit als internationales Leitprinzip der Staatengemeinschaft der Weltwirtschaft und Politik anerkannt und ist Grundprinzip der Rio Deklaration und Agenda 21 (UNITED NATIONS 1992). Komponenten dieses Leitprinzips sind die Gewährleistung der Nahrungsmittelversorgung, dauerhafter Erhalt der Produktionsgrundlagen, Minimierung der Umweltbelastungen, Erhalt der biologischen Vielfalt, Sicherstellung der ökonomischen Existenzfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe, Berücksichtigung intergenerationaler Gerechtigkeit und Verfolgen einer nachhaltigen Entwicklung im globalen Maßstab (WAHMHOFF 2000).

Auch der Konzern Unilever\* widmet sich seit Mitte der 1990er Jahre einer praktischen Umsetzung dieses Leitprinzips (UNILEVER 1999, UNILEVER 2002). Unilever versucht eine „nachhaltige Entwicklung“ im Sinne einer Kurzfassung der Brundtland-Definition („*Meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs*“, UNILEVER 2004) (UNITED NATIONS 1992) umzusetzen. Es wurden Nachhaltigkeits-Initiativen in verschiedenen Bereichen, wie „Fischerei“, „Wasser-Management“ und „Landwirtschaft“ ins Leben gerufen (UNILEVER 2004).

Als einer der größten Konzerne der Welt ist Unilever ein Haupteinkäufer und Hauptverarbeiter landwirtschaftlicher Rohwaren (UNILEVER 2002). Mehr als zwei Drittel der Rohwaren für Unilevers Markenartikel stammen aus der Landwirtschaft (UNILEVER 2002). Der Konzern hält einen besonders hohen Anteil an der weltweiten Produktion von fünf wichtigen Nutzpflanzen [Spinat (tiefgefroren): 28 % am Weltaufkommen, Schwarzer Tee 16 % am Weltaufkommen, Erbsen (tiefgefroren): 13 % am Weltaufkommen, Palmöl:

---

\* **Unilever** ist ein internationaler Konzern mit Firmen aus mehr als 90 Ländern aller Kontinente. Im Wesentlichen verteilen sich die Unilever Marken auf die beiden Geschäftsfelder „Home and Personal Care“ und „Food“. Das Produkt Portfolio setzt sich aus einem Mix lokaler, regionaler und internationaler Marken zusammen. Beispiele bekannter Foodmarken des Konzerns sind: Annapurna, Bertoli, Hellmann's, Knorr, Lipton, Magnum, Ragu und bei Tiefkühlkost Iglo, Birds Eye und Findus (UNILEVER 2003a).

Weltaufkommen, Erbsen (tiefgefroren): 13 % am Weltaufkommen, Palmöl: 7 % am Weltaufkommen, Tomaten: 7 % am Weltaufkommen] und ist aus diesem Grunde von der Zukunft der Landwirtschaft hochgradig abhängig. Daher wurde Mitte der 1990er Jahre die Gründung der Initiative „Nachhaltige Landwirtschaft“ veranlasst (UNILEVER 2003a). In einem 1998 von Unilever durchgeführten Workshop unter internationaler Beteiligung wurden 10 Indikatoren zur Beschreibung nachhaltiger Landwirtschaft definiert (UNILEVER 2002). Da Landwirtschaft aus ökologischer Sicht nachhaltig sein muss, war die Auswahl der Indikatoren zuerst auf stoffliche Aspekte wie (1) Bodenfruchtbarkeit, (2) Bodenerosion, (3) Nährstoffe, (4) Pflanzenschutz (5) Biologische Vielfalt, (6) Produktwert, (7) Energie und (8) Wasser beschränkt (UNILEVER 2002). Aber auch ökonomische und soziale Faktoren beeinflussen die Nutzung der Agrarlandschaft. Daher werden (9) das Sozial- und Humankapital und (10) die lokale Wirtschaft als weitere Indikatoren einer nachhaltigen Landwirtschaft herangezogen (UNILEVER 2002). Für jeden der 10 Indikatoren wurden messbare Parameter definiert (UNILEVER 2002) (Tab. 1.1).

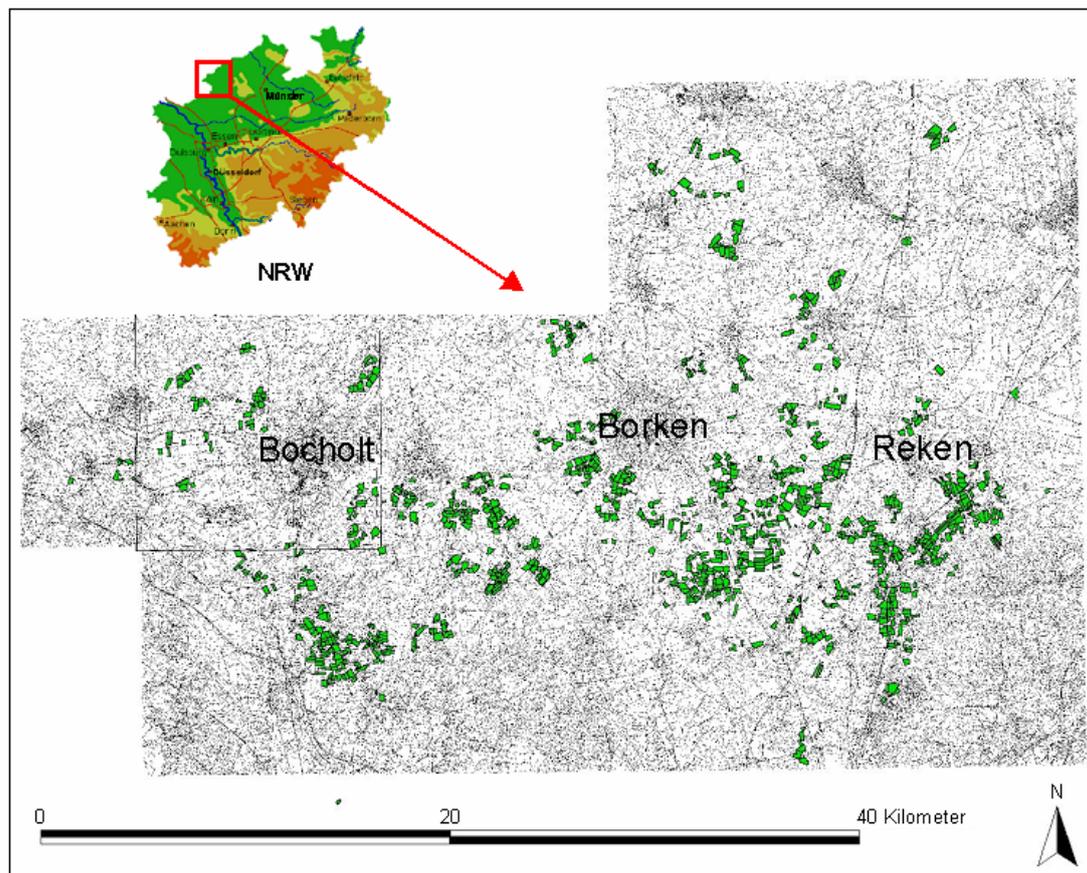
Um die Indikatoren zu testen, wurden Pilotprojekte in den Produktionsbetrieben für die wichtigsten Nutzpflanzen des Konzerns (Tiefkühl-Spinat, Tee, Tiefkühl-Erbsen, Palmöl und Tomaten) ins Leben gerufen (UNILEVER 2002). In jedem Pilotprojekt wurden auf Basis der 10 Indikatoren eigene Parameter definiert. Es wurden Anbauer sowie lokale nichtstaatliche Organisationen und Forschungs-Einrichtungen aus der jeweiligen Region des Landes involviert (UNILEVER 2002). Die ersten Jahre der Projektphase (1998 - 2000) dienten zur Erhebung einer Datengrundlage, um mithilfe der Indikatoren und deren messbarer Parameter den Einfluss der momentan praktizierten Landwirtschaft nach den Grundsätzen der „guten fachlichen Praxis“ auf die Umwelt, die Ökonomie und sozialen Bedingungen einer Anbauregion zu messen. Dann wurde mit einer stetigen Verbesserung der Anbaupraxis unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit begonnen.

Tab. 1.1 Die 10 Indikatoren der Nachhaltigkeit (UNILEVER 2002).

SUSTAINABLE AGRICULTURE INDICATORS	
<p> <b>1 Soil fertility/health</b> Soil is fundamental to agricultural systems, and a rich soil ecosystem contributes to crop and livestock performance. Sustainable practices can improve beneficial components of the soil's ecosystem. <i>Parameters:</i> • Number of beneficial organisms (e.g., earth worms per square meter) • Number of predatory mites • Number of beneficial micro-organisms • Soil organic carbon (measure of healthy soil structure)</p> <p> <b>2 Soil loss</b> Soil eroded by water and wind can lose both structure and organic matter, diminishing the assets of an agricultural system. Sustainable practices can reduce soil erosion. <i>Parameters:</i> • Soil cover index (proportion of time soil is covered with crop; protects against leaching and erosion, promotes water binding) • Soil erosion (loss of top soil in percentage per annum or in t/ha/annum)</p> <p> <b>3 Nutrients</b> Crops and livestock need a balance of nutrients. Some of these can be created locally (e.g. nitrogen), and some must be imported. Nutrients are lost through cropping, erosion and emissions to the air. Sustainable practices can enhance locally produced nutrients and reduce losses. <i>Parameters:</i> • Amount of inorganic Nitrogen (N) Phosphates (P) Potassium (K) applied (per ha or per tonne of product) • Proportion of N fixed on site/imported • Balance of N/P/K over crop rotations • Emissions of N-compounds to air</p> <p> <b>4 Pest management</b> When pesticides are applied to crops or livestock, a small but significant proportion can escape to water and air or accumulate in foods, affecting ecosystems and human health. Sustainable practices can substitute natural controls for some pesticides, reducing dependence on synthetic substances. <i>Parameters:</i> • Amount of pesticides (active ingredient) applied (per ha or per tonne of product) • Type applied (profiling, positive list, weighting factor) • Percentage of crop under Integrated Pest Management (IPM)</p> <p> <b>5 Biodiversity</b> Agriculture has shaped most ecosystems in the world, and biodiversity can be improved or reduced by agricultural practices. Some biodiversity is highly beneficial for agriculture. Sustainable practices can improve biodiversity - by 'greening the middle' of fields as well as 'greening the edge'. <i>Parameters:</i> • Level of biodiversity on site: number of species (e.g., birds, butterflies); farm landscape; habitat for natural predator systems (e.g., hedgerows, ponds, non-cropped areas) • Level of biodiversity off-site: cross-boundary effects</p>	<p> <b>6 Product value</b> Product value is a measure of the desired outputs of an agricultural system. Sustainable practices should be able to maintain or improve product value. <i>Parameters:</i> • Total value of produce per ha • Yield of target product in tonnes per ha • Conformancy to quality specifications: nutritional value, including minerals; pesticide residues; foreign bodies, etc. • Ratio of solid waste re-used/recycled over solid waste disposed to landfill</p> <p> <b>7 Energy</b> Although the energy of sunlight is a fundamental input to agriculture, the energy balance of agricultural systems depends on the additional energy supplied from non-renewable sources to power machinery. Sustainable practices can improve the energy balance and ensure that it remains positive - there is more energy coming out than going in. <i>Parameters:</i> • Balance: total energy input/total energy output, including transport where relevant • Ratio renewable over non-renewable energy inputs • Emissions to air (greenhouse and pollutant gases)</p> <p> <b>8 Water</b> Some agricultural systems make use of water for irrigation, some pollute or contaminate ground or surface water with pesticides, nutrients or soil. Sustainable practices can make targeted use of inputs, and reduce losses. <i>Parameters:</i> • Amount of water used per ha or tonne of product for irrigation • Leaching and runoff of pesticides to surface and ground water • Leaching and runoff of N/P/K (nutrients) to surface and ground water</p> <p> <b>9 Social/human capital</b> The challenge of using natural resources sustainably is fundamentally a social one. It requires collective action, the sharing of new knowledge and continuous innovation. Sustainable agriculture practices can improve both social and human capital in order to ensure normal outputs. The prime responsibility for this should remain with the local community, leading to realistic and actionable targets. <i>Parameters:</i> • Group dynamics/organisational density (farmer groups) • (Rural) community awareness of relevance and benefits of sustainable practices/connectivity to society at large • Rate of innovation</p> <p> <b>10 Local economy</b> Agricultural inputs (goods, labour, services) can be sourced from many places, but when they come from the local economy, the expenditure helps to sustain local businesses and livelihoods. Sustainable agriculture practices can help to make the best use of local and available resources in order to increase efficiency. <i>Parameters:</i> • Amount of money/profit reinvested locally • Percentage of goods/labour/services sourced locally • Employment level in local community</p>

Die vorliegende Studie ist Teil der Initiative zur nachhaltigen Landwirtschaft des Konzerns Unilever (UNILEVER 2004). Sie wurde im Rahmen des Pilotprojekts zur nachhaltigen Spinatproduktion der Firma Unilever Deutschland GmbH, Sourcing Unit Reken (UNILEVER 2003a, UNILEVER 2003b) durchgeführt und hat das Ziel, alternative Pflanzenschutzstrategien für die Spinatanbauflächen im westlichen Münsterland (Nordrhein-Westfalen) zu entwickeln und zu bewerten.

Die Firma Unilever-Deutschland GmbH produziert seit 1963 Tiefkühlspinat in dieser Region und 90 % des verarbeiteten Spinats wird von etwa 100 lokalen Vertragsanbauern bereitgestellt (Abb. 1.1). Im Jahr werden auf etwa 1.000 ha 30.000 bis 40.000 t Spinat angebaut, was etwa 12 % der weltweiten Produktion entspricht.



**Abb. 1.1** Die Spinatanbauregion der Firma Unilever Deutschland GmbH (rotes Quadrat) im westlichen Münsterland (Nordrhein-Westfalen). Grün dargestellt sind alle Spinatanbauflächen der etwa 100 Vertragsanbauer. Auf insgesamt etwa 1.000 ha werden jährlich bis zu 40.000 t Spinat angebaut.

Für eine erfolgreiche Vermarktung von qualitativ hochwertigem Gemüse ist es notwendig, dass dieses frei von Schaderregern und durch sie verursachte Schäden ist. Die am weitesten verbreitete Bekämpfungsmethode bei Schädlingsproblemen ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bei der Spinatproduktion der Firma Unilever Deutschland GmbH werden synthetische Insektizide eingesetzt.

Die Verwendung vieler synthetischer Pflanzenschutzmittel hat neben ihrer gewünschten Wirkung eine Reihe von Nachteilen. Dazu gehören u. a. Rückstände in der Umwelt (z. B. Boden und Trinkwasser) und Nahrung (HEUDORF & ANGERER 2001, KOLACZINSKI 2004), starke Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen (NIEHOFF & POEHLING 1995, FRAMTON 1999, HOLLAND *et al.* 2000, JANSEN 2000, MOREBY *et al.* 2001, CANDOLFI *et al.* 2004) und Ausbildung von Resistenzen bei den Schaderregern (ROUSH & TABASHNIK 1990, BOURDÔT & SUCKLING 1996, DENHOLM & PICKETT 1999). Ein ausschließlicher Einsatz von „Breitband-Insektiziden“ ist daher mit einer nachhaltigen Produktion (siehe 10 Indikatoren, Tab 1.1) von Agrarprodukten nicht vereinbar. Im Rahmen dieser Studie wurde daher versucht, kulturspezifische Konzepte („Paketlösungen“) zu entwickeln, die man unter dem Begriff des integrierten Pflanzenschutzes zusammenfassen kann. Schädlingsbekämpfung im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes wird von der internationalen Organisation für biologischen Pflanzenschutz (International Organisation for Biological Control, IOBC) definiert als „Schädlingsbekämpfungs-Strategie, die in Übereinstimmung mit ökonomischen-, ökologischen- und toxikologischen Voraussetzungen versucht, den Schädlingsdruck unter einer bestimmten ökonomischen Schwelle zu halten, während den natürlichen limitierenden Faktoren der Schädlinge besondere Priorität eingeräumt wird“ (KATSOYANNOS 1992). Ziel des integrierten Pflanzenschutzes besteht demnach darin, den Einsatz von synthetischen Insektiziden durch Kombinationen geeigneter Maßnahmen zu verringern und/oder zu ersetzen. In der Vergangenheit wurden bereits für verschiedene Gemüsekulturen, den Kriterien einer nachhaltigen Produktion entsprechende, integrierte Pflanzenschutzstrategien entwickelt (vgl. VAN DRIESCHE & BELLOWS 1996, BELLOWS & FISHER 1999, CRÜGER *et al.* 2000).

Der integrierte Pflanzenschutz erfordert, im Gegensatz zur konventionellen Schädlingsbekämpfung, eine umfassende Kenntnis der Biologie und Phänologie von Schädlingsarten und ihrer natürlichen Gegenspieler innerhalb eines Ökosystems (DENT 1991). Zentraler Punkt jedes integrierten Pflanzenschutz-Programms ist daher ein kontinuierliches Monitoring von Schädlingen und Nützlingen in der zu schützenden Kultur (VAN DRIESCHE & BELLOWS 1996, BINNS *et al.* 2000). Um verlässliche Aussagen zur regionalen Verbreitung, Phänologie und Ökologie der vorkommenden Arten machen zu können, wurde in den Spinatkulturen ein umfassendes Monitoring während der Vegetationsperioden der Jahre 2001 bis 2003 durchgeführt. Erst durch diese mehrjährigen Untersuchungen war es möglich, die Phänologie und Abundanz relevanter Arten nachweisen zu können (Kapitel 2).

Zur Vermeidung und Bekämpfung eines Schadinsektenbefalls im Gemüseanbau werden als direkte Maßnahmen z. B. Kulturschutznetze, verschiedene Bioinsektizide und natürliche Gegenspieler eingesetzt (BELLOWS & FISHER 1999, VAN DRIESCHE & BELLOWS 1996, HOFFMANN *et al.* 2002). Besonders im Unterglas-Gemüseanbau sind Massenfreisetzungen von Nützlingen weit verbreitet (HÅGVAR & HOF SVANG 1991, ALBAJES *et al.* 1999, PARELLA *et al.* 1999). In einer Reihe von Fällen konnten Schädlinge auch im Freiland durch Massenfreisetzungen von Nützlingen erfolgreich bekämpft werden (vgl. ELZEN & KING 1999), jedoch spielt hier die biologische Bekämpfung von Schädlingen mit ausgebrachten Nützlingen bislang nur eine untergeordnete Rolle. In fast allen erfolgreichen Fällen wurden Parasitoide gegen Blattläuse und Lepidopterenlarven eingesetzt (z. B. DE BACH 1964, LAING & HAMAI 1976, HÅGVAR & HOF SVANG 1991). In Deutschland werden insbesondere Eiparasitoide aus der Gattung *Trichogramma* zur Bekämpfung von Schmetterlingen in Mais und in verschiedenen Gemüsekulturen unter Freilandbedingungen eingesetzt (ZIMMERMANN 2004). Da die meisten Nützlinge auf bestimmte Wirtsarten spezialisiert sind, kann erst nach einer genauen Kenntnis der relevanten Schaderreger entschieden werden, welche Parasitoidenarten zum Einsatz kommen können. Des Weiteren ist es notwendig, die Eignung der Nützlinge für eine erfolgreiche Anwendung im Wirtshabitat zu untersuchen (HÅGVAR & HOF SVANG 1991, WÜHRER 1996, ZIMMERMANN 2004). Mögliche

Beeinträchtigungen von Nichtzielarten durch die in Massen ausgebrachten Nützlinge müssen ebenfalls mit berücksichtigt werden (BABENDREIER *et al.* 2003a, BABENDREIER *et al.* 2003b, KUSKE *et al.* 2004).

Da im Spinat die Larven von Lepidopteren die wichtigste Schaderregergruppe darstellen (Anbauberater, mündl. Mitteilung) könnte mit dem gezielten Einsatz von Eiparasitoiden das Vorkommen von Schadraupen verringert werden. Die Eignung kommerziell erhältlicher *Trichogramma*-Arten wurde in der vorliegenden Studie in Gewächshaus- und Freilandversuchen getestet (Kapitel 4).

Als weitere Möglichkeit einer direkten Bekämpfung der Schaderreger bieten sich der Einsatz von Virus-, Bakterien-, Pilz- und Nematoden-Präparaten sowie die Nutzung von pflanzlichen Naturstoffen mit insektizider Wirkung an (SCHMUTTERER & HUBER 2005).

Besonders Präparate auf Basis des insektenpathogenen Bakteriums *Bacillus thuringiensis*, so genannte *B.t.*-Präparate, werden bereits seit Jahrzehnten erfolgreich gegen verschiedene Schadinsekten eingesetzt und zeichnen sich besonders durch eine hohe Wirtsspezifität aus (SCHMUTTERER & HUBER 2005). In den letzten Jahren kamen verstärkt Neem-Präparate auf den Markt. Dabei handelt es sich um breitenwirksame Insektenbekämpfungsmittel die als wichtigste insektizide, häutungsverhindernde und sterilisierende Substanz, das Tetranortriterpenoid Azadirachtin enthalten (SCHMUTTERER & HUBER 2005).

Die beiden genannten Schädlingsbekämpfungs-Präparate zeichnen sich besonders durch ihre gute Umweltverträglichkeit aus. Sie besitzen außerdem eine geringe Halbwertszeit, d. h. sie werden schnell abgebaut und führen somit zu geringen Rückständen in Nahrung und Umwelt. Ihre Wirkung auf Nichtzielorganismen ist darüber hinaus gering (PIETRANTONIO & BENEDICT 1999, GOUDEGNON *et al.* 2000, NIEMANN & HILBIG 2000, KLEEBERG 2000). In Freilandversuchen konnte beobachtet werden, dass *Trichogramma*-Schlupfwespen von *B.t.*-Präparaten verschont werden (SALMA & ZAKI 1985, ULRICHS *et al.* 2001). Nur für den Einsatz der Neem-Präparate konnte in vereinzelt Laborstudien eine erhöhte Mortalität bei Nützlingen, wie Florfliegen (Neuroptera: Chrysopidae) und Schlupfwespen (Hymenoptera: Aphidiidae) nachgewiesen werden (HERMANN *et al.* 1996,

BUCHHEIM 2001, HECHT-ROST 2001).

Besonders gegen die Raupen verschiedener Schadschmetterlinge zeigen Neem- und *Bacillus thuringiensis*-Präparate (*B.t.*-Präparate) eine hohe Wirksamkeit (z. B. STAPEL *et al.* 1998, KLEEBERG 2000, SCHMUTTERER & HUBER 2005). Manche Schadlepidopterenarten können jedoch mit diesen biologischen Präparaten nicht ausreichend bekämpft werden. In einem Versuch von KRÜGER (1997) führte eine Behandlung von Motten aus der Familie Tortricidae mit einem Neem- und einem *B.t.*-Präparat zu unbefriedigenden Ergebnissen. Eine Überprüfung der Wirksamkeit der Präparate gegenüber den Schaderregern ist also vor einer großflächigen Anwendung erforderlich.

In dieser Arbeit wurde die Eignung eines *B.t.*-Präparates (XenTari<sup>®</sup>) zur Bekämpfung von Larvalstadien der Gammaeule unter Labor- und Freilandbedingungen untersucht (Kapitel 3).

Im Gegensatz zur Bekämpfung von Lepidopteren mit *B.t.*- und Neem-Präparaten sind gegenüber Blattläusen nur Neem-Präparate wirksam. Sowohl in Laborversuchen als auch in Freilandversuchen zeigten Neem-Präparate gute Wirkung gegenüber verschiedenen Aphidenarten, wie *Metopolophium dirhodum* (WALK.), *Myzus persicae* (SULZ.) oder *Brevicoryne brassicae* (L.) (AUNG & POEHLING 1997, BOLLANDER & ZUBER 1997, GUITIERREZ 1997). Bei Bodenapplikation eines Neem-Präparates wurde eine gute Wirkung des Mittels gegen die Schwarze Bohnenlaus *Aphis fabae* (SCOP.) auf Bohnen (*Vicia faba*) nachgewiesen (BASEDOW *et al.* 2002).

Die Wirksamkeit eines Neem-Präparates, NeemAzal<sup>®</sup>-T/S zum Einsatz gegen Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus wurde unter Praxisbedingungen getestet (Kapitel 3).

Für den gezielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist es hilfreich einen Befallsverlauf vorhersagen zu können. Zu diesem Zweck können Pheromonfallen z. B. zur Überwachung von Schmetterlingspopulationen eingesetzt werden (HOWSE *et al.* 1998, REDDY & GUERRERO 2000, REDDY & GUERRERO 2001). Auf Basis der Fallenfänge kann ein Prognosemodell entwickelt werden, mit dessen Hilfe ein Raupenbefall vorhergesagt werden kann (Kapitel 5). Die Anzahl adulter Schmetterlinge in

den Pheromonfallen muss allerdings positiv mit dem Schädlingsbefall korreliert sein, um die Schädlingsentwicklung zuverlässig vorhersagen zu können (KNODEL & AGNELLO 1990). Bei Überschreiten einer Schadschwelle kann dann eine entsprechende Pflanzenschutzmaßnahme z. B. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durchgeführt werden (HOWSE *et al.* 1998). Dieses Vorgehen führt in der Regel zu einer Reduzierung der Gesamtzahl der Pflanzenschutzmittelanwendungen, da der Einsatz nicht mehr prophylaktisch (sog. Kalenderspritzungen) erfolgt oder auf ungenauen Schätzungen der Befallssituation beruht.

Neben den direkten Pflanzenschutzmaßnahmen, bei denen mit dem Einsatz von Bioinsektiziden oder der Freilassung von Nützlingen auf das Vorkommen von Schaderregern in der zu schützenden Kultur reagiert wird, kommen auch längerfristige Strategien zum Einsatz, die etwa durch ein gezieltes Anbauflächenmanagement eine Reduktion des Befallsdrucks der zu schützenden Kulturlächen erreichen (ALTIERI 1994, LUNA & HOUSE 1990, OLKOWSKI *et al.* 1991, LEWIS *et al.* 1997). Hierbei wird der Einfluss von naturnahen Landschaftsstrukturen auf die Abundanz von Schad- und Nutzarthropoden genutzt, indem bestimmte Landschaftsstrukturelemente in der Umgebung der Kulturen erhalten und gefördert werden oder durch eine geeignete räumliche Wahl der Produktionsflächen gemieden werden.

In Mitteleuropa hat die Intensivierung der Landnutzung vielerorts zu strukturarmen Agrarlandschaften geführt und somit maßgeblich zu einem Rückgang der Biodiversität von Gegenspielern beigetragen. Insbesondere der Verlust von naturnahen Strukturen, die Fragmentierung der Landschaft, die hohe Frequenz von Störungen und der intensive Einsatz von Dünger und Pestiziden sind dafür verantwortlich (LETOURNEAU 1998, LANDIS *et al.* 2000, TSCHARNTKE *et al.* 2002). Wie wichtig der Anteil von naturnahen Landschaftselementen für den biologischen Pflanzenschutz ist, wird in vielen Studien postuliert (POWELL 1986, GLIESSMANN 1990, BURDEL & BAUDRY 1995, FRY 1995, BIGNAL & McCRAKEN 1996, MATSON *et al.* 1997, GURR *et al.* 2003, WEIBULL *et al.* 2003, BOLLER *et al.* 2004). Naturnahe Landschaftselemente bieten natürlichen Gegenspielern, wie Parasitoiden und Prädatoren, Nahrungsquellen in Form von Blütenpflanzen, Alternativbeutetieren oder Alternativwirten (BOHAN *et al.* 2000, BOLLER *et al.*

2004). Sie dienen den Nützlingen nach der Ernte auch als Ausweichhabitat oder zur Überwinterung (SOTHERTON 1985). So benötigen z. B. adulte Parasitoide Nektar und Pollen als Nahrung (DYER *et al.* 1996, ZHANG *et al.* 2004), die in einer intensiv genutzten Agrarlandschaften nicht zu finden sind. Daher müssen viele Räuber nach der Ernte in einen Ersatzlebensraum am Feldrand abwandern. Zum einen kann der Schutz oder die extensive Bewirtschaftung von Habitaten (z. B. Magerrasen, extensiv bewirtschaftete Obstwiesen oder Grünland) und zum anderen die Schaffung naturnaher Kleinstrukturen (z. B. Hecken oder Ackerrandstreifen) zu einem größeren Strukturreichtum in der Agrarlandschaft führen (BAUDRY *et al.* 2000). THIES & TSCHARNTKE (1999) konnten z. B. in einem Freilandexperiment nachweisen, dass mit zunehmendem Flächenanteil naturnaher Habitate die Parasitierungsrate von Rapsschädlingen signifikant zunahm. Auch für *Pseudaletia unipunctata* (HAW.) (Lepidoptera: Noctuidae), einem Maisschädling, konnte gezeigt werden, dass eine strukturreiche Agrarlandschaft zu höheren Parasitierungsraten führte (MARINO & LANDIS 1996). Neben Parasitoiden profitieren auch Räuber von einer strukturreichen Umwelt. Eine geringere Fragmentierung naturnaher Strukturen führte beispielsweise zu einer erhöhten Abundanz der Marienkäferart *Coccinella septempunctata* (L.) in Broccolifeldern (BANKS 1999).

Auch die Schaffung temporärer oder dauerhafter naturnaher Strukturen (z. B. Brachen oder die Anlage von Ackerrandstreifen und Hecken) führt zu einer größeren Diversität und Abundanz von Räubern und Parasitoiden und damit zu einer besseren biologischen Kontrolle von Schädlingspopulationen (MARINO & LANDIS 1996, BAUDRY *et al.* 2000). So werden durch Randstreifen räuberische Laufkäfer gefördert, die Kulturflächen im Fall eines Schädlingsaufkommens sehr schnell besiedeln können (THOMAS & WRATTEN 1988). HICKMAN & WRATTEN (1992) und WHITE *et al.* (1995) beobachteten, dass mit *Phacelia tanacetifolia* bepflanzte Randstreifen die Abundanz von aphidophagen Schwebfliegenlarven in den Feldern erhöhte und zu einer besseren Bekämpfung von Blattläusen führte. Randstrukturen stellen wichtige Refugien für die Wiederbesiedlung von Parasitoiden und Räubern nach Pflanzenschutzmittelapplikationen dar (LEMKE 1999, LANGHOF 2005). Für verschiedene Arten konnte gezeigt werden, dass sich

die Populationen nach einer Pflanzenschutzmittelbehandlung in Feldern mit Ackerrandstreifen schneller erholten als auf Feldern ohne solche Strukturen (JEPSON & THAKER 1990, THOMAS *et al.* 1990, PULLEN *et al.* 1992). Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung naturnaher Landschaftselemente für das Vorkommen von Nutz- und Schadinsekten in der Agrarlandschaft und damit ihre Bedeutung für den biologischen Pflanzenschutz.

In diesem Forschungsprojekt wurde mithilfe eines geografischen Informationssystems (GIS) die Analyse eines großflächigen Anbaugebietes in Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Landschaftsstruktur und dem Auftreten von Schädlingen und Nützlingen durchgeführt. Es wurde untersucht, ob bestimmte Kulturlächen oder naturnahe Flächen einen Einfluss auf die Besiedlung der Spinatflächen mit Schad- und Nutzarthropoden haben (Kapitel 7). Positive Ergebnisse könnten langfristig in Anbauflächen-Management-Strategien umgesetzt, bzw. bei Kombinationen verschiedener Pflanzenschutzstrategien berücksichtigt werden.

Moderne Pflanzenschutzstrategien müssen mehr als eine Pflanzenschutzmaßnahme umfassen, um an die jeweilige Situation optimal angepasst zu sein (GURR & WRATTEN 1999). Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit verschiedene Strategien einbezogen und ihre Effizienz bewertet. Zum einen wurden Sofortmaßnahmen wie die gezielte Freisetzung von Nützlingen und der Einsatz von Bioinsektiziden untersucht. Zum anderen wurde versucht, mithilfe von Prognosemodellen auf Basis von Pheromonfallen-Fangdaten eine Vorhersage über den Zeitpunkt und die Stärke eines Befalls zu treffen, um erst bei Überschreiten einer definierten Schadschwelle mit einem gezielten Einsatz selektiver Bioinsektizide oder Massenfreesetzungen von Nützlingen zu beginnen. Als eine langfristige, vorbeugende Strategie wurde untersucht, ob der Befall durch bestimmte Landschaftsstrukturen beeinflusst wird und sich die Ergebnisse in Management-Pläne umsetzen lassen. Kombinationen der unterschiedlichen Strategien werden diskutiert.

## **2. MONITORING DER SCHAD- UND NUTZ- ARTHROPODEN IN FREILANDSPINATKULTUREN**

### **2.1 EINLEITUNG**

Zur Vermeidung einer Beeinträchtigung der Biodiversität von Agrarökosystemen fordert ein nachhaltiger Pflanzenschutz den Einsatz spezifischer Bioinsektizide und spezialisierter Nützlinge zur Bekämpfung von schädlichen Arthropoden. Bei der konventionellen Schädlingsbekämpfung werden meist unspezifische synthetische Insektizide eingesetzt, die auch negative Auswirkungen auf unschädliche Arthropoden haben. Die genaue Kenntnis der Biologie und Phänologie der Schädlinge und ihrer natürlichen Gegenspieler innerhalb der zu schützenden Kulturen ist bei der alternativen Schädlingsbekämpfung eine Grundvoraussetzung (DENT 1991). Daher ist ein kontinuierliches Monitoring zur Evaluierung von Schad- und Nutzarthropoden der zentrale Punkt jedes integrierten Pflanzenschutz-Programms (VAN DRIESCHE & BELLOWS 1996, BINNS *et al.* 2000).

Spinat nimmt innerhalb der Freiland-Gemüsekulturen eine Sonderrolle ein, da er eine geringe Standzeit von etwa 35 Tagen von der Aussaat bis zur Ernte benötigt (KRUG 1991). Die Besiedlung der Spinatkulturen durch Arthropoden kann somit nur in einem kurzen Zeitraum stattfinden. Aufgrund der kurzen Standzeit bleibt für die Durchführung möglicher Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen nur ein kleines Zeitfenster offen. Zur Wahl des geeigneten Zeitpunktes einer Pflanzenschutzmaßnahme ist es daher notwendig, den Schädlingsbefall möglichst rechtzeitig und mit einfachen Mitteln zu beurteilen. In der vorliegenden Untersuchung wurden während der gesamten Vegetationsperiode, auf ausgesuchten Spinatkulturflächen, entsprechende Untersuchungen (Bonituren) durchgeführt.

Nach Untersuchungen von HAVERMANN (2003) erfolgt eine Besiedlung der Spinatfelder mit epigäischen Nutzarthropodenarten aus Randstrukturen oder Nachbarkulturen. Nach jeder Ernte, bzw. vor jeder Aussaat werden die Spinatanbauflächen gepflügt, was zusätzlich zum Ernteprozess zu einer starken Beeinträchtigung der Arthropoden-Populationen führt. Des Weiteren ist der Spinatanbau in dem etwa 1.500 km<sup>2</sup> großen Anbaugebiet (westliches

Münsterland, Nordrhein-Westfalen) räumlich unterschiedlich strukturiert. Pro Jahr finden maximal drei Aussaaten pro Anbaufläche statt und im darauf folgenden Jahr wird auf derselben Fläche kein Spinat angebaut. Stattdessen wird auf andere Flächen ausgewichen. Erst im vierten Jahr wird wieder auf der ersten Fläche Spinat angebaut. Die Flächen, auf denen der Spinat vom jeweiligen Anbauer in den aufeinander folgenden Jahren angebaut wird, können in einiger räumlicher Entfernung zueinander liegen. Diese Art der Flächenrotation hat den Zweck einer Bodenermüdung entgegenzuwirken.

Im Freiland-Spinatanbau werden regelmäßig verschiedene Arthropodenarten durch ihre Fraßaktivität schädlich. Dabei führen sie nicht nur durch großflächigen Blattfraß zu direkten Ertragsverlusten (Raupen) sondern spielen auch als Überträger von Pathogenen wie Viren (Blattläuse) eine bedeutende Rolle. Hinzu kommen noch die Arthropoden, die nicht etwa durch ihre Nahrungsaufnahme schädlich werden, sondern allein durch ihr Vorkommen auf der Pflanze. Diese Arthropoden sind insofern von ökonomischer Bedeutung, als sie aufgrund von Massenvorkommen auf und/oder in der Nachbarschaft von Spinatanbauflächen als Fremdkörper in den Ernte- und letztendlich in den Produktionsprozess gelangen. Sie können zu möglichen Verunreinigungen des Tiefkühlspinats führen. Besonders problematisch sind hier Arthropoden mit ausgeprägten Körpermerkmalen, wie auffällig gefärbten und harten Elytren (z. B. bei Marienkäfern) und Kopfkapseln (z. B. bei Raupen).

Aus diesen Gründen ist es bei der Planung von Pflanzenschutzstrategien notwendig, sämtliche Arthropoden (gleichgültig ob Nützling oder Schädling) zu erfassen.

Das Hauptziel des im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Monitorings bestand in der Erfassung der Arthropodenfauna in den Freiland-Spinatkulturen der Firma Unilever Deutschland GmbH. Das Monitoring wurde in den drei Vegetationsperioden der Jahre 2001 bis 2003 durchgeführt. Dadurch ist es möglich, natürliche Schwankungen in der Artenzusammensetzung und der Abundanz verschiedener Arten auf den jährlich wechselnden Anbauflächen erfassen zu können.

Durch die Kenntnis der für den Freiland-Spinatanbau bedeutsamen Arthropoden kann nach eingehenden Literaturstudien mit einer Entwicklung

von nachhaltigen Pflanzenschutzstrategien begonnen werden. Als mögliche Strategien sind zum einen der Einsatz von spezifischen Bioinsektiziden gegen die Hauptschaderreger zu nennen, zum anderen das Ausbringen von geeigneten Gegenspielern.

## 2.2 MATERIAL UND METHODEN

### ***2.2.1 Phänologie und Abundanz der Arthropodenfauna in Spinatkulturen***

Grundlage für die integrierte Schädlingsbekämpfung in Gemüsekulturen ist die Erfassung der Diversität, Phänologie und Abundanz der Schad- und Nutzarthropoden. In drei Jahren der vorliegenden Untersuchung von 2001 bis 2003 wurde ein intensives Monitoring durchgeführt, um alle auf den Spinatfeldern vorkommenden Arthropoden und den Zeitpunkt ihres Auftretens im Laufe der Anbauperioden festzustellen. Die Bonituren wurden auf Spinat-Anbauflächen der Firma Unilever Deutschland GmbH durchgeführt (Abb. 1.1, Seite 4). Die untersuchten Flächen lagen im Umkreis der Städte Reken, Wulfen, Raesfeld, Borken, Rhede, Bocholt, Hamminkeln und Brünen. Eine Beschreibung der Landschaftsstrukturierung der drei geografischen Hauptanbauregionen des Spinats findet sich in Kapitel 6. Die durchschnittliche Flächengröße der 53 im Jahr 2001 untersuchten Spinatanbauflächen betrug 6,5 ha ( $\pm 2,3$  SD). Im Jahr 2002 lag die mittlere Flächengröße der 51 untersuchten Flächen bei 5,9 ha ( $\pm 2,5$  SD) und im Jahr 2003 hatten die 31 untersuchten Flächen eine mittlere Größe von 6,0 ha ( $\pm 2,8$  SD).

Der Anbau- und Erntezeitraum des Sommerspinats erstreckt sich von April bis Oktober und wird aus produktionstechnischen Gründen in drei Aussaatzeiträume unterteilt (Tab. 2.1). Pro Jahr finden maximal drei Aussaaten auf ein und derselben Fläche statt. Ab Ende Oktober wird Winterspinat ausgesät, der erst im April des Folgejahres geerntet wird.

Tab. 2.1. Die Aussaatzeiträume der Jahre 2001 bis 2003 des Sommerspinats auf den Untersuchungsflächen.

Jahr	1. Aussaat	2. Aussaat	3. Aussaat
2001	06.03. - 14.06.	16.06. - 29.07.	11.08. - 17.08.
2002	18.03. - 07.06.	09.06. - 11.08.	11.08. - 25.08.
2003	10.03. - 16.06.	17.06.- 02.08.	11.08. - 30.08.

Die ausgewählten Flächen lagen im gesamten Anbaugebiet verteilt. Vor Beginn des Monitorings wurden drei Regionen definiert, die sich aufgrund des vorherrschenden Klimas und der Landschaftsstruktur (Kapitel 6) voneinander unterschieden. Bei der Planung der Bonituren wurde darauf geachtet, möglichst gleiche Anzahlen an Untersuchungsflächen aus jeder Region auszuwählen (Tab. 2.2 – 2.4).

Auf den Winterspinatflächen, die zu Beginn der Erntesaison in den Jahren 2001 und 2002 untersucht wurden, erfolgte jeweils eine Bonitur etwa eine Woche vor dem geplanten Erntetermin (Tab. 2.5 & 2.6). Auf den Sommerspinatflächen erfolgten bis zu drei Bonituren. Im Jahr 2001 wurden auf allen Flächen zwei Bonituren durchgeführt. Die erste erfolgte zwei Wochen nach der Aussaat im Vierblattstadium (BBCH 14, FELLER *et al.* 1995) der Spinatpflanzen. Die zweite Bonitur erfolgte 14 Tage später, d. h. ca. 5 Tage vor der Ernte (letztmöglichster Spritztermin für die im Untersuchungs-jahr 2001 verwendeten Insektizide). Zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur war der Spinatbestand 2001 bereits geschlossen (etwa BBCH 37, FELLER *et al.* 1995). In den Folgejahren (2002 und 2003) erfolgte meist nur eine Bonitur pro Fläche etwa 10 Tage vor dem geplanten Erntetermin.

Während des Erntezeitraums 2001 wurden 11 Flächen mit Winterspinat beprobt (Tab. 2.5). Weiterhin wurden 25 Sommerspinatflächen (Tab. 2.1) im ersten Aussaatzeitraum, 24 Flächen im zweiten Aussaatzeitraum und vier Flächen im dritten Aussaatzeitraum untersucht (Tab. 2.2). Es handelte sich hierbei um 41 unterschiedliche Flächen, von denen drei während aller drei Aussaatzeiträume und neun während der ersten beiden Aussaatzeiträume bonitiert wurden. Im Jahr 2002 wurden wie im Vorjahr elf Flächen mit Winterspinat untersucht (Tab. 2.6). In diesem Jahr wurden 51 Flächen im ersten und 50 Flächen im zweiten Anbauzeitraum des Sommerspinats bonitiert (Tab. 2.3). Es handelte sich hierbei um insgesamt 50 verschiedene

Flächen, auf denen während beider Anbauzeiträume Untersuchungen durchgeführt wurden. Im Jahr 2003 wurden nur Sommerspinatflächen untersucht. Es wurden insgesamt 31 unterschiedliche Flächen sowohl im ersten, als auch im zweiten Anbauzeitraum untersucht (Tab. 2.4). Eine Auswahl der Flächen erfolgte anhand von Aussaat- und Ernteplänen, die von den Anbauberatern der Firma Unilever Deutschland GmbH in einem eigens hierfür entwickelten Computerprogramm („Ernte“) erstellt wurden. Sofern Insektizideinsätze auf den Untersuchungsflächen notwendig waren, wurde die jeweilige Bonitur immer kurz vor der Applikation des Mittels durchgeführt. Alle Termine sind in den Tabellen 2.2 bis 2.5 zusammengefasst.

Insgesamt wurden 200 Spinatpflanzen pro Untersuchungsfläche untersucht. Hierfür wurden in die Flächen fünf Transekte mit einem Abstand von etwa 20 m zueinander gelegt. Pro Transekt wurden 40 Pflanzen in einem Abstand von etwa drei Metern ausgewählt und beprobt. Es erfolgte eine visuelle Kontrolle aller Pflanzenteile. Die darauf befindlichen oder zu Boden gefallenen Insekten wurden eingesammelt und in Alkohol (70 %ig) konserviert. Alle Insektenfunde wurden in Erfassungsbögen notiert. Eine Nachbestimmung der gesammelten Insekten erfolgte im Labor unter Zuhilfenahme spezieller Bestimmungsliteratur. Die Bestimmung der Wanzenarten erfolgte durch A. MELBER (Institut für Tierökologie und Zellbiologie der Tierärztlichen Hochschule, Hannover), die Bestimmung der Käferarten durch L. SCHMIDT [Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA), Schneverdingen]. Schwebfliegen wurden durch P. HONDELMANN (Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Universität Hannover) und Parasitoide von H. BAUR (Naturhistorisches Museum, Bern) und K. HORSTMANN (Theodor-Boveri-Institut für Biowissenschaften, Würzburg) bestimmt.

### 2.2.1.1 Statistische Datenanalyse

Die Boniturdaten wurden grafisch dargestellt und ausgewertet. Die saisonalen Maximalwerte der Populationsdichten der wichtigsten Schaderreger wurden zwischen den drei Jahren der Untersuchung statistisch verglichen. Hierzu wurde ein U-Test nach Mann und Whitney (SACHS 2002) verwendet. Die

Analyse erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 12.0.1). Meteorologische Daten stammen von einer Wetterstation, die sich im Zentrum des Spinatanbaugebietes in der Region 2 (Borken) befindet. Diese Daten wurden grafisch dargestellt.

# Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden

Tab. 2.2 Boniturplan des Untersuchungsjahres 2001.

Jahr	Aussaat	Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	PS-Mittel	Tag der Anwendung	PS-Mittel	Tag der Anwendung
2001	1	129J	1 (Hamminkehl)	9,0	09.03.2001	17.05.2001	02.05.2001	14.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	47G	1 (Hamminkehl)	5,3	14.03.2001	15.05.2001	02.05.2001	15.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	76A	1 (Hamminkehl)	4,0	24.03.2001	18.05.2001	03.05.2001	15.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	46B	1 (Hamminkehl)	4,3	28.03.2001	20.05.2001	03.05.2001	16.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	136B	2 (Borken)	7,0	26.03.2001	19.05.2001	04.05.2001	16.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	140H	1 (Brünen)	2,2	29.03.2001	24.05.2001	08.05.2001	18.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	128G	1 (Brünen)	6,5	02.04.2001	26.05.2001	08.05.2001	21.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	130A	1 (Brünen)	6,0	05.04.2001	27.05.2001	08.05.2001	22.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	94F	2 (Borken)	3,5	05.04.2001	27.05.2001	09.05.2001	23.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	92K	2 (Borken)	2,0	01.04.2001	25.05.2001	09.05.2001	23.05.2001	-	-	-	-	-
2001	1	87B	1 (Boholt)	8,0	06.05.2001	15.06.2001	28.05.2001	11.06.2001	-	-	-	-	-
2001	1	112N	3 (Raesfeld)	7,0	09.05.2001	17.06.2001	30.05.2001	08.06.2001	-	-	-	-	-
2001	1	139A	3 (Raesfeld)	6,0	09.05.2001	18.06.2001	30.05.2001	08.06.2001	-	-	-	-	-
2001	1	73C	3 (Raesfeld)	5,7	11.05.2001	21.06.2001	01.06.2001	11.06.2001	-	ja	12.06.2001	-	-
2001	1	75B	3 (Raesfeld)	5,0	11.05.2001	19.06.2001	01.06.2001	14.06.2001	-	ja	15.06.2001	-	-
2001	1	16A	3 (Reken)	7,0	25.05.2001	30.06.2001	12.06.2001	19.06.2001	-	ja	20.06.2001	-	-
2001	1	133D	3 (Wulfen)	7,5	27.05.2001	02.07.2001	12.06.2001	25.06.2001	-	ja	26.06.2001	-	-
2001	1	17C	3 (Wulfen)	7,2	18.05.2001	26.06.2001	07.06.2001	20.06.2001	-	ja	21.06.2001	-	-
2001	1	71A	3 (Wulfen)	12,0	19.05.2001	25.06.2001	07.06.2001	22.06.2001	-	ja	-	-	-
2001	1	74B	3 (Wulfen)	10,2	20.05.2001	27.06.2001	07.06.2001	16.06.2001	-	ja	17.06.2001	-	-
2001	1	31O	2 (Rhede)	8,0	08.06.2001	14.07.2001	27.06.2001	10.07.2001	-	-	-	-	-
2001	1	33H	2 (Rhede)	4,8	09.06.2001	15.07.2001	28.06.2001	11.07.2001	-	-	-	-	-
2001	1	137H	2 (Rhede)	5,7	12.06.2001	17.07.2001	29.06.2001	12.07.2001	-	ja	13.07.2001	-	-
2001	1	11A	2 (Borken)	5,0	13.06.2001	20.07.2001	03.07.2001	13.07.2001	-	ja	13.07.2001	-	-
2001	1	12H	2 (Borken)	9,0	14.06.2001	17.07.2001	28.06.2001	06.07.2001	-	ja	07.07.2001	-	-
2001	2	38I	2 (Borken)	5,0	16.06.2001	22.07.2001	03.07.2001	18.07.2001	-	-	-	-	-
2001	2	129J	1 (Hamminkehl)	9,0	16.06.2001	22.07.2001	03.07.2001	18.07.2001	-	-	-	-	-
2001	2	47G	1 (Hamminkehl)	5,3	18.06.2001	23.07.2001	03.07.2001	19.07.2001	-	-	-	-	-
2001	2	36L	2 (Borken)	4,5	19.06.2001	24.07.2001	03.07.2001	20.07.2001	-	-	-	-	-
2001	2	136B	2 (Borken)	7,0	20.06.2001	24.07.2001	02.07.2001	20.07.2001	-	-	-	-	-
2001	2	127B	2 (Rhede)	3,8	03.07.2001	10.08.2001	24.07.2001	02.08.2001	06.08.2001	ja	03.08.2001	-	-
2001	2	100E	3 (Raesfeld)	4,0	04.07.2001	12.08.2001	26.07.2001	03.08.2001	08.08.2001	ja	04.08.2001	-	-
2001	2	87B	1 (Boholt)	8,0	05.07.2001	12.08.2001	26.07.2001	02.08.2001	-	ja	03.08.2001	-	-
2001	2	103Z	3 (Raesfeld)	7,5	05.07.2001	12.08.2001	26.07.2001	03.08.2001	-	ja	04.08.2001	-	-
2001	2	107A	2 (Rhede)	10,2	03.07.2001	10.08.2001	24.07.2001	02.08.2001	08.08.2001	ja	03.08.2001	-	-
2001	2	64D	1 (Boholt)	8,0	10.07.2001	17.08.2001	31.07.2001	09.08.2001	14.08.2001	ja	09.08.2001	-	-
2001	2	62F	1 (Boholt)	5,0	11.07.2001	18.08.2001	01.08.2001	10.08.2001	15.08.2001	ja	10.08.2001	-	-
2001	2	73C	3 (Raesfeld)	5,7	10.07.2001	18.08.2001	01.08.2001	08.08.2001	14.08.2001	ja	09.08.2001	-	-
2001	2	75B	3 (Raesfeld)	5,0	10.07.2001	17.08.2001	01.08.2001	08.08.2001	15.08.2001	ja	10.08.2001	-	-
2001	2	72D	3 (Reken)	6,0	11.07.2001	18.08.2001	01.08.2001	10.08.2001	15.08.2001	ja	10.08.2001	-	-
2001	2	74B	3 (Wulfen)	10,2	17.07.2001	25.08.2001	09.08.2001	15.08.2001	21.08.2001	ja	20.08.2001	-	-
2001	2	16A	3 (Reken)	7,0	19.07.2001	27.08.2001	11.08.2001	13.08.2001	17.08.2001	ja	17.08.2001	-	-
2001	2	126B	2 (Borken)	8,0	26.07.2001	07.09.2001	21.08.2001	03.09.2001	-	ja	21.08.2001	-	-
2001	2	120B	3 (Reken)	13,0	27.07.2001	08.09.2001	21.08.2001	03.09.2001	-	ja	23.08.2001	-	-
2001	2	56B	2 (Borken)	7,5	28.07.2001	10.09.2001	24.08.2001	-	-	ja	24.08.2001	-	-
2001	2	18E	3 (Reken)	6,5	31.07.2001	14.09.2001	28.08.2001	07.09.2001	-	ja	24.08.2001	-	-
2001	2	12H	2 (Borken)	9,0	08.09.2001	18.09.2001	31.08.2001	07.09.2001	-	ja	29.08.2001	-	-
2001	2	11A	2 (Borken)	5,0	02.08.2001	18.09.2001	27.08.2001	30.08.2001	14.09.2001	ja	30.08.2001	-	-
2001	3	136B	2 (Borken)	7,0	16.08.2001	27.09.2001	10.09.2001	24.09.2001	05.09.2001	ja	01.09.2001	-	-
2001	3	129J	1 (Hamminkehl)	9,0	16.08.2001	28.09.2001	10.09.2001	24.09.2001	-	-	-	-	-
2001	3	41L	2 (Borken)	7,0	17.08.2001	30.09.2001	13.09.2001	26.09.2001	-	-	-	-	-
2001	3	47G	1 (Hamminkehl)	5,3	18.08.2001	01.10.2001	14.09.2001	27.09.2001	-	-	-	-	-

# Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden

Tab. 2.3 Boniturplan des Untersuchungsjahres 2002.

Jahr	Aussaat	Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	PS-Mittel	Tag der Anwendung	PS-Mittel	Tag der Anwendung
2002	1	65C	1 (Hamminkehl)	8,0	19.03.2002	16.05.2002	02.05.2002	08.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	64C	1 (Bocholt)	5,2	22.03.2002	17.05.2002	02.05.2002	08.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	100F	3 (Raesfeld)	9,0	23.03.2002	18.05.2002	-	09.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	112D	2 (Borken)	10,3	23.03.2002	20.05.2002	-	15.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	73A	3 (Raesfeld)	2,0	23.03.2002	23.05.2002	-	16.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	84A	1 (Bocholt)	4,5	25.03.2002	18.05.2002	-	15.05.2002	-	-	-	-	-
2002	1	101I	3 (Raesfeld)	7,5	25.03.2002	19.05.2002	15.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	78E	3 (Raesfeld)	5,5	03.04.2002	26.05.2002	16.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	75A	3 (Raesfeld)	4,0	05.04.2002	23.05.2002	16.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	72N	3 (Wulffen)	6,0	05.04.2002	27.05.2002	17.05.2002	-	-	ja	21.05.2002	-	-
2002	1	71H	3 (Wulffen)	5,5	11.04.2002	30.05.2002	22.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	71J	3 (Wulffen)	5,0	11.04.2002	30.05.2002	22.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	17H	3 (Wulffen)	4,0	13.04.2002	31.05.2002	23.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	74A	3 (Raesfeld)	11,0	15.04.2002	02.06.2002	23.05.2002	-	-	-	-	-	-
2002	1	133J	3 (Wulffen)	4,0	17.04.2002	03.06.2002	27.05.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	31P	2 (Rhede)	6,0	19.04.2002	04.06.2002	27.05.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	133F	3 (Wulffen)	6,0	19.04.2002	04.06.2002	-	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	33C	2 (Rhede)	7,0	21.04.2002	05.06.2002	23.05.2002	27.05.2002	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	56A	2 (Borken)	5,5	22.04.2002	02.06.2002	24.05.2002	27.05.2002	03.06.2002	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	11B	2 (Borken)	6,0	22.04.2002	06.06.2002	23.05.2002	29.05.2002	03.06.2002	ja	27.05.2002	-	27.05.2002
2002	1	12B	2 (Borken)	6,0	24.04.2002	08.06.2002	22.05.2002	29.05.2002	03.06.2002	ja	27.05.2002	-	-
2002	1	21F	3 (Reken)	5,3	25.04.2002	08.06.2002	27.05.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	12M	2 (Borken)	3,8	25.04.2002	08.06.2002	29.05.2002	-	-	ja	27.05.2002	-	-
2002	1	137I	2 (Borken)	2,0	27.04.2002	09.06.2002	22.05.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	137B	2 (Borken)	4,0	27.04.2002	09.06.2002	29.05.2002	02.06.2002	05.06.2002	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	120I	3 (Reken)	4,5	28.04.2002	10.06.2002	24.05.2002	29.06.2002	03.06.2002	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	18F	3 (Reken)	2,8	30.04.2002	11.06.2002	24.05.2002	29.06.2002	03.06.2002	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	23E	3 (Reken)	7,5	01.05.2002	12.06.2002	05.06.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	121A	3 (Reken)	6,5	05.05.2002	15.06.2002	05.06.2002	-	-	ja	25.05.2002	-	-
2002	1	16E	3 (Reken)	3,6	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	-	-	ja	28.05.2002	-	-
2002	1	107B	2 (Rhede)	9,5	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	-	-	ja	03.06.2002	-	-
2002	1	16N	3 (Reken)	3,3	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	-	-	ja	28.05.2002	-	-
2002	1	59H	2 (Rhede)	9,0	15.05.2002	22.06.2002	05.06.2002	10.06.2002	-	ja	06.06.2002	-	-
2002	1	128E	1 (Brünen)	13,5	19.05.2002	25.06.2002	05.06.2002	10.06.2002	-	ja	14.06.2002	-	-
2002	1	103P	2 (Borken)	4,3	21.05.2002	28.06.2002	05.06.2002	10.06.2002	20.06.2002	ja	06.06.2002	-	-
2002	1	94E	2 (Borken)	9,0	23.05.2002	23.06.2002	05.06.2002	10.06.2002	20.06.2002	ja	14.06.2002	-	-
2002	1	130C	1 (Brünen)	4,0	24.05.2002	27.06.2002	22.06.2002	-	-	ja	17.06.2002	-	20.06.2002
2002	1	95C	2 (Borken)	7,6	24.05.2002	30.06.2002	22.06.2002	-	-	ja	15.06.2002	-	21.06.2002
2002	1	41G	2 (Borken)	7,0	26.05.2002	30.06.2002	22.06.2002	-	-	ja	20.06.2002	-	20.06.2002
2002	1	140A	1 (Brünen)	8,5	28.05.2002	01.07.2002	26.06.2002	-	-	ja	21.06.2002	-	21.06.2002
2002	1	136C	2 (Borken)	5,0	28.05.2002	30.06.2002	25.06.2002	-	-	ja	10.06.2002	-	20.06.2002
2002	1	38J	2 (Borken)	2,0	29.05.2002	04.07.2002	27.06.2002	-	-	ja	18.06.2002	-	20.06.2002
2002	1	37C	2 (Borken)	3,5	29.05.2002	04.07.2002	27.06.2002	-	-	ja	17.06.2002	-	20.06.2002
2002	1	46I	1 (Hamminkehl)	2,3	30.05.2002	02.07.2002	26.06.2002	-	-	ja	22.06.2002	-	22.06.2002
2002	1	45L	2 (Borken)	5,5	30.05.2002	05.07.2002	-	-	-	ja	24.06.2002	-	24.06.2002
2002	1	47Q	1 (Hamminkehl)	5,0	01.06.2002	03.07.2002	28.06.2002	-	-	ja	24.06.2002	-	24.06.2002
2002	1	92B	2 (Borken)	4,5	03.06.2002	05.07.2002	28.06.2002	-	-	ja	25.06.2002	-	25.06.2002
2002	1	129B	1 (Hamminkehl)	8,8	04.06.2002	06.07.2002	01.07.2002	-	-	ja	24.06.2002	-	24.06.2002
2002	1	76E	1 (Hamminkehl)	6,0	06.06.2002	12.07.2002	05.07.2002	-	-	ja	26.06.2002	-	26.06.2002
2002	1	76F	1 (Hamminkehl)	8,6	07.06.2002	11.07.2002	05.07.2002	-	-	ja	26.06.2002	-	26.06.2002
2002	1	50D	2 (Rhede)	7,0	05.05.2002	17.06.2002	12.06.2002	-	-	-	-	-	-

# Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden

Tab. 2.3 Fortsetzung.

Jahr	Aussaat	Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	PS-Mittel	Tag der Anwendung	PS-Mittel	Tag der Anwendung
2002	2	66C	1 (Hamminkehl)	8,0	09.06.2002	15.07.2002	05.07.2002	-	-	ja	05.07.2002	-	-
2002	2	100F	3 (Raesfeld)	9,0	11.06.2002	16.07.2002	04.07.2002	-	10.07.2002	-	-	-	-
2002	2	64C	1 (Bocholt)	5,2	11.06.2002	16.07.2002	06.07.2002	-	-	ja	10.07.2002	-	-
2002	2	84A	1 (Bocholt)	4,5	12.06.2002	17.07.2002	27.06.2002	04.07.2002	08.07.2002	ja	10.07.2002	-	-
2002	2	101I	3 (Raesfeld)	7,5	13.06.2002	18.07.2002	-	-	08.07.2002	ja	17.07.2002	-	-
2002	2	112D	2 (Borken)	10,3	13.06.2002	18.07.2002	-	-	08.07.2002	ja	11.07.2002	-	-
2002	2	75A	3 (Raesfeld)	4,0	13.06.2002	20.07.2002	27.06.2002	-	-	-	-	-	-
2002	2	73A	3 (Raesfeld)	2,0	14.06.2002	21.07.2002	27.06.2002	-	11.07.2002	ja	26.06.2002	ja	15.07.2002
2002	2	72N	3 (Wulfen)	6,0	17.06.2002	23.07.2002	-	-	15.07.2002	ja	17.07.2002	-	-
2002	2	78E	3 (Raesfeld)	5,5	17.06.2002	23.07.2002	-	-	15.07.2002	-	-	-	-
2002	2	71H	3 (Wulfen)	5,5	20.06.2002	26.07.2002	-	-	16.07.2002	-	-	-	-
2002	2	71J	3 (Wulfen)	5,0	20.06.2002	26.07.2002	-	-	-	ja	17.07.2002	-	-
2002	2	17H	3 (Wulfen)	4,0	22.06.2002	28.07.2002	-	-	-	ja	19.07.2002	-	-
2002	2	56A	2 (Borken)	5,5	23.06.2002	29.07.2002	04.07.2002	11.07.2002	19.07.2002	ja	24.07.2002	-	-
2002	2	74A	3 (Raesfeld)	11,0	23.06.2002	29.07.2002	04.07.2002	11.07.2002	19.07.2002	ja	20.07.2002	-	-
2002	2	133J	3 (Wulfen)	4,0	25.06.2002	30.07.2002	-	-	-	ja	25.07.2002	-	-
2002	2	133F	3 (Wulfen)	6,0	26.06.2002	31.07.2002	11.07.2002	18.07.2002	22.07.2002	ja	25.07.2002	-	-
2002	2	31P	2 (Rhede)	6,0	26.06.2002	31.07.2002	-	-	-	ja	24.07.2002	-	-
2002	2	33C	2 (Rhede)	7,0	26.06.2002	01.08.2002	11.07.2002	18.07.2002	22.07.2002	ja	24.07.2002	-	-
2002	2	11B	2 (Borken)	6,0	27.06.2002	02.08.2002	24.07.2002	-	23.07.2002	ja	24.07.2002	-	-
2002	2	12B	2 (Borken)	6,0	28.06.2002	03.08.2002	11.07.2002	18.07.2002	24.07.2002	ja	25.07.2002	-	-
2002	2	12M	2 (Borken)	3,8	29.06.2002	04.08.2002	-	-	25.07.2002	ja	26.07.2002	-	-
2002	2	21F	3 (Reken)	5,3	29.06.2002	04.08.2002	-	-	-	-	-	-	-
2002	2	137B	2 (Borken)	4,0	30.06.2002	05.08.2002	11.07.2002	18.07.2002	26.07.2002	-	-	-	-
2002	2	137I	2 (Borken)	2,0	30.06.2002	05.08.2002	-	-	26.07.2002	-	-	-	-
2002	2	120I	3 (Reken)	4,5	30.06.2002	06.08.2002	18.07.2002	25.07.2002	29.07.2002	-	-	-	-
2002	2	18F	3 (Reken)	2,8	01.07.2002	07.08.2002	07.08.2002	-	-	ja	01.08.2002	-	-
2002	2	23E	3 (Reken)	7,5	02.07.2002	08.08.2002	30.07.2002	-	-	ja	01.08.2002	-	-
2002	2	121A	3 (Reken)	6,5	03.07.2002	10.08.2002	31.07.2002	-	-	-	-	-	-
2002	2	107B	2 (Rhede)	9,5	05.07.2002	12.08.2002	01.08.2002	-	-	-	-	-	-
2002	2	16E	3 (Reken)	3,6	05.07.2002	12.08.2002	02.08.2002	-	-	ja	03.08.2002	-	-
2002	2	16N	3 (Reken)	3,3	05.07.2002	12.08.2002	05.08.2002	-	-	ja	03.08.2002	-	-
2002	2	59H	2 (Rhede)	9,0	08.07.2002	15.08.2002	25.07.2002	-	-	-	-	-	-
2002	2	128E	1 (Brünen)	13,5	10.07.2002	17.08.2002	25.07.2002	01.08.2002	09.08.2002	-	-	-	-
2002	2	103P	2 (Borken)	4,3	11.07.2002	19.08.2002	-	-	09.08.2002	-	-	-	-
2002	2	94E	2 (Borken)	9,0	11.07.2002	19.08.2002	25.07.2002	01.08.2002	09.08.2002	ja	13.08.2002	-	-
2002	2	130C	2 (Brünen)	4,0	12.07.2002	20.08.2002	-	-	09.08.2002	-	-	-	-
2002	2	95C	2 (Borken)	7,6	12.07.2002	20.08.2002	-	-	12.08.2002	ja	06.08.2002	-	-
2002	2	41G	2 (Borken)	7,0	14.07.2002	22.08.2002	-	-	12.08.2002	ja	09.08.2002	-	-
2002	2	136C	2 (Borken)	5,0	15.07.2002	23.08.2002	-	-	12.08.2002	ja	10.08.2002	-	-
2002	2	140A	1 (Brünen)	8,5	15.07.2002	23.08.2002	-	-	12.08.2002	ja	13.08.2002	-	-
2002	2	38J	2 (Borken)	2,0	16.07.2002	24.08.2002	-	-	-	ja	17.08.2002	-	-
2002	2	45L	2 (Borken)	5,5	16.07.2002	25.08.2002	01.08.2002	08.08.2002	14.08.2002	-	-	-	-
2002	2	46I	1 (Hamminkehl)	2,3	16.07.2002	25.08.2002	-	-	15.08.2002	ja	13.08.2002	-	-
2002	2	47Q	1 (Hamminkehl)	5,0	17.07.2002	27.08.2002	-	-	-	ja	14.08.2002	-	-
2002	2	92B	2 (Borken)	4,5	18.07.2002	28.08.2002	08.08.2002	15.08.2002	19.08.2002	ja	19.08.2002	-	-
2002	2	129B	1 (Hamminkehl)	8,8	19.07.2002	29.08.2002	08.08.2002	15.08.2002	19.08.2002	ja	19.08.2002	-	-
2002	2	76E	1 (Hamminkehl)	6,0	21.07.2002	31.08.2002	08.08.2002	15.08.2002	21.08.2002	ja	19.08.2002	-	-
2002	2	76F	1 (Hamminkehl)	8,6	21.07.2002	31.08.2002	-	-	21.08.2002	ja	19.08.2002	-	-

# Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden

Tab. 2.4 Boniturplan im Untersuchungsjahr 2003.

Jahr	Aussaat	Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	PS-Mittel	Tag der Anwendung	PS-Mittel	Tag der Anwendung
2003	1	46S	1 (Hamminkehl)	5,2	14.03.2003	15.05.2003	-	05.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	129D	1 (Hamminkehl)	4,5	21.03.2003	17.05.2003	-	07.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	48J	1 (Hamminkehl)	4,8	23.03.2003	18.05.2003	-	08.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	94A	2 (Borken)	10,7	25.03.2003	22.05.2003	-	12.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	76H	1 (Hamminkehl)	9,2	04.04.2003	22.05.2003	-	12.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	65N	1 (Hamminkehl)	8,5	08.04.2003	24.05.2003	-	14.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	41B	2 (Borken)	4,5	11.04.2003	30.05.2003	-	20.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	84C	1 (Bochholt)	4,4	12.04.2003	31.05.2003	-	21.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	37B	2 (Borken)	6,2	17.04.2003	01.06.2003	-	22.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	87C	1 (Bochholt)	9,3	21.04.2003	05.06.2003	-	26.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	136D	2 (Borken)	9,0	21.04.2003	05.06.2003	-	26.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	59B	2 (Rheide)	7,6	23.04.2003	05.06.2003	-	26.05.2003	-	-	-	-	-
2003	1	126G	2 (Borken)	3,3	27.04.2003	12.06.2003	-	02.06.2003	-	-	-	-	-
2003	1	109C	2 (Rheide)	5,0	30.04.2003	12.06.2003	-	02.06.2003	-	-	-	-	-
2003	1	50A	2 (Rheide)	2,8	04.05.2003	13.06.2003	-	03.06.2003	-	ja	05.06.2003	-	05.06.2003
2003	1	55A	2 (Rheide)	6,8	08.05.2003	19.06.2003	-	09.06.2003	-	ja	09.06.2003	-	09.06.2003
2003	1	53B	2 (Rheide)	4,8	08.05.2003	19.06.2003	-	09.06.2003	-	ja	09.06.2003	-	09.06.2003
2003	1	128A	1 (Brünen)	10,5	09.05.2003	19.06.2003	-	09.06.2003	-	ja	09.06.2003	-	09.06.2003
2003	1	31E	2 (Rheide)	7,0	20.05.2003	27.06.2003	-	17.06.2003	-	ja	18.06.2003	-	18.06.2003
2003	1	11C	2 (Borken)	4,0	22.05.2003	28.06.2003	-	18.06.2003	-	ja	21.06.2003	-	21.06.2003
2003	1	137A	2 (Borken)	2,2	23.05.2003	29.06.2003	-	19.06.2003	-	ja	19.06.2003	-	19.06.2003
2003	1	120A	3 (Reken)	8,7	23.05.2003	29.06.2003	-	19.06.2003	-	ja	19.06.2003	-	19.06.2003
2003	1	102E	2 (Borken)	2,0	27.05.2003	02.07.2003	-	23.06.2003	-	ja	23.06.2003	-	23.06.2003
2003	1	103J	2 (Borken)	7,2	29.05.2003	04.07.2003	-	24.06.2003	-	ja	24.06.2003	-	24.06.2003
2003	1	21H	3 (Reken)	4,4	01.06.2003	06.07.2003	-	26.06.2003	-	ja	27.06.2003	-	27.06.2003
2003	1	75E	3 (Raesfeld)	10,2	06.06.2003	12.07.2003	-	02.07.2003	-	ja	04.07.2003	-	04.07.2003
2003	1	133N	3 (Raesfeld)	3,3	06.06.2003	12.07.2003	-	02.07.2003	-	ja	02.07.2003	ja	02.07.2003
2003	1	73A	3 (Raesfeld)	2,0	08.06.2003	14.07.2003	-	04.07.2003	-	ja	04.07.2003	-	04.07.2003
2003	1	71B	3 (Wulffen)	3,7	13.06.2003	18.07.2003	-	08.07.2003	-	ja	08.07.2003	-	08.07.2003
2003	1	74C	3 (Wulffen)	10,5	14.06.2003	19.07.2003	-	09.07.2003	-	ja	09.07.2003	-	09.07.2003
2003	1	16M	3 (Reken)	3,2	13.06.2003	20.07.2003	-	10.07.2003	-	ja	10.07.2003	-	10.07.2003
2003	2	46S	1 (Hamminkehl)	5,2	18.06.2003	24.07.2003	-	14.07.2003	-	ja	14.07.2003	-	14.07.2003
2003	2	129D	1 (Hamminkehl)	4,5	19.06.2003	25.07.2003	-	15.07.2003	-	ja	15.07.2003	-	15.07.2003
2003	2	48J	1 (Hamminkehl)	4,8	20.06.2003	26.07.2003	-	16.07.2003	-	ja	16.07.2003	-	16.07.2003
2003	2	94A	2 (Borken)	10,7	21.06.2003	27.07.2003	-	17.07.2003	-	ja	17.07.2003	-	17.07.2003
2003	2	76H	1 (Hamminkehl)	9,2	25.06.2003	30.07.2003	-	20.07.2003	-	ja	20.07.2003	-	20.07.2003
2003	2	65N	1 (Hamminkehl)	8,5	26.06.2003	31.07.2003	-	21.07.2003	-	ja	21.07.2003	-	21.07.2003
2003	2	41B	2 (Borken)	4,5	30.06.2003	05.08.2003	-	26.07.2003	-	ja	26.07.2003	ja	26.07.2003
2003	2	84C	1 (Bochholt)	4,4	30.06.2003	05.08.2003	-	26.07.2003	-	ja	26.07.2003	-	26.07.2003
2003	2	37B	2 (Borken)	6,2	30.06.2003	06.08.2003	-	27.07.2003	-	ja	30.07.2003	-	30.07.2003
2003	2	87C	1 (Bochholt)	9,3	01.07.2003	07.08.2003	-	28.07.2003	-	ja	31.07.2003	-	31.07.2003
2003	2	136D	2 (Borken)	9,0	02.07.2003	08.08.2003	-	29.07.2003	-	ja	29.07.2003	-	29.07.2003
2003	2	59B	2 (Rheide)	7,6	02.07.2003	08.08.2003	-	29.07.2003	-	ja	30.07.2003	-	30.07.2003

# Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden

Tab. 2.4 Fortsetzung.

Jahr	Aussaat	Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	PS-Mittel	Tag der Anwendung	PS-Mittel	Tag der Anwendung
2003	2	126G	2 (Borken)	3,3	04.07.2003	11.08.2003	-	01.08.2003	-	ja	01.08.2003	-	-
2003	2	109C	2 (Rheide)	5,0	05.07.2003	12.08.2003	-	02.08.2003	-	ja	02.08.2003	-	-
2003	2	50A	2 (Rheide)	2,8	07.07.2003	14.08.2003	-	04.08.2003	-	ja	04.08.2003	-	-
2003	2	55A	2 (Rheide)	6,8	08.07.2003	15.08.2003	-	05.08.2003	-	ja	05.08.2003	-	-
2003	2	53B	2 (Rheide)	4,8	10.07.2003	18.08.2003	-	08.08.2003	-	ja	08.08.2003	-	-
2003	2	128A	1 (Brünen)	10,5	10.07.2003	18.08.2003	-	08.08.2003	-	ja	08.08.2003	-	-
2003	2	31E	2 (Rheide)	7,0	17.07.2003	26.08.2003	-	16.08.2003	-	ja	16.08.2003	-	-
2003	2	11C	2 (Borken)	4,0	17.07.2003	26.08.2003	-	16.08.2003	-	ja	16.08.2003	-	-
2003	2	137A	2 (Borken)	2,2	17.07.2003	26.08.2003	-	16.08.2003	-	ja	16.08.2003	-	-
2003	2	120A	3 (Reken)	8,7	18.07.2003	28.08.2003	-	18.08.2003	-	ja	18.08.2003	-	-
2003	2	102E	2 (Borken)	2,0	21.07.2003	31.08.2003	-	21.08.2003	-	ja	21.08.2003	-	-
2003	2	103J	2 (Borken)	7,2	23.07.2003	02.09.2003	-	23.08.2003	-	ja	23.08.2003	-	-
2003	2	21H	3 (Reken)	4,4	26.07.2003	05.09.2003	-	26.08.2003	-	ja	26.08.2003	-	-
2003	2	75E	3 (Raesfeld)	10,2	27.07.2003	09.09.2003	-	30.08.2003	-	ja	30.08.2003	-	-
2003	2	133N	3 (Raesfeld)	3,3	27.07.2003	08.09.2003	-	29.08.2003	-	ja	29.08.2003	-	-
2003	2	73A	3 (Raesfeld)	2,0	28.07.2003	10.09.2003	-	31.08.2003	-	ja	31.08.2003	-	-
2003	2	71B	3 (Wulfen)	3,7	31.07.2003	15.09.2003	-	05.09.2003	-	ja	05.09.2003	-	-
2003	2	74C	3 (Wulfen)	10,5	01.08.2003	17.09.2003	-	07.09.2003	-	ja	07.09.2003	-	-
2003	2	16M	3 (Reken)	3,2	02.08.2003	17.09.2003	-	07.09.2003	-	ja	07.09.2003	-	-

### **2.2.2 Ermittlung eines geeigneten Boniturzeitpunktes zur Erfassung der Populationsdichte von Schaderregern**

Für die Einschätzung einer Befallssituation auf Spinatflächen ist es notwendig, die Flächen zu mindestens einem Zeitpunkt des Kulturverlaufes genau zu untersuchen. Mit dieser Analyse sollte der Boniturzeitpunkt ermittelt werden, an dem die beste Einschätzung eines Befalls für eine Planung von Pflanzenschutzmaßnahmen möglich ist. Hierzu wurden zwei Bonituren zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf einer Spinatanbaufläche durchgeführt. Die erste Bonitur erfolgte etwa 2-3 Wochen vor der Ernte zu einem Zeitpunkt, an dem die Spinatflächen einen geringen Deckungsgrad von etwa 20 % aufwiesen. Die zweite Bonitur wurde etwa eine Woche vor der Ernte bei einer 100%igen Deckung des Spinatbestandes durchgeführt. Zu diesem späten Zeitpunkt sind noch Pflanzenschutzmaßnahmen zur Befallsreduktion und damit der Vermeidung von Verunreinigungen der Rohware, unter Einhaltung der vorgeschriebenen Wartezeiten möglich.

#### **2.2.2.1 Statistische Datenanalyse**

Es wurde untersucht, ob die Populationsdichte der Schädlinge auf dem Feld an beiden Boniturzeitpunkten gleich gut erfasst wird. Dazu wurden die Daten der beiden Bonituren in XY-Diagrammen aufgetragen und mit einfachen linearen Regressionen analysiert (SACHS 2002). Eine Streuung der Datenpunkte um die Achsenhalbierende deutet auf eine gleiche Populationsdichte zu beiden Boniturzeitpunkten hin. Dahingegen deutet eine Streuung oberhalb der Achsenhalbierenden auf eine stärkere Besiedlung der jüngeren Pflanzen zum Zeitpunkt der ersten Bonitur hin und eine Streuung der Datenpunkte unterhalb der Achsenhalbierenden deutet auf eine stärkere Besiedlung der älteren Pflanzen zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur hin. Für einen statistischen Vergleich der Datensätze wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben (SACHS 2002) gewählt. Die Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 12.0.1).

### **2.2.3 Erhebung meteorologischer Daten**

Alle meteorologischen Daten stammen von der werkseigenen Klimastation der Firma Unilever Deutschland GmbH. Diese befindet sich in der Region 2 (Borken), im Zentrum des gesamten Spinatanbaugesbietes.

## **2.3 ERGEBNISSE**

### **2.3.1 Analyse der meteorologischen Daten**

Die Temperaturverläufe innerhalb der drei Untersuchungsjahre ähnelten sich. Jedoch sind Unterschiede in der Höhe der mittleren Wochentemperaturen zu erkennen (Abb. 2.1).

Im Jahr 2001 konnten bereits Anfang Mai (Woche 19) mittlere Wochentemperaturen von  $16,6\text{ °C}$  ( $\pm 1,2\text{ SE}$ ) gemessen werden. Im weiteren Verlauf der Untersuchungsperiode schwankten die mittleren Wochentemperaturen im Bereich von  $13\text{ °C}$  ( $13,1\text{ °C} \pm 0,6\text{ SE}$ ) bis etwa  $21\text{ °C}$  ( $21,6\text{ °C} \pm 0,5\text{ SE}$ ). Im Jahr 2002 lagen die Temperaturen im Zeitraum der Untersuchung im Bereich von  $13\text{ °C}$  ( $13,2\text{ °C} \pm 1,2\text{ SE}$ ) bis etwa  $20\text{ °C}$  ( $20,0\text{ °C} \pm 1,1\text{ SE}$ ). Die mittlere Wochentemperatur innerhalb des Untersuchungszeitraumes lag bei  $17\text{ °C}$  ( $16,9\text{ °C} \pm 0,4\text{ SE}$ ). Im Jahr 2003 sanken die Temperaturen zu Beginn der Untersuchungsperiode von  $13\text{ °C}$  ( $13,5\text{ °C} \pm 0,7\text{ SE}$ ) auf  $11\text{ °C}$  ( $11,2\text{ °C} \pm 0,9\text{ SE}$ ) ab. Die mittleren Wochentemperaturen stiegen hiernach wieder an und erreichten maximale Werte von  $24\text{ °C}$  ( $24,2\text{ °C} \pm 0,8\text{ SE}$ ). Insgesamt war dieses Jahr mit einer mittleren Wochentemperatur von  $17\text{ °C}$  ( $17,5\text{ °C} \pm 0,8\text{ SE}$ ) im Untersuchungszeitraum um etwa  $0,5\text{ °C}$  wärmer als die beiden vorigen Jahre. Die drei Jahre unterschieden sich während des Untersuchungszeitraums in der mittleren Niederschlagsmenge pro Woche. In den Jahren 2001 und 2003 wurden meist wöchentliche Wechsel zwischen hohen ( $57,6\text{ mm}$  pro Woche in 2001 und  $46,4\text{ mm}$  pro Woche in 2003) und niedrigen Niederschlagssummen ( $0\text{ mm}$  pro Woche in 2001 und 2002) erfasst. Im Jahr 2002 wurden über einen Zeitraum von 9 Wochen hinweg (Woche 24 bis 32) kontinuierlich relativ hohe mittlere Niederschlagssummen pro Woche (im Bereich von  $8,5$  bis  $37,5\text{ mm}$  pro Woche) nachgewiesen (Abb. 2.2).

Die mittlere relative Luftfeuchte pro Woche lag im Untersuchungszeitraum des Jahres 2001 bei 80 % (80,2 %  $\pm$  1,6 SE), 2002 und 2003 bei 72 % (2002: 72,0 %  $\pm$  1,3 SE; 2003: 72,1 %  $\pm$  1,6 SE). Die wöchentlichen Schwankungen lagen im Bereich von 60 bis 90 % und waren im Jahr 2003 am größten (Abb. 2.3).

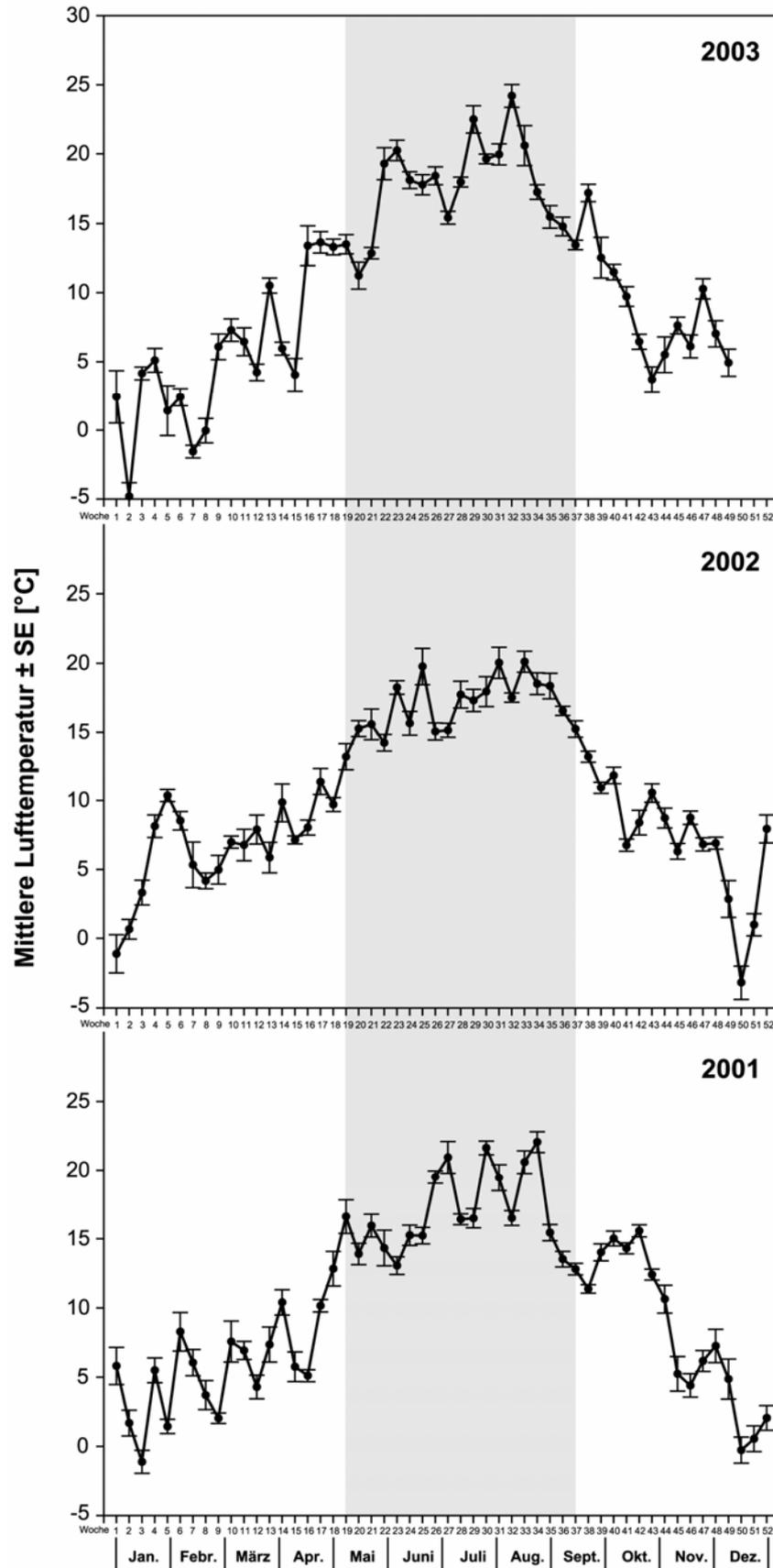
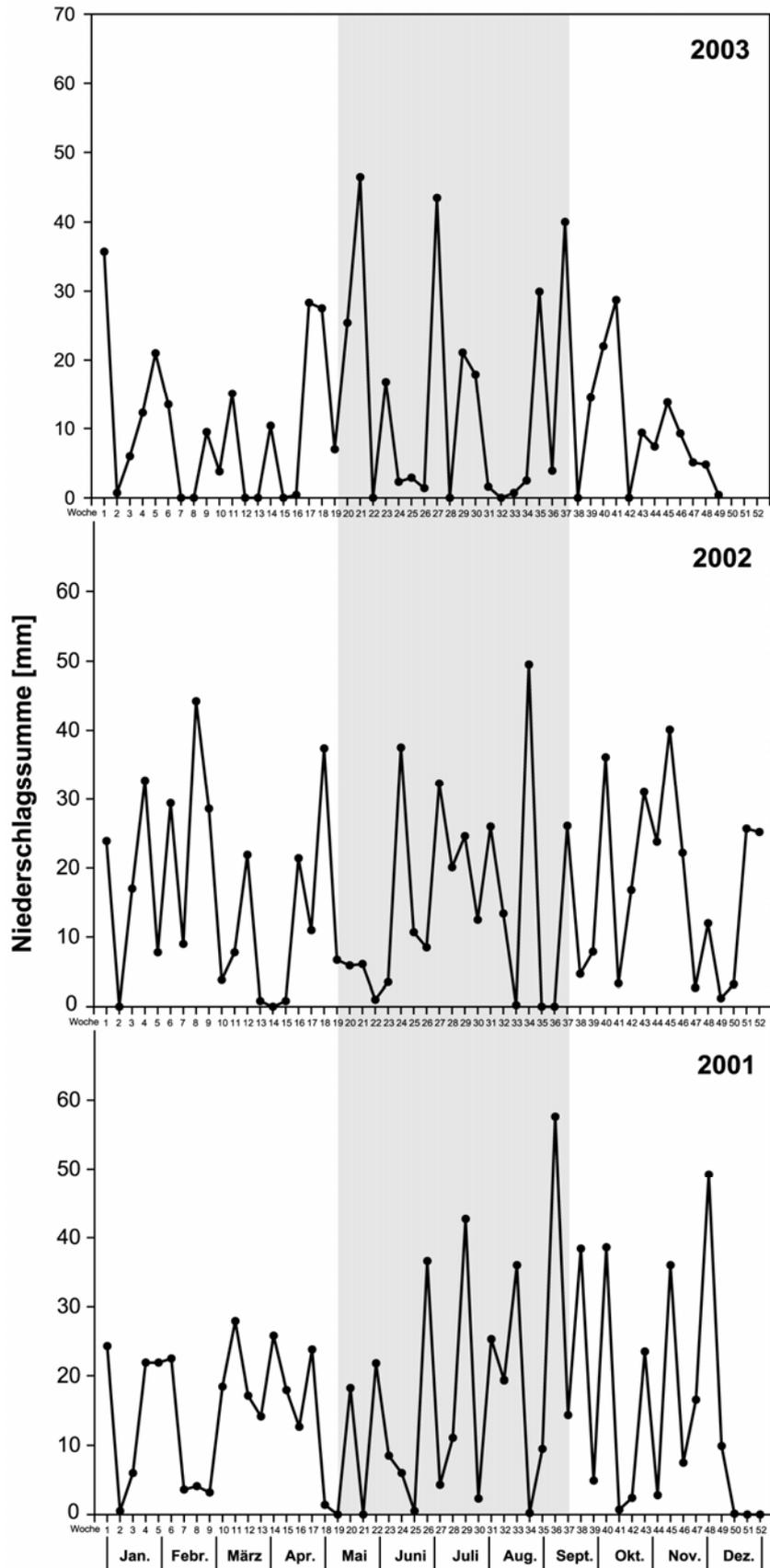


Abb. 2.1 Darstellung der mittleren Lufttemperaturen pro Woche für die drei Untersuchungsjahre (Untersuchungszeitraum = grau).



**Abb. 2.2** Darstellung der Niederschlagssummen pro Woche für die drei Untersuchungsjahre (Untersuchungszeitraum = grau).

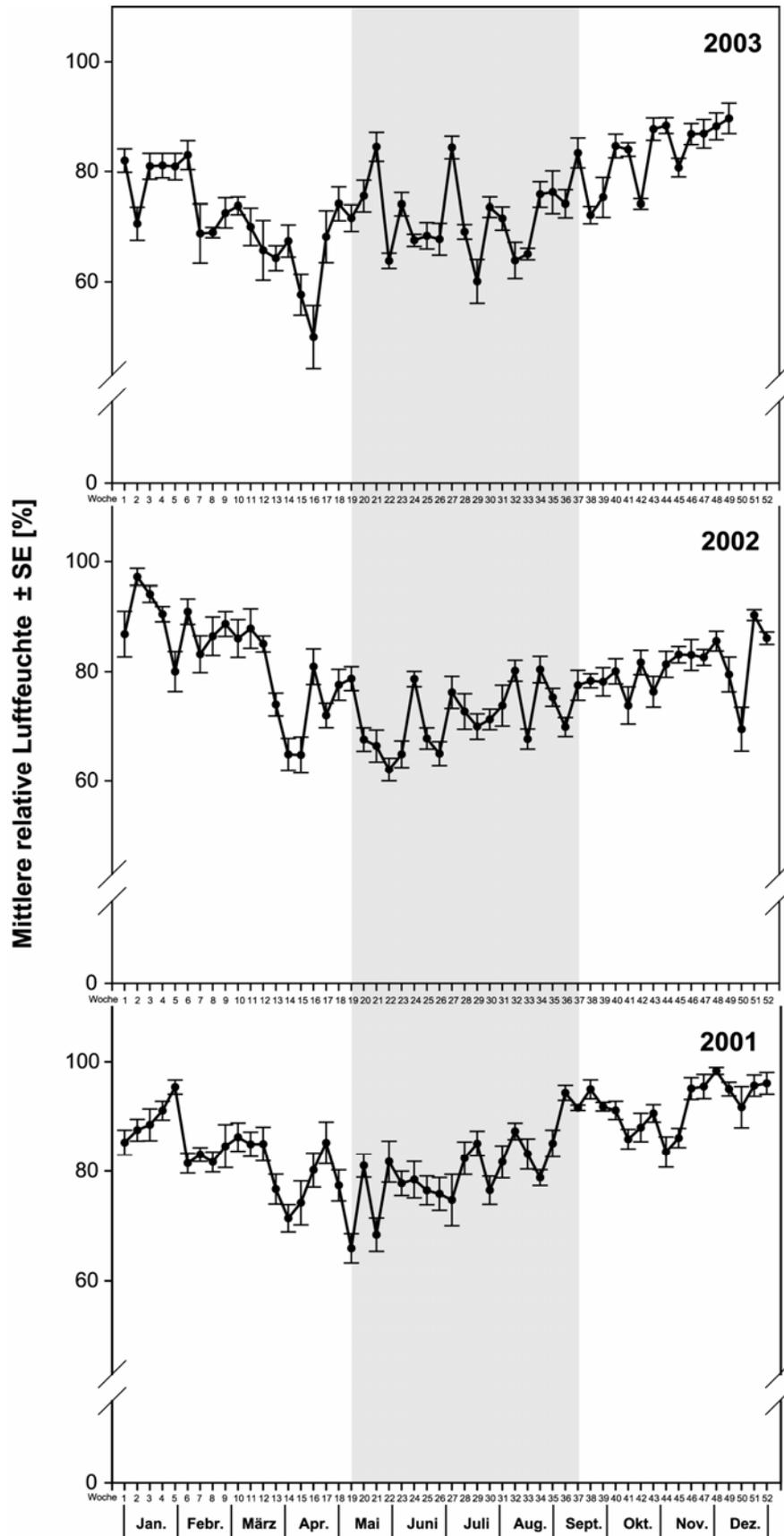


Abb. 2.3 Darstellung der mittleren relativen Luftfeuchte pro Woche für die drei Untersuchungsjahre (Untersuchungszeitraum = grau).

### 2.3.2 Raupen der Gammaeule im Winterspinat

Bei den Bonituren im Winterspinat konnten bereits ab dem 17.04.2001 auf allen 11 Untersuchungsflächen im Mittel 7,5 ( $\pm 4,3$  SD) Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* und deren Fraßschäden auf den 200 bonitierten Pflanzen pro untersuchtem Feld nachgewiesen werden (Tab. 2.5). Im Folgejahr (2002) wurden auf 7 der 11 untersuchten Winterspinatflächen *A. gamma*-Raupen festgestellt (Tab. 2.6). Im Mittel wurden auf den insgesamt 11 untersuchten Winterspinatflächen 2,4 ( $\pm 3,6$  SD) Raupen auf den 200 bonitierten Pflanzen pro Spinatfläche nachgewiesen.

**Tab. 2.5.** Liste der 11 ausgewählten Winterspinatflächen (Aussaat in 2000, Ernte in 2001) auf denen 2001 Raupenbonituren durchgeführt wurden.

Fläche	Region (Karte)	ha	Aussaat	Ernte	Bonitur	<i>A. gamma</i> -Raupen
65L	1 (Hamminkeln)	4,5	23.09.2000	17.04.2001	12.04.2001	nachgewiesen
48L	1 (Hamminkeln)	3,0	23.09.2000	19.04.2001	12.04.2001	nachgewiesen
81E	1 (Bocholt)	3,5	23.09.2000	24.04.2001	18.04.2001	nachgewiesen
129A	1 (Hamminkeln)	5,0	23.09.2000	24.04.2001	18.04.2001	nachgewiesen
106A	2 (Borken)	3,75	23.09.2000	05.05.2001	19.04.2001	nachgewiesen
103Y	3 (Raesfeld)	4,0	23.09.2000	02.05.2001	19.04.2001	nachgewiesen
12I	2 (Borken)	4,0	18.09.2000	28.04.2001	24.04.2001	nachgewiesen
11E	2 (Borken)	3,0	18.09.2000	28.04.2001	24.04.2001	nachgewiesen
71K	3 (Wulfen)	6,0	18.09.2000	09.05.2001	25.04.2001	nachgewiesen
78K	3 (Raesfeld)	6,0	25.09.2000	08.05.2001	25.04.2001	nachgewiesen
90F	1 (Isselburg)	4,75	25.09.2000	28.04.2001	26.04.2001	nachgewiesen

**Tab. 2.6.** Liste der 12 ausgewählten Winterspinatflächen (Aussaat in 2001, Ernte in 2002) auf denen 2002 Raupenbonituren durchgeführt wurden (- = nicht nachgewiesen).

Fläche	Region (Karte)	Größe [ha]	Aussaat	Ernte	Bonitur	<i>A. gamma</i> -Raupen
48I	1 (Hamminkeln)	3,5	27.09.2001	21.04.2002	08.04.2002	nachgewiesen
129L	1 (Brünen)	5,0	24.09.2001	26.04.2002	08.04.2002	nachgewiesen
65A	1 (Hamminkeln)	3,5	24.09.2001	27.04.2002	09.04.2002	-
62F	1 (Bocholt)	5,5	24.09.2001	01.05.2002	09.04.2002	-
12H	2 (Borken)	9,0	24.09.2001	03.05.2002	10.04.2002	nachgewiesen
11B	2 (Borken)	5,0	24.09.2001	04.05.2002	10.04.2002	-
100L	3 (Raesfeld)	4,5	24.09.2001	06.05.2002	15.04.2002	nachgewiesen
17C	2 (Heiden)	7,0	24.09.2001	15.05.2002	15.04.2002	-
106C	2 (Borken)	3,5	17.09.2001	09.05.2002	16.04.2002	nachgewiesen
78A	3 (Raesfeld)	8,5	17.09.2001	12.05.2002	16.04.2002	-
87B	1 (Bocholt)	8,0	24.09.2001	03.05.2002	25.04.2002	nachgewiesen

### **2.3.3 Artenzusammensetzung von Schad- und Nutzinsekten im Sommerspinat**

Es wurden die Arthropodenindividuen (Larven und Adulti) aller Bonituren (Tab. 2.2 – 2.4) zusammengefasst, die während der Anbauperioden der Jahre 2001 bis 2003 (Tab. 2.1) nachgewiesen werden konnten. Im Jahr 2001 wurden auf den Spinatanbauflächen 5.176 Arthropodenindividuen erfasst. Im Jahr 2002 waren es 6.880. Im letzten Jahr der Untersuchung (2003) wurden insgesamt 5.836 Individuen ermittelt.

Alle Individuen wurden aufgrund ihrer Biologie und ökonomischen Bedeutung für die industrielle Spinatproduktion in drei Hauptgruppen unterteilt:

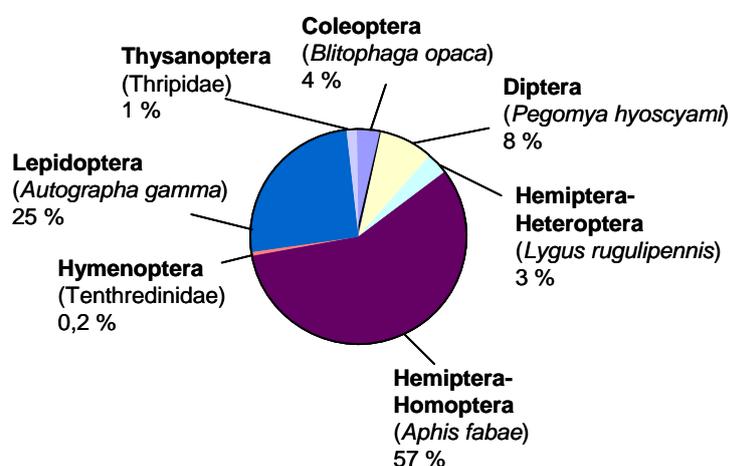
1. Schädlinge
2. Nützlinge
3. Fremdkörper

In die Gruppe der Schädlinge wurden Insekten mit einer direkten (Fraß- und Saugschaden) und einer indirekten (Aphiden als Virusvektoren) Bedeutung für die Spinatkultur eingegliedert. Im Jahr 2001 waren es insgesamt 4.554 Individuen, 2002 5.424 Individuen und in 2003 5.156 Individuen, die zu den Schädlingen gezählt werden können (Tab. 2.7).

Aus den Abbildungen 1 bis 3 ist ersichtlich, dass sich die taxonomische und quantitative Zusammensetzung der Schädlinge in den drei Jahren kaum unterschied. Die meisten Individuen gehörten zur Ordnung Hemiptera-Homoptera (Tab. 2.7, Abb. 2.4 – 2.6). Die häufigste Art während der drei Untersuchungsjahre innerhalb dieser Ordnung war die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Familie: Aphididae) (Tab. 2.7, Abb. 2.4 – 2.6). Die Ordnung Lepidoptera trat am zweithäufigsten mit den meisten Individuen im dritten Untersuchungsjahr auf. Die Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Familie: Noctuidae) waren in allen Jahren die zahlenmäßig bedeutsamsten Schädlinge dieser Ordnung (Tab. 2.7, Abb. 2.4 – 2.6).

Zu den Nützlingen wurden Prädatoren und Parasitoide gezählt. Diese ließen sich 7 Ordnungen zuteilen (Tab. 2.8). Im Jahr 2002 wurden doppelt so viele Individuen (2002: 1.251 Individuen) dieser Gruppe als in den beiden anderen Jahren der Untersuchung erfasst (2001: 537 Individuen, 2003: 575 Individuen). Die meisten Nützlinge gehörten zur Ordnung Coleoptera

(Tab. 2.8, 2001: 174 Individuen, 2002: 1.073 Individuen, 2003: 228 Individuen), mit dem Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* L. (Familie: Coccinellidae) als häufigster Art in allen drei Jahren (Tab. 2.8) und der höchsten Anzahl an Individuen im Jahr 2002 (951 Individuen). Mit geringer Individuenzahl in allen drei Untersuchungsjahren wurde die Ordnung Planipennia mit der Florfliege, *Chrysoperla carnea* STEPH. (Familie: Chrysopidae) als der einzigen Art (Tab. 2.7) gefunden. Zur dritthäufigsten Ordnung zählten die parasitischen Hymenopteren (Tab. 2.8). Unter Fremdkörpern (Tab. 2.9) werden die Arthropoden aufgeführt, welche zwar bei den Handbonituren miterfasst wurden, aufgrund ihrer Biologie nicht zu den Schad- und Nutzinsekten zugeordnet werden können. Sie spielen als mögliche, unerwünschte Fremdkörper im gefrorenen Spinat eine ökonomische Rolle. Zu dieser Gruppe gehörten acht Insektenordnungen. In allen drei Jahren trat die Ordnung Hymenoptera, mit den höchsten Individuenzahlen im Jahr 2003 (76 Individuen) am häufigsten auf (Tab. 2.9).



**Abb. 2.4** Prozentualer Anteil der Insektenordnungen an der Gesamtzahl (4554) der bei den Bonituren im Jahr 2001 erfassten Schädlinge (Tab. 2.7). In Klammern stehen die häufigsten Familien oder Arten der jeweiligen Ordnung.

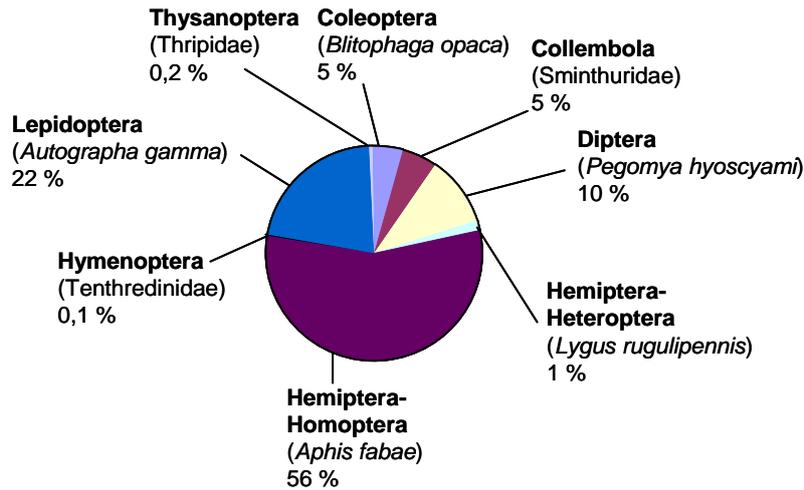


Abb. 2.5 Prozentualer Anteil der Insektenordnungen an der Gesamtzahl (5424) der im Jahr 2002 erfassten Schädlinge (Tab. 2.7). In Klammern stehen die häufigsten Familien oder Arten der jeweiligen Ordnung.

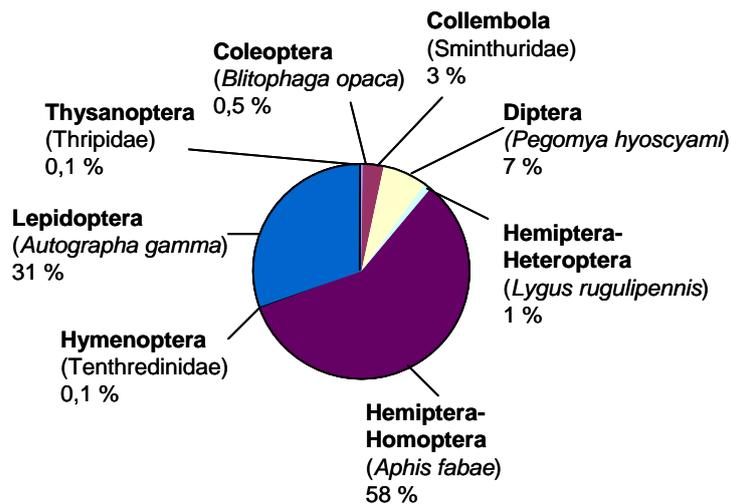


Abb. 2.6 Prozentualer Anteil der Insektenordnungen an der Gesamtzahl (5156) der im Jahr 2003 erfassten Schädlinge (Tab. 2.7). In Klammern stehen die häufigsten Familien oder Arten der jeweiligen Ordnung.

Tab. 2.7 Gesamtanzahl Arthropoden (Larven und Adulti), die in den Jahren 2001 bis 2003 auf den allen untersuchten Spinatanbauflächen erfasst und als Schädlinge eingestuft wurden.

<b>TAXONOMISCHE GRUPPE</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<i>Art</i>			
<b>COLLEMBOLA</b>	<b>0</b>	<b>300</b>	<b>175</b>
<b>Sminthuridae</b>	0	300	175
<b>THYSANOPTERA</b>	<b>64</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
<b>Thripidae</b>	64	12	3
<b>HEMIPTERA-HETEROPTERA</b>	<b>156</b>	<b>82</b>	<b>51</b>
<b>Miridae</b>			
<i>Lygus rugulipennis</i> Poppius	156	82	51
<b>HEMIPTERA-HOMOPTERA</b>	<b>2604</b>	<b>3205</b>	<b>3086</b>
<b>Aphididae</b>			
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris	1	0	0
<i>Aphis fabae</i> Scopoli	2522	2383	1604
<i>Aphis nasturtii</i> (Kaltenbach)	2	20	42
<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	8	2	4
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)	29	2	936
<i>Myzus persicae</i> Sulzer	37	798	500
Aphidinae	1	0	0
Drepanosiphinae	1	0	0
Lachninae	1	0	0
Aphididae gen. et sp. undet.	2	0	0
<b>Cicadellidae</b>			
Typhlocybinae	0	0	1
<b>COLEOPTERA</b>	<b>181</b>	<b>271</b>	<b>26</b>
<b>Carabidae</b>			
<i>Clivina fossor</i> Linnaeus	3	1	0
<b>Silphidae</b>			
<i>Bliothophaga opaca</i> (Linnaeus)	176	194	25
<b>Scarabaeidae</b>			
<i>Phyllopertha horticola</i> Linnaeus	2	76	1
<b>LEPIDOPTERA</b>	<b>1195</b>	<b>1267</b>	<b>1638</b>
<b>Geometridae</b>	1	6	0
<b>Noctuidae</b>			
<i>Agrotis segetum</i> Dennis & Schiffermüller	3	0	0
<i>Autographa gamma</i> (Linnaeus)	1163	1151	1562
<i>Discestra trifolii</i> Hufnagel	26	32	25
<i>Macdunnoughia confusa</i> (Stephens)	0	18	0
<i>Mamestra brassicae</i> Ochsenheimer	0	2	0
<i>Phlogophora meticulosa</i> Linnaeus	2	0	0
<i>Xestia c-nigrum</i> (Linnaeus)	0	3	0
Noctuideneier gen. et sp. undet.	0	55	51
<b>DIPTERA</b>	<b>346</b>	<b>284</b>	<b>175</b>
<b>Tipulidae</b>			
<i>Tipula</i> spec. Linnaeus	2	12	1
<i>Nephrotoma</i> spec. Meigen	0	0	5
<b>Anthomyiidae</b>			
<i>Pegomya hyoscyami</i> (Panzer)	330	226	169
Anthomyiidae gen. et sp. undet.	14	46	0
<b>HYMENOPTERA</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Tenthredinidae</b>	8	3	1
<b>GESAMT</b>	<b>4554</b>	<b>5424</b>	<b>5156</b>

Tab. 2.8 Gesamtanzahl Arthropoden (Larven und Adulti), die in den Jahren 2001 bis 2003 auf allen untersuchten Spinatanbauflächen erfasst und als Nützlinge eingestuft wurden.

TAXONOMISCHE GRUPPE	2001	2002	2003
<i>Art</i>			
<b>ARACHNIDA</b>	<b>76</b>	<b>42</b>	<b>17</b>
<b>Araneidae</b>			
<i>Araniella cucurbitina</i> (Clerck)	4	1	0
<i>Araneus diadematus</i> (Clerck)	0	1	0
<b>Linyphiidae</b>			
<i>Araeoncus humilis</i> (Blackwall)	0	1	1
<i>Bathyphantes gracilis</i> (Blackwall)	0	3	2
<i>Bathyphantes</i> spec. (Blackwall)	0	1	0
<i>Erigone atra</i> (Blackwall)	31	18	6
<i>Erigone dentipalpes</i> (Wider)	4	9	2
<i>Erigone</i> spec. subad.	0	1	0
<i>Lathys humilis</i> Blackwall	2	0	0
<i>Meioneta rurestris</i> (C.L. Koch)	3	0	2
<i>Micrargus subaequalis</i> (Westring)	0	1	1
<i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall)	0	2	0
<i>Oedothorax fuscus</i> (Blackwall)	1	0	0
<i>Porrhomma microphthalmum</i> Cambridge	1	0	0
<i>Porrhomma</i> spec. Simon	4	0	0
<i>Trichoncus</i> spec. Simon	9	0	0
Linyphiidae gen. et sp. undet.	13	2	1
<b>Lycosidae</b>			
<i>Pardosa</i> spec. Koch	0	1	0
<b>Philodromidae</b>			
<i>Philodromus</i> spec. Walckenaer	1	0	0
<b>Tetragnathidae</b>			
<i>Pachygnatha</i> spec. Sundevall	1	0	0
<i>Tetragnatha</i> spec. Latreille	1	0	0
<i>Theridion</i> spec. Walckenaer	1	1	0
Tetragnathidae gen. et sp. undet.	0	0	2
<b>HEMIPTERA-HETEROPTERA</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>71</b>
<b>Anthocoridae</b>			
<i>Orius</i> spec. Wolff	35	25	62
<b>Nabidae</b>			
<i>Nabis ferus</i> Linnaeus	11	15	9
<b>PLANIPENNIA</b>	<b>120</b>	<b>34</b>	<b>131</b>
<b>Chrysopidae</b>			
<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens	120	34	131
<b>COLEOPTERA</b>	<b>174</b>	<b>1073</b>	<b>228</b>
<b>Coccinellidae</b>			
<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus)	0	83	20
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	159	951	172
<i>Propylea quattuordecimpunctata</i> Linnaeus	11	21	6
<b>Staphylinidae</b>			
<i>Tachyporus hypnorum</i> Linnaeus	2	18	30
<i>Tachyporus obtusus</i> Linnaeus	2	0	0
<b>HYMENOPTERA</b>	<b>105</b>	<b>51</b>	<b>124</b>
<b>Aphelinidae</b>			
	0	0	1
<b>Braconidae</b>			
	75	48	114
<i>Praon</i> spec. Haliday	0	0	2

Tab. 2.8 Fortsetzung.

<b>TAXONOMISCHE GRUPPE</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<i>Art</i>			
<b>Chalcididae</b>	2	0	0
<b>Encyrtidae</b>	0	0	1
<b>Eucoilidae</b>	4	1	0
<b>Eulophidae</b>	3	0	0
<b>Ichneumonidae</b>	19	2	1
<b>Pteromalidae</b>	2	0	0
<b>Proctotrupidae</b>	0	0	5
<b>DIPTERA</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>4</b>
<b>Asilidae</b>	0	2	0
<b>Empedidae</b>	0	1	0
<b>Rhagionidae</b>	0	1	2
<b>Syrphidae</b>			
<i>Episyrphus balteatus</i> (Degeer)	3	2	2
<i>Helophilus trivittatus</i> Fabricius	1	0	0
<i>Melanostoma mellinum</i> (Linnaeus)	1	0	0
<i>Metasyrphus corollae</i> (Fabricius)	10	0	0
<i>Scaeva</i> spec. Fabricius	0	1	0
<i>Syrphus</i> spec. Fabricius	1	4	0
<b>GESAMT</b>	<b>537</b>	<b>1251</b>	<b>575</b>

Tab. 2.9 Gesamtanzahl Arthropoden (Larven und Adulti), die in den Jahren 2001 bis 2003 auf allen untersuchten Spinatanbauflächen erfasst und nicht zur Gruppe der Schädlinge oder Nützlinge gezählt und somit als Fremdkörper eingestuft wurden.

TAXONOMISCHE GRUPPE	2001	2002	2003
<i>Art</i>			
<b>EPHEMEROPTERA</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>PLECOPTERA</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>PSOCOPTERA</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>ENSIFERA</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Conocephalidae</b>			
<i>Conocephalus dorsalis</i> Latreille	1	0	0
<b>HEMIPTERA-HETEROPTERA</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Coreoidea</b>			
<i>Coreus marginatus</i> (Linnaeus)	0	1	3
<b>Miridae</b>			
<i>Harpocera thoracia</i> Fallen	1	0	0
<i>Orthotylus flavosparus</i> (Sahlb.)	7	0	0
<i>Trigonotylus caelestialium</i> Fieber	6	0	0
Miridae gen. et sp. undet.	0	1	0
<b>Pentatomidae</b>			
<i>Troilus luridus</i> (Förster)	3	1	0
Pentatomidae gen. et sp. undet.	1	0	0
<b>Rophalidae</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>fam. undet.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>COLEOPTERA</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>8</b>
<b>Chrysomelidae</b>			
Cassidinae	0	1	0
<i>Oulema melanopus</i> Linnaeus	0	7	4
<i>Psylloides chrysocephala</i> (Linnaeus)	1	0	0
<i>Phyllotreta atra</i> Fabricius	2	8	0
<i>Phyllotreta undulata</i> Kutschera	1	0	0
<b>Curculionidae</b>			
<i>Protapion fulvipes</i> (Fourcroy)	1	0	0
<i>Sitona lepidus</i> Gyllenhal	4	0	0
<i>Apion apricans</i> Herbst	2	0	0
Curculionidae gen. et sp. undet.	1	2	0
<b>Elateridae</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Hydrophilidae</b>			
<i>Megasternum obscurum</i> Marsham	2	0	0
<b>Necrophilidae</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Nitidulidae</b>			
<i>Meligethes aeneus</i> Fabricius	6	0	0
<i>Meligethes ceracinus</i> Sturm	2	0	0
Nitidulidae gen. et sp. undet.	0	2	0
<b>Scarabaeidae</b>			
<i>Aphodius</i> spec. Illiger	0	0	1
Scarabaeidae gen. et sp. undet.	0	0	1
<b>Silphidae</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>fam. undet.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>HYMENOPTERA</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>76</b>
<b>Cynipidae</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>21</b>
<b>Formicidae</b>			
<i>Lasius niger</i> Linnaeus	1	0	0

Tab. 2.9 Fortsetzung.

TAXONOMISCHE GRUPPE	2001	2002	2003
<i>Art</i>			
Formicidae gen. et sp. undet.	0	3	0
<b>Megaspilidae</b>	0	0	24
<b>Xiphydriidae</b>	0	1	0
<b>Tenthredinidae</b>			
<i>Athalia rosae</i> (Linnaeus)	36	26	31
<b>LEPIDOPTERA</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>4</b>
<b>Plutellidae</b>			
<i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus)	0	15	4
<b>DIPTERA</b>	<b>1</b>	<b>123</b>	<b>12</b>
<b>Bibionidae</b>			
<i>Bibio marci</i> (Linnaeus)	1	0	0
<b>Bibionidae</b>	0	1	0
<b>Drosophilidae</b>	0	110	9
<b>Lonchopteridae</b>	0	3	1
<b>Sepsidae</b>	0	6	2
<b>Tabanidae</b>	0	3	0
<b>GESAMT</b>	<b>85</b>	<b>205</b>	<b>105</b>

#### 2.3.4 Abundanzen der Hauptschädlinge im Sommerspinat

Die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) trat in allen drei Jahren der Untersuchung mit hohen Dichten, in unterschiedlichen Befallsverläufen auf den Spinatfeldern auf (Abb. 2.7). Ab Anfang Mai (Woche 20) waren in allen drei Jahren Individuen dieser Art auf den 200 untersuchten Spinatpflanzen der jeweiligen Felder zu finden. Im Jahr 2001 traten die ersten Individuen dieser Art am 02.05. auf der Fläche 47G in der Region 1 (Bocholt) auf. Im folgenden Jahr am 15.05. auf der Fläche 101I und in der Region 2 (Borken). Im letzten Jahr der Untersuchung wurden Schwarze Bohnenläuse am 07.05. auf der Fläche 129D und in der Region 1 (Bocholt) nachgewiesen.

In dem Jahr 2001 wurde das erste Maximum der mittleren Befallsdichte mit etwa 70 Tieren ( $\pm 38,1$  SE) auf 200 bonitierten Pflanzen pro Feld ab Anfang Juni (Woche 23) erreicht. In den beiden anderen Jahren bereits ab Mitte Mai (Woche 20). In allen drei Jahren ging die Befallsdichte auf den Feldern ab Ende Juli (Woche 31) zurück, und nur im Jahr 2001 wurde gegen Ende August in Woche 34 noch einmal eine mittlere Befallsdichte von etwa 12 Individuen ( $\pm 5,7$  SE) auf den 200 untersuchten Spinatpflanzen der jeweils 5

untersuchten Spinatflächen gefunden. Im Einzelvergleich der saisonalen Befallsmaxima konnten zwischen den Jahren keine Unterschiede (Mann-Whitney U-Test: 2001 mit 2002,  $U = 28,00$ ,  $N = 17$ ,  $p = 0,495$ ; 2001 mit 2003,  $U = 13,00$ ,  $N = 11$ ,  $p = 0,850$ ; 2002 mit 2003,  $U = 16,00$ ,  $N = 14$ ,  $p = 0,572$ ) nachgewiesen werden.

Die Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) war in allen drei Untersuchungsjahren die zweithäufigste Schädlingsart. Dabei ähnelte sich zwar insgesamt der Befallsverlauf in den einzelnen Jahren, der Zeitpunkt des Auftretens der Befallsmaxima unterschied sich jedoch von Jahr zu Jahr (Abb. 2.8). Raupen und Eier der Gammaeule wurden im Jahr 2001 zuerst am 20.05. auf der Fläche 129J in der Region 1 (Bocholt) gefunden. Im folgenden Jahr wurden am 15.05. Individuen dieser Art auf der Fläche 112D in der Region 2 (Borken) nachgewiesen. Im Jahr 2003 hingegen trat ein Befall bereits am 05.05. auf der Fläche 46S in der Region 1 (Bocholt) auf. In allen drei Jahren konnten bis zu vier Befallsmaxima auf den bonitierten Spinatflächen ermittelt werden. Diese traten aber nicht in jedem Untersuchungsjahr zum gleichen Zeitpunkt auf. Die höchsten Befallsdichten wurden 2001 in der dritten Juniwoche (Woche 25), der zweiten (Woche 28) und der letzten Juliwoche (Woche 31) sowie der zweiten Augustwoche (Woche 33) ermittelt.

Im folgenden Jahr (2002) konnte der erste Maximalwert in der Befallsentwicklung der Gammaeule ebenfalls in der dritten Juniwoche (Woche 25) nachgewiesen werden. Die beiden weiteren relativen Befallsmaxima lagen in der letzten Juli- (Woche 31) und der dritten Augustwoche (Woche 34). Im letzten Jahr der Untersuchung (2003) waren die höchsten Befallsdichten auf den Spinatfeldern in der vierten Juniwoche (Woche 26), der zweiten (Woche 29), der vierten Juliwoche (Woche 31) und der letzten Augustwoche (Woche 35) zu finden. Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum des Jahres 2003 mit einer mittleren Anzahl von  $25 (\pm 25 \text{ SD})$  Individuen dieser Art auf 200 Pflanzen der jeweiligen Fläche etwa 36 % mehr Tiere gefunden als in den beiden Vorjahren. Und auch die saisonalen Maxima in der Befallsentwicklung waren 2003 signifikant höher als in den beiden Jahren zuvor (Mann-Whitney U-Test:  $U < 0,01$ ,  $N = 8$ ,  $p = 0,025$ ). Anfang Juli (Woche 28) 2001 wurden auf den 200 Pflanzen pro

Feld bonitierten Pflanzen 20 und mehr Raupen der Gammaeule gefunden. Diese Befallsdichte trat 2002 gegen Ende Juni (Woche 25) und 2003 ab der zweiten Juniwoche (Woche 24) auf. In allen drei Jahren waren gegen Ende der Untersuchungsperiode (ab Woche 35) noch mehr als 10 Individuen der Gammaeule auf den 200 bonitierten Pflanzen pro Feld zu finden. Unterschiede hinsichtlich der Befallsdichte zwischen den Jahren 2001 und 2002 wurden nicht gefunden (Mann-Whitney U-Test:  $U = 17,00$ ,  $N = 12$ ,  $p = 0,093$ ). Abbildung 2.8 deutet darauf hin, dass 2002 höher war als 2001, doch dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test:  $U = 2,00$ ,  $N = 10$ ,  $p = 0,067$ ).

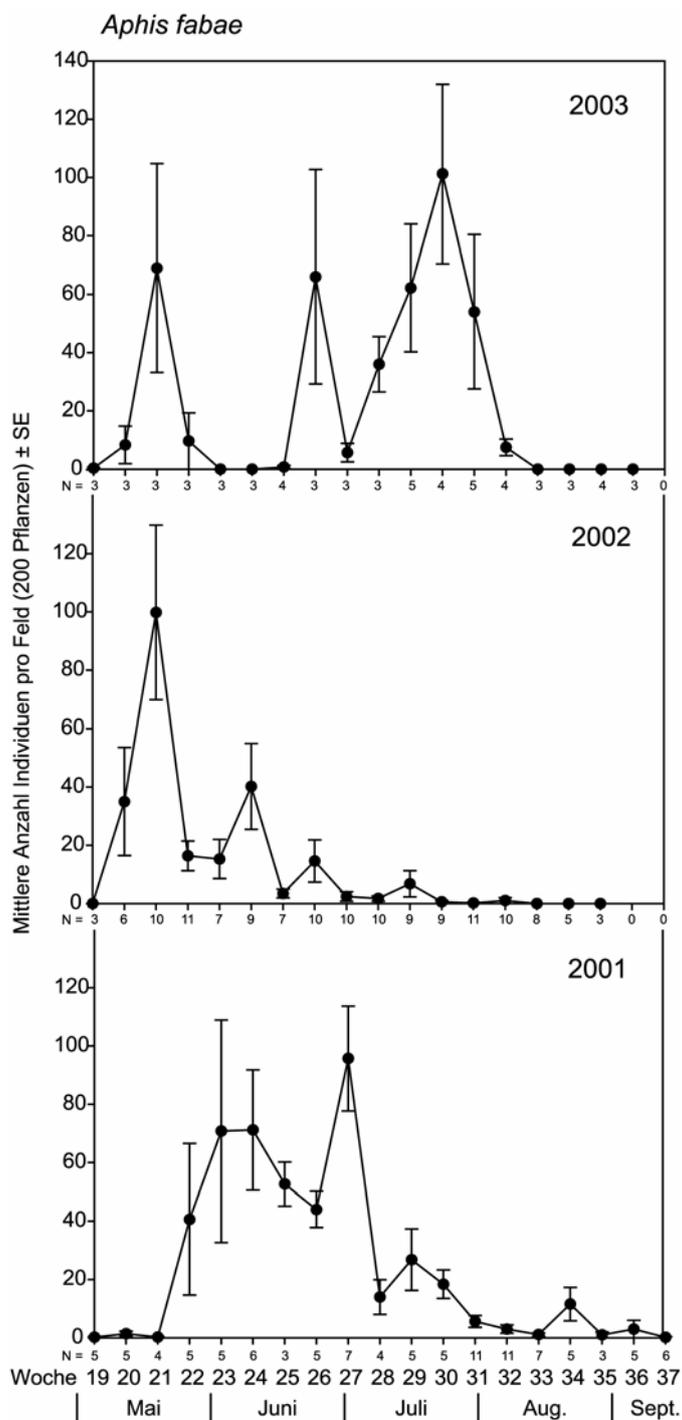
Als eine weitere Schädlingsart trat in allen Untersuchungsjahren der Rübenaskäfer, *Blitophaga opaca* (L.) (Coleoptera: Silphidae) auf wobei die Befallsdichte und der Befallsverlauf z. T. sehr unterschiedlich war (Abb. 2.9). 2001 kamen im Mittel 1,7 Individuen ( $\pm 0,5$  SE) (Larven und Adulte) dieser Art auf den 200 untersuchten Spinatpflanzen der jeweiligen Felder vor. Diese mittlere Befallsdichte lag etwa 50 % höher als im Jahr 2002 und um etwa 70 % höher als im Jahr 2003. Die ersten Tiere traten im Jahr 2001 am 02.05. auf der Fläche 47G in der Region 1 (Bocholt) auf. Im folgenden Jahr wurden die Tiere ebenfalls am 02.05. in derselben Region wie im Vorjahr, auf der Anbaufläche 65C nachgewiesen. Im dritten Jahr am 05.05. auf der Fläche 46S ebenfalls in der Region 1. Die höchsten Befallsdichten wurden in allen drei untersuchten Jahren von Mitte bis Ende Mai (Woche 19 bis 22) gefunden werden. In den Jahren 2001 und 2003 traten Individuen des Rübenaskäfers gegen Ende August (Woche 34) nicht mehr auf den Spinatfeldern auf. Nur 2002 konnte noch in Woche 34 gegen Ende August eine mittlere Anzahl von 3,5 ( $\pm 0,5$  SE) Individuen dieser Käferart auf den Feldern nachgewiesen werden. Für den Einzelvergleich der saisonalen Befallsmaxima der drei Jahre ergab sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney U-Test: 2001 mit 2002,  $U = 4,50$ ,  $N = 8$ ,  $p = 0,368$ ; 2001 mit 2003,  $U = 2,00$ ,  $N = 8$ ,  $p = 0,101$ ; 2002 mit 2003,  $U = 4,00$ ,  $N = 6$ ,  $p = 0,822$ ).

Auch die Feldwanze, *Lygus rugulipennis* POPP. (Hemiptera-Heteroptera: Miridae) trat als ein Vertreter der Ordnung Hemiptera-Heteroptera in den drei Untersuchungsjahren auf den meisten der untersuchten Felder auf. Die Populationsverläufe dieser Wanzenart ähnelten sich in den drei Jahren (Abb.

2.10). Im Jahr 2001 traten die ersten Individuen am 02.05. auf der Fläche 47G in der Region 1 (Bocholt) auf. Im folgenden Jahr konnte die Art zuerst am 08.05. auf der Fläche 64C in der Region 1 (Bocholt) nachgewiesen werden. Im letzten Jahr der Untersuchung wurde sie zuerst am 05.05. auf der Fläche 46S in der Region 1 (Bocholt) gefunden. Ab Anfang Mai (Woche 19) waren die Tiere in allen drei Untersuchungsjahren auf den Spinatfeldern zu finden. In der Zeit von Ende Mai (Woche 22) bis Ende Juni (Woche 25) konnten 2001 keine Individuen nachgewiesen. In den beiden folgenden Jahren wurden in diesem Zeitraum nur geringe Befallsdichten von weniger als einem Tier auf 200 bonitierten Pflanzen pro Feld nachgewiesen werden. Ab Anfang Juli (Woche 28) stiegen die Populationsdichten in allen drei Jahren an und erreichten als Maximum etwa 2 Tiere auf 200 bonitierten Pflanzen pro Feld. Auch bei dieser Art unterschieden sich die saisonalen Befallsmaxima in den drei Jahren nicht signifikant voneinander (Mann-Whitney U-Test: 2001 mit 2002,  $U = 5,50$ ,  $N = 10$ ,  $p = 0,159$ ; 2001 mit 2003,  $U = 4,00$ ,  $N = 7$ ,  $p = 0,471$ ; 2002 mit 2003,  $U = 8,50$ ,  $N = 9$ ,  $p = 0,895$ ).

Die Minierfliege, *Pegomya hyoscyami* (PANZ.) (Diptera: Anthomyiidae) der Ordnung Diptera ist ein weiterer Schädling, der in allen drei Jahren auf den untersuchten Spinatfeldern zu finden war. Die ersten Individuen dieser Art traten 2001 am 02.05. auf der Fläche 47G in der Region 1 (Bocholt) auf. Im Jahr 2002 wurden die ersten Tiere zuerst am 21.05. auf der Fläche 71H in der Region 3 gefunden und 2003 zuerst am 12.05. auf der Fläche 76H in der Region 1 (Bocholt). In den Untersuchungsjahren ergaben sich zwar Unterschiede, was den gesamten Befallsverlauf angeht, gleichzeitig zeichneten sich aber in allen drei Jahren zwei Maxima ab (Abb. 2.11). 2001 trat diese Dipterenart Anfang Juni (Woche 23) mit etwa 5 Individuen und Anfang Juli (Woche 28) mit etwa 8 Individuen auf 200 bonitierten Pflanzen pro Spinatfeld auf. In den beiden folgenden Jahren konnten Individuen der Minierfliege gegen Ende Mai (Woche 21) mit einer mittleren Befallsdichte von etwa 3 Tieren (2002) und etwa 9 Tieren (2003) auf 200 bonitierten Pflanzen gefunden werden. Die zweiten Extremwerte traten 2002 mit etwa 4 Individuen gegen Ende Juli (Woche 30) und 2003 mit einer Befallsdichte von etwa 8 Individuen auf den 200 bonitierten Spinatpflanzen in der zweiten Juliwoche (Woche 29) auf. Beim Vergleich der jeweils höchsten Extremwerte in der

Befallsentwicklung der einzelnen Jahre, wurden bei einem Vergleich der einzelnen Jahre keine signifikanten Unterschiede gefunden (Mann-Whitney U-Test: 2001 mit 2002,  $U = 12,00$ ,  $N = 13$ ,  $p = 0,351$ ; 2001 mit 2003,  $U = 5,00$ ,  $N = 7$ ,  $p = 0,724$ ; 2002 mit 2003,  $U = 13$ ,  $N = 12$ ,  $p = 0,925$ ).



**Abb. 2.7** Mittlere Anzahl Individuen der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) auf 200 bonitierten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

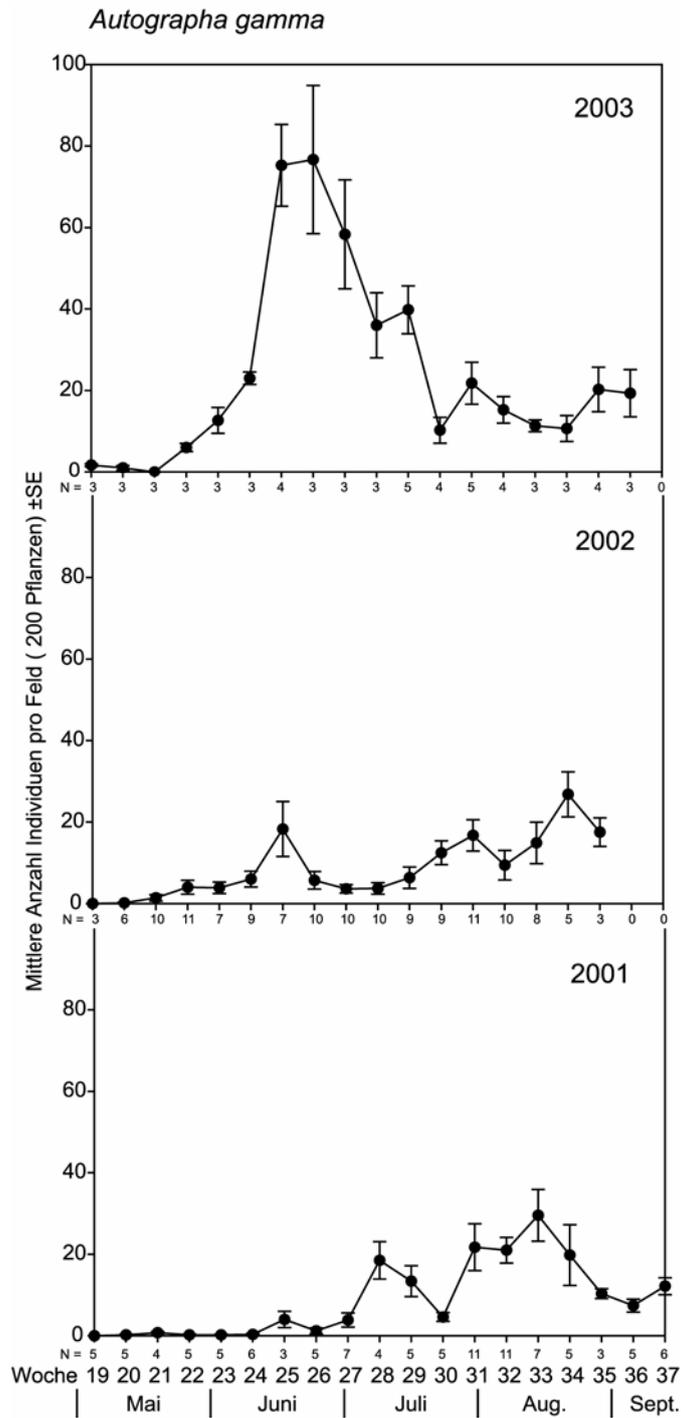


Abb. 2.8 Mittlere Anzahl Individuen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) auf 200 bonitierten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

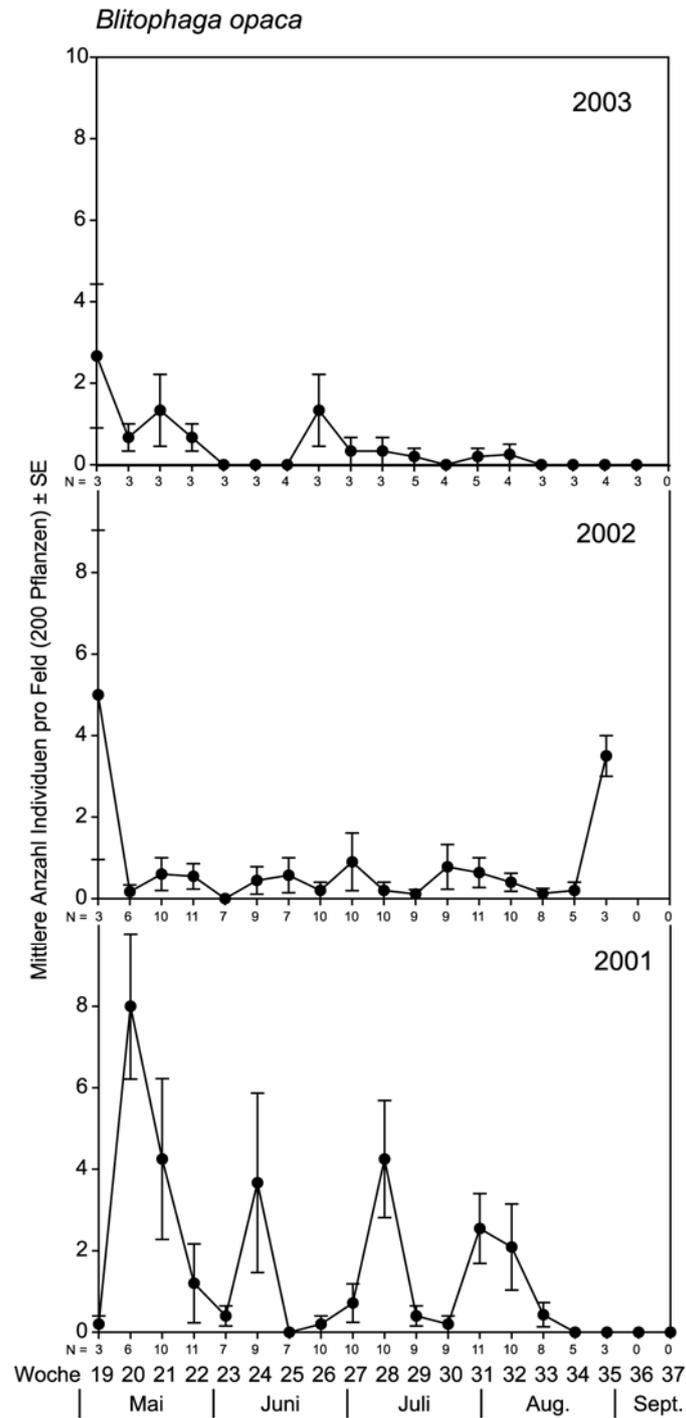


Abb. 2.9 Mittlere Anzahl Individuen des Rübenaaskäfers, *Blitophaga opaca* (L.) (Coleoptera: Silphidae) auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

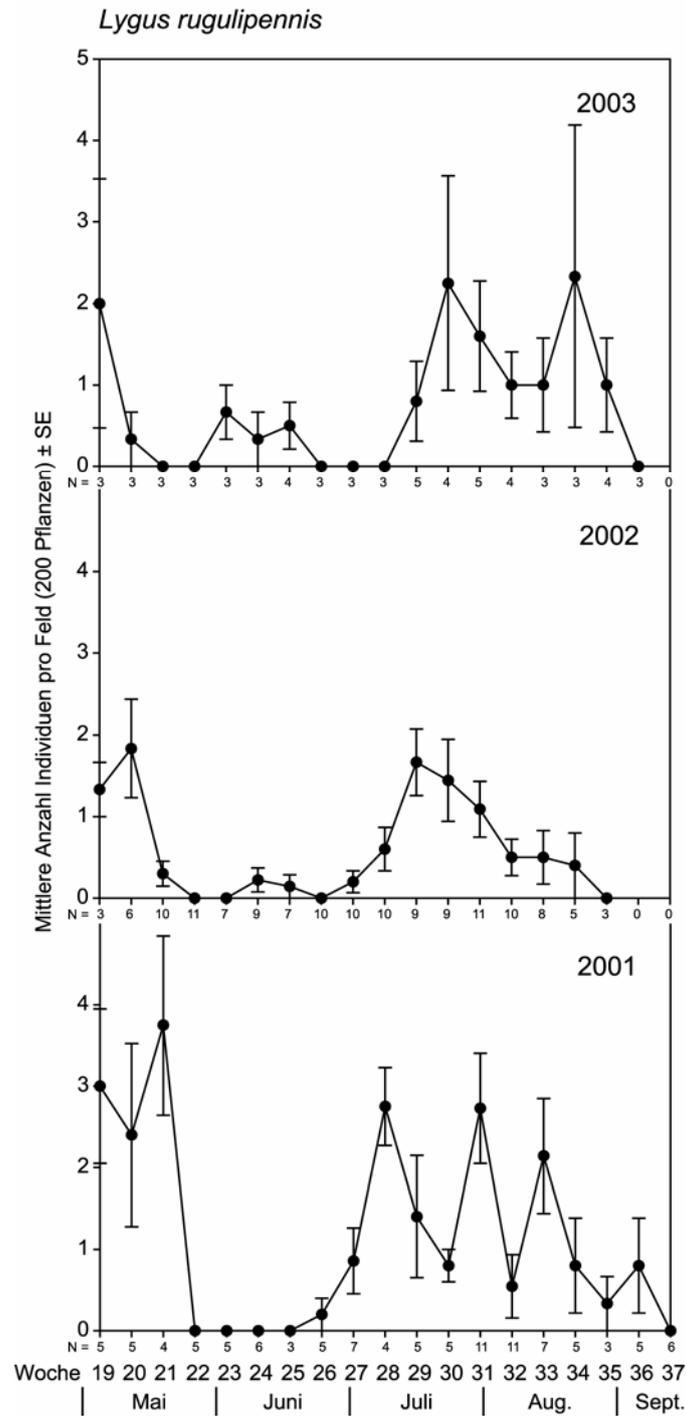


Abb. 2.10 Mittlere Anzahl Individuen der Feldwanze, *Lygus rugulipennis* POPP. (Hemiptera-Heteroptera: Miridae) auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

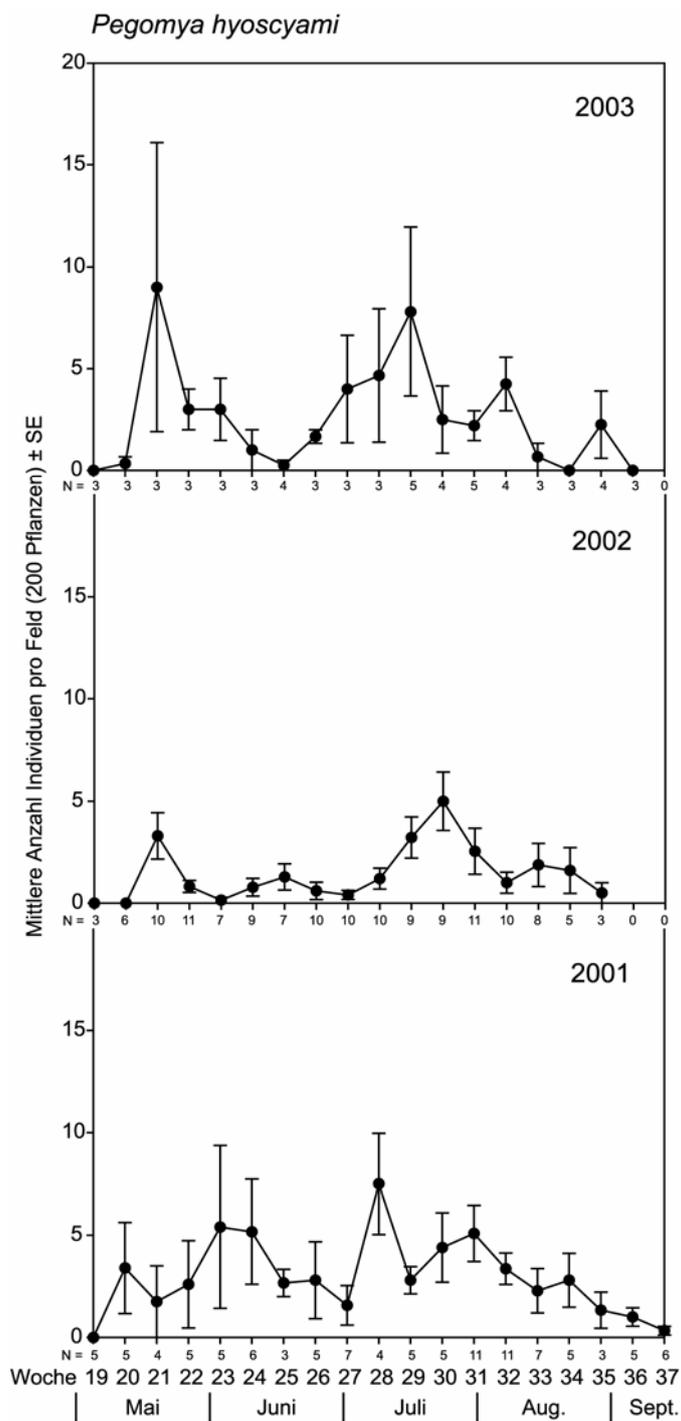


Abb. 2.11 Mittlere Anzahl Individuen der Minierfliege, *Pegomya hyoscyami* (PANZ.) (Diptera: Anthomyiidae) auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

### **2.3.5 Abundanzen des Siebenpunkt-Marienkäfers im Sommerspinat**

Der Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* wird hier gesondert betrachtet. Individuen dieser Käferart werden zwar als effektive Blattlausantagonisten zu den Nützlingen gezählt, in der industriellen Tiefkühl-Spinatproduktion besitzen sie jedoch eine Bedeutung als unerwünschte Fremdkörper die das Endprodukt verunreinigen können.

Die Befallsverläufe während der drei Untersuchungsjahre unterschieden sich voneinander (Abb. 2.12). Die höchsten mittleren Befallsdichten konnten im Verlauf des Jahres 2002 ermittelt werden. Unterschiede zwischen den jeweils höchsten Befallsmaxima der einzelnen Jahre konnten jedoch nicht nachgewiesen werden (Mann-Whitney U-Test: 2001 mit 2002,  $U = 21,00$ ,  $N = 15$ ,  $p = 0,623$ ; 2001 mit 2003,  $U = 11,50$ ,  $N = 10$ ,  $p = 0,834$ ; 2002 mit 2003,  $U = 24,00$ ,  $N = 15$ ,  $p = 0,902$ ).

Individuen dieser Art (adulte Käfer und Larven) konnten 2001 zuerst am 03.05. auf der Fläche 136B in der Region 2 nachgewiesen werden. Im darauf folgenden Jahr trat diese Käferart zuerst auf der Fläche 101I am 15.05. in der Region 2 auf. 2003 wurden die Tiere am 07.05. zuerst auf der Fläche 129D in der Region 1 gefunden.

Ab der zweiten Augustwoche (Woche 33) sank die Befallsdichte in allen Jahren auf einen mittleren Wert von unter 5 Individuen auf den 200 bonitierten Spinatpflanzen pro Feld ab.

Bei einem Vergleich des jahreszeitlichen Auftretens der Siebenpunkt-Marienkäfer mit dem der Schwarzen Bohnenlaus zeigt sich eine zeitliche Übereinstimmung (Abb. 2.13). In allen Jahren traten die höchsten Käferdichten zu dem Zeitpunkt auf den untersuchten Spinatanbauflächen auf, zu dem auch hohe Dichten an Blattläusen nachgewiesen werden konnten. Besonders deutlich wird diese synchrone Populationsentwicklung im Jahr 2002, dem Jahr der höchsten Marienkäferdichten auf den Spinatfeldern (Abb. 2.13).

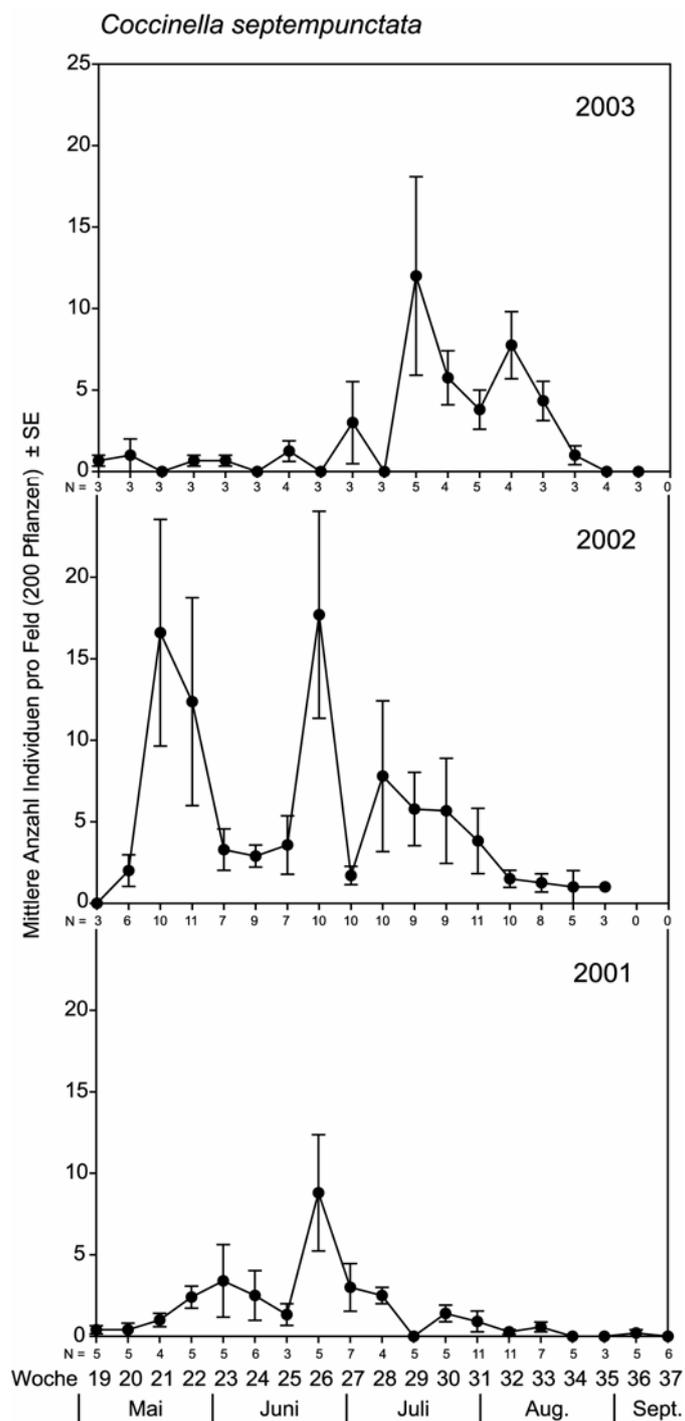


Abb. 2.12 Mittlere Anzahl Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) (adulte und Larven) auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

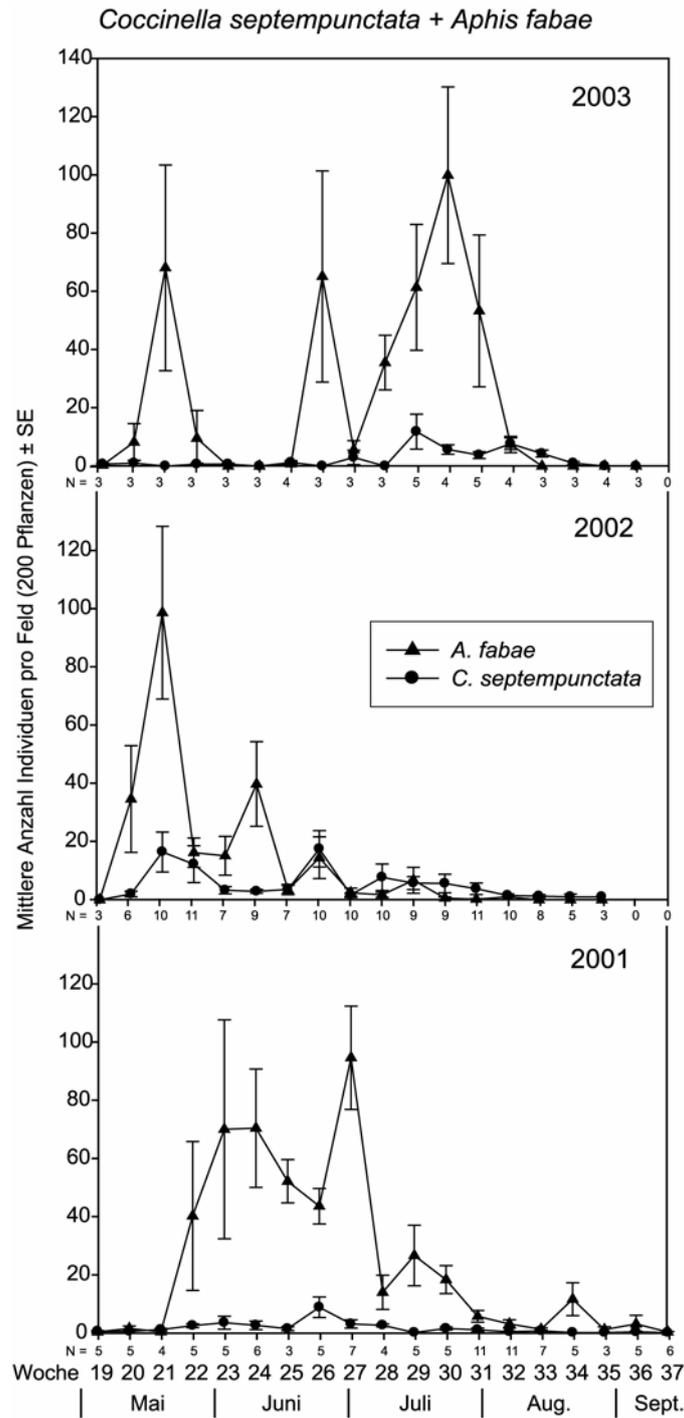


Abb. 2.13 Mittlere Anzahl Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) (Larven und Adulte) und der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld, in den drei Jahren des Untersuchungszeitraums (Fehlerbalken zeigen Standardfehler, N = Anzahl untersuchter Spinatfelder pro Woche).

### **2.3.6 Wahl des geeigneten Boniturzeitpunkts**

Der zeitliche Verlauf der Besiedlung von Spinatanbauflächen mit Schädlingen und dem Siebenpunkt-Marienkäfer als Fremdkörper wurde mit jeweils zwei Bonituren pro Anbaufläche untersucht. Die erste Bonitur fand im Zeitraum zwei bis drei Wochen vor der Ernte statt und die zweite Bonitur wurde auf einen Zeitpunkt, etwa eine Woche vor dem geplanten Erntetermin gelegt.

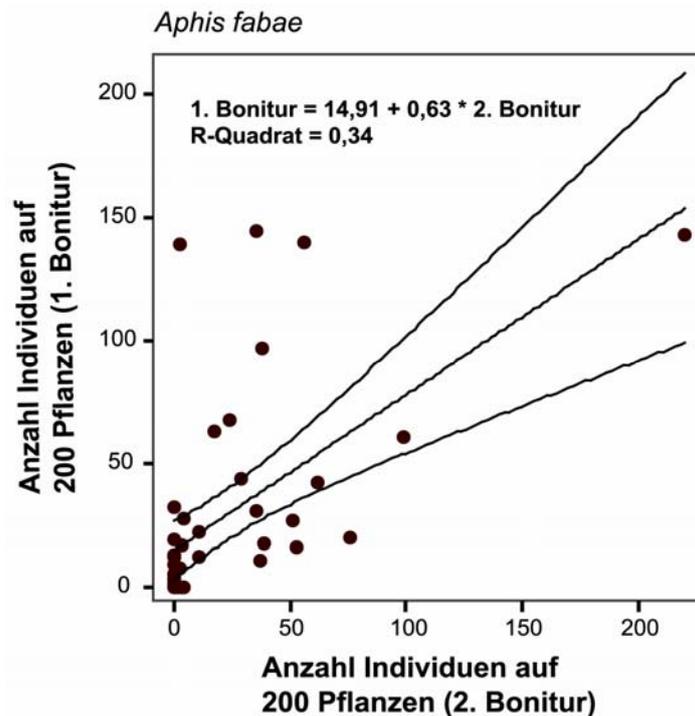
Bei der Untersuchung der beiden Boniturzeitpunkte hinsichtlich ihrer Eignung für eine Befallseinschätzung der Freilandspinatkulturen mit den Hauptschädlingen und Siebenpunkt-Marienkäfern ergaben sich die im Folgenden dargestellten Ergebnisse.

Für die Blattlaus, *Aphis fabae* konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden, welche der beiden Bonituren zur Erfassung der Populationsdichte geeigneter war [Abb. 2.14, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig):  $Z = -1,262$ ,  $N = 45$ ,  $p = 0,207$ ]. Jedoch wurden tendenziell mehr Individuen dieser Schädlingsart bei der ersten Bonitur erfasst (Abb. 2.14).

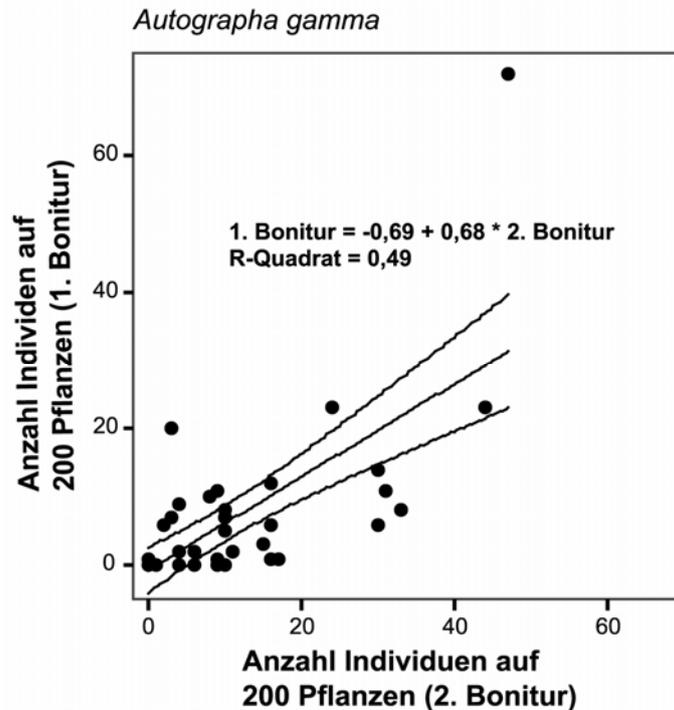
Für die Gammaeule, *Autographa gamma*, dem zweithäufigsten Schädling im Untersuchungsjahr, konnte jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Boniturzeitpunkten nachgewiesen werden. Es wurden insgesamt mehr Individuen während der zweiten Bonitur nachgewiesen [Abb. 2.14, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig):  $Z = -2,983$ ,  $N = 45$ ,  $p = 0,03$ ]. Bei der ersten Bonitur wurden tendenziell mehr Eier der Gammaeule erfasst [Abb. 20; Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): Ei,  $Z = -1,668$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,095$ ]. Individuen des ersten und zweiten Larvalstadiums konnten etwa in gleicher Anzahl während beider Boniturzeitpunkte auf den jeweiligen Spinatflächen nachgewiesen werden [Abb. 2.20, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): L1,  $Z = -1,189$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,235$ ; L2,  $Z = -1,072$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,284$ ]. Raupen des Stadiums L3 und L4 sowie adulte Falter wurden hingegen während der zweiten Bonitur signifikant häufiger gefunden [Abb. 2.19, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): L3,  $Z = -2,978$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,003$ ; L4,  $Z = -3,436$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,001$ ; Falter,  $Z = -2,335$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,020$ ]. Der Rübenaskäfer, *Blithophaga opaca* wurde insgesamt mit wenigen Individuen auf den Spinatpflanzen nachgewiesen. Diese Käferart konnte signifikant häufiger [Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig):  $Z =$

-3,148, N = 45, p = 0,002] während der zweiten Bonitur, d. h. auf Feldern mit dichterem Spinatbestand bonitiert werden (Abb. 2.16). Auch die Abundanz von Larven der Minierfliege, *Pegomya hyoscyami* konnte in signifikant höheren Individuenzahlen zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur nachgewiesen werden [Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): Z = -3,658, N = 45, p < 0,001] als bei der ersten Bonitur (Abb. 2.17). Die Feldwanze, *Lygus rugulipennis* konnte bei beiden Boniturzeitpunkten nachgewiesen werden. Zur Erfassung der Populationsdichte dieser Schadinsektenart erwies sich keine der beiden Bonituren als effektiver [Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): Z = -0,200, N = 45, p = 0,842] (Abb. 2.18).

Für die Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* wurden tendenziell mehr Individuen dieser Art zum Zeitpunkt der ersten Bonitur auf den Spinatpflanzen nachgewiesen (Abb. 2.19). Signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl an bonitierten Individuen konnten jedoch nicht nachgewiesen werden [Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig): Z = -0,753, N = 45, p = 0,451].



**Abb. 2.14** Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl an Schwarzen Bohnenläusen, *Aphis fabae* auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und bei der zweiten Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.



**Abb. 2.15** Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl an Individuen der Gammaeule, *Autographa gamma* (Eier, Raupen und adulte Falter) auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und zweiten Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.

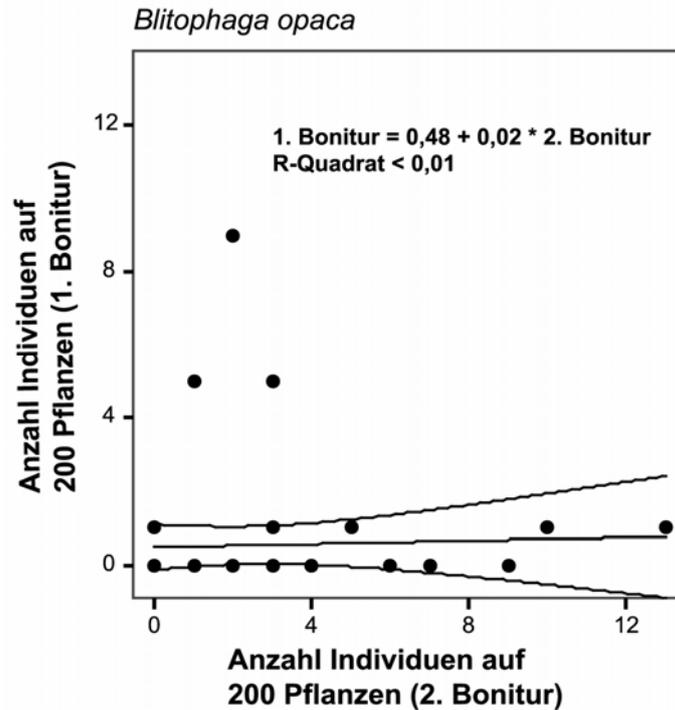


Abb. 2.16 Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl an Rübenaaskäfern, *Blitophaga opaca* (Larven und Adulte) auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und bei der zweiten Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.

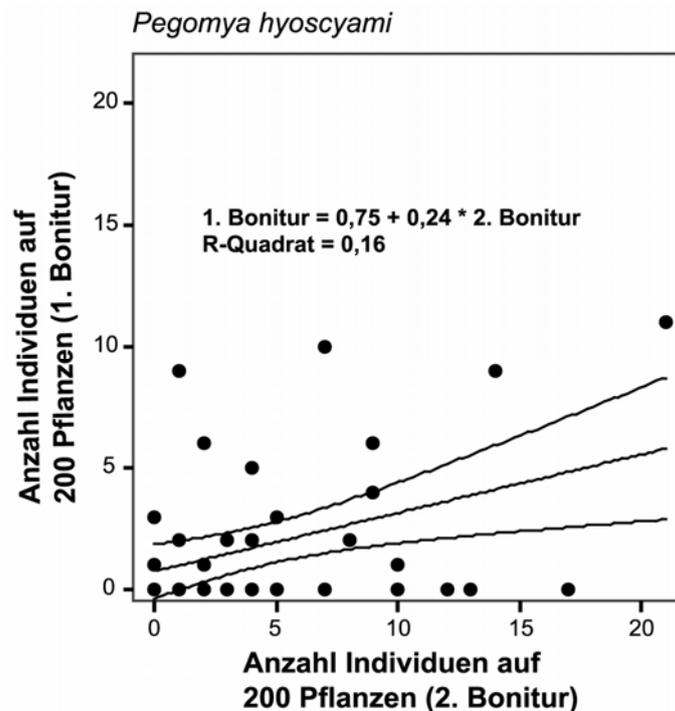


Abb. 2.17 Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl Minierfliegen, *Pegomya hyoscyami* (Larven) auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und bei der 2. Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.

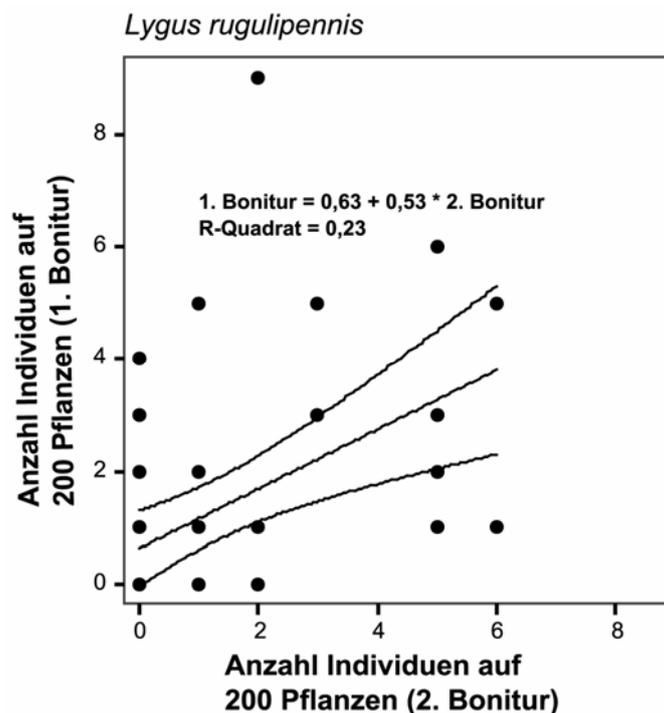


Abb. 2.18 Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl Feldwanzen, *Lygus rugulipennis* (juvenile und adulte) auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und bei der zweiten Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.

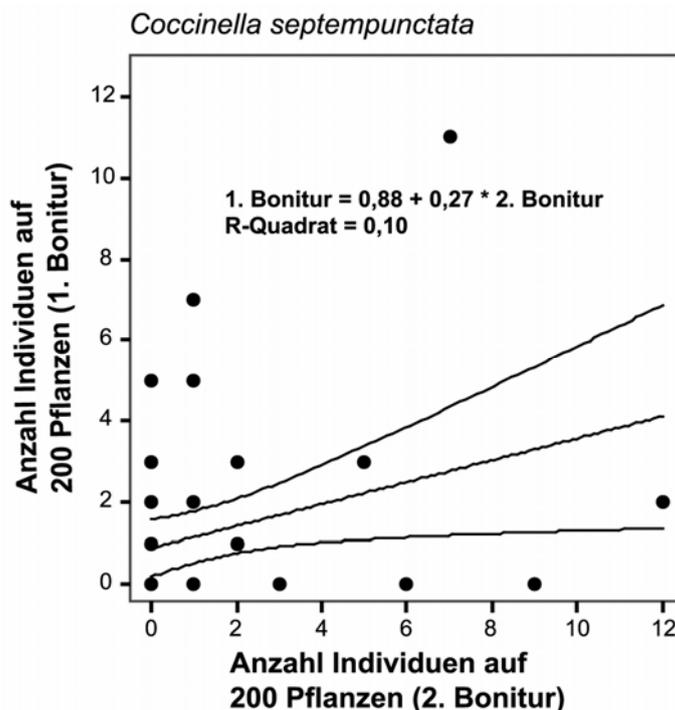


Abb. 2.19 Lineare Regression (+ 95 % Konfidenzintervall) für die Anzahl Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* (juvenile und adulte) auf 200 Pflanzen pro Feld bei der ersten Bonitur (etwa 2-3 Wochen vor Ernte) und bei der zweiten Bonitur (etwa 1 Woche vor Ernte). Jeder Datenpunkt bezieht sich auf ein Feld (N = 45) und einen Aussaatzeitpunkt des Sommerspinats 2001.

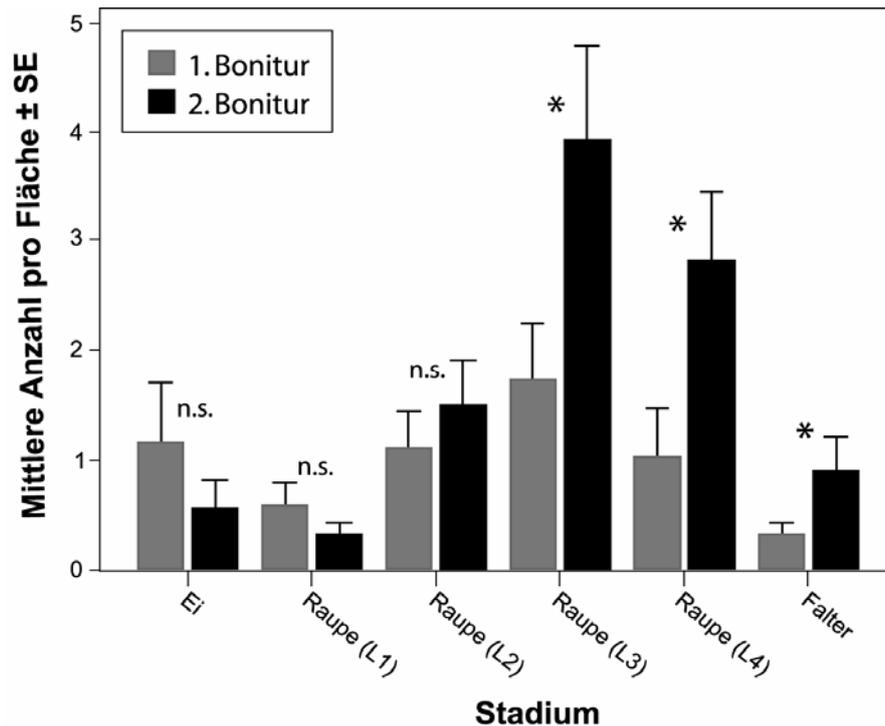


Abb. 2.20 Verteilung der Entwicklungsstadien von *Autographa gamma* auf den einzelnen Spinatanbauflächen zum Zeitpunkt der ersten und zweiten Bonitur. Signifikante Unterschiede wurden nur zwischen der mittleren Anzahl an Raupen pro Fläche (auf jeweils 200 bonitierten Spinatpflanzen) des Stadiums L3, L4 und adulten Faltern zum Zeitpunkt der beiden Bonituren ermittelt [\* = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig) signifikant: L3,  $Z = -2,978$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,003$ ; L4,  $Z = -3,436$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,001$ ; Falter,  $Z = -2,335$ ,  $N = 36$ ,  $p = 0,020$ ; n.s. = nicht signifikant].

## 2.4 DISKUSSION

### 2.4.1 Monitoring

Die zur Ermittlung der Hauptschaderreger und ihrer ökonomischen Bedeutung durchgeführten Bonituren ergaben eine Artenzusammensetzung wie sie auch in der Literatur für Spinatkulturen angegeben wird (KIRCHNER 1923, KLINKOWSKI 1976, HEINZ 1977, HEITEFUSS *et al.* 1987, KRÜGER 1991). Die Gammaeule, *Autographa gamma* trat in allen drei Untersuchungsjahren mit hohen Abundanzen auf den untersuchten Spinatfeldern auf. Nach Aussage der Anbauberater der Firma Unilever Deutschland GmbH kam dieser Schädling auch in den vorigen Jahren mit hohen Individuendichten auf den Feldern vor und führte zu Problemen im Ernte- und Produktionsbetrieb. Diese Lepidopterenart besitzt eine wirtschaftliche Bedeutung für die Spinatproduktion, da ihre Raupen als Fremdkörper im gefrorenen Spinat-

Endprodukt auftauchen können. Um dies zu verhindern wird seitens der Firma Unilever Deutschland GmbH alles unternommen, diese Verunreinigungen zu vermeiden.

Als opportunistische Lepidopterenart nutzt *A. gamma* eine Großzahl an Nahrungspflanzen von über 40 Arten aus 20 Familien (STEINER 1997). Gammaeulen sind als Problemschädlinge mit einer besonderen ökonomischen Bedeutung in besonders vielen ackerbaulichen Kulturen zu finden. Neben Spinat wird eine Vielzahl an Kulturpflanzen mit z. T. großer ökonomischer Bedeutung befallen (Tab. 2.10). Die Raupenhabitate der Gammaeule sind ökologisch weit gestreut. Sie scheinen sich im Kulturland zu häufen, schließen aber auch naturnahe Habitate mit ein (STEINER 1997). Offene, besonnte bis mäßig beschattete Flächen auf magerem bis nährstoffreichem Untergrund wie Äckern und Beeten im Agrarland und in Haus- und Schrebergärten oder Bahndämme, Wegränder und Böschungen, lückige Rasenflächen und gemähte Wiesen sind häufig genutzte Eiablagestellen (STEINER 1997). Für die Eiablage scheinen dabei lückiger Wuchs mit umgebenden offenen Bodenstellen (Störstellen) bzw. niedrige aber etwas über ihre Umgebung herausragende Pflanzen besonders attraktiv zu sein. Dies erklärt nach STEINER (1997) auch die Vorliebe für in Garten und Feld angebaute Pflanzen.

Tab. 2.10 Von Raupen der Gammaeule befallene Kulturpflanzen (Literaturlauswertung).

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Autor (Jahr)
Ackerbohnen	<i>Vicia faba</i>	BRAUN (1963)
		FANKHÄNEL (1963)
		HARAKLY (1977)
		STEINER (1997)
Ackersenf	<i>Sinapis arvensis</i>	FANKHÄNEL (1963) STEINER (1997)
Garten-Bohnen	<i>Phaseolus vulgaris</i>	STEINER (1997)
Garten-Salbei	<i>Salvia officinalis</i>	STEINER 1997
Gurken	<i>Cucumis sativus</i>	STEINER (1997)
Kürbisse	<i>Cucurbita pepo</i>	STEINER (1997)
Kartoffeln	<i>Solanum tuberosum</i>	FANKHÄNEL (1963)
		BRAUN (1963)
		STEINER (1997)
Klee	<i>Trifolium pratense</i>	BRAUN (1963)
		FANKHÄNEL (1963)
		HARAKLY (1977)
		STEINER (1997)
Kohl	<i>Brassica oleracea</i>	STEINER (1997)
Lauch	<i>Allium porrum</i>	HOMMES (1992)
Lein	<i>Linum usitatissimum</i>	FANKHÄNEL (1963)
		STEINER (1997)
Mais	<i>Zea mais</i>	BRAUN (1963)
		FANKHÄNEL (1963)
		STEINER (1997)
Möhre	<i>Daucus carota</i>	STEINER (1997)
Rettich	<i>Raphanus sativus</i>	HARAKLY (1977)
		STEINER (1997)
Rübe	<i>Beta vulgaris</i>	ROSTRUP & THOMSON (1931)
		NOVÁK (1975)
		LEGRAND & WAUTERS (1997)
		STEINER (1997)
Sommerraps	<i>Brassica napus</i>	FANKHÄNEL (1963)
		STEINER (1997)
Sonnenblumen	<i>Helianthus annuus</i>	BRAUN (1963)
		STEINER (1997)
Spinat	<i>Spinacia oleracea</i>	ROSTRUP & THOMSON (1931)
		HARAKLY (1977), HEINZ (1977)
Tabak	<i>Nicotiana bentamiana</i>	FANKHÄNEL (1963)
		STEINER (1997)
Tomaten	<i>Solanum lycopersicum</i>	STEINER (1997)

Sowohl im Sommerspinat als auch im Winterspinat, d. h. im April der Jahre 2001 und 2002, wurde ein Raupenbefall auf den Feldern festgestellt. Somit konnte für das westliche Münsterland erstmals eine erfolgreiche Überwinterung der Larven dieser Schadlepidopterenart nachgewiesen werden. Aus der Literatur sind bisher nur Vermutungen über die Fähigkeit der Gammaeule zur erfolgreichen Überwinterung bekannt (FORSTER & WOHLFAHRT 1959, STEINER 1997). Man geht weitläufig davon aus, dass die Raupen vor der Überwinterung durch eine Reihe von Krankheitserregern befallen und abgetötet werden (BRAUN 1963, FANKHÄNEL 1963, SIDOR & MACELJSKI 1974, STEINER 1997). Wahrscheinlich ist jedoch, dass der Großteil der Falter im Verlauf eines Jahres aus Süddeutschland in das Untersuchungsgebiet einfliegt und die Populationen nicht durch überwinternde Raupen gegründet werden. Migrationen der Gammaeule von Süd- nach Nordeuropa sind bereits von verschiedenen Autoren beschrieben worden (FISHER 1938, VOJNITS 1969, HILL & GATEHOUSE 1991, HILL & GATEHOUSE 1992, STEINER 1997).

Obwohl die Weibchen der Falterart von lückigem Wuchs und offenen Bodenstellen zur Eiablage angelockt werden (s. o., STEINER 1997), schienen sie keine besondere Präferenz für ein bestimmtes Wachstumsstadium der Spinatpflanzen zu besitzen. In der vorliegenden Untersuchung konnte nur die Tendenz für eine Ablage der Eier auf jüngere Pflanzen zu Beginn der Kulturdauer der jeweiligen Spinatanbauflächen gefunden werden (Abb. 2.19). Die gefundenen Eier waren vereinzelt auf den Spinatblättern abgelegt worden. Im Vergleich zu den Vorjahren wurde 2003 während der Untersuchungsperiode (Woche 19 bis 37) eine etwa 36 % höhere, mittlere Anzahl Individuen pro Woche und Feld nachgewiesen. Dies lässt sich wahrscheinlich auf die, im Vergleich zu den beiden anderen Untersuchungsjahren, höhere Durchschnittstemperatur des Jahres 2003 zurückführen.

Als weitere Problemschädlinge traten Blattläuse der Familie Aphididae auf. In den drei Untersuchungsjahren war die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* der Schädling mit den meisten Individuen pro untersuchter Spinatfläche. Zwischen den höchsten Befallsdichten der drei Jahre konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Als eine weitere Aphidenart, die

meist zusammen mit *Aphis fabae* auftritt (WILLIAMS *et al.* 1999), wurde die Grüne Pfirsichblattlaus, *Myzus persicae* nachgewiesen. Diese Schädlinge sind als bedeutende Virusvektoren bekannt (HEITEFUSS 1987, WILLIAMS *et al.* 1999). Nach Aussagen der Anbauberater der Firma Unilever Deutschland GmbH kam es in der Mitte der 90iger Jahre zu bedeutenden Ernteverlusten durch blattlausübertragene Viruserkrankungen der Spinatkulturen. Neben ihrer Funktion als Virusvektor verursacht die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* Blattdeformationen an Spinat (KLINKOWSKI *et al.* 1976). Die Blätter der von Individuen dieser Art besiedelten Pflanzen verdrehen sich und es kann zu Honigtau-Ansammlungen kommen, der von den Blattläusen ausgeschieden wird. Diese Ansammlungen führen oft zu Verpilzungen der Blattoberflächen (eigene Beobachtung). Sowohl Deformationen, als auch Pilzkrankungen der Spinatblätter führen zu Ertragsverlusten.

Der Gartenlaubkäfer, *Phyllopertha horticola* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) trat neben den eben genannten Arten sporadisch in allen Untersuchungs Jahren auf. Diese Art hat ebenfalls eine Bedeutung als Fremdkörper für das Spinaterntegut. Individuen dieser Art traten zwar auf wenigen der für das Monitoring ausgewählten und beprobten Spinatanbauflächen auf, konnten aber im gesamten Untersuchungszeitraum erfasst werden (2001: 2 Flächen, 2002: 8 Flächen, 2003: 1 Fläche). Diese Käferart gilt nicht als direkter Spinatschädling und hatte am Gesamtvorkommen aller Schadinsekten im Untersuchungsgebiet nur einen geringen Anteil. Adulte Käfer schlüpfen lokal begrenzt mit hohen Individuendichten unmittelbar aus der Spinatanbaufläche und deren Nachbarflächen oder flogen aus der Umgebung zu. Stichprobenartige Untersuchungen der gesamten Untersuchungsregion lieferten kein Indiz für die Präferenz der Käfer für bestimmte Kulturflächen. Besonders solch ein kurzfristiges und lokal begrenztes Massenaufkommen macht eine kontinuierliche und vor allem flächendeckende Kontrolle von Spinatbeständen im gesamten Untersuchungsgebiet während der Vegetations- und Ernteperiode erforderlich, um Befallssituationen erkennen und mit geeigneten Maßnahmen reagieren zu können. Als Bekämpfungsmaßnahme der mehrjährigen, bodenbewohnenden Larvalstadien dieser Käferart (RITTERSHAUS 1927) wäre eine Behandlung der Anbaufläche mit speziellen

Nematodenstämmen (SMITS *et al.* 1994, SULISTYANTO & EHLERS 1996, SULISTYANTO 1997, EHLERS & PETERS 1998, PETERS 2004) denkbar jedoch sehr kostenintensiv. Da sich die Hauptaktivität der Käfer auf die Morgen- und Mittagsstunden beschränkt und frisch geschlüpfte Tiere meist die Ackerflächen, aus denen sie stammen, verlassen, um in anliegend Waldränder abzufliegen (RITTERSHAUS 1927), ist es durch Verschiebung der Ernte in die Abend- oder Nachtstunden möglich, Verunreinigungen des Erntegutes durch Gartenlaubkäfer zu verringern oder zu vermeiden.

Neben den bisher genannten Arten konnten drei weitere aus Gemüsekulturen bekannte Schadinsektenarten (KIRCHNER 1923, KLINKOWSKI 1976, HEITEFUSS *et al.* 1987) mit hohen Individuenzahlen nachgewiesen werden: Der Rübenaskäfer, *Blitophaga opaca* wurde bereits in den ersten Maiwochen in den Spinatkulturen gefunden. Wie bereits aus der Literatur bekannt (POPOVA 1991, INRA 2003), konnten bis Anfang August sowohl die Larven, als auch die adulten Käfer gemeinsam auf den Spinatpflanzen gefunden werden. Später im Jahr konnten keine Rübenaskäfer mehr nachgewiesen werden. Diese Schädlingsart lässt sich bei Erschütterung von den Spinatpflanzen fallen und ist sehr mobil, aus diesem Grund gelangen Individuen dieser Art selten ins Erntegut.

Larven der Minierfliege, *Pegomya hyoscyami* konnten im gesamten Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden. Die adulten Weibchen dieser Art legen ihre Eier bevorzugt auf jungen Pflanzenteilen ab. Die ersten Larvenstadien fressen zunächst oberflächlich auf den Blättern bis sie beginnen Miniergänge in die Blätter der nun schon großen Pflanzen zu fressen (BREMER & KAUFMANN 1931, HEINZ 1974). Jungen Larvenstadien dieser Schädlingsart sind schwierig zu erfassen; erst die älteren Larven sind anhand der auffälligen Miniergänge leichter zu bonitieren. Auf einigen Flächen wurden hohe Individuendichten erreicht, was zu einer Qualitätsminderung des Spinats führen kann. Eine Bekämpfung der minierenden Larven ist nur schwer möglich, da systemische Insektizide (z. B. Dimethoate) zum Einsatz kommen müssten, die momentan keine Zulassung für den Einsatz in Spinatkulturen besitzen.

Die Feldwanze, *Lygus rugulipennis* wurde im Untersuchungsgebiet bereits Anfang März auf den Kulturflächen erfasst und es traten im Jahresverlauf

zwei Generationen auf. Angaben in der Literatur zur Biologie dieser Wanzenart sind noch umstritten. Sie gilt im Allgemeinen als Pflanzenschädling (VARIS 1972, HOLOPAINEN & VARIS 1992, HANNUNEN & EKBOM 2001), wurde jedoch auch schon beim Aussaugen von Blattläusen beobachtet (MELBER, mündl. Mitteilung).

Außer der Gammaeule wurden im Verlauf des Monitorings weitere Noctuidenarten nachgewiesen, die als Schädlinge am Spinat bekannt sind (z. B. *Discestra trifolii*) (HEINZ 1974, HEITEFUSS *et al.* 1987). Aufgrund ihres vereinzelt Auftretens haben sie in keinem Untersuchungsjahr eine nennenswerte Bedeutung erlangt.

Die Marienkäfer, besonders der in hohen Individuendichten aufgetretene Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata*, werden als effektive Blattlausantagonisten zu den Nützlingen gezählt. In der Spinatproduktion spielen sie allerdings eine bedeutende Rolle als unerwünschte Fremdkörper. Ihre harten und auffällig gefärbten Elytren stellen eine schwer zu eliminierende Verunreinigung des Endproduktes dar. Die Firma Unilever Deutschland GmbH entwickelte bereits eine mechanische Vorreinigung, mit deren Hilfe bei einem starken Befall die Rohware gereinigt werden kann. Bei einem Massenaufreten von *C. septempunctata* kann es deshalb zur Beeinträchtigung des Produktionsablaufs kommen. In diesem Zusammenhang muss auch der Blattlausbefall betrachtet werden. Ein Blattlausbefall in den Spinatkulturen kann nicht nur aufgrund des eigentlichen Saugschadens oder der Übertragung von Pflanzenviren von ertragsmindernder Bedeutung sein, sondern auch durch die Tatsache, dass Marienkäfer von den Blattläusen angelockt werden (BANKS 1955, YASUDA & ISHIKAWA 1999). In allen Untersuchungsjahren war ein zeitlicher Zusammenhang in der Populationsentwicklung der Marienkäfer und den Blattlauspopulationen zu sehen. Diese Beziehung entsprach dem einfachen Räuber-Beute-Modell von Lotka und Volterra (LOTKA 1925, VOLTERRA 1926). Als Beispiel für eine funktionelle Reaktion von Coccinelliden auf steigende Blattlausdichten können die Untersuchungen von PERVEZ & PERVEZ (2004) dienen. Die Autoren konnten für die Marienkäferart *Propylea dissecta* (MULSANT) (Coleoptera: Coccinellidae) nachweisen, dass bei steigender Blattlausanzahl (*Aphis gossypii* GLOVER; Hemiptera-Homoptera:

Aphididae) auch die Anzahl der von den weiblichen Käfern abgelegten Eier anstieg.

Die weitere bonitierte Nützlingsfauna, bestehend aus parasitischen Hymenopteren, Chrysopiden, weiteren Coccinelliden und Lynphiiden ist für Agrarökosysteme typisch (BAY *et al.* 1993, VOLKMAR *et al.* 1998, WETZEL *et al.* 1997, SCHMAEDICK & SHELTON 2000). Da jedoch die Nützlinge nur direkt von den Spinatpflanzen gesammelt wurden, dürfte zumindest der Anteil der Räuber an der Gesamtzusammensetzung unterrepräsentiert sein, da die meisten Prädatoren in Agrarökosystemen am Boden Jagd auf ihre Beute machen (WETZEL *et al.* 1997).

In zukünftigen Untersuchungen ließe sich die Eignung der im Rahmen des Monitorings nachgewiesenen Gegenspieler zur Bekämpfung der Hauptspinatschädlinge testen. Beispielsweise wurden bei einer gezielten Untersuchung einiger Larven der Gammaeule verschiedene Larvalparasitoide gefunden (eigene Beobachtung). Es handelte sich hierbei vorrangig um Hymenopteren der Familie Ichneumonidae, mit den Arten *Hyposoter didymator* (THUNBERG), *Campoletis annulata* (GRAVERNHORST) und *Meloboris collector* (THUNBERG). Weiterhin konnten vereinzelte Braconiden und Vertreter der Familien Eulophidae und Encyrtidae nachgewiesen werden. Die Eignung dieser natürlich vorkommenden Ei- und Larvalparasitoide sollte im Freilandspinatanbau untersucht werden. Falls sie sich als effektiv herausstellen sollten, könnten sie in Massenzucht genommen und danach in größeren Mengen auf den Spinatflächen freigelassen werden. Hierdurch ließen sich Pflanzenschutzbehandlungen mit biologischen Präparaten unterstützen und/oder ersetzen.

### **2.4.2 Der geeignete Boniturzeitpunkt**

Für die Blattlaus, *Aphis fabae* wurde festgestellt, dass tendenziell mehr Individuen dieser Art auf den Feldern mit jüngerem Spinat zu finden waren. Ein signifikanter Unterschied wurde allerdings nicht nachgewiesen. Die Besiedlung der Spinatpflanzen mit Kolonien dieser Blattlausart begann bereits mit dem Auswachsen der ersten Keimblätter die sich, beeinflusst durch die Saugaktivität der Läuse, einrollten (HEITEFUSS *et al.* 1987). Im späteren

Kulturverlauf kam es dann aufgrund von Prädation und Parasitierung durch natürliche Gegenspieler (MEYHÖFER 2001), Witterungsereignisse wie Starkregen (eigene Beobachtung) und Infektionen durch entomopathogene Pilze (WILDING & PERRY 1980) zu einer Verringerung der Populationsdichten auf den einzelnen Feldern.

Die Analyse der Daten des frühen und späten Boniturzeitpunktes ergab für die Gammaeule, dass eine akkurate Einschätzung der Befallsdichte von Individuen dieser Schädlingsart zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur (älteres Wachstumsstadium der Spinatpflanzen und hundertprozentige Bodendeckung) besser möglich ist. Die Weibchen dieser Noctuidenart legen ihre Eier auf den jüngeren Pflanzen ab und zum Zeitpunkt der ersten Bonitur sind vor allem mehr Eier und L1-Larven als bei der zweiten Bonitur zu finden. Jedoch lassen sich bei der zweiten Bonitur mehr Individuen der späteren Larvalstadien und auch adulte Falter nachweisen. Die hohe Anzahl an L3-Larven zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur kann nicht mit der Anzahl an Eiern und L1-Larven erklärt werden, die bei der ersten Bonitur erfasst wurden. Es ist anzunehmen, dass bei der ersten Bonitur junge Entwicklungsstadien nur unzureichend erfasst werden konnten. Die Raupen waren wahrscheinlich als L2-Larven bereits auf den Flächen vorhanden, aufgrund ihrer versteckten Lebensweise (auf den Blattunterseiten) waren sie im Zuge der Bonituren (nicht destruktive Boniturmethode) nicht aufzufinden. Auch konnten die L2-Larven nur schwer durch ihr Fraßbild quantifiziert werden. Sowohl der Schabefraß (L1) als auch der Fensterfraß (L2) sind schwer zu erfassen und der gut sichtbare Lochfraß tritt erst bei den L3-Larven auf (eigene Beobachtung).

Die Larven und Adulten des Rübenaskäfers wurden tendenziell in höheren Individuendichten auf älteren Spinatanbauflächen als auf jüngeren nachgewiesen. Diese Art ist sehr mobil (POPOVA 1991) und scheint von den Rändern der Anbauflächen in den Spinatbestand einzuwandern und sich mit fortschreitendem Alter der Gemüsekultur auf der Fläche zu verbreiten.

Die Larven der Minierfliege, *Pegomya hyoscyami* wurden auf fast allen Spinatanbauflächen nachgewiesen, und es zeigte sich, dass zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur mehr Larven dieser Art in den Spinatblättern zu finden waren als zum Zeitpunkt der ersten Bonitur. Diese Unterschiede sind

vermutlich nicht auf eine Präferenz der adulten Minierfliegen für ältere Spinatpflanzen zurückzuführen, sondern auf die Schwierigkeiten bei der Erfassung der jungen Larvalstadien dieses Schädling. Die adulten Fliegen legen ihre Eier an jungen Pflanzenteilen ab, und die ersten Larvalstadien fressen zunächst oberflächlich auf den Blättern. Dann beginnen sie, Miniergänge in die Blätter zu fressen (BREMER & KAUFMANN 1931, HEINZ 1974). Daher sind die jungen Larvalstadien schwierig zu erfassen. Erst die älteren Larven können anhand der auffälligen Miniergänge nachgewiesen und quantifiziert werden.

Die Feldwanzewanze, *Lygus rugulipennis* wurde sowohl in den jungen Pflanzenbeständen als auch im älteren Spinat d. h. bei der zweiten Bonitur nachgewiesen. Eine Besiedlung von Spinatpflanzen eines bestimmten Alters konnte mit den vorliegenden Daten nicht ermittelt werden. Diese Wanzenart ist sehr mobil (VARIS 1972), besiedelt schon junge Spinatbestände schnell und verbleibt dann auf den Flächen (eigene Beobachtung).

Auch für die Marienkäferart, *Coccinella septempunctata* wurde versucht herauszufinden, welcher der beiden Boniturzeitpunkte sich besser für eine akkurate Befallseinschätzung eignet. Es stellte sich heraus, dass tendenziell mehr adulte Marienkäfer und deren Larven bei der ersten Bonitur zu finden waren, also in Übereinstimmung mit dem Auftreten von Blattläusen auf den Feldern (s. o.). Signifikant waren diese Unterschiede im Vergleich zur zweiten Bonitur jedoch nicht.

Insgesamt betrachtet wäre es für ein Pflanzenschutzmanagement erstrebenswert durch frühzeitige Bonituren, Abundanzen von möglichen Schädlingen zu erkennen. Dies ist deshalb erforderlich, da die geringe Standzeit der Spinatkulturen nur wenig zeitlichen Handlungsspielraum lässt, in dem der Einsatz von Pflanzenschutzmaßnahmen möglich wäre, ohne Probleme mit den vorgeschriebenen Wartezeiten der zugelassenen Insektizide zu bekommen. Bei Anwendung biologischer Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen kann aufgrund der Abhängigkeit z. B. von Witterungsbedingungen, nicht immer von einer ausreichenden Wirksamkeit ausgegangen werden (KÜHNE & FRIEDRICH 2002). Daher wäre es auch für den Einsatz biologischer Präparate vorteilhaft, einen

größeren Handlungsspielraum zu besitzen, um bis zum geplanten Erntetermin eventuelle Nachbehandlungen der zu schützenden Spinatkulturen durchführen zu können. Bei der vorliegenden Untersuchung stellte sich heraus, dass für die meisten der untersuchten Schadinsekten eine Bonitur zum zweiten Zeitpunkt, d. h. etwa eine Woche vor dem geplanten Erntetermin am aussagekräftigsten ist. Besiedlungen der einzelnen Flächen scheinen vornehmlich in der Endphase der Spinatkulturzeit stattzufinden.

Eine generelle Ausnahme stellen die Blattläuse dar. Obwohl kein Unterschied für die Aussagekraft der ersten oder zweiten Bonitur gefunden wurde, sollte die Erfassung von Blattläusen aufgrund ihrer Funktion als Virusvektor und ihrer Attraktivität für Marienkäfer möglichst frühzeitig erfolgen.

Der ökonomisch bedeutsamste Schädling ist jedoch die Gammaeule. Da aber das Auffinden der kleinen L1-Stadien äußerst schwierig ist, besteht zu einem frühzeitigen Boniturtermin die Gefahr, einen Befall mit Raupen dieser Art zu unterschätzen. Die Raupen sind leichter nachzuweisen, wenn sie das L2- bis L3-Stadium erreicht haben. Eine Bonitur der Spinatanbauflächen zur Einschätzung des Raupenbefalls sollte daher zu einem späten Zeitpunkt, d. h. bei beginnender Bestandsdeckung erfolgen. Zur Verbesserung der Aussagekraft der Abschätzung eines allgemeinen Befallsrisikos der Spinatanbauflächen ist das Heranziehen zusätzlicher Informationen, wie z. B. Fangdaten aus artspezifischen Pheromonfallen sehr sinnvoll (Kapitel 5).

### **3. LABOR- UND FREILANDUNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ VON *BACILLUS THURINGIENSIS*- UND NEEM-PRÄPARATEN GEGEN DIE RAUPEN DER GAMMAEULE UND DIE SCHWARZE BOHNENLAUS**

#### **3.1 EINLEITUNG**

Für eine erfolgreiche Vermarktung von qualitativ hochwertigem Gemüse ist es notwendig, dass dieses frei von Schaderregern und durch sie verursachte Schäden ist (RICHTER *et al.* 1998). Bei einem Auftreten von Schädlingsproblemen kommen beim konventionellen Gemüsebau meist synthetische „Breitband“-Insektizide zum Einsatz. Die Verwendung synthetischer Insektizide weist jedoch neben ihrer gewünschten Wirkung eine Reihe von Nachteilen auf. So können Rückstände in der Umwelt (z. B. Boden und Trinkwasser) und Nahrung auftreten (HEUDORF & ANGERER 2001, KOLACZINSKI 2004). Weiterhin besitzen diese Mittel meist starke Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen (NIEHOFF & POEHLING 1995, FRAMTON 1999, HOLLAND *et al.* 2000, JANSEN 2000, MOREBY *et al.* 2001, CANDOLFI *et al.* 2004). Auch kann es zur Ausbildung von Resistenzen bei den zu bekämpfenden Schaderregern kommen (ROUSH & TABASHNIK 1990, BOURDÔT & SUCKLING 1996, DENHOLM & PICKETT 1999).

Als Alternative zur Bekämpfung von Schaderregern mit synthetischen Insektiziden bietet sich der Einsatz von Virus-, Bakterien-, Pilz- und Nematoden-Präparaten sowie die Nutzung von pflanzlichen Naturstoffen mit insektizider Wirkung an (SCHMUTTERER & HUBER 2005). Diese Präparate zeichnen sich durch ihre gute Umweltverträglichkeit aus.

Besonders Präparate auf Basis des insektenpathogenen *Bacillus thuringiensis* BERLINER (*B.t.*) werden seit Jahrzehnten erfolgreich und in großem Umfang in der Land- und Forstwirtschaft zur Bekämpfung verschiedener Schädlinge eingesetzt (DEML *et al.* 1999, SCHMUTTERER & HUBER 2005). *B.t.* ist ein natürlich vorkommendes, gram-positives, Sporen bildendes Bodenbakterium (DEML *et al.* 1999). Die entomopathogenen Eigenschaften von *B.t.*-

Präparaten werden durch Cry- Proteine ( $\delta$ -Endotoxine), die als parasporale Kristalle im Verlauf der Sporulation der Bakterien synthetisiert werden, hervorgerufen. Es ist bekannt, dass verschiedene Typen von *B.t.*-Endotoxinen verschiedene Insektenarten aus verschiedenen Insektenordnungen durch die Schädigung des Mitteldarm-Epithels abtöten können (KNOWLES 1994). Basierend auf DNS-Homologien der jeweiligen Cry-Gene wurde eine Klassifizierung der Cry-Endotoxine durchgeführt, welche gleichzeitig die relative Spezifität der Proteine gegen bestimmte Insektentaxa widerspiegelt (HÖFTE & WHITELEY 1989). CryI-Endotoxine sind überwiegend gegen bestimmte Lepidopterenarten aktiv, wohingegen CryIII-Proteine bestimmte Coleopterenarten schädigen (DEML *et al.* 1999). Säugetiere werden durch *B.t.*-Präparate nicht beeinträchtigt (SIEGEL 2001). Aufgrund ihrer relativ spezifischen Wirkung gegen bestimmte Insektengruppen, ist ein kombinierter Einsatz dieses Mittels mit Nützlingen, wie z. B. Trichogrammatiden, die gegen Eier von Lepidopteren eingesetzt werden, möglich (SALMA & ZAKI 1985). Durch das Mittel werden im Gegensatz zu synthetischen „Breitband“-Insektiziden meist nur die Zielorganismen abgetötet.

Effekte auf Nichtziel-Arthropoden speziell auf Nützlinge können nicht ausgeschlossen werden (DUTTON *et al.* 2002), sind aber meist gering (STAPEL *et al.* 1998).

Neben den Bakterien-Präparaten kamen in den letzten Jahren verstärkt pflanzliche Naturstoffe mit insektizider Wirkung auf den Markt. Hierbei handelt es sich z. B. um Neem-Präparate die als breitenwirksame Insektenbekämpfungsmittel eingesetzt werden können und als häutungsverhindernde und sterilisierende Substanz das Tetranortriterpenoid Azadirachtin enthalten (SCHMUTTERER & HUBER 2005).

Die Wirkstoffe der Neem-Präparate werden aus dem Neem-Baum, *Azadirachta indica* A. JUSS. (Familie: Meliaceae) gewonnen. Dieser Baum enthält eine Reihe von komplexen, chemischen Komponenten sog. Limonoiden, die diverse Effekte gegenüber Insekten zeigen. Allgemein besitzen Extrakte aus der Neem-Frucht, den Kernen oder der Rinde, eine repellente, fraßmindernde, wachstumshemmende oder sterilisierende

Wirkung gegenüber Insekten (SCHMUTTERER 1990, HEIN & HUMMEL 1997).

Das am häufigsten verwendete Neem-Präparat ist NeemAza<sup>®</sup>-T/S. Es handelt sich hierbei um ein in der Herstellung standardisiertes Präparat der Firma Trifolio-M GmbH (Deutschland, Lahnau), das inzwischen für eine größere Anzahl Kulturen im Obst-, Gemüse- und Ackerbau zugelassen ist.

Das Präparat wird aus den Kernen des Neem-Baumes gewonnen. Für die Herstellung werden die Kerne von Fruchtfleisch und Samenschale getrennt und getrocknet. Hiernach erfolgen mehrere aufeinander abgestimmte Extraktions- und Phasenverteilungsschritte (KLEEBERG 1997).

Die Wirkung von NeemAza<sup>®</sup>-T/S basiert im Wesentlichen auf der Leitsubstanz Azadirachtin A. Während der Jahre 1994 bis 1998 wurde die Formulierung des Mittels NeemAza<sup>®</sup>-T/S unter Berücksichtigung des Praxiseinsatzes bei Labor- und Freilandversuchen optimiert (KLEEBERG & HUMMEL 1998). Die Wirksamkeit wurde bei 140 Arten von Milben (Acari) und Insektenordnungen (Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Thysanoptera) getestet. Es zeigte sich, dass das Mittel effektiv gegen eine große Zahl der getesteten Schaderreger wirkt (KLEEBERG & HUMMEL 1998).

Da ein Teil des Insektizides in die Pflanze eindringt und sich dort verbreitet, werden meist nur die saugenden und beißenden Schädlinge beeinträchtigt (SCHMUTTERER 1990). Auch kann es nach topikaler Applikation bei nymphalen und juvenilen Stadien von Nützlingen (Dermaptera, Heteroptera, Coleoptera, Hymenoptera, Planipennia, Diptera) zu einer reduzierten Nahrungsaufnahme, verlangsamtem Wachstum, Häutungsstörungen, morphologischen Defekten und letztendlich zum Absterben der Tiere kommen (SCHMUTTERER 1997, HECHT-ROST 2001).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Wirkung von zwei Präparaten mit insektizider Wirkung im Einsatz gegen die Hauptschaderreger von Spinatkulturen unter Labor- und Freilandbedingungen getestet. Bei den Schaderregern handelte es sich um die Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) und die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) (Kapitel 2).

Zur Bekämpfung der Hauptschädlinge wurde zum einen das *Bacillus thuringiensis*-Präparat, XenTari® (Bayer CropScience) getestet, das für die Bekämpfung von Noctuidenraupen in Gemüsekulturen zugelassen ist. Zum anderen wurde die fraßrepellente und insektizide Wirkung des Bioinsektizids NeemAzal®-T/S (Trifolio-M GmbH) gegenüber Aphiden und Raupen getestet. Für den Einsatz in Blatt- und Stielgemüsekulturen ist dieses Präparat bisher nur in Beständen zur Saatguterzeugung zugelassen.

*B.t.*- und Neem-Präparate wurden bereits in zahlreichen Kulturen gegen eine Vielzahl von Schaderregern getestet (SCHMUTTERER 1990, DEML *et al.* 1999). Für beide Präparate liegen jedoch bisher noch keine Daten zur erfolgreichen Bekämpfung von Gammaeulen-Raupen und Schwarzen Bohnenläusen in Freilandspinatkulturen vor. Daher war es notwendig deren Wirkung in dieser Gemüsekultur unter Praxisbedingungen nachzuweisen.

## 3.2 MATERIAL UND METHODEN

### **3.2.1 Laboruntersuchungen zur Wirksamkeit des *Bacillus thuringiensis*-Präparates, XenTari® im Einsatz gegen Raupen der Gammaeule**

In diesem Versuch wurde die Wirkung des *B.t.*-Präparates, XenTari® (wasserdispergierbares Granulat; 10,3 % *Bacillus thuringiensis* subspec. aizawai) auf die verschiedenen Entwicklungsstadien der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) getestet. Die Raupen entstammten der institutseigenen Zucht (Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover) und wurden bei einer Temperatur von 27 °C, einer Luftfeuchte von 70 % und einer Fotoperiode von 16:8 L:D auf einem Maisgrieß- und Weizenkleie-Nährmedium nach IVALDISENDER (1974) herangezogen.

Die Raupen der Gammaeule wurden mit behandelten Chinakohl-Blattstücken, *Brassica pekinensis* (LOUR.) RUPR. (Familie: Brassicaceae) gefüttert. Kohlblätter wurden gewählt da sie, im Gegensatz zu Spinatblättern, unter den Versuchsbedingungen lange frisch bleiben. Der Versuch wurde für jedes Raupenstadium (L1, L2, L3 und L4) und jede Versuchsvariante in je 15 Wiederholungen durchgeführt. In zwei Kontrollvarianten wurden L1- bis

L4-Stadien mit Chinakohl-Blattstücken gefüttert, die einmal nur mit Wasser allein und einmal mit einer 0,5-prozentigen Zuckerlösung (Kristallzucker, EG II-Qualität) behandelt waren. Für die L1- und L2-Stadien gab es zwei Versuchsvarianten. In der einen Variante wurden sie mit Chinakohl-Blattstücken gefüttert, die mit XenTari® unter Beimischung von Zucker (0,5-prozentige Zuckerlösung) zur besseren Anhaftung der Spritzbrühe an die Pflanze und damit verbesserte Aufnahme durch die Raupen (Fraßstimulans) behandelt waren. In der zweiten Variante bekamen die Raupen nur mit XenTari® behandelte Pflanzenstücke, ohne Zuckerbeimischung zur Spritzlösung zu fressen. An die L3- und L4-Stadien wurden nur mit Blattstücke gefüttert, die mit XenTari® unter Beimischung von Zucker (Kristallzucker, 0,5-prozentige Lösung) behandelt waren.

Die Blattstücke wurden dem täglichen Nahrungsbedarf der Raupen angepasst. Dabei wurde die Größe der Stücke so gewählt, dass die Raupen nicht in der Lage waren, die präsentierte Blattfläche zwischen den Kontrollzeitpunkten vollständig aufzufressen. In einer Voruntersuchung wurde für L1- und L2-Stadien eine ausgestanzte Blattfläche von 5,72 cm<sup>2</sup> pro Tag und für L3- und L4-Stadien von 14,5 cm<sup>2</sup> pro Tag als ausreichend ermittelt.

Das Auftragen der Spritzbrühe erfolgte mittels der institutseigenen Laborspritze (Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover) (DINTER 1995). Es wurde eine Spritzdüse des Typs Teejet 650067-SS verwendet. Der Abstand zwischen Spritzdüse und Oberfläche der behandelten Blattstücke betrug 50 cm. Die Kalibrierung der ausgebrachten Spritzmittelbeträge erfolgte über eine Durchflussmengenbestimmung und durch die Überprüfung der Spritztröpfchenverteilung auf saugfähigem Papier. Ein Ausbringvolumen von 600 l/ha wurde bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,63 km/h und einem Behandlungsdruck von 1,6 bar erzielt. Die Blattstücke in den Versuchsvarianten (*B.t.* allein und *B.t.* + Zucker) wurden mit der für Kohlgemüse vorgeschriebenen Aufwandmenge des Mittels XenTari® von 1 kg/ha und einer Wasseraufwandmenge von 600 l/ha behandelt. In den Varianten mit Zuckerbeimischung zur Spritzbrühe, wurde eine 0,5-prozentige Zuckerlösung verwendet. Nach der Spritzbehandlung wurden die getrockneten Blattstücke in Petrischalen (Ø 5,5 cm, Höhe 1,5 cm) überführt, in denen sich angefeuchtete (100 µl H<sub>2</sub>O) Filterpapierstücke

(Ø 5 cm) befanden. Ein Teil der behandelten Blätter wurde nach dem Antrocknen des Spritzbelages in einen Kühlraum (4 °C) überführt, um die natürliche Alterung des Produktes nachzuahmen und die Blattstücke vor dem Austrocknen zu bewahren. Die Raupen wurden einzeln in die vorbereiteten Petrischalen gesetzt und in einer Klimakammer bei 22 °C gehalten. Die Luftfeuchte betrug 70 % und die Fotoperiode 16:8 L:D. Die Versuchseinheiten wurden täglich kontrolliert. Der Zustand der Raupen wurde protokolliert. Die gefressene Blattfläche (Fraßschaden) wurde quantifiziert. Die Ermittlung des Fraßschadens erfolgte, indem die Blattstücke vor und 24 Stunden nach dem Aufsetzen der Raupen fotokopiert wurden. Anhand der Fotokopien erfolgte dann die Ausmessung und Quantifizierung der von den Raupen gefressenen Blattfläche. Nach jeweils 24 Stunden wurden die behandelten Blattstücke gegen die im Kühlraum gelagerten ausgetauscht. Dies wurde nach 48 und 72 Stunden wiederholt. So wurde gewährleistet, dass die Raupen in den *B.t.*-Varianten drei Tage lang behandelte Blattstücke zu fressen bekamen. Für jeden der drei Zeiträume wurde die gefressene Blattfläche quantifiziert. Ab dem vierten Tag wurden nur noch unbehandelte Blattstücke verfüttert. In den Wiederholungen mit überlebenden Raupen wurde die Fütterung und Kontrolle bis zum Verpuppen der Raupen weitergeführt und der anschließende Schlupferfolg protokolliert.

### 3.2.1.1 Statistische Datenanalyse

Der Wirkungsgrad des Mittels wurde nach ABBOTT (1925) bestimmt. Die statistische Analyse der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 12.0.1). Die Überlebenswahrscheinlichkeit der Larvalstadien erfolgte mit der Überlebensanalyse nach KAPLAN-MEIER (KLEINBAUM 1996). Anschließend erfolgte ein Log-Rank-Test (KLEINBAUM 1996), um die Gleichheit der Überlebensverteilungen in den Versuchsvarianten für die unterschiedlichen Larvalstadien zu vergleichen. Der durch die verschiedenen Raupenstadien verursachte prozentuale Fraßschaden wurde quantifiziert und signifikante Unterschiede mit einem U-Test nach Mann und Whitney (SACHS 2002) ermittelt.

### **3.2.2 Freilanduntersuchungen zur Wirksamkeit des *Bacillus thuringiensis*-Präparates, XenTari<sup>®</sup> und des Neem-Präparates, NeemAzal<sup>®</sup>-T/S im Einsatz gegen Raupen der Gammaeule und die Schwarze Bohnenlaus**

Der Versuch wurde im randomisierten Blockdesign mit jeweils 20 Wiederholungen pro Variante durchgeführt. Hierzu wurden auf einer 5,5 ha großen Spinatanbaufläche (Heiden, TK25: 4107, westliches Münsterland, Nordrhein-Westfalen), 60 Parzellen mit einer Größe von 3 m<sup>2</sup> vermessen. Diese Parzellen wurden auf beiden Seiten der Fahrgassen, mit einem Abstand von 23 m zueinander, angelegt (Abb. 3.1). Auf der Spinatanbaufläche befanden sich Spinatpflanzen im 6-Blattstadium (BBCH 16 nach FELLER *et al.* 1995) der Sorte Ballet (Firma Royal Sluis). Die Fläche wurde am 29.05.2002 ausgesät. Die Aussaatstärke lag bei 230 Korn pro m<sup>2</sup>, mit einer Keimfähigkeit von 90 % und wurde zweimal mit Herbiziden behandelt.

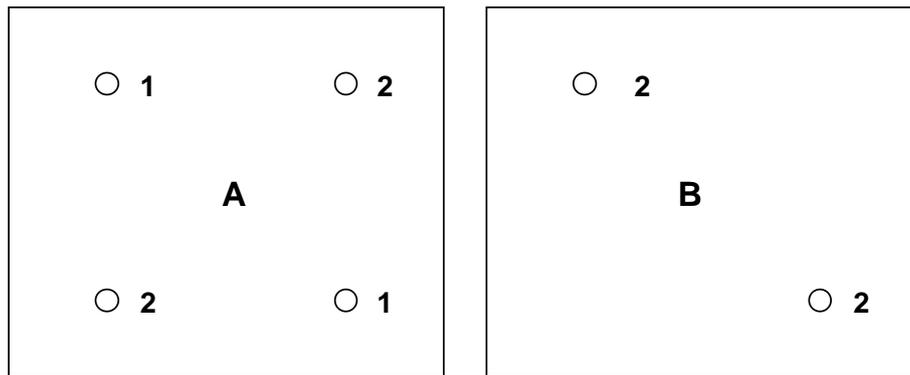
In den Versuchspartzellen wurden je nach Behandlungsvariante jeweils zwei Spinatpflanzen (Sorte: Ballet, Royal Sluis) exponiert, die mit Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) oder mit Schwarzen Bohnenläusen, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) infiziert waren. Diese Pflanzen besaßen das gleiche Wachstumsstadium (6-Blattstadium) wie der Spinat auf der Versuchsfläche. Die exponierten Versuchspflanzen wurden am Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover (IPP), im Anzuchtgewächshaus herangezogen (22 °C, 70 % relative Luftfeuchte) und unmittelbar nach dem Ausbringen auf dem Versuchsfeld mit je 12 Raupen (Larvalstadium 2) der Gammaeule besetzt (Abb. 2). Die Raupen stammten aus der institutseigenen Laborzucht (Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Hannover, IPP) (SCHILDKNECHT 2003). In 20 der mit NeemAzal<sup>®</sup>-T/S zu behandelnden Parzellen waren, zusätzlich zu den raupenbesetzten Pflanzen, je zwei Pflanzen mit 30 Individuen der Schwarzen Bohnenlaus besetzt (Abb. 3.2). Um eine Kolonie mit 30 Schwarzen Bohnenläusen pro Versuchspflanze zu erhalten wurden bereits einige Tage vor Versuchsbeginn 10 adulte, synchronisierte Tiere auf das Blatt einer Spinatpflanze gesetzt und durch

einen Gazebeutel (17 cm x 11,5 cm) am Abwandern gehindert. Die Blattläuse entstammten der institutseigenen Zucht (IPP) und wurden dort bei einer Temperatur von 20 °C, einer relativen Luftfeuchte von 70 % und einem Tag-/Nachtrhythmus 16:8 L:D gehalten.

Alle am Institut für Pflanzenkrankheiten (IPP) gezogenen und teilweise (s.o.) mit Blattläusen besetzten Spinat-Versuchspflanzen wurden am Vorabend des Versuches auf das Versuchsfeld gebracht, in den Parzellen eingegraben und bewässert. Am nächsten Morgen wurden die Gazekäfige von den Blättern mit den Blattlauskolonien entfernt und die Raupen auf den Versuchspflanzen ausgebracht (Abb. 3.2). Am Abend desselben Tages wurden 20 der Versuchspartzen mit dem *B.t.*-Präparat (XenTari<sup>®</sup>, 10,3 % aktive Wirksubstanz pro kg) behandelt. Anschließend erfolgte eine Behandlung der restlichen 20 Versuchspartzen mit Neem (NeemAzal<sup>®</sup>-T/S). Die 20 Kontrollpartzen blieben unbehandelt (Abb. 3.1). Die Aufwandmengen der beiden untersuchten Mittel waren praxisüblich: Für das *B.t.*-Präparat (XenTari<sup>®</sup>) wurde 1 kg/ha (Wasseraufwandmenge: 1.000 l Wasser + 1 kg Zucker) und für das Neem-Präparat (NeemAzal<sup>®</sup>-T/S, 1 % aktive Wirksubstanz pro Liter) 3 l/ha (Wasseraufwandmenge: 1.000 l Wasser) ausgebracht. Die Mittel wurden mit einer Anhängfeldspritze (Amazone UG 2.200 Nova) und 3 m Teilbreitenschaltung ausgebracht. Es wurden driftreduzierende Düsen der Firma Lechler (ID 120-03 Keramik) verwendet.

Einen Tag nach der Behandlung erfolgte die erste Bonitur. Hierbei wurden die Raupen auf den zwei Versuchspflanzen und auf den etwa 30 benachbarten Pflanzen pro Parzelle gezählt. Des Weiteren wurde der Fraßschaden geschätzt und die Anzahl angefressener Blätter wurde dokumentiert. Auf den mit Blattläusen besetzten, getopften Versuchspflanzen und deren benachbarten Pflanzen (30 Pflanzen pro Parzelle) wurde die Anzahl an Blattläusen erfasst. In gleicher Weise wurden die zweite Bonitur am dritten und die letzte Bonitur am fünften Tag nach der Pflanzenschutzbehandlung durchgeführt. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurde der ausgepflanzte Spinat einmal pro Tag an der Stängelbasis bewässert. Außerdem wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum die Temperatur und Luftfeuchte mit Dataloggern aufgezeichnet (Tinytalk<sup>®</sup>).





**Abb. 3.2** Schematische Darstellung der Anordnung der Versuchspflanzen innerhalb der Versuchsparzellen (A = Neem-Variante und Kontrolle, B = *B.t.*-Variante; 1 = Spinatpflanze aus Laborzucht, mit 12 Raupen der Gammaeule besetzt, 2 = Spinatpflanze mit einer Ausgangskolonie von etwa 30 Individuen der Schwarzen Bohnenlaus besetzt).

### 3.3 ERGEBNISSE

#### **3.3.1 Laborergebnisse zur Wirksamkeit von XenTari® im Einsatz gegen verschiedene Entwicklungsstadien der Gammaeule**

Der Wirkungsgrad des *B.t.*-Präparates, XenTari® wurde getrennt für die jeweils getesteten Larvalstadien der Gammaeule, *Autographa gamma* berechnet. Das Mittel zeigte in der Behandlungsvariante ohne Zuckerbeimischung für die L2-Larven bereits nach 16 Stunden eine Wirkung. Der Wirkungsgrad wurde mit 6,6 % berechnet. Nach 24 Stunden wurden sowohl für das L1-, als auch für das L2-Stadium Wirkungsgrade von 20 % erreicht. Nach zwei Tagen lag der Wirkungsgrad für die L1-Larven bei 93,3 % und für L2-Larven bei 78,5 %. Nach 72 Stunden waren alle Tiere in der Behandlungsvariante gestorben (Abb. 3.3). In der Behandlungsvariante mit Zuckerbeimischung wurde für die L1-Stadien der Gammaeule nach 16 Stunden ein Wirkungsgrad von 6,6 % erreicht, der nach 24 Stunden auf 40 % anstieg. Für die L2-Larven lag der Wirkungsgrad bis 24 Stunden nach Versuchbeginn bei 0 % und erreichte nach 48 Stunden 93,3 % für die L1-Stadien und 73,3 % für die L2-Stadien. Nach 72 Stunden lag der Wirkungsgrad gegenüber beiden Stadien bei 93,3 % und zum Ende des Versuches nach 6 Tagen waren alle im Versuch eingesetzten Individuen abgestorben (Abb. 3.4).

Bei L3- und L4-Stadien der Gammaeule setzte die Wirkung des Mittels sehr viel später ein als bei den jüngeren Stadien (L1 und L2). Erst nach 48 Stunden wurde für das dritte Larvalstadium ein Wirkungsgrad von 66,6 % bzw. 26,6 % für das L4-Stadium erreicht. Die maximale Wirkung von 93,3 % wurde für die L3-Stadien nach 72 Stunden und für die L4-Stadien nach 9 Tagen erreicht (Abb. 3.5).

Für alle Raupenstadien (L1 bis L4) ist die Überlebenswahrscheinlichkeit nach KAPLAN-MEIER (KLEINBAUM 1996) für den gesamten Versuchs-Zeitraum, getrennt für die beiden Versuchsvarianten dargestellt (Abb. 3.6 – 3.8). Die Überlebenswahrscheinlichkeit für das L1-Stadium unterschied sich in den beiden Varianten nicht voneinander (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 0,40$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,526$ ). Die 50 %-Überlebenswahrscheinlichkeit für die L1-Larven in der nur mit *B.t.* behandelten Variante betrug 44,08 h ( $\pm 3,20$  SE) mit einem 95 %-Konfidenzintervall von 38,53 h bis 51,07 h. Hingegen lag die 50 %-Überlebenswahrscheinlichkeit für die Raupen in der Variante mit Zucker in der Spritzbrühe etwa um 2 h niedriger als in der nur mit *B.t.* behandelten Variante (42,67 h  $\pm 6,20$  SE, 95 %-Konfidenzintervall von 30,51 h bis 54,83 h) (Abb. 3.6). Für die L2-Stadien der Gammaeule wurde in der nur mit *B.t.* behandelten Variante eine um etwa 7 h geringere 50 %-Überlebenswahrscheinlichkeit gemessen (49,07 h  $\pm 3,97$  SE, 95 %-Konfidenzintervall von 41,28 h bis 56,85 h), als in der Variante mit Zuckerzusatz (56,00 h  $\pm 3,82$  SE, 95 %-Konfidenzintervall von 48,50 h bis 63,50 h) (Abb. 7). Allerdings gab es auch bei diesem Larvalstadium keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Varianten (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 1,37$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,242$ ) (Abb. 3.7).

Weiterhin wurde die Überlebensdauer aller vier Larvalstadien in der *B.t.*-Variante mit Zuckerbeimischung verglichen. Die mittlere Überlebensdauer der L2-Stadien war mit etwa 13 h höher als die von L1-Stadien, die beiden Varianten unterschieden sich nicht signifikant (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 2,95$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,085$ ). Die mittlere Überlebensdauer der L3-Stadien (59,20 h  $\pm 4,99$  SE, 95 %-Konfidenzintervall von 49,42 h bis 68,98 h) unterschied sich mit etwa 16,53 h signifikant von der der L1-Stadien (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 5,09$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,023$ ). Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zu

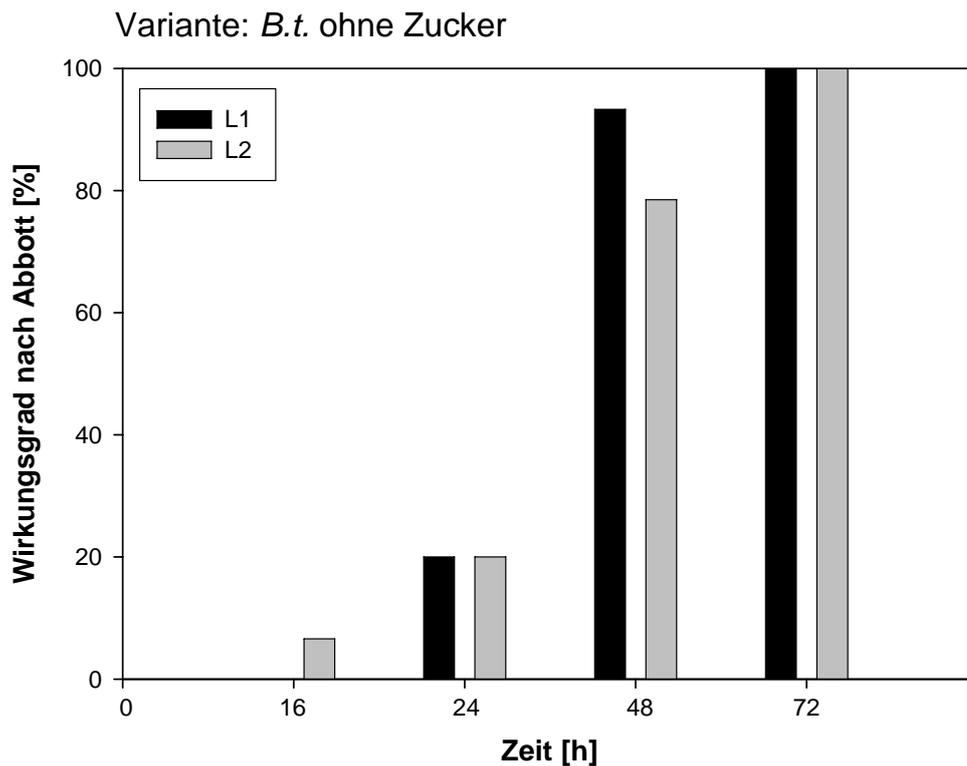
der Überlebensdauer der L2-Stadien (etwa 3 h Unterschied) (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 0,34$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,556$ ) (Abb. 3.8). Die Überlebensdauer der L4-Stadien ( $81,60 \text{ h} \pm 7,08 \text{ SE}$ , 95 %-Konfidenzintervall 67,72 h bis 95,48 h) lag signifikant über der aller anderen Stadien. Die Individuen dieses Stadiums überlebten etwa 22 h länger als das L3-Stadium (Log Rank-Test:  $n = 15$ ;  $\chi^2 = 5,01$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,024$ ), etwa 26 h länger als das L2-Stadium (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 8,22$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,004$ ) und etwa 40 h länger als das L1-Stadium (Log Rank-Test:  $n = 15$ ,  $\chi^2 = 10,70$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,001$ ) (Abb. 3.8).

In diesem Versuch wurde neben einer Erfassung von Überlebenswahrscheinlichkeiten und Mortalitäten die täglich gefressene Blattmasse der untersuchten Raupen erfasst, um den unmittelbaren Einfluss der Behandlung auf deren Fraßverhalten und somit indirekt ihren Gesundheitszustand zu analysieren (Abb. 3.9 – 3.12).

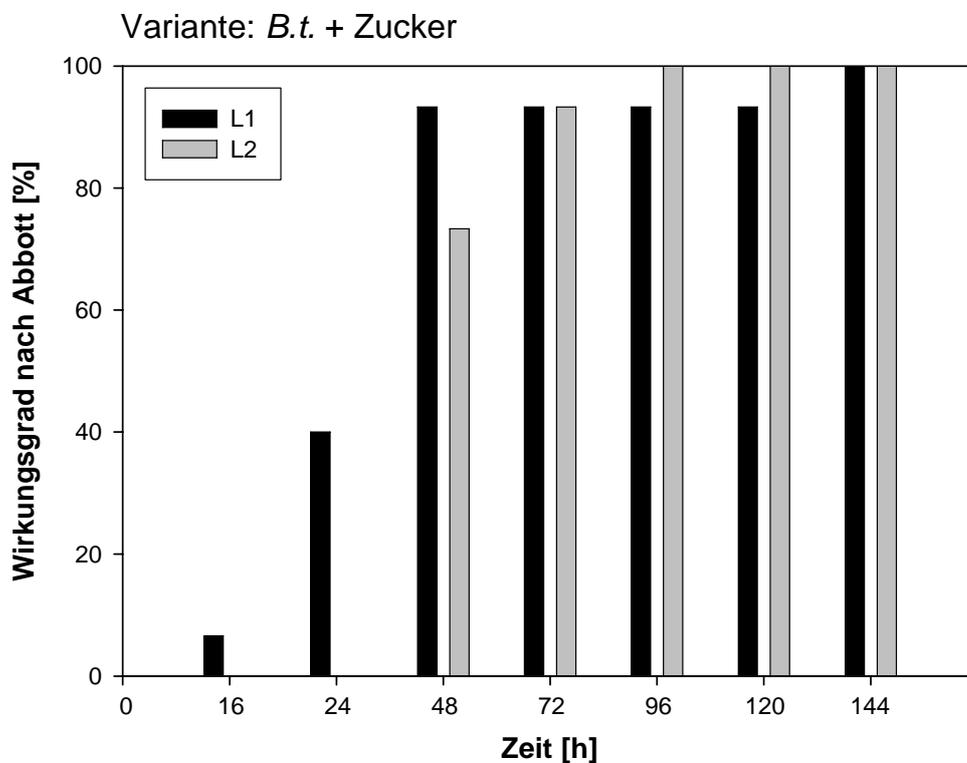
Es zeigte sich, dass die Raupen aller Stadien in den Kontrollvarianten während des gesamten Untersuchungszeitraumes signifikant mehr fraßen als die Tiere in den Versuchsvarianten (Abb. 9 bis 12).

Die Quantifizierung des Fraßschadens erfolgte für die beiden ersten Larvenstadien (L1 und L2) in den beiden Versuchsvarianten (*B.t.* mit und ohne Zuckerbeimischung) und in den beiden Kontrollvarianten (nur Wasser und Wasser mit Zuckerbeimischung). Die Fraßaktivitäten der Raupen in den Versuchsvarianten unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander (Tab. 3.1). Für das L1-Stadium konnten signifikante Unterschiede in der gefressenen Blattmenge zwischen den beiden Kontrollvarianten zum Zeitpunkt 24 Stunden und 72 Stunden nach Versuchsbeginn ermittelt werden (Tab. 3.1). Für das L2-Stadium ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Kontrollvarianten (Tab. 3.1). Für alle Stadien ließ sich der Trend einer Fraßzunahme in den Kontrollvarianten mit zunehmendem Alter der Tiere feststellen (Abb. 3.9 - 3.12).

Das *B.t.*-Präparat in den Versuchsvarianten schien alle Raupenstadien zu schädigen, da schon 24 Stunden nach Versuchsbeginn kaum noch Nahrung von den Individuen in dieser Variante aufgenommen wurde (Abb. 3.9 - 3.12).



**Abb. 3.3** Der Wirkungsgrad des *B.t.*-Präparates, XenTari® ohne Zuckerzusatz im Einsatz gegen die Larvalstadien L1 und L2 der Gammaeule im Zeitverlauf unter Laborbedingungen (n = 15).



**Abb. 3.4** Der Wirkungsgrad des *B.t.*-Präparates, XenTari® mit Zuckerzusatz im Einsatz gegen die Larvalstadien L1 und L2 der Gammaeule im Zeitverlauf unter Laborbedingungen (n = 15).

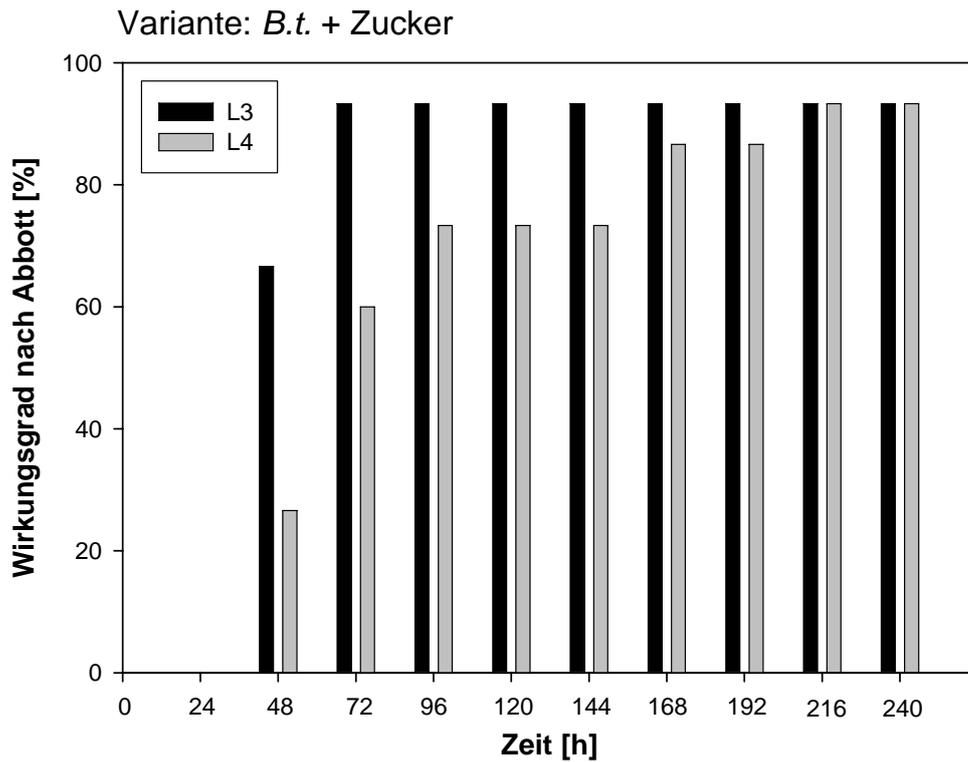


Abb. 3.5 Der Wirkungsgrad des *B.t.*-Präparates, XenTari® mit Zuckerzusatz im Einsatz gegen die Larvalstadien L3 und L4 der Gammaeule im Zeitverlauf unter Laborbedingungen (n = 15).

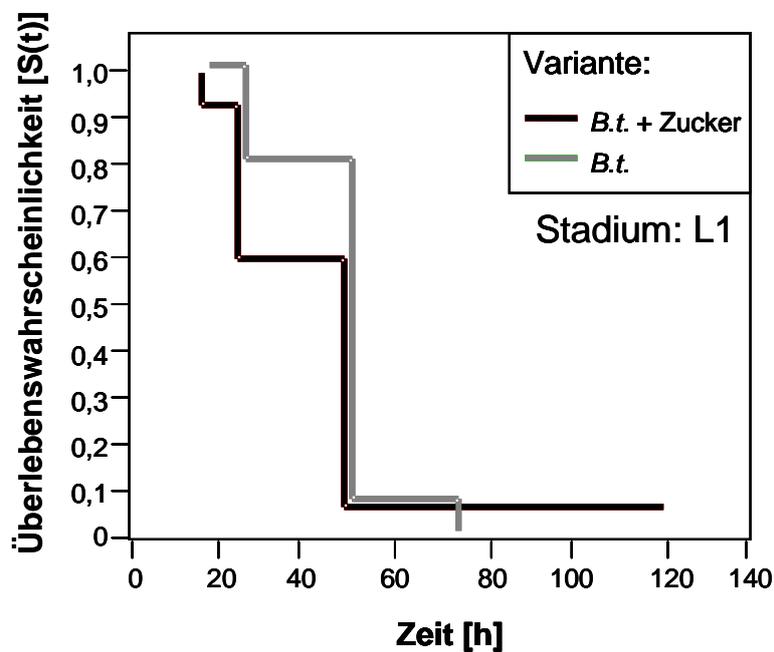


Abb. 3.6 Überlebenswahrscheinlichkeit der L1-Larven der Gammaeulen in den beiden Behandlungsvarianten unter Laborbedingungen (*B.t.*-Präparat mit und ohne Zucker, n = 15).

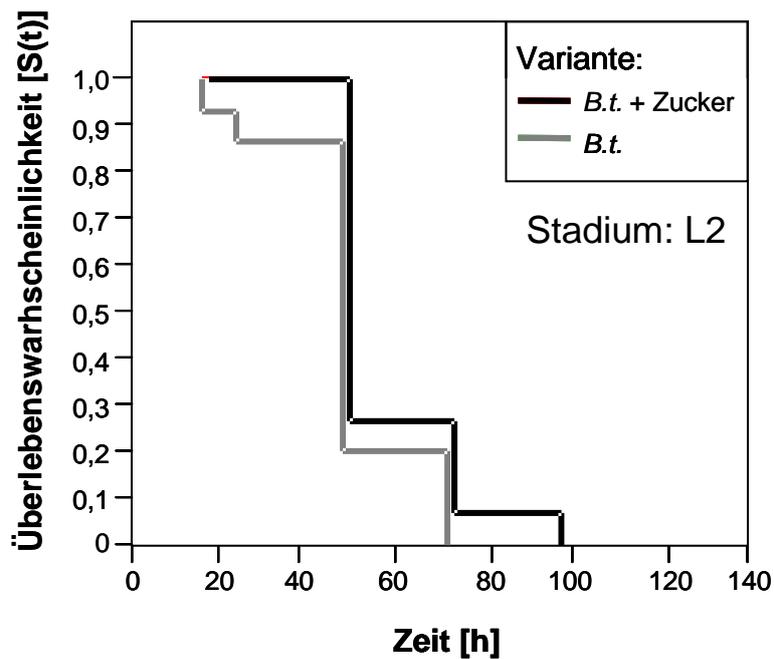


Abb. 3.7 Überlebenswahrscheinlichkeit der L2-Larven der Gammaeulen in den beiden Behandlungsvarianten unter Laborbedingungen (*B.t.*-Präparat mit und ohne Zucker, n = 15).

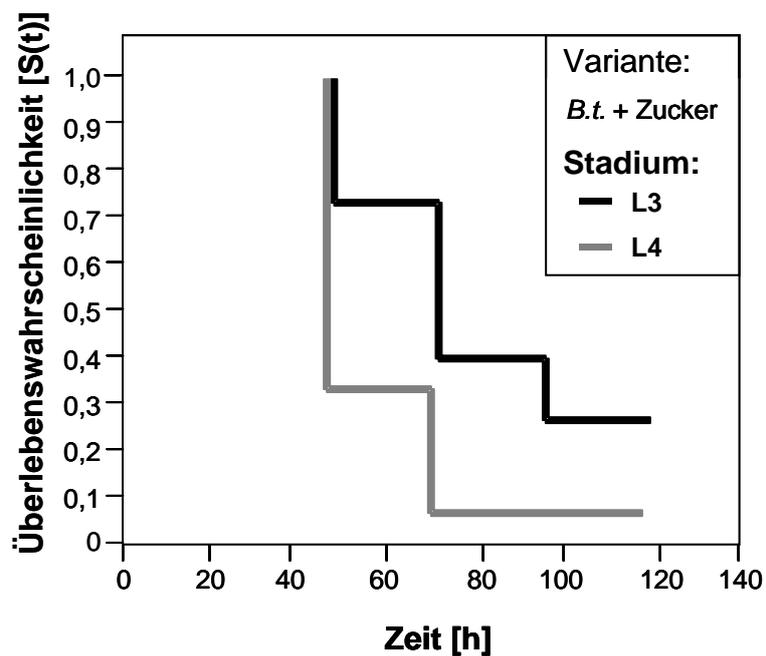
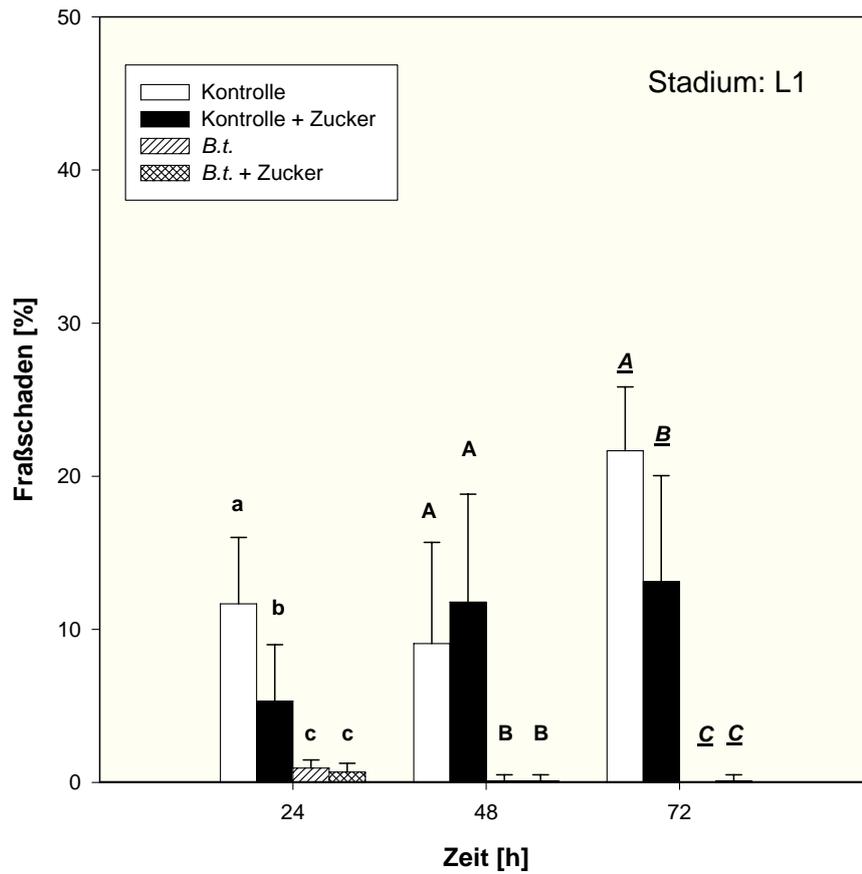


Abb. 3.8 Überlebenswahrscheinlichkeit der L3- (schwarz) und L4-Larven (grau) der Gammaeulen in der Behandlungsvariante *B.t.*-Präparat mit Zucker unter Laborbedingungen (n = 15).



**Abb. 3.9** Prozentualer Fraßschaden an den Blattstücken in den einzelnen Varianten im Zeitverlauf für das L1-Stadium der Gammaeule im Laborversuch (n = 15; Fehlerbalken geben Standardabweichung an; Buchstaben geben die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests wieder, ungleiche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an. Es wurde nur zwischen den Varianten innerhalb eines Tages verglichen).

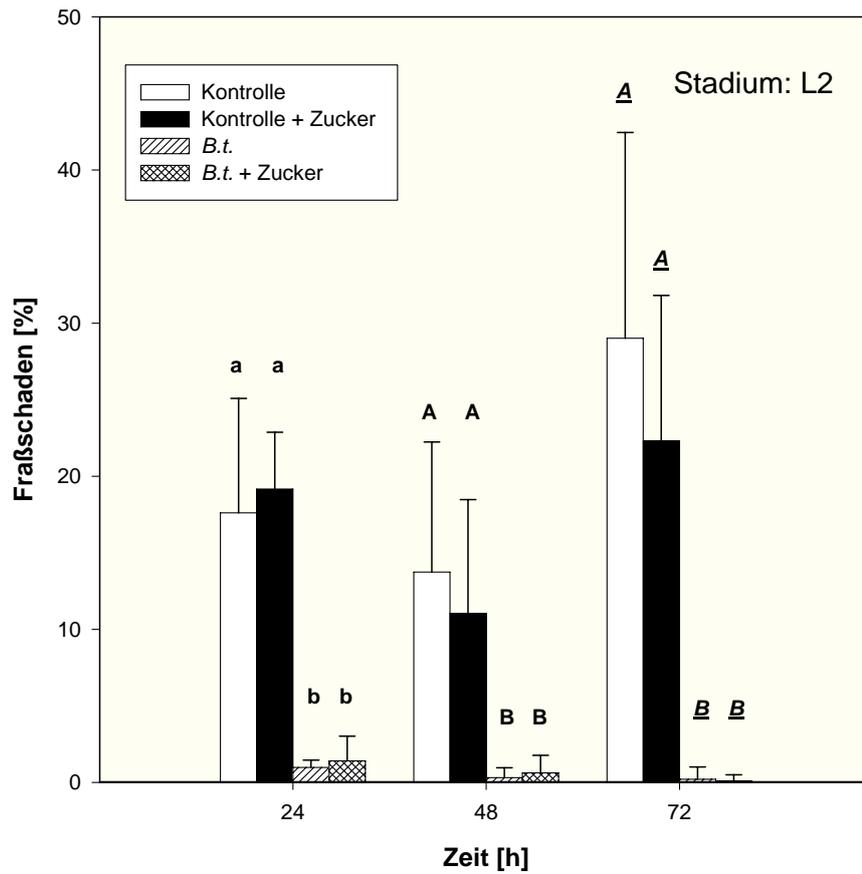
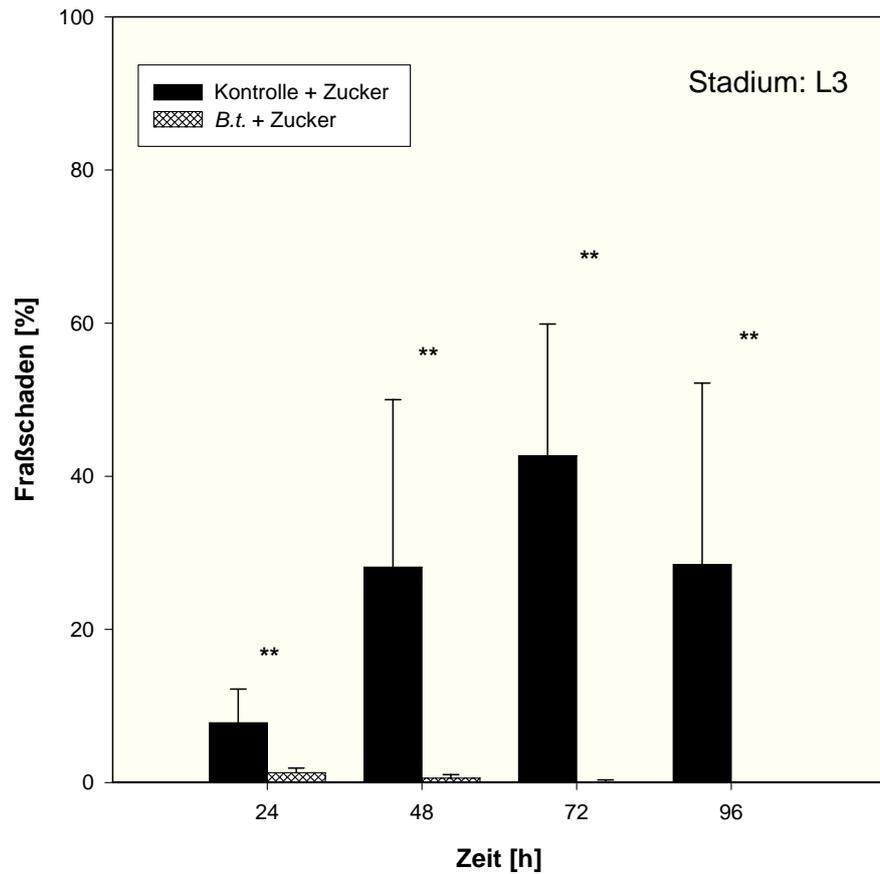


Abb. 3.10 Prozentualer Fraßschaden an den Blattstücken in den einzelnen Varianten im Zeitverlauf für das L2-Stadium der Gammaeule im Laborversuch (n = 15; Fehlerbalken geben Standardabweichung an; Buchstaben geben die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests wieder, ungleiche Buchstaben geben signifikante Unterschiede an. Es wurde nur zwischen den Varianten innerhalb eines Tages verglichen).



**Abb. 3.11** Prozentualer Fraßschaden an den Blattstücken in den einzelnen Varianten im Zeitverlauf für das L3-Stadium der Gammaeule im Laborversuch (n = 15; Fehlerbalken geben Standardabweichung an; Sternchen zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests, zwei Sternchen zeigen einen hochsignifikanten Unterschied. Es wurde nur zwischen den Varianten innerhalb eines Tages verglichen).

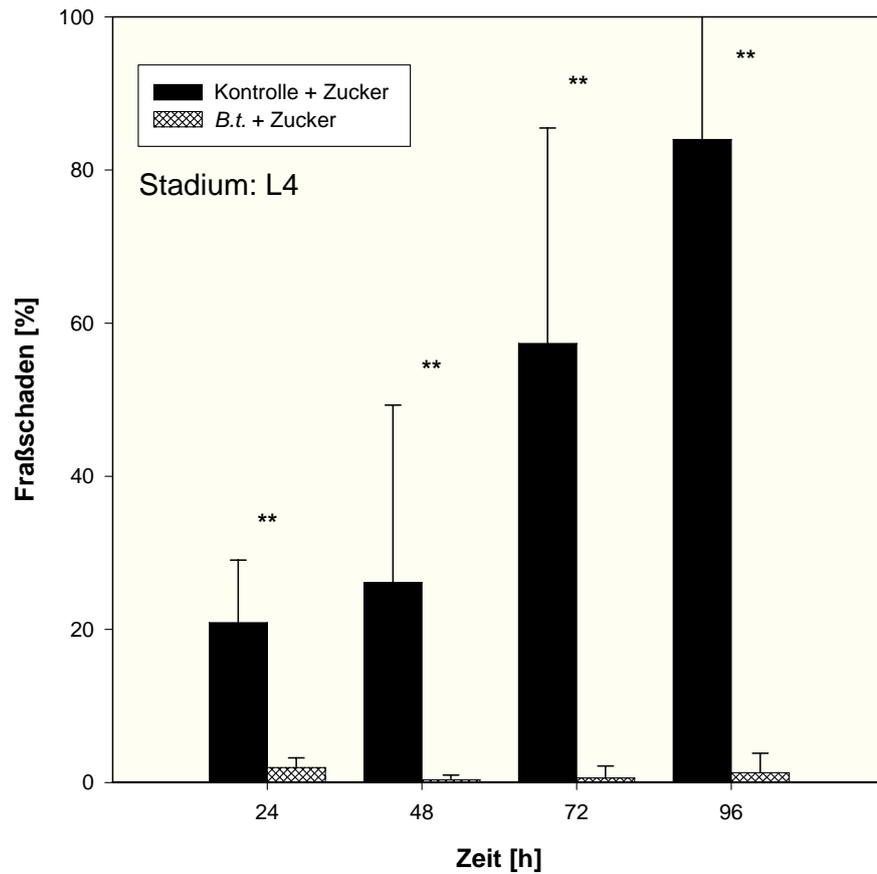


Abb. 3.12 Prozentualer Fraßschaden an den Blattstücken in den einzelnen Varianten im Zeitverlauf für das L4-Stadium der Gammaeule im Laborversuch (n = 15; Fehlerbalken geben Standardabweichung an; Sternchen zeigen die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests, zwei Sternchen zeigen einen hochsignifikanten Unterschied. Es wurde nur zwischen den Varianten innerhalb eines Tages verglichen).

Tab. 3.1 Vergleich der durch die Raupenstadien (L1 bis L4) verursachten Fraßschäden in den verschiedenen Behandlungsvarianten zu den Kontrollzeitpunkten. Es werden die Ergebnisse eines Mann-Whitney U-Tests dargestellt (- = 0, *B.t.* = XenTari®).

Vergleich	Zeitpunkt	Stadium	N	U	P
<b><i>B.t.</i> + Zucker / Wasser + Zucker</b>	24 h	L1	15	33,00	0,001
		L2	15	4,50	<0,001
		L3	15	2,50	<0,001
		L4	15	<0,01	<0,001
	48 h	L1	15	84,00	0,250
		L2	15	0,50	<0,001
		L3	15	<0,01	<0,001
		L4	15	<0,01	<0,001
	72 h	L1	15	35,00	0,001
		L2	15	<0,01	<0,001
		L3	15	<0,01	<0,001
		L4	15	<0,01	<0,001
96 h	L1	-	-	-	
	L2	-	-	-	
	L3	15	<0,01	<0,001	
	L4	15	<0,01	<0,001	
<b><i>B.t.</i> / Wasser</b>	24 h	L1	15	<0,01	<0,001
		L2	15	<0,01	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	48 h	L1	15	1,50	<0,001
		L2	15	1,50	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	72 h	L1	15	<0,01	<0,001
		L2	15	<0,01	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
<b><i>B.t.</i> / Wasser + Zucker</b>	24 h	L1	15	7,50	<0,001
		L2	15	<0,01	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	48 h	L1	15	0,50	<0,001
		L2	15	3,00	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	72 h	L1	15	<0,01	<0,001
		L2	15	<0,01	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
<b><i>B.t.</i> + Zucker / Wasser</b>	24 h	L1	15	<0,01	<0,001
		L2	15	6,00	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	48 h	L1	15	1,50	<0,001
		L2	15	15,50	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	72 h	L1	15	<0,01	<0,001
		L2	15	8,00	<0,001
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-

Tab. 3.1 Fortsetzung.

Vergleich	Zeitpunkt	Stadium	N	U	P
Wasser / Wasser + Zucker	24 h	L1	15	33,00	0,001
		L2	15	104,50	0,744
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	48 h	L1	15	84,00	0,250
		L2	15	92,50	0,412
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	72 h	L1	15	35,00	0,001
		L2	15	75,50	0,126
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
B.t. + Zucker / B.t.	24 h	L1	15	84,50	0,250
		L2	15	99,50	0,595
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	48 h	L1	15	112,50	1,000
		L2	15	102,00	0,683
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-
	72 h	L1	15	105,00	0,775
		L2	15	112,00	1,000
		L3	-	-	-
		L4	-	-	-

### 3.3.2 Die Wirksamkeit von XenTari® und NeemAzal®-T/S im Freilandeinsatz gegen die Raupen der Gammaeule und die Schwarze Bohnenlaus

Bei der Raupen- und Blattlaus-Bonitur, die vor Versuchsbeginn in allen Versuchspartellen durchgeführt wurde, konnten keine Individuen (d.h. Raupen oder Blattläuse) auf den untersuchten Spinatpflanzen gefunden werden.

Ein Teil der zu Versuchsbeginn auf den ausgewählten Spinatpflanzen ausgesetzten Raupen (Abb. 3.2) wanderte im Versuchsverlauf ab und verteilte sich auf den umgebenden Pflanzen. In der Kontrollvariante verließen am ersten Boniturtage, d.h. einen Tag nach der Bioinsektizidbehandlung, etwa 80 % der pro Versuchspartelle freigelassenen Raupen die Pflanzen, auf denen sie zu Beginn des Versuches ausgesetzt worden waren. Am Ende des Versuches, nach fünf Tagen, waren fast alle Raupen (97 %) auf die umgebenden Pflanzen abgewandert. Die Gesamtzahl an Raupen auf allen bonitierten Pflanzen pro Versuchspartelle (2 Pflanzen an den beiden

Aussetzungspunkten + 60 Pflanzen im 20 cm Radius um diese Pflanzen) nahm während des Versuches in allen Varianten ab. Die stärkste Abnahme konnte für die Raupen in der *B.t.*-Variante ermittelt werden (Abb. 2.13). Einen Tag nach der Behandlung ergaben sich bereits signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (einfaktorielle ANOVA:  $n = 20$ ,  $F = 4,184$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,020$ ). Es wurden signifikant weniger Raupen in der *B.t.*-Variante als in der Kontrolle gefunden (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p = 0,030$ ). Unterschiede zur Neem-Variante wurden nicht gefunden (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p = 0,54$ ). Auch drei Tage nach Ausbringung der Bioinsektizide wurden Unterschiede zwischen den Varianten ermittelt (einfaktorielle ANOVA:  $n = 20$ ,  $F = 33,246$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ). Es fanden sich signifikant weniger Raupen in der *B.t.*-Variante (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ) als in der Kontrolle und Neem-Variante. Die Neem-Variante unterschied sich nicht von der Kontrolle (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p = 0,082$ ). Zum Zeitpunkt der letzten Bonitur, fünf Tage nach der Bioinsektizidbehandlung, unterschieden sich alle Varianten signifikant voneinander (einfaktorielle ANOVA:  $n = 20$ ,  $F = 19,069$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ). Sowohl in den Parzellen der *B.t.*-Variante (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ) als auch in den Parzellen der Neem-Variante (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p = 0,030$ ) wurden signifikant weniger Raupen gefunden als in den Kontrollparzellen (Abb. 3.13).

Auch der Fraßschaden wurde während der gesamten Versuchsdauer quantifiziert (Abb. 3.14). Zum Zeitpunkt der ersten Bonitur, einen Tag nach der Bioinsektizidbehandlung wurde in der *B.t.*-Variante ein um etwa 3 % geringerer Fraßschaden als in der Kontrolle festgestellt (Tukey-Test:  $n = 20$ ,  $p = 0,006$ ). Unterschiede im Fraßschaden wurden drei Tage nach Ausbringung der Bioinsektizide weder zwischen den Versuchsvarianten noch zwischen den Versuchsvarianten und der Kontrolle ermittelt (einfaktorielle ANOVA:  $n = 20$ ,  $F = 2,979$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,059$ ). Am fünften Tag nach der Behandlung, zum Zeitpunkt der letzten Bonitur, wurden ebenfalls zwischen allen Varianten signifikante Unterschiede im Fraßschaden ermittelt (einfaktorielle ANOVA:  $n = 20$ ,  $F = 22,423$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,001$ ). Die gefressene Blattmenge lag in den Versuchsvarianten signifikant unter der in der Kontrolle (Tukey-Test: *B.t.*,  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ; Neem,  $n = 20$ ,  $p = 0,031$ ) (Abb. 3.14).

Als weiteres Kriterium zur Beurteilung der Wirkungen der einzelnen Pflanzenschutzmittel wurde die Anzahl der befallenen Spinatblätter (Blätter mit sichtbarem Raupenfraß) herangezogen (Abb. 3.15). Einen Tag nach der Behandlung unterschieden sich die Versuchsvarianten weder untereinander noch von der Kontrolle. Bei allen war an etwa sieben Blättern ein Fraßschaden festzustellen. Drei und fünf Tage nach der Applikation der Bioinsektizide stieg die Anzahl angefressener Blätter sowohl in den Versuchsvarianten als auch in der Kontrolle kontinuierlich an. Die Neem-Variante unterschied sich nicht von der Kontrolle, in der *B.t.*-Variante wurden jedoch signifikant weniger Blätter angefressen als in der Neem-Variante (Tukey-Test: drei Tage nach Behandlung,  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ; fünf Tage nach Behandlung,  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ) und der Kontrolle (Tukey-Test: drei Tage nach Behandlung,  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ; fünf Tage nach Behandlung,  $n = 20$ ,  $p < 0,001$ ) (Abb. 3.15).

Ebenfalls getestet wurden die Auswirkungen der Neem-Behandlung auf die Populationsentwicklung der Schwarzen Bohnenlaus (*Aphis fabae*) (Abb. 3.16).

Zu Beginn des Versuches befanden sich nur Blattläuse auf den Pflanzen, welche mit Tieren aus der Laborzucht besetzt waren. Im Verlauf des Versuches wanderten einige der Tiere auf die umgebenden Pflanzen ab (einen Tag nach Behandlung: 16 %, drei Tage nach Behandlung: 27 %, fünf Tage nach Behandlung: 31 %). Die Gesamtzahl an Individuen auf den Versuchs- und umgebenden Pflanzen sank jedoch im Verlauf des Versuches. Zwischen der Anzahl an Individuen in allen Versuchswiederholungen der Kontrolle und den Versuchsvariante konnten zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede ermittelt werden (Abb. 3.16).

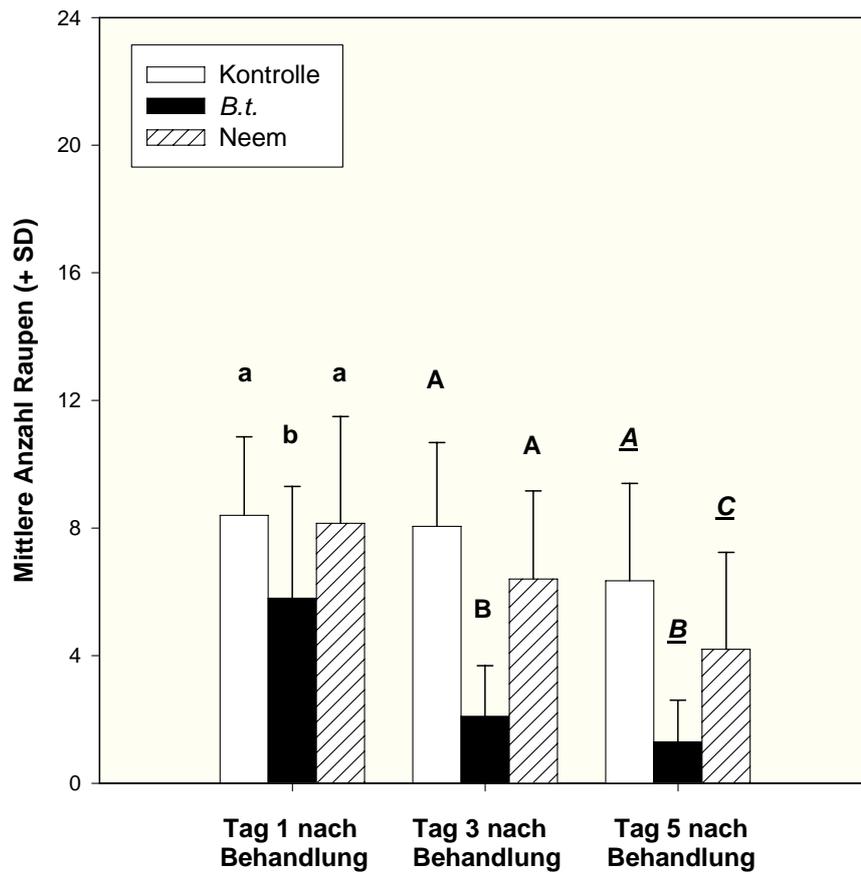


Abb. 3.13 Mittlere Anzahl an Raupen ( $n = 24$ ) pro Versuchsparzelle (zwei Untersuchungspflanzen + etwa 60 umgebende Pflanzen) zum Zeitpunkt der drei Bonituren (1. Tag, 3. Tag und 5. Tag nach Ausbringung der Bioinsektizide) in den zwei Behandlungsvarianten und der Kontrolle (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung, gleiche Buchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied, statistische Tests wurden nur für die einzelnen Boniturzeitpunkte berechnet).

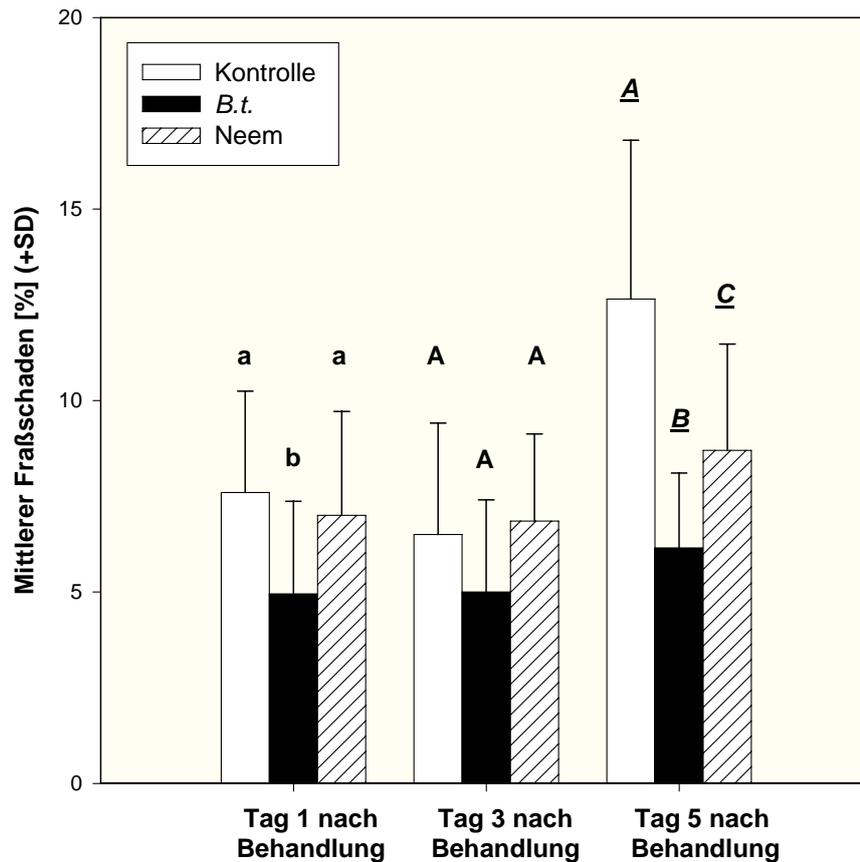


Abb. 3.14 Mittlerer Fraßschaden der Raupen pro Versuchsparzelle (zwei Untersuchungspflanzen + etwa 60 umgebende Pflanzen) zum Zeitpunkt der drei Bonituren (1. Tag, 3. Tag und 5. Tag nach Ausbringung der Bioinsektizide) in den zwei Behandlungsvarianten und der Kontrolle (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung, gleiche Buchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied, statistische Tests wurden nur für die einzelnen Boniturzeitpunkte berechnet).

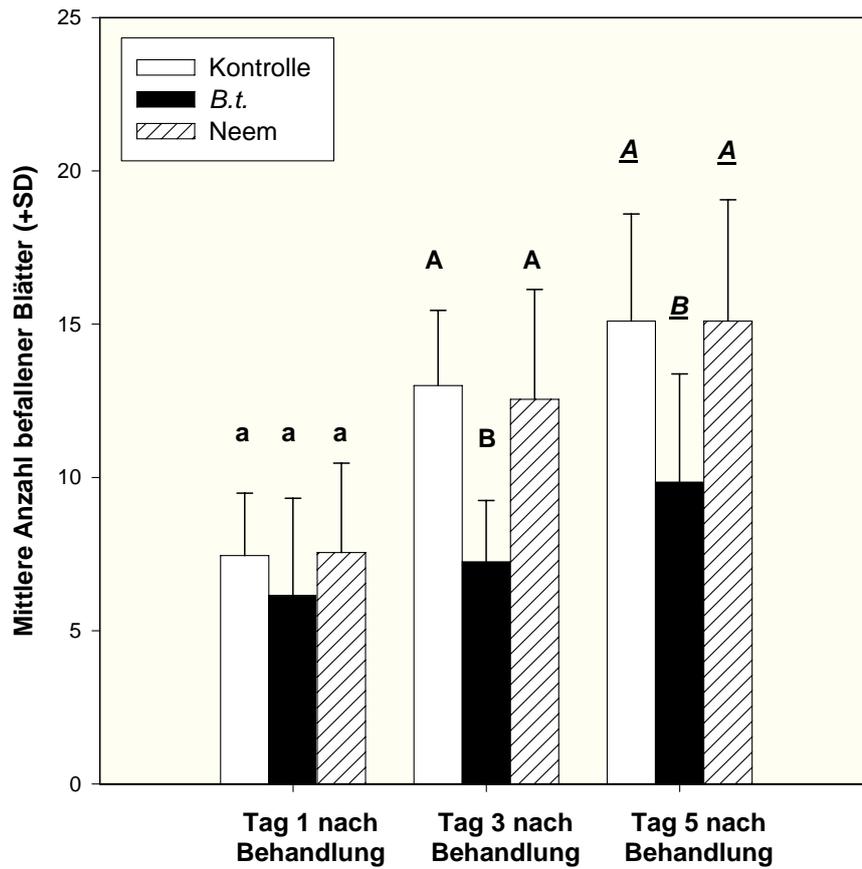


Abb. 3.15 Mittlere Anzahl befallener Blätter pro Versuchsparzelle (zwei Untersuchungspflanzen + etwa 60 umgebende Pflanzen) zum Zeitpunkt der drei Bonituren (Tag 1, Tag 3 und Tag 5 nach Ausbringung der Bioinsektizide) in den zwei Behandlungsvarianten und der Kontrolle (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung, gleiche Buchstaben zeigen keinen signifikanten Unterschied, statistische Tests wurden nur für die einzelnen Boniturzeitpunkte berechnet).

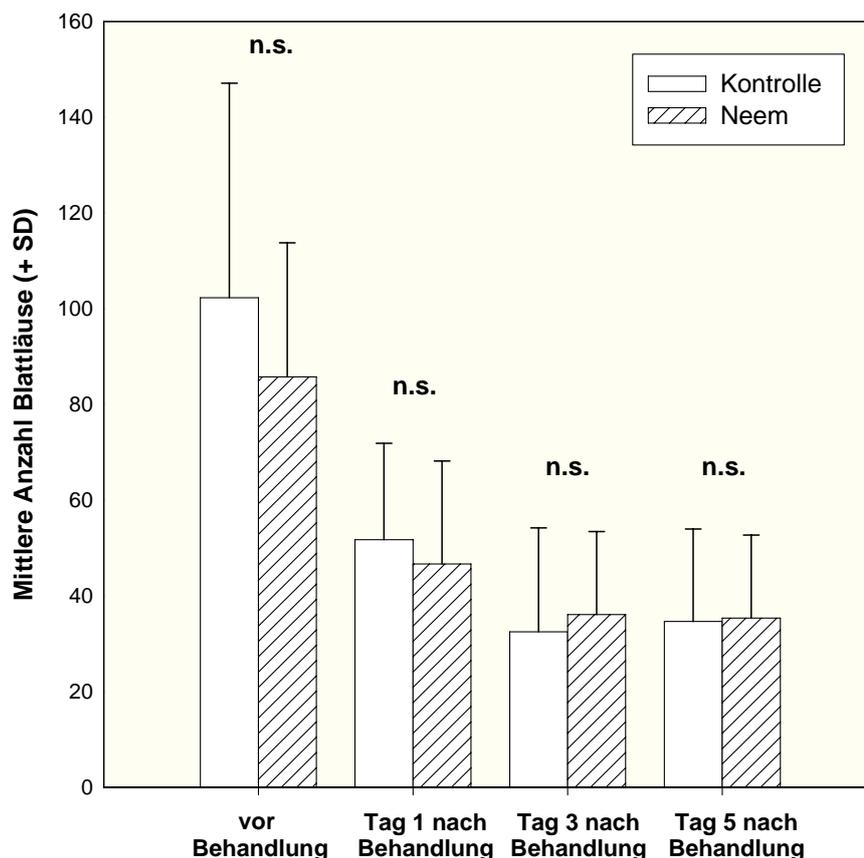


Abb. 3.16 Mittlere Anzahl Blattläuse pro Versuchspartzeile (zwei Untersuchungspflanzen + etwa 60 umgebende Pflanzen) zum Zeitpunkt der 4 Bonituren (vor der Behandlung und 1. Tag, 3. Tag und 5. Tag nach Ausbringung der Bioinsektizide) in der Behandlungs- und der Kontrollvariante (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung, n.s. = nicht signifikant).

## 3.4 DISKUSSION

### 3.4.1 Labor- und Freilanduntersuchungen zur Wirksamkeit des *Bacillus thuringiensis*-Präparates, XenTari®

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Laborstudien zeigen, dass alle Entwicklungsstadien der Gammaeule durch die Aufnahme des *B.t.*-Präparates XenTari® abgetötet werden können. Bereits kurz nachdem sie frisch mit dem Pflanzenschutzmittel XenTari® behandelte Pflanzenteile gefressen hatten, stellten alle Entwicklungsstadien der Gammaeule ihre Fraßaktivität ein. Dies kann auf die mit der Nahrung aufgenommenen *B.t.*-Toxine zurückgeführt werden. Im Darm der Raupen werden diese freigesetzt und zerstören deren Darmzellen, wodurch eine weitere Nahrungsaufnahme verhindert wird (KNOWLES 1994, PRESTELE & LAUN 1998). Die jüngeren Raupen der

Gammaeule wurden von dem Mittel schneller abgetötet als die älteren. Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen von MATTER *et al.* (1999).

Da junge Larvalstadien im Verhältnis zum Körpergewicht mehr Nahrung zu sich nehmen als ältere Stadien, ist auch die aufgenommene Menge des Mittels bei ihnen verhältnismäßig höher (PRESTELE & LAUN 1998). Für eine maximale Wirksamkeit von *B.t.*-Präparaten sollte deshalb die Anwendung zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem sich noch junge Raupen in der zu schützenden Kultur befinden.

Der vom Hersteller des *B.t.*-Präparates, XenTari® (Bayer CropScience) empfohlene Zusatz von Zucker zur Spritzbrühe schien keine gesteigerte Fraßaktivität und somit auch keine Steigerung der Mortalität zu bewirken. Eine Zuckerbeimischung scheint jedoch sinnvoll, um die Anheftung der Spritzbrühe an den Pflanzenteilen zu verbessern und auf diesem Weg die Menge aufgenommener aktiver Substanz zu vergrößern (PRESTELE & LAUN 1998). In der Freilandstudie konnte ebenfalls eine Wirkung des Mittels, XenTari® nachgewiesen werden. Genau wie im Labor konnte bereits einen Tag nach der Applikation des Mittels ein Fraßstopp in den Behandlungsvarianten beobachtet werden. Nach KNOWLES (1994) tritt der Fraßstopp bereits 10 Minuten nach der Aufnahme des Mittels durch die Raupen ein. Am dritten Boniturtag (5 Tage nach der Applikation des Mittels) sollte eine Erfolgskontrolle der Pflanzenschutzbehandlung durchgeführt werden, da nach KNOWLES (1994) davon auszugehen ist, dass zu diesem Zeitpunkt alle Raupen auf der behandelten Fläche gestorben sind.

Aufgrund der geringen Standzeit der Spinatkulturen stellt sich in der Praxis das Problem der Wahl des Zeitpunktes der Applikation des Mittels. Im Labor zeigte sich, dass besonders die jungen Raupen gut mit dem Mittel bekämpft werden können. Um eine gute Wirkung der Pflanzenschutzmaßnahme im Freiland zu gewährleisten, muss der Einsatz des getesteten Mittels zu einem Zeitpunkt stattfinden, an dem sich diese empfindlichen Stadien in der Kultur befinden. Weiterhin muss auch das Alter der zu schützenden Pflanzen berücksichtigt werden. Der Zeitpunkt einer Applikation sollte so gewählt werden, dass sich die Pflanzen in einem Wachstumsstadium befinden, in dem eine gute Benetzung aller Pflanzenteile möglich ist. Damit wird gewährleistet,

dass auch versteckt fressende Raupen genügend Wirkstoff aufnehmen, um erfolgreich bekämpft werden zu können. Der Spinat sollte zum Zeitpunkt der Pflanzenschutzmaßnahme keine Bestandsdeckung aufweisen. Das heißt, er sollte sich in einem Wachstumsstadium mit etwa 6-Blättern (BBCH 16 nach FELLER *et al.* 1995) befinden. Somit sollte das Mittel bei einer einmaligen Spritzung, etwa 4 Wochen nach der Aussaat ausgebracht werden. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits L1/L2-Raupen im Bestand zu erwarten (Kapitel 2) und der Spinatbestand ist in einer Größe, in der bei einer Applikation alle Pflanzenteile erreicht werden können. Dabei kommt es vor allem die Unterseiten der Blätter an, wo sich die Junglarven der Gammaeule zu diesem Zeitpunkt aufhalten. Auch sollten die Temperaturen bei einer Applikation eines *B.t.*-Präparates berücksichtigt werden. Bei zu niedrigen Temperaturen (unter 15 °C) ist die Fraßaktivität der Raupen herabgesetzt, und es werden nur geringe Mengen an Toxinen mit der Nahrung aufgenommen. Aber auch bei Temperaturen über 30 °C wird die Wirkung des Mittels herabgesetzt, da die Tiere aufhören zu fressen (PRESTELE & LAUN 1998). Des Weiteren ist bekannt, dass *B.t.*-Präparate unter UV-Strahlung inaktiviert werden (PUSZTAI *et al.* 1991; SANCHIS *et al.* 1999). Daher sollte bei höheren Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung eine Pflanzenschutzbehandlung mit dem genannten Präparat nur in den Abendstunden erfolgen.

Wird eine Spritzung unter Einhaltung der oben genannten Bedingungen durchgeführt, so lassen sich die empfindlichen Stadien der Gammaeule treffen und erfolgreich abtöten.

### **3.4.2 Der Einsatz von NeemAzal<sup>®</sup>-T/S gegen die Schwarze Bohnenlaus und Raupen der Gammaeule**

In verschiedenen Untersuchungen wurde die Wirkung von Neem-Präparaten gegen unterschiedliche Blattlausarten getestet. So konnten FOURNIER & BRODEUR (2000) in Labor- und Gewächshausversuch eine populationsreduzierende Wirkung des Präparates BioNeem<sup>®</sup> bei topikaler Applikation gegen die Blattlausarten *Macrosiphum euphorbiae* (THOMAS), *Myzus persicae* (SULZ.) und *Nasonovia ribisnigri* (MOSL.) nachweisen. OSSIEWATSCH (2000) untersuchte die Wirkung eines Neem-Samenkern-

Wasserextraktes gegen die Blattlausarten *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* (L.) und *Lipaphis erysimi* (KALT.) in Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuchen. Eine topikale Applikation der Mittel führte im Laborversuch zu einer geringen Beeinträchtigung der Überlebensrate der getesteten Blattlausarten. Eine zweimalige topikale Applikation des Mittels im Gewächshausversuch führte zu einer geringen Reduktion der Population bei *L. erysimi* und *M. persicae*; *B. brassicae* zeigte sich unbeeinflusst. In einem Vergleichsversuch im Freiland konnte keine Wirkung des Mittels gegen die getesteten Blattlausarten nachgewiesen werden. Eine Wirkung des Neem-Präparates NeemAzal<sup>®</sup>-T/S im Laborversuch gegen die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* wird von KLEEBERG & HUMMEL (1998) bestätigt. NeemAzal<sup>®</sup>-T/S ist kommerziell erhältlich und wurde in der vorliegenden Studie erstmal unter Praxisbedingungen gegen die Schwarze Bohnenlaus in Freilandspinatkulturen eingesetzt. Das Mittel zeigte jedoch keine Wirksamkeit gegen diese Blattlausart. Die Anzahl der auf den Pflanzen bonitierten Blattläuse dieser Art sank jedoch mit der Versuchsdauer in den Versuchspartellen. Dies ist wahrscheinlich nicht auf die Wirkung des Mittels, sondern auf die steigende Anzahl an Siebenpunkt-Marienkäfern, *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) zurückzuführen, die auf der gesamten Untersuchungsfläche erfasst wurden. Marienkäfer und ihre Larven traten in allen Versuchspartellen auf und dürften als effektive Blattlausantagonisten für den Rückgang der Populationsdichte von im Freiland auf den Spinatpflanzen exponierten Versuchstieren verantwortlich gewesen sein.

Da Azadirachtin, der wirksame Bestandteil des Neem-Präparates, eine fraßhemmende und insektizide Wirkung auf Schmetterlingsraupen besitzt (SCHOONHOVEN 1982, SIMMONDS & BLANEY 1985, SCHMUTTERER & HUBER 2005), wurde die Wirkung des Präparates gegen die Raupen der Gammaeule auch im Freilandversuch überprüft. Nach fünf Tagen konnte eine gegenüber der Kontrolle signifikant verminderte Anzahl Raupen und ein geringerer Fraßschaden an den Spinatblättern ermittelt werden. An den vorigen Kontrolltagen traten keine signifikanten Unterschiede auf.

Nach Angaben des Herstellers (Trifolio-M GmbH) sind in Gemüsekulturen [Hülsengemüse, Blatt- und Stielgemüse (In Beständen zur Saatguterzeugung)] im Freiland zwei Pflanzenschutzbehandlungen mit NeemAzal<sup>®</sup>-T/S zulässig. Die Bekämpfung von Raupen der Gammaeule und Schwarzen Bohnenläuse hätte mit einer zweiten Applikation des Mittels vermutlich verbessert werden können. Da es sich jedoch bei Spinat um eine Gemüsekultur mit sehr geringer Kulturdauer von etwa 35 Tagen handelt, ist hier eine zweite Neem-Behandlung sowohl aus Kostengründen als auch zur Vermeidung von Rückständen im Erntegut abzulehnen.

Aus verschiedenen Laborstudien ist bekannt, dass Neem-Präparate negative Auswirkungen auf Nutzarthropoden wie Schlupfwespen, Florfliegenlarven, Schwebfliegenlarven und Coccinelliden haben können (SCHMUTTERER 1997, OSSIEWATSCH 2000, BUCHHEIM 2001, HECHT-ROST 2001). Aus diesem Grund wurde im Hinblick auf die Entwicklung „nachhaltiger“ Strategien (d.h. reduzierte Aufwandmengen, Erhalt von Biodiversität und damit Schonung von Nützlingen), auf weitere Versuche mit diesem Präparat verzichtet.

## **4. LABOR- UND FREILANDUNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ VON *TRICHOGRAMMA*- EIPARASITOIDEN ZUR BEKÄMPFUNG DER GAMMAEULE**

### **4.1 EINLEITUNG**

*Trichogramma*-Eiparasitoide sind weltweit die am häufigsten zur biologischen Schädlingskontrolle eingesetzten Nutzarthropoden (HASSAN 1993). Bereits seit Anfang des Zwanzigsten Jahrhunderts wurde in Russland, China und den USA nach Möglichkeiten des gezielten Einsatzes dieser Nützlinge im Pflanzenschutz gesucht (SMITH 1996, WÜHRER 1996). Insgesamt werden diese Parasitoide erfolgreich zur Bekämpfung von mehr als 200 Arten von Schadlepidopteren verwendet (HASSAN 1993). Heute wird *Trichogramma* als Gegenspieler verschiedener Schadinsekten weltweit auf einer Fläche von 13.360.500 ha eingesetzt (KOGAN *et al.* 1999). In Deutschland hat der Einsatz von *Trichogramma brassicae* BEZD. gegen den Maiszünsler *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) (Lepidoptera: Pyralidae) mit 11.000 ha den größten Anteil (ZIMMERMANN 2004). In natürlichen Systemen spielt die Parasitierung der Schädlingseier durch *Trichogramma*-Arten jedoch eine untergeordnete Rolle (SUVERKROPP 1997). Um eine Schädlingspopulation wirksam bekämpfen zu können, müssen große Mengen dieser Nützlinge in der entsprechenden Pflanzenkultur ausgebracht werden.

Der Einsatz von Nützlingen im Pflanzenschutz erfordert eine genaue Kenntnis der Interaktionen in dem tritrophischen System Wirtspflanze, herbivores Schadinsekt und Parasitoid (SUVERKROPP 1997). Herbivore Schadinsekten werden in ihrem Fraßverhalten (PRICE 1986) und Nützlinge in ihrem Suchverhalten und ihrer Parasitierungsleistung durch die äußere Beschaffenheit der Pflanzen beeinflusst (NORDLUND *et al.* 1981, SUVERKROPP 1997, GINGRAS & BOIVIN 2002). Besonders für die Eiparasitoide der Gattung *Trichogramma* ist eine Vielzahl an Faktoren bekannt die einen Einfluss auf deren Parasitierungs- und Suchverhalten besitzen. So werden diese Parasitoide sowohl durch die Struktur der

Wirtspflanze (ROMEIS *et al.* 2005) und der Wirtsorganismen (VAN DIJKEN *et al.* 1986, SMITH 1996) als auch durch die Nahrungsverfügbarkeit im Habitat (ZHANG *et al.* 2004, ROMEIS *et al.* 2005) beeinflusst.

Auch bedingt durch ihre Ansprüche an Temperatur- und Luftfeuchte sind die verschiedenen *Trichogramma*-Arten und Stämmen für den Einsatz in bestimmten Kulturen unterschiedlich gut geeignet. Zum Beispiel verlieren *Trichogramma brassicae* BEZD. (CHIHANE & LUGÈ 1996, SUVERKROPP *et al.* 2001) und *Trichogramma evanescens* WESTW. (BIEVER 1972, BOLDT 1974) bei hohen Lufttemperaturen ihre Parasitierungsfähigkeit. Neben abiotischen Einflussfaktoren scheint auch die Wirtsart einen Einfluss auf die Parasitierungsleistung von Trichogrammatiden zu haben. VAN DIJKEN *et al.* (1986) und RAM *et al.* (1995) konnten für verschiedene Stämme von *T. evanescens* eine unterschiedliche Wirtspräferenz nachweisen.

Um den Bekämpfungserfolg des Einsatzes von *Trichogramma*-Eiparasitoiden zu optimieren, muss also die Eignung dieser natürlichen Gegenspieler für jedes spezielle Nutzpflanzen-/Schädlings-System untersucht werden (SUVERKROPP 1997).

Die Raupen der zu bekämpfenden Gammaeule *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) treten, bedingt durch Massenvermehrung und Masseneinflüge der adulten Tiere (FISHER 1938, VOJNITS 1969), als Schädlinge in vielen Pflanzenkulturen auf (STEINER 1997). Der Monat, in dem die größten durch Gammaeulenraupen verursachten Schäden in Nutzpflanzenkulturen auftreten, ist nach FANKHÄNEL (1963) der Juli. Auch in der vorliegenden Untersuchung trat im Juli die höchste Raupendichte auf den Spinatfeldern auf (Kapitel 2). Sowohl Sommer- als auch Winterspinat sind durch den Befall durch die Gammaeule betroffen (Kapitel 2). Beim Befall einer Gemüsekultur mit Raupen der Gammaeule kommt es durch Blattfraß zu Ertragsverlusten (BRAUN 1963, NOVÁK 1975, HARAKLY 1975, LEGRAND & WAUTERS 1997, STEINER 1997). Die Bekämpfung der Gammaeulen sollte daher in der Zeit der Eiablage, bereits vor dem Auftreten der ersten Larvenstadien stattfinden. Durch den Einsatz von Eiparasitoiden der Gattung *Trichogramma* kann auf dem Wege einer biologischen Bekämpfung eine Entwicklung von Gammaeulenraupen verhindert werden. Die Parasitoidenweibchen legen ihre Eier in die Eier des Zielwirtes z. B.

*A. gamma*. Die sich entwickelnden Larven dieser Hymenopteren-Gattung töten ihre Wirte bereits im Ei ab. Dadurch findet kein Schlupf der Raupen statt (HASSAN 1993). Schon 1963 untersuchte FANKHÄNEL in Labor- und Freilandexperimenten die Eignung von *T. evanescens* WESTW.<sup>1</sup> als natürlichen Gegenspieler der Gammaeule. Er konnte eine 100 %ige Parasitierung der Gammaeulen-Eier unter Laborbedingungen und eine erfolgreiche Parasitierung der Eier dieser Art unter Freilandbedingungen nachweisen.

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei kommerziell erhältliche Stämme (Stamm I und Stamm II) der Art *Trichogramma brassicae* (Empfehlung durch HASSAN, BBA Darmstadt und WÜHRER, AMW-Nützlinge) auf ihre Eignung zur Bekämpfung von Gammaeulen in Spinatkulturen getestet. Stamm I wird bereits erfolgreich gegen den Maiszünsler *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) (Lepidoptera: Pyralidae) eingesetzt und steht das ganze Jahr über in großen Mengen zur Verfügung (AMW-Nützlinge GmbH). Dagegen wurde der Stamm II erst im Jahr 2003 aus parasitierten Noctuiden-Eiern isoliert, die einer Kohlkultur entstammten (AMW-Nützlinge GmbH).

Aufgrund der geringen Standzeit der Spinatkultur (etwa 35 Tage) kann ein effektiver Einsatz der *Trichogramma*-Eiparasitoide nur in einem kleinen Zeitfenster erfolgen. Zum einen muss eine bestimmte Größe der Spinatpflanzen in Verbindung mit einer Bodenbedeckung gegeben sein. Dieses ermöglicht den Trichogrammatiden einen Wechsel zwischen den Pflanzen und erleichtert ihnen somit die Wirtsfindung. Zum anderen muss gewährleistet sein, dass die Eiparasitoide bereits vor einer Eiablage der *Autographa*-Weibchen im Bestand verbreitet sind. So wird gewährleistet, dass abgelegte Eier sofort parasitiert werden und ein Raupenbefall gar nicht erst entstehen kann. Daher sind genaue Untersuchungen des tritrophischen Systems, Spinat, *A. gamma* und *T. brassicae*, notwendig.

Eine wichtige Rolle für die erfolgreiche Parasitierung der Schadlepidopteren-eier durch Eiparasitoide der Gattung *Trichogramma* spielen die vier Faktoren:

---

<sup>1</sup> Höchstwahrscheinlich handelt es sich bei dieser Art nicht um *Trichogramma evanescens* WESTW., sondern um *Trichogramma brassicae* BEZD. handelt (SUVERKROPP 1997, WÜHRER mündl. Mitteilung).

Wirtshabitatfindung, Wirtsfindung im Habitat, Wirtswahl und Wirtseignung (SMITH 1996, WÜHRER 1996).

Bezüglich der Methode der inundativen Ausbringung, bei der durch wiederholte Massenausbringungen von Eiparasitoiden versucht wird, eine Wirtspopulation zu eliminieren (WRIGHT *et al.* 2002), kann der Aspekt der Wirtshabitatfindung vernachlässigt werden. Die Trichogrammen werden in Ausbringungseinheiten zum Hängen oder zum Werfen (WÜHRER & ZIMMERMANN 2002, ZIMMERMANN 2004) direkt in den entsprechenden Pflanzenkulturen ausgebracht (SUVERKROPP 1997). Der Schwerpunkt der hier dargestellten Untersuchungen lag daher auf den Aspekten der Such- und Parasitierungsleistung sowie der Ausbreitungsfähigkeit beider getesteter Stämme. Es erfolgten zunächst Untersuchungen im Gewächshaus Einsatzbedingungen. Hiernach wurden Versuche unter Praxisbedingungen im Freiland durchgeführt.

## 4.2 MATERIAL UND METHODEN

### 4.2.1 Die untersuchten *Trichogramma*-Stämme

In den folgenden Untersuchungen wurden zwei Stämme der Art *Trichogramma brassicae* BEZD. verwendet. Bei *T. brassicae* Stamm I handelt es sich um einen Stamm, der bereits kommerziell zum Freilandeinsatz gegen den Maiszünsler *Ostrinia nubilialis* (HÜBNER) erhältlich ist (AMW-Nützlinge GmbH). Der zweite Stamm (*T. brassicae* Stamm II) wurde aus parasitierten Noctuideneiern isoliert, die 2003 in einer Kohlkultur gefunden wurden (AMW-Nützlinge GmbH). Die beiden Stämme werden im Folgenden als Stamm I und Stamm II bezeichnet.

### 4.2.2 Gewächshausuntersuchungen

Im Gewächshaus wurde die Fähigkeit zur Wirtsfindung im Habitat mit einem so genannten Suchleistungstest (verändert nach HASSAN & GUO 1991) ermittelt. Zum Einsatz kamen die beiden *Trichogramma*-Stämme Stamm I und Stamm II der Firma AMW-Nützlinge. Der Versuch wurde mit drei Wiederholungen auf jeweils einer etwa 0,7 m<sup>2</sup> großen Fläche mit 64

einzelnen, getopften Spinatpflanzen (12er Töpfe mit Fruhstorfer Erde<sup>®</sup>) durchgeführt. Die Spinatpflanzen befanden sich im 10-Blattstadium und wurden in acht Reihen innerhalb eines Quadrates aufgestellt (Abb. 4.1). Um die Pflanzen von unten her bewässern zu können, wurden sie in Pflanzschalen (38,5 x 60 x 7 cm) gestellt. Der Abstand zwischen den einzelnen Spinatpflanzen (von Topfmitte bis zur nächsten Topfmitte) betrug 12 cm, was den Abständen von Spinatpflanzen im Freilandanbau entspricht. Die außenstehenden Töpfe wurden beschriftet, sodass jeder Pflanze Koordinaten von 1 bis 8 und a bis h zugewiesen werden konnten (Abb. 4.1).

Entsprechend einer ungefähren Befallssituation auf Spinatpflanzen im Freiland (eigene Beobachtung), wurden auf zehn der Versuchspflanzen jeweils sechs Eier von *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) geklebt (Traganth-Kleber, Sigma-Aldrich Chemie GmbH). Drei der sechs Eier wurden mithilfe eines Pinsels direkt auf die Blattober- und drei auf die Blattunterseite desselben Blattes geklebt. Die so präparierten Versuchspflanzen wurden entlang der beiden Diagonalen und der mittleren Gerade auf der künstlichen Spinatfläche verteilt (Abb. 4.1).

Zusätzlich wurde im Versuch mit Stamm I an Pflanze 7b und 3f, jeweils eine von SAKR *et al.* (2000) entwickelte Köderkarte aufgehängt. Diese Karten ermöglichen eine vor Prädation geschützte Ausbringung von Lepidopteren-iern und wurden für ein Monitoring von *Trichogramma*-Freilandpopulationen entwickelt. Sie bestehen aus einem durchsichtigen Kunststoffquadrat (0,8 x 0,8 cm), in dessen Mitte ein Loch (Durchmesser: 0,5 cm) gebohrt ist, das an beiden Seiten mit dünnmaschigem Draht bedeckt (Maschenweite: 0,5 mm) wird. Beide Köderkarten wurden mit Eikarten (Papier, Durchmesser: 0,5 cm) bestückt. Auf eine der Eikarten wurden 20 *Autographa gamma*-Eier und auf die andere Karte 60 Eier des Massenzuchtwirtes *Sitotroga cerealella* (OLIV.) (Lepidoptera: Gelechiidae) geklebt (Traganth-Kleber, Sigma-Aldrich GmbH). Mithilfe eines Drahtes wurden die Köderkarten jeweils in der Mitte des Stängels zweier ausgewählter Spinatpflanzen befestigt (Abb. 4.1).

Da bekannt ist, dass Trichogrammatiden durch Sexualpheromone von Lepidopteren-Weibchen in ihrem Parasitierungsverhalten beeinflusst werden (NOLDUS 1989, NOLDUS *et al.* 1991, BOO & YANG 2000), wurden sowohl

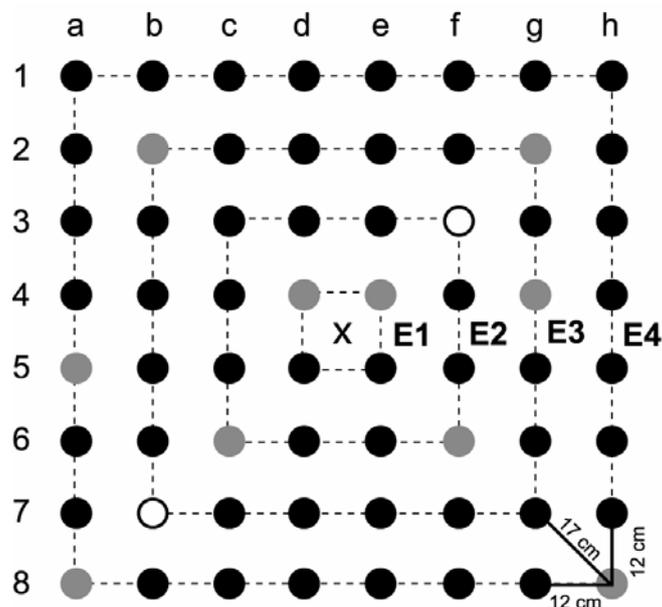
die Eier auf den Eikarten innerhalb der Köderkarten, als auch die Eier auf den Blattflächen mit dem Hinterleib eines frisch getöteten *A. gamma*-Weibchens betupft.

Der Versuch wurde mit drei Wiederholungen zeitgleich in drei voneinander isolierten Gewächshauskabinen durchgeführt. Die mittlere Temperatur dieser drei Kabinen betrug 22 °C, die mittlere Luftfeuchte 80 %. Der Versuch wurde zuerst mit Stamm I durchgeführt. Zu einem späteren Zeitpunkt und mit neuen Pflanzen wurde der Versuch für Stamm II wiederholt. Pro Experiment wurden jeweils 20 *Trichogramma*-Weibchen eines Stamms freigesetzt. Die verwendeten Weibchen der genannten Stämme entstammten einer Massenzucht, waren 24 h alt und wurden eine Stunde vor Versuchsbeginn in Glasröhrchen isoliert (SCHILDKNECHT 2003). Zu Versuchsbeginn wurden die Röhrchen geöffnet und aufrecht in der Mitte der künstlichen Spinatfläche zwischen den Pflanzen 4d, 4e, 5d und 5e (Abb. 4.1) aufgestellt. Aus den Glasröhrchen konnten die Parasitoide direkt in die Vegetationsstruktur der Spinatpflanzen laufen. Die Versuchsdauer betrug 48 h bei Langtagbedingungen (16:8 L:D). Nach Ablauf der 48 h wurden die Blattstücke mit den aufgeklebten Eiern aus den Spinatblättern herausgeschnitten und in ein Glasröhrchen überführt. Die Köderkarten wurden ebenfalls in Glasröhrchen aufbewahrt. Die Gefäße wurden mit Gaze verschlossen und in einem Klimaschrank mit 25 °C, einer Luftfeuchte von 70 % und einer Fotoperiode von 16:8 L:D gelagert. Nach 7 Tagen wurde die Anzahl parasitierter Wirtseier ermittelt. Hiernach wurden die Koordinaten der Versuchspflanzen mit erfolgreich parasitierten Eiern und der Ort der Parasitierung auf den Spinatblättern (Blattober-/unterseite) ermittelt.

Um Aussagen über die bei der Wirtssuche der *Trichogramma*-Weibchen im künstlichen Spinatfeld zurückgelegte Distanz treffen zu können, wurden in vier verschiedene Entfernungen Wirtseier angeboten (Abb. 4.1). In den Entfernungen 1 (6 bis 8 cm) und 2 (18 bis 26 cm) befanden sich jeweils vier, in den beiden äußeren Entfernungen (Entfernung 3: 30 bis 42 cm, Entfernung 4: 42 bis 58 cm) jeweils sechs mit Eiern beklebte Versuchspflanzen. Die beiden, im ersten Versuchsdurchlauf mit Stamm I verwendeten Köderkarten (s. o.) waren in den Entfernungen 2 und 3 zu finden.

#### 4.2.2.1 Statistische Datenanalyse

Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt. Für einen statistischen Vergleich der Parasitierungsleistungen auf den beiden Blattseiten wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (SIEGEL & CASTELLAN 1988) im Programmpaket SPSS (Version 12.0.1) verwendet.



**Abb. 4.1** Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zum Suchleistungstest (E1-E4: vier Entfernungen vom Freilassungspunkt, E1 = 6 bis 8 cm, E2 = 18 bis 26 cm, E3 = 30 bis 41 cm, E4 = 42 bis 58 cm; Die Kreise symbolisieren Versuchspflanzen, schwarzer Kreis = getopfte Spinatpflanze, grauer Kreis = getopfte Spinatpflanze mit *A. gamma*-Eiern auf Blattober- und Blattunterseite, weißer Kreis = Spinatpflanze mit Köderkarte bei Versuch mit *T. brassicae* Stamm I; X = Freilassungspunkt der *Trichogramma*-Weibchen).

### 4.2.3 **Freilanduntersuchungen**

#### 4.2.3.1 *Trichogramma brassicae* Stamm I

Die Parasitierungs- und Suchleistung von Parasitoiden der Art *Trichogramma brassicae* Stamm I wurde unter Praxisbedingungen getestet. Hierzu wurden zwei Anbauflächen (Reken, TK25: 4108, westliches Münsterland, Nordrhein-Westfalen) mit gleichem Aussattermin (05.07.2002) ausgewählt. Auf diesen

Flächen wurde Spinat ausgesät (Sorte: Ballet der Firma Royal Sluis; Aussaatdichte: 260 Korn/qm; Keimfähigkeit: 90 %). Auf den Flächen wurden vor dem Aussattermin jeweils 12 Versuchspartzen (10 x 10 m) abgesteckt. Die einzelnen Versuchspartzen lagen zwischen den Fahrgassen und hatten einen Abstand von 30 m zueinander (Abb. 4.2). In der Mitte von sechs Partzen der Versuchsvariante wurden zwei Wochen nach Aussattermin (19.07.2002) jeweils zwei (Praxisempfehlung für den Gemüsebau, AMW-Nützlinge GmbH) TrichoKugeln<sup>®</sup> (AMW-Nützlinge GmbH) ausgebracht. Es handelt sich hierbei um kleine Kugeln (Durchmesser: 1,5 cm) aus einem biologisch abbaubaren Werkstoff auf Stärkebasis (Mater-Bi<sup>®</sup>, Novamont GmbH), in denen sich etwa 1.000 von *T. brassicae* Stamm I parasitierte Eier des Massenzuchtwirtes *Sitotroga cerealella* (OLIV.) (Lepidoptera: Gelechiidae) befanden. Um das Verstopfen der seitlichen Ausschlüpföffnungen der TrichoKugeln<sup>®</sup> zu verhindern, wurden sie mit einem Witterungsschutz aus einem halbierten Pflanztopf (Größe 12) abgedeckt. In den restlichen sechs Partzen der Kontrollvariante beider Flächen erfolgte keine Freilassung von Parasitoiden. Die Kontrolle sollte zum einen den Wiederfang und damit den Nachweis einer Ausbreitung der eingesetzten *Trichogramma*-Art ermöglichen. Zum anderen sollte der Nachweis des möglichen Vorkommens autochthoner Arten von Eiparasitoiden erfolgen.

Drei Tage nach Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup> wurden an Pflanzstäben (Holz, 25 cm) in etwa 10 cm Höhe befestigte Köderkarten aufgestellt (Abb. 4.2 – 4.3). Die Köderkarten hatten direkten Kontakt zu Blättern einer Spinatpflanze. Pro Fläche wurden innerhalb der sechs Partzen der Versuchsvariante jeweils fünf Köderkarten ausgebracht. Drei der fünf Köderkarten (Pflanze 1 und 5, Abb. 4.2) waren mit Eikarten bestückt, die bei der ersten Ausbringung (22.07.2002, drei Tage nach Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup>) mit jeweils 10, zwei Tage alten *Autographa gamma*-Eiern (Zielwirt) beklebt waren (Traganth-Kleber, Sigma-Aldrich GmbH). Die anderen beiden Köderkarten enthielten etwa 60, drei Tage alte *S. cerealella*-Eier (Massenzuchtwirt). Bei den zwei weiteren Ausbringungen wurden nur noch Köderkarten verwendet, die *Sitotroga*-Eikarten enthielten. Um Duftspuren zu hinterlassen, wurden die Eier auf den Eikarten mit der Abdomenspitze eines *A. gamma*-Weibchens bestrichen. Die Ausbringung der Köderkarten wurde

zweimal im wöchentlichen Abstand wiederholt (28.07.2002, 9 Tage nach Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup>; 05.08.2002, 17 Tage nach Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup>). Alle Köderkarten wurden zum gleichen Zeitpunkt präpariert und bis zum Zeitpunkt der Ausbringung kühl (7 °C, 60 % Luftfeuchte) gelagert, um die Entwicklung der Eier auf den Eikarten zu verzögern. 48 Stunden nach der Ausbringung wurden die Köderkarten aus dem Feld entfernt. Die Eikarten wurden aus den Köderkarten einzeln in Reaktionsgefäße (Firma Eppendorf) überführt und in einer Klimakammer bei 25 °C, einer Luftfeuchte von 70 % und einer Fotoperiode von 16:8 L:D gelagert. Nach sieben Tagen wurden die Eier auf den Karten im Labor auf Parasitierungen hin untersucht. Alle geschlüpften Parasitoide wurden zur späteren Determination in Alkohol (Ethanol, 70 %) überführt. Die artgenaue Bestimmung ermöglicht eine zweifelsfreie Zuordnung zur ausgebrachten Art. Während des gesamten Versuchszeitraums wurde auf beiden Flächen unmittelbar über dem Bestand die relative Luftfeuchte und Temperatur durch Datalogger (Tinytalk<sup>®</sup>) aufgezeichnet. Daten zur Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurden von einer Wetterstation in der Untersuchungsregion bezogen.

#### 4.2.3.2 *Trichogramma brassicae* Stamm II

Der oben beschriebene Freilandversuch wurde im Jahr 2003 mit geringen Abwandlungen für den zweiten *Trichogramma brassicae* Stamm II im Jahr 2003 wiederholt. Erneut wurden zwei Flächen (Reken, TK25: 4108, westliches Münsterland, Nordrhein-Westfalen) mit gleichem Aussaattermin (06.06.2003) ausgewählt. Auf diesen Flächen, die jeweils 3,3 ha groß und etwa 1.000 m voneinander entfernt lagen, wurde Spinat der Sorte Ballet (Firma Royal Sluis) ausgesät (Aussaatedichte: 240 Korn/qm, Keimfähigkeit: 90 %). Innerhalb der beiden Flächen wurden, wie im Vorjahr, vor der Aussaat jeweils 12 Versuchspartzen (jeweils 100 qm) abgesteckt (Abb. 2 u. 3). In der Mitte der jeweils sechs Partzen der Versuchsvariante pro Feld, wurden zwei Wochen nach Aussaattermin (20.06.2003), jeweils zwei TrichoKugeln<sup>®</sup> (AWM-Nützlinge GmbH) ausgebracht. In jeder der Kugeln befanden sich etwa 1000 von *T. brassicae* Stamm II parasitierte Eier des Massenzuchtwirtes *Sitotroga*

*cerealella* (OLIVIER) (Lepidoptera: Gelechiidae). Dies ist die praxisübliche Menge für Gemüsekulturen (AMW-Nützlinge GmbH). Die Kugeln wurden, wie im Vorjahr, mit einem Witterungsschutz abgedeckt, der aus einem halbierten Pflanztopf (Größe 12) bestand. In den restlichen sechs Parzellen beider Flächen erfolgte keine Ausbringung von TrichoKugeln<sup>®</sup>. Der Nachweis einer Ausbreitung und der Parasitierungseffizienz des freigesetzten *Trichogramma*-Stammes sollte dieses Mal über die Ausbringung einer standardisierten Anzahl von Zielwirteiern [*Autographa gamma* (L.), Lepidoptera: Noctuidae] erfolgen. Hierfür wurden in allen 12 Parzellen der Kontroll- und Versuchsvariante pro Feld jeweils fünf Versuchspflanzen ausgewählt. Eine der Pflanzen befand sich in den Versuchsvarianten immer in der Nähe (50 cm) zum Ausbringungsort der TrichoKugeln<sup>®</sup>, die weiteren vier Pflanzen wurden in den Ecken der Versuchspartellen, d. h. in etwa 6,5 Metern Entfernung zur Mitte der Parzelle ausgewählt (Abb. 4.3). Auf der Unterseite jeweils eines Blattes dieser Spinatpflanzen wurden jeweils drei *A. gamma*-Eier aufgeklebt (Traganth-Kleber, Sigma-Aldrich Chemie GmbH). Um Duftspuren zu erzeugen, wurden die künstlichen Eigelege mit der Abdomenspitze eines frisch getöteten *A. gamma*-Weibchens bestrichen. Das Aufkleben der Noctuideneier erfolgte vier Tage (24.06.2003) nach der Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup>. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die *Trichogramma* sich bereits im Spinatbestand ausgebreitet hatten. Fünf Tage nach der ersten Ausbringung der Zielwirteier erfolgte eine zweite Ausbringung (29.06.2003). Die Verfahrensweise bei der weiteren Behandlung der Eier aus den künstlichen Eipatches war identisch zu der des Vorjahres (vgl. Kapitel 4.2.3.1).

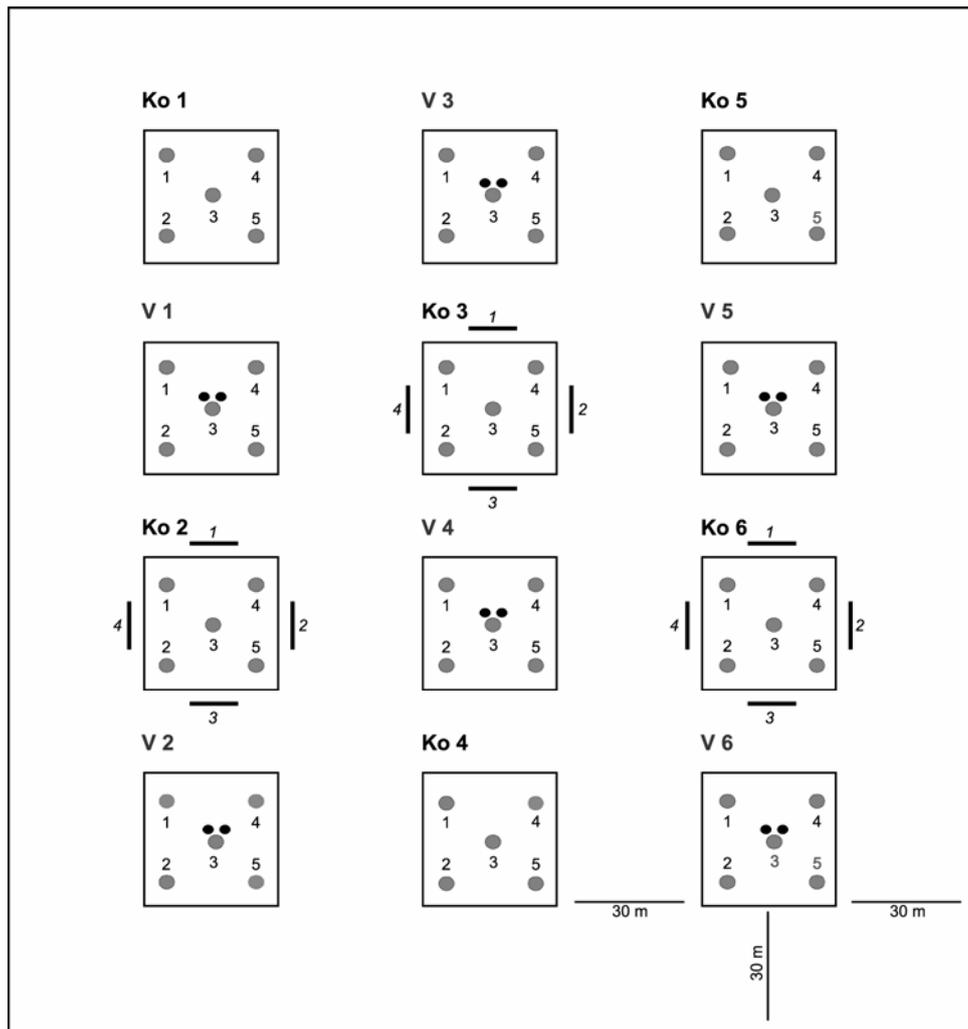
Gleichzeitig mit der Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup> (20.06.2003) wurden auf beiden Versuchsfeldern jeweils drei Parzellen der Kontrollvariante (Ko 2, Ko 3, Ko 6; Abb. 4.2) mit Klebetafeln (Prospekthüllen, Firma: System, Format: DIN A4, mit Temmen-Insektenleim<sup>®</sup> bestrichen) umstellt. Auf diese Weise sollte die Ausbreitung der ausgebrachten oder das Vorkommen von weiteren *Trichogramma*-Arten untersucht werden.

Sechs Tage nach der Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup> (26.06.2003) wurden die Klebefolien gewechselt. Mit dem Einholen der *A. gamma*-Eier der zweiten

Ausbringung (01.07.2003) wurden auch die Klebetafeln aus dem Feld entfernt. Sie wurden bei einer Temperatur von  $-20\text{ °C}$  gelagert und später im Labor unter dem Binokular ausgewertet. Darauf klebende Eiparasitoide wurden protokolliert. Die Bestimmung gefangener Trichogrammatiden erfolgte bis zur Familie, bzw. bei *T. brassicae* bis zur Art. Auch in diesem Jahr wurden während des gesamten Versuchszeitraums auf beiden Flächen unmittelbar über dem Bestand die relative Luftfeuchte und Temperatur durch Datalogger (Tinytalk<sup>®</sup>) aufgezeichnet. Daten zur Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurden von einer Wetterstation in der Untersuchungsregion bezogen.

#### 4.2.3.3 Datenanalyse

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden grafisch dargestellt.



**Abb. 4.2** Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus für beide Untersuchungsflächen im Jahr 2002 und 2003 [V 1 bis V 6 = Parzellen der Versuchsvariante in denen *Trichogramma* ausgebracht wurden; Ko 1 bis Ko 6 = Parzellen der Kontrollvariante ohne *Trichogramma*-Ausbringung; graue Kreise = Versuchspflanzen 1 bis 5, im Jahr 2002 mit Köderkarten, die mit *Sitotroga*-Eiern beködert waren (bei der ersten Ausbringung wurden jeweils fünf *A. gamma*-Eier pro Köderkarte an Pflanze 1 und 5 exponiert). Im Jahr 2003 wurden jeweils drei *A. gamma*-Eier pro Pflanze exponiert; kleine schwarze Kreise = TrichoKugeln<sup>®</sup>; schwarze Striche = Klebetafeln (1 bis 4); weitere Erläuterungen im Text].

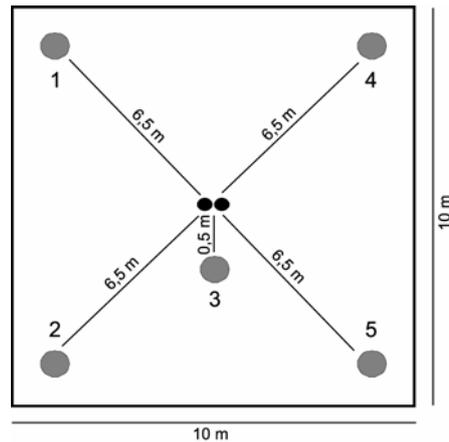


Abb. 4.3 Detaillierte schematische Darstellung einer Parzelle der Versuchsvariante. Es sind die Entfernungen der TrichoKugeln<sup>®</sup> zu den Versuchspflanzen eingezeichnet (graue Kreise = Versuchspflanzen 1 bis 5; kleine schwarze Kreise = TrichoKugeln<sup>®</sup>).

## 4.3 ERGEBNISSE

### 4.3.1 Ergebnisse des Gewächshausversuches

#### 4.3.1.1 Trichogramma brassicae Stamm I

In keiner Versuchswiederholung konnte nachgewiesen werden, dass Weibchen des Stamms I der Art *Trichogramma brassicae* die auf den Spinatblättern dargebotenen *Autographa gamma*-Eier parasitierten. Auch die in den Köderkarten angebotenen Eier des Zielwirtes *A. gamma* und des Massenzuchtwirtes *Sitotroga cerealella* wiesen keine Parasitierungen auf.

#### 4.3.1.2 Trichogramma brassicae Stamm II

##### Parasitierung an Blattober- und Blattunterseite

*T. brassicae* Stamm II parasitierte im Mittel 6,3 ( $\pm 2,3$  SD) der 30 ausgebrachten Wirtseier auf den Blattoberseiten und 9,0 ( $\pm 4,6$  SD) auf den Blattunterseiten. Es konnte keine Präferenz für eine der beiden Blattseiten ermittelt werden [Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (zweiseitig):  $N = 3$ ,  $Z = -1,409$ ,  $p = 0,159$ ] (Tab. 4.1). Der Parasitierungserfolg dieses Stammes lag, gemittelt über die drei Versuchswiederholungen, für die insgesamt 60 Zielwirteier (Blattober- und Blattunterseiten) bei 25 % (Wiederholung 1: 38,3 %, Wiederholung 2: 16,7 %, Wiederholung 3: 21,7 %).

**Tab. 4.1** Verteilung der Parasitierungen von Wirtseiern (*A. gamma*) durch *T. brassicae* Stamm II in den Versuchswiederholungen, getrennt nach Blattseite und Position der Versuchspflanze. Pro Blattseite und Position wurden 3 Eier des Zielwirtes *Autographa gamma* präsentiert [- = 0; Entfernung 1 (6 bis 8 cm), 2 (18 bis 26 cm), 3 (30 bis 41 cm) und 4 (42 bis 58 cm), siehe Abb. 4.1; WH = Wiederholung; oben/unten = Blattseite an Versuchspflanze].

Entfernung	Position	WH 1	WH 2	WH 3
		oben/unten	oben/unten	oben/unten
1	4d	-/1	1/-	-/-
	4e	1/-	3/1	3/2
2	6c	3/3	-/-	1/2
	6f	3/3	1/3	-/-
3	4g	-/-	-/-	-/-
	2b	-/-	-/-	-/-
	2g	2/2	-/-	-/-
4	8a	-/3	-/-	-/-
	8h	-/2	-/-	1/2
	5a	-/-	-/1	-/-
<b>Gesamt</b>		<b>9/14<sup>1</sup></b>	<b>5/5<sup>1</sup></b>	<b>5/8<sup>1</sup></b>

<sup>1</sup> der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Parasitierungen auf den Blattseiten

### Verteilung von Parasitierungen innerhalb der Versuchsflächen

Im Folgenden wurden alle erfolgreichen Parasitierungen getrennt für die jeweilige Versuchswiederholung und die vier Entfernungen (Abb. 4.1, Tab. 4.1) dargestellt. Es wurde festgestellt, dass in unmittelbarer Nähe zum Freilassungsort der *Trichogramma*-Weibchen (Entfernung 1: 6 - 8 cm) in der ersten Versuchswiederholung 17 % (zwei Eier) der insgesamt 12 auf den Blattober- und Blattunterseiten der beiden Versuchspflanzen ausgebrachten Zielwirteier parasitiert worden waren. In der zweiten und dritten Wiederholung waren es jeweils 42 % (fünf Eier). In der zweiten Entfernung (Entfernung 2: 18 - 26 cm) waren in der ersten Versuchswiederholung 100 % (12 Eier) auf den zwei Versuchspflanzen verteilten Zielwirteier erfolgreich parasitiert. In der zweiten Versuchswiederholung waren es 33 % (vier Eier) und in der dritten Wiederholung 25 % (drei Eier). Die Parasitierungsleistung fiel bei der dritten Entfernung (Entfernung 3: 30 - 41 cm) ab. In der ersten Versuchswiederholung waren nur 11 % (vier Eier) der insgesamt 18 auf den drei

Versuchspflanzen ausgebrachten Zielwirteier erfolgreich parasitiert. Bei der zweiten und dritten Wiederholung konnten keine Parasitierungen auf den Versuchspflanzen in dieser Entfernung nachgewiesen werden. Hingegen konnte in der äußersten Entfernung (Entfernung 4: 42 - 58 cm) in der ersten Versuchswiederholung auf 28 % (fünf Eier) der insgesamt 18 auf den drei Versuchspflanzen verteilten Zielwirteiern erfolgreiche Parasitierungen nachgewiesen werden. In der zweiten Wiederholung lag der Anteil bei 6 % (ein Ei) und in der dritten Wiederholung bei 17 % (drei Eier) (Tab. 4.1).

Zusammengefasst ergibt sich für die Entfernung 1 eine mittlere Parasitierungsleistung von 33 % der insgesamt 36 Zielwirteier. Für die zweite Entfernung waren im Mittel 53 % der 36 Zielwirteier parasitiert. In der nächsten Entfernung (Entfernung 3) sank die mittlere Parasitierungsleistung auf 4 % ab. In der weitesten Entfernung (Entfernung 4) konnte eine mittlere Parasitierungsleistung von 17 % nachgewiesen werden.

### **4.3.2 Ergebnisse des Freilandversuches**

#### **4.3.2.1 Trichogramma brassicae Stamm I**

Die mittlere Tagestemperatur während des Versuchszeitraumes lag auf Fläche 1 bei 19,4 °C ( $\pm 6,3$  SD) und auf Fläche 2 bei 22,2 °C ( $\pm 10,0$  SD). Die mittlere Luftfeuchte betrug auf der Fläche 1 88,0 % ( $\pm 22,8$  SD) und auf der Fläche 2 79,0 % ( $\pm 33,1$  SD). Die mittlere Niederschlagssumme lag bei 3,6 mm/d ( $\pm 5,7$  SD) und verteilte sich auf 10 der 20 Versuchstage. Während der Versuchsdauer hatte der Wind eine mittlere Geschwindigkeit von 2,3 m/s ( $\pm 1,0$  SD) und die mittlere Windrichtung lag bei 206,2° ( $\pm 61,5$  SD).

Während des gesamten Versuches wurden lediglich in einer Parzelle der Versuchsvariante zum Zeitpunkt der zweiten Ausbringung der Köderkarten *Sitotroga*-Eier durch die Weibchen von *Trichogramma brassicae* Stamm I parasitiert. Die Köderkarte mit Parasitierungs-Nachweis befand sich in einem Abstand von etwa 50 cm zum Ausbringungsort der Trichogrammen, also in der Mitte der Versuchsparzelle (Versuchsparzelle 1, Position 3; Abb. 4.2 - 4.3). Es schlüpfen sechs Parasitoide aus den insgesamt sechs parasitierten Wirtseiern.

#### 4.3.2.2 *Trichogramma brassicae* Stamm II

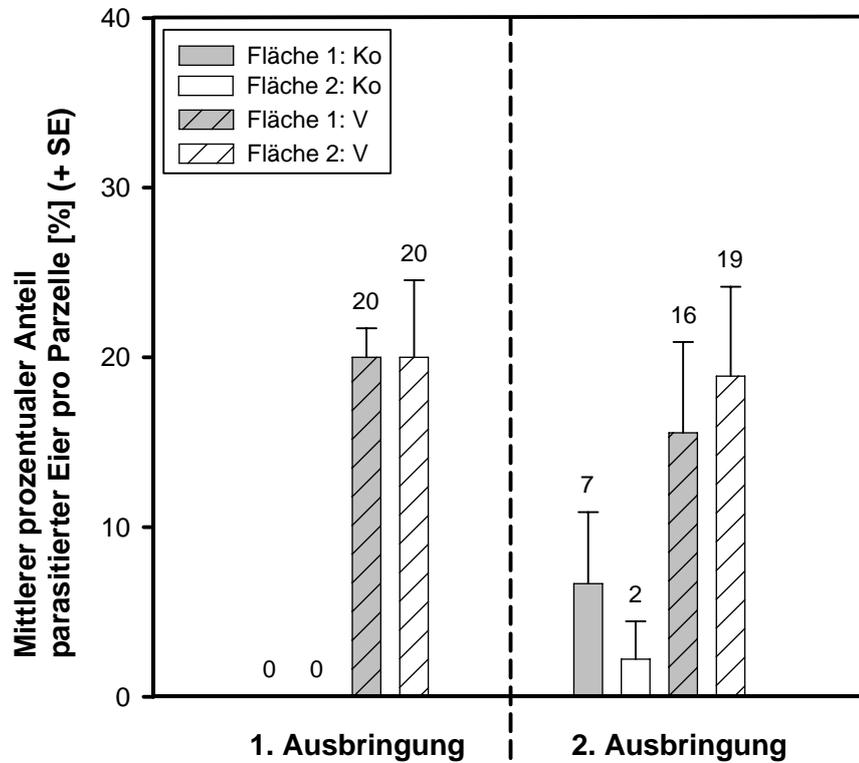
##### Such- und Parasitierungsleistung

Die mittlere Tagestemperatur während des Versuchszeitraumes lag auf Fläche 1 bei 22,4 °C ( $\pm 10,4$  SD) und auf Fläche 2 bei 20,9 °C ( $\pm 7,9$  SD). Die mittlere Luftfeuchte betrug auf der Fläche 1 69,8 % ( $\pm 35,0$  SD) und auf Fläche 2 68,2 % ( $\pm 31,8$  SD). An 2 von 11 Versuchstagen konnten Niederschläge erfasst werden. Die mittlere Niederschlagssumme betrug 0,1 mm/d ( $\pm 0,3$  SD). Während des Versuches wurde eine mittlere Windgeschwindigkeit von 2,9 m/s ( $\pm 1,2$  SD) aus der mittleren Windrichtung 191,8° ( $78,6 \pm$  SD) ermittelt.

Es konnten keine Parasitierungen an den Eiern festgestellt werden, die sich am ersten Tag der Ausbringung auf den Pflanzen in den Parzellen der Kontrollvariante (ohne TrichoKugeln<sup>®</sup>) beider Versuchsfelder befanden. In den Parzellen der Versuchsvariante (mit TrichoKugeln<sup>®</sup>) waren auf beiden Feldern 20 % der ausgebrachten Gammaeulen-Eier parasitiert. Für den zweiten Ausbringungstag konnten auf beiden Versuchsfeldern sowohl bei den Eiern in den Parzellen der Kontrollvariante (Fläche 1: 7 %, Fläche 2: 2 %) als auch in den Parzellen der Versuchsvariante Parasitierungen nachgewiesen werden (Fläche 1: 16 %, Fläche 2: 19 %) (Abb. 4.4). Wenn die Trichogrammen einen Eipatch auf einer der Versuchspflanzen gefunden hatten, wurde in fast allen Fällen jedes der drei ausgebrachten Eier parasitiert (Abb. 4.5, Tab. 4.2 - 4.3). Die höchsten Parasitierungsraten konnten in den Parzellen der Versuchsvariante auf den Pflanzen in direkter Nähe (50 cm) zu den ausgebrachten TrichoKugeln<sup>®</sup> ermittelt werden. 86 % der Eier vom ersten Ausbringungstag waren hier erfolgreich parasitiert. Am Tag der zweiten Ausbringung wurden in derselben Entfernung 48 % der gesamten Parasitierungen nachgewiesen. Innerhalb der Parzellen der Versuchsvariante konnten auf den Pflanzen, die sich in etwa 6,5 m Entfernung zum Freilassungspunkt befanden (Abb. 4.6) an beiden Ausbringungstagen von Zielwirteiern nur 3 % Parasitierung ermittelt werden.

In den Parzellen der Kontrollvariante, in denen sich keine TrichoKugeln<sup>®</sup> befanden, ließen sich zum Zeitpunkt der ersten Ausbringung keine Parasitierungen der Zielwirteier nachweisen. Jedoch konnten hier zum

Zeitpunkt der zweiten Ausbringung etwa 7 % aller erfolgreichen Parasitierungen nachgewiesen werden (Abb. 4.6, Tab. 4.2 - 4.3).



**Abb. 4.4** Mittlerer prozentualer Anteil durch *T. brassicae* Stamm II parasitierter *A. gamma*-Eier pro Parzelle der Kontroll- (Ko, einfarbig) und Versuchsvarianten (V, schräg schraffiert) auf beiden Untersuchungsflächen (Fläche 1 = grau u. Fläche 2 = weiß), für den ersten und zweiten Ausbringungstag der *Autographa*-Eier.

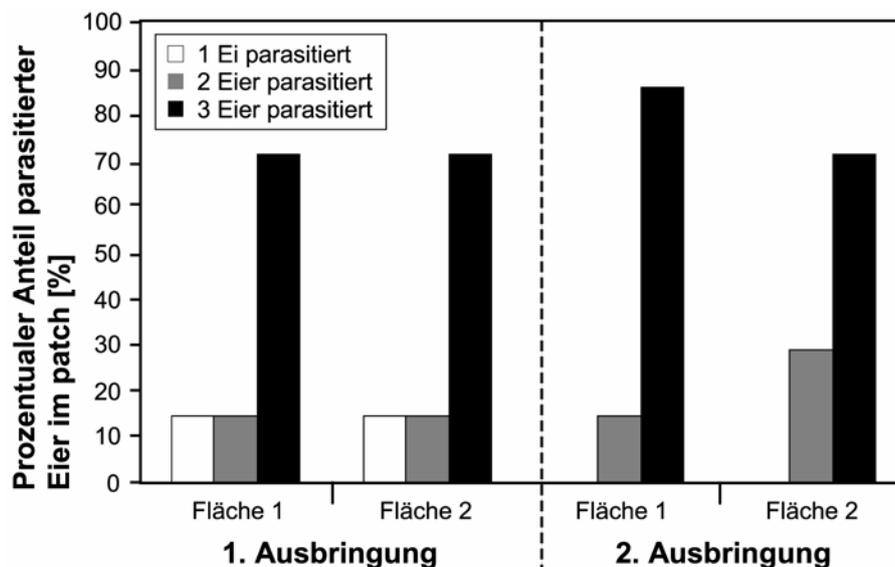


Abb. 4.5 Prozentualer Anteil parasitierter Zielwirteier (drei Eier pro Patch) auf den Versuchspflanzen mit nachgewiesener Parasitierung für beide Flächen und Ausbringungen der *A. gamma*-Eier (weiße Balken = ein parasitiertes Ei, graue Balken = zwei parasitierte Eier, schwarze Balken = drei parasitierte Eier).

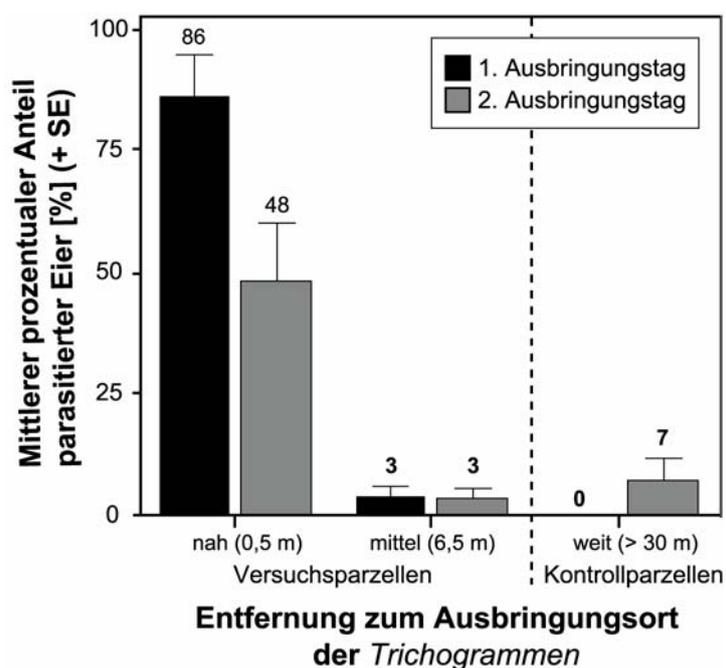


Abb. 4.6 Räumliche Verteilung des mittleren Anteils der von *T. brassicae* Stamm II parasitierten Zielwirteier (*A. gamma*) auf den Pflanzen der beiden Versuchsfelder, getrennt für die beiden Ausbringungstage der Zielwirteier [nah: ca. 50 cm zu den TrichoKugeln®; mittel = ca. 6,5 m zu den TrichoKugeln®; weit = ca. 30 m, parasitierte Eier in den Parzellen der Kontrollvariante ohne TrichoKugeln®; (Abb. 4.2)].

### Klebetafeln

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden auf 13 von insgesamt 48 Klebetafeln 14 Individuen der Familie Trichogrammatidae nachgewiesen

Dabei handelte es sich bei zwei der Individuen (Tab. 4.4) um *Trichogramma brassicae* Stamm II, also der mittels TrichoKugeln<sup>®</sup> ausgebrachten Art. Alle übrigen 12 Parasitoide waren andere Trichogrammatiden-Arten natürlicher Herkunft.

Auf der Versuchsfläche 1 wurden nach der ersten Ausbringung der Klebetafeln zwei Trichogrammatiden, in der sich am Rand der Fläche befindlichen Parzelle zwei der Kontrollvariante, nachgewiesen (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Ausbringung 1, Fläche 1, Ko2). In den Parzellen drei und sechs der Kontrollvariante konnten keine Trichogrammatiden nachgewiesen werden (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Ausbringung 1, Fläche 1, Ko3 u. Ko6). Nach der zweiten Ausbringung (26.06.2003) der Klebetafeln konnten insgesamt vier Trichogrammatiden nachgewiesen werden, wovon drei Individuen in der Parzelle zwei und ein Individuum in der Parzelle sechs der Kontrollvariante gefangen wurde (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Ausbringung 2, Fläche 1, Ko2 u. Ko6). In der dritten Parzelle der Kontrollvariante, die in der Mitte der Versuchsfläche 1 lag, konnten keine *Trichogramma*-Arten nachgewiesen werden.

Auf der Fläche 2 konnten Individuen der Art *T. brassicae* Stamm II jeweils einmal nach der ersten Ausbringung (20.06.2003), in der zweiten und sechsten Parzelle der Kontrollvariante nachgewiesen werden (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Ausbringung 1, Fläche 2, Ko2 u. Ko6). Beide Parzellen dieser Variante grenzten direkt an die Parzellen der Versuchsvariante, in denen auch eine erfolgreiche Parasitierung von Zielwirteiern nachgewiesen werden konnte (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Fläche 1, Ausbringung 2, V1 u. V2 u. V6). In Parzelle sechs der Kontrollvariante, die sich am Rande der Fläche 2 befand, wurden drei Individuen anderer Trichogrammatiden-Arten gefangen, während auf den Parzellen zwei und drei der Kontrollvariante keine weiteren Parasitoide auf den Klebetafeln nachgewiesen wurden. Nach der zweiten Ausbringung der Klebetafeln (26.06.2003) konnten auf der Fläche 2 insgesamt fünf Trichogrammatiden nachgewiesen werden, die sich sowohl in den Parzellen

der Kontrollvariante am Rand von Versuchsfläche 2 aufhielten, als auch in Parzelle drei der Kontrollvariante, die in der Mitte von Fläche 2 gelegen war (Abb. 4.2, Tab. 4.4; Fläche 2, Ausbringung 2, Ko2 u. Ko3 u. Ko6). Insgesamt konnten also auf beiden Versuchsflächen nach der zweiten Ausbringung mehr Parasitoide auf Kontrollflächen nachgewiesen werden konnten als nach der ersten Ausbringung. Des Weiteren traten die Parasitoide nach der zweiten Ausbringung auch in Bereichen auf, die im Innern der Versuchsflächen lagen (Abb. 4.2).

**Tab. 4.2** Parasitierungen der *Autographa gamma*-Eier durch *T. brassicae* Stamm I auf der Fläche 1 für die beiden Ausbringungszeitpunkte in den Parzellen der Versuchs- und Kontrollvariante [Kontrolle = ohne *Trichogramma*-Ausbringung, Versuch = mit *Trichogramma*-Ausbringung, Pflanze = Position der Versuchspflanzen innerhalb der Versuchspartellen, Ergebnis = Anzahl parasitierte Eier auf den Köderkarten (- = 0)].

**Ausbringung 1**

<b>Variante</b>	Kontrolle					Kontrolle																								
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Variante</b>	Versuch					Versuch																								
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>2</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	<b>1</b>	-	<b>3</b>

**Ausbringung 2**

<b>Variante</b>	Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle				
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-
<b>Variante</b>	Versuch					Versuch					Versuch					Versuch					Versuch					Versuch				
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	<b>2</b>	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>

Tab. 4.3 Parasitierungen der *Autographa gamma*-Eier durch *T. brassicae* Stamm II auf der Fläche 2 für die beiden Ausbringungszeitpunkte in den Parzellen der Versuchs- und Kontrollvariante [Kontrolle = ohne *Trichogramma*-Ausbringung, Versuch = mit *Trichogramma*-Ausbringung, Pflanze = Position der Versuchspflanzen innerhalb der Versuchspartellen, Ergebnis = Anzahl parasitierte Eier auf den Köderkarten (- = 0)].

**Ausbringung 1**

<b>Variante</b>	Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle									
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Variante</b>	Versuch					Versuch					Versuch					Versuch					Versuch									
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	<b>3</b>	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	<b>2</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>

**Ausbringung 2**

<b>Variante</b>	Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle					Kontrolle									
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	<b>2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Variante</b>	Versuch					Versuch					Versuch					Versuch					Versuch									
<b>Parzelle</b>	1					2					3					4					5					6				
<b>Pflanze</b>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Ergebnis</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>	<b>3</b>	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>3</b>

Tab. 4.4 Fangergebnisse (Anzahl gefangener Trichogrammatiden) der Klebetafeln auf den beiden untersuchten Flächen (1 und 2) [fettgedruckte Zahlen = Individuen der Art *T. brassicae* Stamm II, restliche Zahlen = unbestimmte Trichogrammatiden-Arten (- = 0), Wechsel = Wechselzeitpunkt der Klebetafeln; Plot = Nummer der mit Klebetafeln umstellten Kontrollparzelle; Klebetafel 1 bis 4 = einzelne Klebetafeln, siehe Abb. 2].

Fläche	Wechsel	Plot	Klebetafel 1	Klebetafel 2	Klebetafel 3	Klebetafel 4
1	1	Ko 2	-	-	<b>1</b>	-
		Ko 3	-	-	-	-
		Ko 6	-	<b>1</b>	<b>2</b>	-
	2	Ko 2	-	-	-	-
		Ko 3	-	<b>1</b>	<b>1</b>	-
		Ko 6	-	-	-	<b>2</b>
2	1	Ko 2	-	<b>1</b>	-	<b>1</b>
		Ko 3	-	-	-	-
		Ko 6	-	-	-	-
	2	Ko 2	<b>1</b>	<b>2</b>	-	-
		Ko 3	-	-	-	-
		Ko 6	-	-	-	<b>1</b>

#### 4.4 DISKUSSION

Trichogrammatiden kommen in natürlichen Ökosystemen als häufige Gegenspieler von Noctuiden (HASSAN 1993, TRAIAN *et al.* 1998) vor. Daher wurde die Eignung dieser Eiparasitoide für ihren Einsatz gegen die Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) in Freilandspinatkulturen getestet. Versuche zur Bekämpfung der Gammaeule mit *Trichogramma evanescens* WESTW. wurden bereits 1963 von FANKHÄNEL durchgeführt. Unter Laborbedingungen konnte er eine 100 %ige Parasitierung der Gammaeulen-Eier nachweisen. Auch im Freiland wurden ausgelegte Schädlingseier von freigelassenen Weibchen dieser Art gefunden und erfolgreich parasitiert. Dabei besaßen die Eiparasitoide eine hohe Ausbreitungsfähigkeit und erreichten die vom Freilassungsort 4 m entfernt ausgebrachten Zielwirteier (FANKHÄNEL 1963). Die Validität der Namen einiger *Trichogramma*-Arten ist jedoch nicht sicher (SUVERKROPP 1997, ACS *et al.* 2003). Bei der von FANKHÄNEL (1963) beschriebenen Art *Trichogramma evanescens* WESTW. kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass es sich um eine Falschbenennung und in Wirklichkeit um die Art *Trichogramma brassicae* BEZD. handelt (WÜHRER mündl. Mitteilung).

Die vorliegende Arbeit wurde mit zwei *Trichogramma*-Stämmen (*Trichogramma brassicae* BEZD. Stamm I und *T. brassicae* BEZD. Stamm II) durchgeführt. Die beiden Stämme wurden auf Empfehlung von HASSAN (BBA Darmstadt) und WÜHRER (AMW-Nützlinge GmbH) als geeignete Testkandidaten ausgewählt.

Im Rahmen einer standardisierten Gewächshausstudie zur Bekämpfung der Gammaeule wurde die Eignung der beiden Trichogrammatiden-Stämme zunächst auf getopften Spinatpflanzen untersucht. Des Weiteren wurden Versuche in Freiland-Spinatkulturen unter Praxisbedingungen durchgeführt.

Neben der Wirtseignung und der Präferenz für die Zielwirtart, welche für *A. gamma*-Eier in Laborversuchen mit *T. brassicae* Stamm I erfolgreich nachgewiesen werden konnten (SCHILDKNECHT 2003), ist besonders die Wirtsfindung in der Spinatkultur von entscheidender Bedeutung (HASSAN 1994, SUVERKROPP 1997). Besonders für eine inundative Ausbringung im

Freiland ist es notwendig, die Dispersionsfähigkeit der eingesetzten Trichogrammatiden zu kennen (SUVERKOPP 1997). Wenn bekannt ist, bis zu welcher Entfernung diese Eiparasitoide ihre Wirte finden und erfolgreich bekämpfen können, lässt sich mit diesem Wissen die Ausbringungsdichte von TrichoKugeln<sup>®</sup> als Ausbringungseinheit berechnen. In diesem Zusammenhang wurde in einem Suchleistungstest, der mit mehreren isolierten Versuchswiederholungen im Gewächshaus durchgeführt wurde, die Fähigkeit zur Wirtsfindung auf einer Spinatfläche untersucht. Die Spinatfläche bestand aus getopferten Spinatpflanzen. Hierbei wurde die Parasitierungsrate von Eiern des Zielwirtes auf Blattober- und Blattunterseiten der Spinatpflanzen sowie die Verteilung erfolgreicher Parasitierungen und deren Entfernung zum Freilassungspunkt der *Trichogramma*-Weibchen untersucht.

Für *Trichogramma brassicae* Stamm I zeigte sich, dass diese Art nicht in der Lage war, die ausgebrachten Zielwirteier in der Spinatfläche zu finden. Da es bei dem untersuchten Stamm zu keiner erfolgreichen Parasitierung der Eier (weder Zielwirt *A. gamma*, noch Massenzuchtwirt *S. cerealella*) kam, lassen sich kaum Aussagen über die Ursachen des mangelhaften Suchverhaltens treffen. Die Präferenz der Individuen dieses Trichogrammatiden Stamms für die Eier des Zielwirtes und deren Eignung als Wirte, konnten in einer vorausgehenden Laborstudie nachgewiesen werden (SCHILDKNECHT 2003, SCHILDKNECHT *et al.* 2003). Es wird jedoch angenommen, dass sich besonders die sehr kurze mittlere Lebensdauer von 3,3 ( $\pm$  2,2 SD) Tagen (SCHILDKNECHT 2003, SCHILDKNECHT *et al.* 2003) leistungsmindernd auf die Wirtsfindung auswirkte, da eine Verteilung auf der künstlichen Spinatfläche nicht in dem Maße stattfinden konnte, wie bei langlebigeren Stämmen. Nach WÜHRER (1996) steigert besonders eine längere mittlere Lebenserwartung die Parasitierungsleistung und verbessert somit die Eignung als Lepidopteren-Antagonist. Die mittlere Lebensdauer von *Trichogramma*-Weibchen verschiedener Arten wird durch verschiedene Faktoren, wie z. B. Temperaturen bestimmt und liegt bei etwa sieben Tagen (SCHMIDT *et al.* 2003).

Die geringe Lebensdauer der Individuen von *T. brassicae* Stamm I ist vermutlich auf Effekte der jahrzehntelangen Laborzucht zurückzuführen

(mündl. Mitteilung WÜHRER). Dieser Stamm wird seit fast 20 Jahren in großen Mengen im Labor gezüchtet und zum Einsatz gegen den Maiszünsler, *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) verkauft (AMW Nützlinge GmbH). Ob sich *T. brassicae* Stamm I noch erfolgreich zum Schutz von Maiskulturen vor dieser Schädlingsart einsetzen lässt muss angezweifelt werden.

Aufgrund der fehlenden Bekämpfungserfolge mit diesem Stamm wurden im Jahr 2003 die Gewächshausversuche mit Individuen eines zweiten Stammes der gleichen Art (*T. brassicae* Stamm II) wiederholt. Dieser Stamm erreichte im Gewächshausversuch eine mittlere Parasitierungsleistung von etwa 25 % der 60 ausgebrachten Wirtseier. Die eingesetzten *Trichogramma*-Weibchen verbreiteten sich während der 48 h Versuchszeit auf den künstlichen Spinatflächen. Es konnten erfolgreiche Parasitierungen auch in der größten Entfernung vom Freilassungspunkt (etwa 50 cm) nachgewiesen werden. Die Weibchen der Art *T. brassicae* Stamm II schienen keine Präferenz für eine der beiden Blattseiten zu besitzen und parasitierten etwa gleich viele Eier des Zielwirtes auf der Ober- wie auf der Unterseite der Blätter.

Die im Vergleich zum ersten *Trichogrammatiden*-Stamm festgestellten Unterschiede in der Parasitierungsleistung und der Sucheffizienz lassen sich mit einer abweichenden Biologie dieses Stammes erklären. Von den zahlreichen Eigenschaften, die das Suchverhalten beeinflussen könnten, wurde unter anderem die Laufleistung eingehend untersucht. Nach PIZZOL & WAJNBERG (1994) treten zwischen verschiedenen Stämmen von *T. brassicae* deutliche Unterschiede in der Laufgeschwindigkeit auf. Ein *T. brassicae*-Stamm aus Italien legte 0,75 cm pro Sekunde zurück, ein anderer Stamm derselben Art lediglich 0,44 cm pro Sekunde. Möglicherweise spielt bei der unterschiedlichen Laufgeschwindigkeit die Anpassung an bestimmte klimatische Verhältnisse des Ursprungsortes des *Trichogrammatiden*-Stammes eine entscheidende Rolle. So ist bekannt, dass besonders die Temperatur einen entscheidenden Einfluss auf Laufgeschwindigkeit und Parasitierungsrate von *T. brassicae* besitzen (SUVERKROPP *et al.* 2001). Bewegen sich Parasitoide im Pflanzenbestand mit größerer Geschwindigkeit fort, vergrößert sich die pro Zeiteinheit abgesuchte Fläche und die Wahrscheinlichkeit, Wirtseier zu lokalisieren und

zu parasitieren. Innerhalb der gleichen Population von *T. brassicae* konnten WAJNBERG & COLAZZA (1998) nachweisen, dass einige Weibchen einen Genotyp aufwiesen, der sie weniger als 6 mm<sup>2</sup> pro Sekunde absuchen ließ, während andere Weibchen mit abweichendem Genotyp 11 mal mehr Fläche pro Zeiteinheit absuchen (67,19 mm<sup>2</sup> pro Sekunde). Diese Unterschiede innerhalb einer Population bedingen eine unterschiedliche Parasitierungsleistung und sind somit für die Nützlingsqualität verantwortlich (CERUTTI & BIGLER 1995). Möglicherweise sind Unterschiede in der Laufleistung und damit auch der Suchleistung in der vorliegenden Untersuchung für die extrem unterschiedlichen Effektivitäten der beiden getesteten *T. brassicae* Stämme verantwortlich. Daten zur Laufgeschwindigkeit wurden im Rahmen der Arbeit jedoch nicht erhoben.

*T. brassicae* Stamm I zeigte im Freilandversuch eine äußerst geringe Parasitierungsleistung. Nur in einer der 60 Köderkarten wurde eine erfolgreiche Parasitierung der ausgebrachten Eier nachgewiesen. Diese Unfähigkeit zur Lokalisation der Wirtseier lässt sich mit einer geringen Lebensdauer und schlechten Suchleistung erklären, die in Labor- und Gewächshausstudien für diesen Stamm ermittelt wurde (SCHILDKNECHT 2003). Hätten die Ergebnisse dieser Untersuchungen zum Zeitpunkt der Durchführung des Freilandversuches im Jahr 2002 vorgelegen, wäre *T. brassicae* Stamm I nicht zum Einsatz gekommen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass dieser Stamm für den Einsatz in Spinatkulturen zur Bekämpfung der Gammaeule nicht geeignet ist.

Im folgenden Jahr (2003) wurde der Freilandversuch mit einem zweiten Stamm (Stamm II) der Art *T. brassicae* wiederholt. *T. brassicae* Stamm II wurde aus Noctuideneiern isoliert, die in einer Kohlkultur gefunden wurden (WÜHRER). Im Gegensatz zur Gewächshausstudie breiteten sich die Individuen dieser Art kaum im Spinatbestand aus. Bei der ersten Ausbringung von Zielwirteiern wurden nur in den Parzellen der Versuchsvariante, in denen auch die TrichoKugeln<sup>®</sup> ausgebracht wurden, erfolgreiche Parasitierungen nachgewiesen. Die Parasitierungen waren fast ausschließlich in unmittelbarer Nähe zum Ausbringungsort der Trichogrammatiden zu finden. Erst zum Zeitpunkt der zweiten Ausbringung der Zielwirteier, d. h. 9 Tage nach

Freisetzung der Trichogrammatiden, konnten durch erfolgreiche Parasitierungen indirekt auch *Trichogramma*-Weibchen in den 30 m weit entfernten Parzellen der Kontrollvariante nachgewiesen werden. Im Gewächshausversuch wurde für diesen Stamm eine gute Ausbreitungsfähigkeit und die damit verbundene Wirtsfindung in den etwa 1 m<sup>2</sup> großen künstlichen Spinatflächen nachgewiesen. Jedoch war die Entfernung vom Freilassungspunkt der *Trichogramma*-Eiparasitoiden (TrichoKugeln<sup>®</sup>) zu den Versuchspflanzen mit den aufgeklebten Zielwirteiern im Freilandversuch wesentlich größer (etwa 6,5 m), als im Gewächshausversuch (etwa 0,6 m). Auch die Tatsache, dass nur zwei Individuen von *Trichogramma brassicae* Stamm II mithilfe der Klebfolien nachgewiesen werden konnten, ist vermutlich auf die geringe Ausbreitungsaktivität bzw. lokale Begrenzung durch die Ausbringungsart mithilfe von TrichoKugeln<sup>®</sup> dieses Parasitoiden-Stamms zurückzuführen. Generell bewegen sich Trichogrammatiden hauptsächlich laufend fort, bzw. werden durch Wind verdriftet (GREATTI & ZANDIGIACOMO 1995), wobei die Flügelgröße einen positiven Einfluss auf die zurückgelegte Distanz hat (KÖLLIKER-OTT *et al.* 2004). Nach GREATTI & ZANDIGIACOMO (1995) sind Individuen der Art *T. brassicae* in Getreidefeldern in der Lage noch in 11 m Entfernung zum Freilassungspunkt Zielwirteier zu finden und erfolgreich zu parasitieren. Für *T. embryophagum* (HTG.) (KOT 1994) ist sogar bei feuchtem Wetter eine Ausbreitung von bis zu 30 m von der Freilassungsstelle bekannt.

Die mittlere Tagestemperatur betrug auf Fläche 1 22,4 °C ( $\pm$  10,4 SD) und auf Fläche 2 20,9 °C ( $\pm$  7,9 SD). Die mittlere Luftfeuchte pro Tag lag auf Fläche 1 bei 69,8 % ( $\pm$  35,0 SD) und auf Fläche 2 bei 68,2 % ( $\pm$  31,8 SD). Aus Laborstudien ist bekannt, dass sich Temperaturen im Bereich von 20 bis 29 °C und mittlere relative Luftfeuchten im Bereich von 40 bis 60 % positiv auf die Aktivität und Fekundität von Trichogrammatiden auswirken (SMITH 1996). Die in der vorliegenden Freilandstudie gemessenen Werte lagen also am unteren Rand des optimalen Bereiches. Eine Windgeschwindigkeit von mehr als 0,3 m/s wirkt sich jedoch negativ auf das Suchverhalten von Trichogrammatiden aus (SMITH 1996). Da die mittlere Windgeschwindigkeit während des Freilandversuches bei 2,9 m/s lag, kann eine Beeinflussung

durch Verdriftung der ausgebrachten *Trichogrammen* nicht ausgeschlossen werden.

Wenn jedoch *Trichogramma*-Weibchen ein künstliches Gelege mit Zielwirt-Eiern gefunden hatten, wurden meist alle Eier des angebotenen Patches erfolgreich parasitiert. Dieses Ergebnis kann mit der Wahrnehmungsfähigkeit von *Trichogramma*-Eiparasitoiden begründet werden: Die Parasitoide können Wirtseier zwar nicht über größere Distanzen wahrnehmen, jedoch erfolgt z. B. bei *T. evanescens* eine Lokalisierung der Eier über eine Entfernung von 1,8 mm visuell (LAING 1938). PAK *et al.* (1990) fanden für die gleiche Art eine Entfernung von etwa 3,23 mm in der die Tiere ihre Wirtseier zu lokalisieren vermögen. Allgemein gilt, dass besonders größere Wirtseier (z. B. Noctuideneier) über längere Distanzen wahrgenommen werden können als kleinere (LEATEMIA *et al.* 1938). Weiterhin verringert das Vorhandensein von Sexual-Pheromonen des Zielwirtes die Suchgeschwindigkeit von *Trichogramma*-Weibchen am Suchort (NOLDUS 1989, NOLDUS *et al.* 1991). Wachsschichten der Pflanzenkutikula können Pheromone absorbieren und zeitverzögert abgeben, was die Verweildauer der *Trichogramma*-Weibchen auf den Blättern erhöht (WANG & LLIANGBING 1990). Die Wahrscheinlichkeit, Eier des Zielwirtes auf einem Blatt zu finden und erfolgreich zu parasitieren (WANG & LLIANGBING 1990), steigt durch das Vorhandensein von Pheromonen als Kairomone. Jedoch wird die Fortbewegung der ausgebrachten *Trichogrammen* durch das veränderte Appetenz-Verhalten im Pflanzenbestand verlangsamt. Da die Wirtseier auf den Versuchspflanzen mit dem Hinterleib eines *A. gamma*-Weibchens bestrichen wurden, kann vom Vorhandensein dieser Pheromone ausgegangen werden. Wenn die *Trichogramma*-Weibchen im Versuch also ein Ei auf einer Versuchspflanze gefunden hatten, waren sie, aufgrund der eben genannten Faktoren, in der Lage auch die restlichen Eier auf der Pflanze zu finden und erfolgreich zu parasitieren. Hiermit kann auch die Beobachtung begründet werden, dass die *Trichogramma*-Weibchen im Gewächshausversuch meist alle Eier sowohl auf der Blattober- als auch auf der Blattunterseite parasitierten, wenn sie eine Pflanze mit Zielwirteiern gefunden hatten.

Die insgesamt mangelnde Suchleistung in den Freilandversuchen könnte

weiterhin mit der von CHARNOV (1976) entwickelten „*optimal-foraging*“-Strategie erklärt werden: Um ein optimales Verhältnis zwischen der zur Nahrungsaufnahme aufgewandten Energie und der durch die Nahrungsaufnahme gewonnenen Energie zu erhalten, folgen Tiere der „*optimal-foraging*“-Strategie. Eine mögliche Nahrungsressource wird in einem festgelegten Zeitaufwand untersucht bzw. gesucht. Je nach Qualität einer Nahrungsressource ist ein festgelegter Zeitaufwand zur Nutzung dieser Ressource lohnend. Sinkt die Qualität einer Nahrungsquelle, sinkt der Zeitaufwand, der sich zur Nutzung dieser Ressource lohnt. Sinkt die Qualität der Nahrungsressource unter ein bestimmtes Niveau, lohnt sich der Aufwand zur Nahrungssuche nicht mehr, und das jeweilige Tier verlässt das Habitat (CHARNOV 1976). Nach VAN ALPHEN & JERVIS (1996) kann der Begriff des „*foraging*“ bei Parasitoiden auch auf deren Reproduktionsverhalten ausgeweitet werden. Da *A. gamma*-Eier nicht, wie bei den meisten Noctuiden üblich (DOERING 1955), in Gelegen sondern vereinzelt abgelegt werden (STEINER 1997), könnte die mangelnde Parasitierungsleistung im Suchleistungstest durch die „*optimal-foraging*“-Strategie zu erklären sein. Vereinzelt im Spinatbestand verteilte *A. gamma*-Eier erfordern von den Trichogrammatiden im Verhältnis zur Eimasse einen zu großen Suchaufwand, weshalb die Trichogrammatiden möglicherweise die Spinatkultur verlassen und in Randstrukturen abwandern, um dort nach geeigneten Wirten zu suchen. Eine höhere Parasitierungsleistung von Trichogrammatiden an Eigelegen im Vergleich zu vereinzelt abgelegten Eiern ist nach VAN LENTEREN *et al.* (1982) und VAN HEININGEN *et al.* (1985) nachgewiesen. Nach VAN HEININGEN (1985) parasitierten verschiedene *Trichogramma*-Arten in Eigelegen mit mehr als 11 Eiern signifikant mehr Eier als in kleineren Gelegen. Insofern scheint eine Bekämpfung von *Autographa gamma* generell problematisch zu sein, da es keine *Trichogramma*-Stämme mit einer Spezialisierung auf einzeln abgelegte Eier zu geben scheint.

Mithilfe der Klebetafeln konnten neben den zwei Individuen des ausgebrachten *Trichogramma*-Stamms II noch 12 natürlich im Freiland vorkommende *Trichogramma*-Arten nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, dass diese während des Untersuchungszeitraumes von den Randflächen in die Versuchsflächen eingeflogen sind. Diese Vermutung ergibt

sich zum einen aus der Beobachtung, dass in beiden Versuchsflächen nach der zweiten Ausbringung mehr *Trichogrammatiden* gefunden wurden als nach der ersten Ausbringung. Zum anderen wurden die Parasitoide nach der ersten Ausbringung nur in Kontrollflächen nachgewiesen, die sich am Rande der Versuchsflächen befanden. Bei der zweiten Ausbringung konnten in der Mitte der Versuchsfläche 1 *Trichogramma*-Arten nachgewiesen werden und auf der Fläche 2 traten Parasitoide im Feld verteilt auf.

Aufgrund der geringen Individuenanzahlen, die anhand der Klebtafel-Methode nachgewiesen wurden, können hier nur Tendenzen in der Ausbreitungsfähigkeit von *Trichogrammatiden* wiedergegeben werden. Um fundierte Aussagen über die Ausbreitungsaktivität treffen zu können, sind weitere langfristige Untersuchungen mit dieser Methode notwendig.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Freilandstudie konnte im Gewächshausversuch eine relativ gute Sucheffizienz der getesteten Parasitoide für den Nahbereich nachgewiesen werden. Möglicherweise ließen sich mit einer besseren Verteilung der *Trichogramma*-Eiparasitoide auf der zu schützenden Spinatkulturfläche höhere Parasitierungsleistungen erzielen.

Für die erfolgreiche Bekämpfung des Maiszünslers, *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) (Lepidoptera: Pyralidae) wird in Maiskulturen eine TrichoKugel® (1.000 *Trichogrammen* pro Kugel) pro 100 m<sup>2</sup> ausgebracht (AMW Nützlinge GmbH). In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei TrichoKugeln® (1.000 *Trichogrammen* pro Kugel) pro 100 m<sup>2</sup> in der Spinatkultur verteilt. Diese Anzahl an TrichoKugeln® wird zwar für eine erfolgreiche Kontrolle von Schadlepidopteren wie beispielsweise der Kohleule, *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) in Kohlkulturen empfohlen (mündl. Mitteilung WÜHRER, AMW Nützlinge GmbH), scheint jedoch für eine erfolgreiche Kontrolle von *Autographa gamma* in Spinatbeständen nicht ausreichend zu sein. Wenn man jedoch eine Technik entwickeln würde, bei der die parasitierten Wirtseier flächendeckend im Spinatbestand verteilt werden könnten, z. B. durch Sprühen parasitierter Eier des Massenzuchtwirtes (MILLS *et al.* 2000) oder durch die Verteilung einer größeren Anzahl kleinerer TrichoKugeln®, ließen sich möglicherweise höhere Parasitierungsleistungen durch die Verringerung der für einzelne Parasitoidenweibchen abzusuchenden Fläche erzielen. Mögliche Windverdriftungen (GREATTI &

ZANDIGIACOMO 1995) der ausgebrachten Parasitoide aus der zu schützenden Kultur heraus könnten hiermit ebenfalls ausgeglichen werden. Zusätzlich zur Optimierung der Ausbringungstechnik ließe die Bekämpfung von Eiern der Gammaeule durch die Auswahl von *Trichogramma*-Arten/Stämmen mit einer höheren Suchaktivität und einem besseren Wirtsfindungsvermögen sowie einer höheren Lebenserwartung als die der untersuchten Stämme verbessern.

Wenn sich geeignete *Trichogramma*-Arten/Stämme finden ließen, die sich nach einer Verbesserung der Ausbringungstechnik als geeignete Gegenspieler der Gammaeule herausstellen sollten, hätte man eine ideale Ergänzung zu *Bacillus thuringiensis*-Präparaten. Aus einigen Untersuchungen (TIPPING & BURBUTIS 1983, SALMA & ZAKI 1985, ULRICHS *et al.* 2001, LUNDGREN *et al.* 2002) ist bekannt, dass der kombinierte Einsatz von *Trichogramma*-Eiparasitoiden und *B.t.*-Präparaten ohne Beeinträchtigung der Parasitoide möglich ist. Mithilfe der *Trichogramma*-Eiparasitoide könnte durch die Bekämpfung der Eistadien die Stärke eines Lepidopterenbefalls vermindert, und der Anteil an geschlüpften Raupen mit einem *B.t.*-Präparat abgetötet werden (TIPPING & BURBUTIS 1983, ULRICHS *et al.* 2001).

Zusätzlich zur Biologie der untersuchten *Trichogramma*-Stämme sollten jedoch auch noch weitere vor allem abiotische Faktoren berücksichtigt werden, welche die Effizienz der Parasitoide im Freiland beeinflussen können. In die Planung einer Freisetzung dieser Nützlinge sollten die Standzeit des Spinats und meteorologische Daten mit einbezogen werden. Die Ausbringung der Trichogrammatiden sollte zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem der Spinat eine Blatzzahl von mindestens 4 Blättern erreicht hat. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt bereits eine Eiablage der Gammaeulenweibchen im Bestand. Weiterhin führen mikroklimatische Änderungen auf der Spinatfläche bedingt durch die beginnende Bodendeckung der Spinatpflanzen zu einem Anstieg der Temperatur und der Luftfeuchte, was eine höhere Überlebensrate der geschlüpften Parasitoide sichert. Darüber hinaus verkürzt sich der Weg, den ein suchender Parasitoid zwischen den einzelnen Spinatpflanzen zurücklegen muss, da er über die sich berührenden Blätter von einer Pflanze zur nächsten überwechseln kann.

Die Ausbringung der *Trichogramma*-Eiparasitoide erfolgte mittels TrichoKugeln<sup>®</sup> der Firma AMW Nützlinge GmbH. Bei dieser Art von Ausbringung der Parasitoide kann möglicherweise Niederschlag einen Einfluss auf deren Effektivität besitzen. Die Öffnungen der TrichoKugeln<sup>®</sup> dürfen sich nicht mit Bodenpartikeln zusetzen, was jedoch beispielsweise bei Starkregen der Fall sein kann. Daher sollte die Ausbringung der *Trichogramma*-Eiparasitoide bei trockenem, relativ warmem Wetter zwei bis drei Wochen nach der Aussaat des Spinatbestandes erfolgen. Innerhalb der TrichoKugeln<sup>®</sup> befinden sich verschiedene Entwicklungsstadien von Trichogrammen, und beginnend mit dem Zeitpunkt ihrer Ausbringung im Feld kann mit einem kontinuierlicher Schlupf der Eiparasitoiden gerechnet werden. Daher ist bis zum Zeitpunkt der Ernte mit einer Erneuerung des *Trichogramma*-Bestandes und daraus resultierend dem Schutz der Spinatkultur vor einem potentiellen Raupenbefall zu rechnen. Eine zeit- und kostenintensive zweite Ausbringung der TrichoKugeln<sup>®</sup> im Bestand ist daher nicht erforderlich.

## **5. EINSATZ VON PHEROMONFALLEN ZUR PROGNOSE EINES BEFALLS DER SPINATKULTUREN MIT RAUPEN DER GAMMAEULE**

### **5.1 EINLEITUNG**

Neben aufwendigen visuellen Schädlingsbonituren lassen sich auch Pheromone zur Erfassung und integrierten Kontrolle von Schadinsekten einsetzen (HOWSE *et al.* 1998). Die Anwendungsmöglichkeiten von Pheromonen sind vielfältig. Bei der Verwirrungstechnik werden weibliche, artspezifische Pheromone in großer Menge freigesetzt, die dann zu einer Adaption der Antennal-Rezeptoren führt. Diese neurophysiologischen Effekte verhindern eine Reaktion der Männchen auf den von lockenden Weibchen abgegebenen natürlichen Pheromon-Stimulus (WEATHERSTON 1990). Bei einer anderen Methode werden männliche Schaderreger in bestimmte Fallensysteme gelockt, in denen sie sich durch elektrostatische Aufladung mit Wachspartikeln bedecken, die mit weiblichen Sexualpheromonen beladen sind. Die so beladenen Männchen verlassen die Fallen unbeschädigt, sind jedoch nicht mehr in der Lage Weibchen zu finden und fungieren als eine Art Pheromondispenser, indem sie selbst weitere Männchen anlocken (ANONYMUS 2005). Weiterhin lassen sich Pheromone mit synthetischen Insektiziden kombinieren, um Schaderreger gezielter abtöten zu können („*attract & kill*“-Methode). Bei dieser Methode werden die Insektizide mit artspezifischen Pheromonen gemischt und in den zu schützenden Kulturen ausgebracht. Die männlichen Schädlinge werden angelockt und sterben, nachdem sie in Kontakt mit dem Insektizid gekommen sind (EBBINGHAUS *et al.* 2001).

Mithilfe von bestimmten Fallensystemen, bei denen die spezifischen Sexualpheromone über so genannte Dispenser freigesetzt werden, können die Männchen verschiedener Arten von Schadlepidopteren gefangen und deren Populationen überwacht werden. Pheromonfallen lassen sich einsetzen, um (1) eine Schaderregerart nachzuweisen, (2) deren Populationsdichte durch Massenfänge zu reduzieren und (3) deren Anzahl zu bestimmen und dadurch eine Einschätzung eines Befalls zu ermöglichen.

Notwendige Bekämpfungsmaßnahmen können dann termingerecht durchgeführt werden (HOWSE *et al.* 1998). Zur Bestimmung einer Hauptschädlingsart kann eine sensitive Fangmethode angewendet werden, die lediglich den qualitativen Nachweis erbringt, ob die Art vorhanden ist oder nicht (HOWSE *et al.* 1998). Im Gegensatz dazu wird die Massenfang-Methode zur direkten Reduktion eines Schädlingsbefalls eingesetzt z. B. bei der Bekämpfung von *Argyrotaenia velutiana* (WALKER) (Lepidoptera: Tortricidae) in Apfelplantagen (TRAMMEL *et al.* 1974) und *Spodoptera littoralis* (BOISDUVAL) (Lepidoptera: Noctuidae) in Baumwollkulturen. Auch bei der Bekämpfung von Fruchtfliegen (Diptera: Drosophilidae) und Borkenkäfern (Coleoptera: Scolytidae) werden Pheromonfallen eingesetzt (HOWSE *et al.* 1998). Bei der Durchführung termingerechter Bekämpfungen auf Basis von quantitativen Fangdaten können diese mit meteorologischen- und direkten Schädlingsboniturdaten verknüpft werden, um eine Aussage über den optimalen Einsatzpunkt der Insektizide zu bekommen (HOYT *et al.* 1983). Voraussetzung einer genauen Vorhersage ist, dass die Anzahl adulter Schmetterlinge in den Pheromonfallen positiv mit dem tatsächlichen Schädlingsbefall korreliert, was durch Umweltfaktoren und die unterschiedliche Attraktivität der Pheromonfallen nicht immer der Fall sein muss (KNODEL & AGNELLO 1990). Bei Überschreiten einer definierten „Schadensschwelle“ kann eine entsprechende Pflanzenschutzmaßnahme, wie z. B. der Einsatz von biologischen Pflanzenschutzmitteln oder konventionellen Insektiziden durchgeführt werden.

Die Anzahl an Pflanzenschutzanwendungen lässt sich durch die Prognose eines Schädlingsbefalls mit Pheromonfallen reduzieren, da der Einsatz nicht mehr prophylaktisch sondern auf genauen Schätzungen der Befallssituation beruht. Beispiele für einen erfolgreichen Einsatz dieser Methode liefern z. B. REDDY & GUERRERO (2000, 2001). Sie konnten, auf Basis von Pheromonfallen-Fangdaten, eine erfolgreiche Bekämpfung der Kohlschabe, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in Kohlkulturen durchführen.

In der vorliegenden Untersuchung sollte versucht werden, für die Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae), einem Hauptschädling auf den Spinatanbauflächen der Firma Unilever Deutschland GmbH, mittels

Pheromonfallen-Fangdaten und direkten Raupen-Boniturdaten eine Methode zur Befallsprognose zu entwickeln. Diese Befallsprognose bildet die Basis für termingerechte Pflanzenschutzmittel-Applikationen, um den prophylaktischen Einsatz von Insektiziden (sog. Kalenderspritzungen) zu vermeiden.

Die Gammaeule ist ein polyphager Schädling, dessen Raupen nicht nur an Spinat sondern auch auf einer Vielzahl von weiteren, ackerbaulich genutzten Pflanzen, wie z. B. Zuckerrüben, Mais, Kartoffeln, Sonnenblumen u.ä. zu finden sind (BRAUN 1963, FANKHÄNEL 1963, DOCHKOVA 1972, RASHID *et al.* 1972, NOVÁK 1975, LEGRAND & WAUTERS 1997, STEINER 1997, VENETTE *et al.* 2003, INRA 2004). Aus der Literatur sind Massenvorkommen dieses Schädlings aus Lein- (FANKHÄNEL 1963), Sonnenblumen- (BRAUN 1963) und Zuckerrübenfeldern (LEGRAND & WAUTERS 1997) bekannt. Die Weibchen der Falterart nutzen zur Eiablage offene, besonnte, bis mäßig beschattete Flächen auf mageren bis nährstoffreichem Untergrund, wie Äcker und Beete im Agrarland und in Haus- und Schrebergärten, Bahndämmen, Wegrändern und Böschungen, lückigen Rasenflächen und gemähten Wiesen (STEINER 1997).

Während eines dreijährigen Monitorings auf den Spinatanbauflächen der Firma Unilever Deutschland GmbH wurden die Raupen der Gammaeule als Hauptschädlinge im Spinat nachgewiesen (Kapitel 2). Die Populationen scheinen nicht nur durch überwinternde Raupen gegründet zu werden, da die meisten Raupen vor der Überwinterung durch eine Reihe von Parasitoiden parasitiert oder von Krankheitserregern befallen und abgetötet wird (BRAUN 1963, FANKHÄNEL 1963, SIDOR & MACELJSKI 1974, STEINER 1997). Wahrscheinlicher ist, dass ein Großteil der Gammaeulen im Verlauf eines Jahres von Süddeutschland her in das Untersuchungsgebiet einfliegt. Migrationen der Gammaeule von Süd- nach Nordeuropa sind bereits von verschiedenen Autoren beschrieben worden (FISHER 1938, VOJNITS 1969, HILL & GATEHOUSE 1991, HILL & GATEHOUSE 1992, STEINER 1997).

Bereits 1979 versuchten GHIZDAVU *et al.* den Sexuallockstoff der Gammaeulen-Weibchen zu identifizieren. Sie konnten zeigen, dass (Z)-7-Dodecenyl-acetat (Z7-12:Ac) als Sexualpheromon nicht nur Tortriciden, Gelechiiden und Pyraliden anlockt sondern auch Noctuiden der Unterfamilie Plusiinae inklusive der Gattung *Autographa*. Nach DUNKELBLUM &

GOTHILF (1983) hatte ein Zusatz von 10 % (Z)-7-Dodecenol zu einer Dispenserbeladung mit 0,1 mg (Z)-7-Dodecenyl-acetat eine tendenzielle Steigerung der Gammaeulenfänge zur Folge. In weiteren Untersuchungen wurde ein Gemisch aus (Z)-7-Dodecenyl-acetat (Z7-12:Ac) und (Z)-7-Dodecenol (Z7-12:OH) im Mischungsverhältnis 100:1 und 95:5 zur Anlockung und zum Monitoring von männlichen Gammaeulen benutzt (TÓTH *et al.* 1983, MAZOR & DUNKELBLUM 1992). Im Freiland wurde das Pheromongemisch auf verschiedene Dispensertypen mit Beladungsraten von 0,1 mg (DUNKELBLUM & GOTHILF 1983) und 1 mg (GHIZDAVU *et al.* 1979, CAPS 1996) aufgetragen.

Nach HÜLBERT (1990) eignen sich artspezifische Pheromonfallen zur genauen Erfassung von Flugbeginn und Flugverlauf von Noctuidenarten, wie der Wintersaateule (*Agrotis segetum* SCHIFF. *et* DEN.) und der Gammaeule. Spezifische Pheromone und Fallensysteme für das Monitoring von Gammaeulen werden bereits von verschiedenen Firmen, wie z. B. Biobest N.V. (Westerlo, Belgien), Pherobank (Wageningen, Niederlande) und Trifolio-M GmbH (Lahnau, Deutschland) angeboten. In der vorliegenden Untersuchung wurden Tripheron<sup>®</sup>-Pheromonfallen (Tripheron<sup>®</sup>-Deltatrap und Tripheron<sup>®</sup>-Variotrap) der Firma Trifolio-M GmbH für den Einsatz in Spinatkulturen getestet.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte geklärt werden, ob sich das von der Firma Trifolio-M vertriebene Pheromon und die von dieser Firma angebotenen Fallentypen für den Fang von Gammaeulen in der Untersuchungsregion eignen. Weiterhin sollte die Fängigkeit zweier Pheromonkonzentrationen unter Praxisbedingungen im Freiland-Spinatanbau getestet werden. Darüber hinaus wurde die Eignung zweier Fallensysteme miteinander verglichen. Abschließend wurden mögliche Unterschiede im zeitlich- und räumlichen Vorkommen der Gammaeulen im Anbaugebiet analysiert und die erhobenen Fangdaten der männlichen Gammaeulen in Beziehung zu Raupen-Boniturdaten gesetzt. Es sollte ein einfaches Vorhersage-Modell für den Raupenbefall auf den Spinatflächen entwickelt werden.

## 5.2. MATERIAL UND METHODEN

### **5.2.1 Auswahl geeigneter Fallensysteme, Pheromonbeladungsraten und Dispenserstandzeiten**

Im Jahr 2001 wurde die Eignung handelsüblicher Pheromone und Fallensysteme zum Fang der Gammaeulen in Spinatkulturen getestet. Es wurde untersucht, welche Systeme und welche Beladungsraten der Pheromondispenser am attraktivsten für die Gammaeulen-Männchen sind. Für die Gewährleistung einer gleich bleibenden Fängigkeit der Fallen wurde ein optimaler Wechselzeitpunkt der Pheromondispenser ermittelt.

Zum Einsatz kamen zwei Tripheron<sup>®</sup>-Pheromonfallensysteme der Firma Trifolio. Bei dem einen Fallensystem handelte sich um eine Deltafalle mit Leimeinlage (Tripheron<sup>®</sup>-Deltatrap). Das andere Fallensystem bestand aus einer Topffalle (Tripheron<sup>®</sup>-Variotrap), die mit wasserverdünntem Ethylenglykol als Fangflüssigkeit (99,3 %, Firma Roth, Verdünnung 2:1) gefüllt war. Die Fallen wurden mit einem Kunststoff-Dispenser (Firma TrifolioM-GmbH) beködert, der den artspezifischen Sexuallockstoff für die männlichen Gammaeulen enthielt (*Autographa gamma*-Pheromon-Mix, (Z)7-Dodecenylacetat (Z7-12:Ac) und (Z)7-Dodecenol (Z7-12:OH) im Verhältnis 95:5, Firma Trifolio-M GmbH). Die Dispenser wurden mit einer niedrigen (0,1 mg Pheromon pro Dispenser) und einer hohen (1 mg Pheromon pro Dispenser) Pheromon-Beladungsrate getestet.

Die Versuche wurden während der zweiten Aussaatperiode (16.06. - 29.07.2001), d. h. zum Zeitpunkt der höchsten Flugaktivität der Gammaeulen, in der Anbauperiode des Jahres 2001 durchgeführt (Tab. 5.1). Für das Aufstellen der Fallen standen fünf Spinatanbauflächen zur Verfügung (Tab. 5.1 - 5.2).

Drei der Spinatfelder lagen in der Region 3 (Reken) und zwei in der Region 2 (Borken) (Kapitel 2 und 6). Das Aufstellen der Fallen erfolgte sofort nach der Aussaat. Am Tag der Ernte, nach durchschnittlich 36 Tagen, wurden die Fallen von der Fläche entfernt.

Die Anzahl der Fallen pro Fläche entsprach mit etwa einer Falle pro Hektar der Herstellerempfehlung (Trifolio-M GmbH). Die Fallen wurden mit einem Abstand von 50 m zum Feldrand und einem Abstand von 100 m zueinander

aufgestellt. Der Abstand der Fallen zum Boden und später zu den Pflanzen betrug ca. 50 cm. Bei den Deltafallen wurden die Falter bei jedem Kontrolltermin von den Leimeinlagen entfernt. Bei einer Verschmutzung der Leimfläche wurde die gesamte Leimeinlage gewechselt. Die Kontrolle der Fallen erfolgte dreimal pro Woche. Auch aus den Topffallen wurden die gefangenen Falter entfernt. Die Anzahl gefangener Gammaeulen-Männchen pro Falle wurde protokolliert.

**Tab. 5.1** Liste der Anbauflächen auf denen Pheromonfallen aufgestellt waren. Auf den Versuchsflächen wurden die verschiedenen Fallentypen und Dispenservarianten getestet. Angegeben sind Flächencodes, Flächengröße, Aussaat- und Erntezeitpunkt.

Flächencode	Größe [ha]	Aussaat	Ernte
73C	6	11.07.2001	19.08.2001
74B	10	17.07.2001	25.08.2001
16A	8	20.07.2001	27.08.2001
11A	6	02.08.2001	18.09.2001
12H	10	08.08.2001	18.09.2001

**Tab. 5.2** Auflistung der auf den Versuchsflächen durchgeführten Versuche mit den zwei Pheromonfallentypen und unterschiedlichen Pheromonbeladungen und Standzeiten der Dispenser. Pro Hektar wurde etwa eine Delta- bzw. Topffalle aufgestellt. Angegeben ist die Kulturzeit der Spinatfläche während der die Fallen auf dem Feld standen (Zeitraum), die Anzahl der wöchentlichen Fallenkontrollen (Kontrolltage), die Fallenzahl pro Variante, der Fallentyp, die Pheromonbeladung der Dispenser und Informationen zum Dispenserwechsel.

Flächencode	Zeitraum	Kontrolltage	Variante	Fallenanzahl	Fallentyp	Pheromonbeladung	Dispenserwechsel
73C	12.07.01-17.08.01	16	1	3	Topffalle	niedrig	mit
		16	2	3	Deltafalle	niedrig	mit
74B	18.07.01-24.08.01	16	1	5	Topffalle	hoch	mit
		16	2	5	Topffalle	niedrig	mit
16A	19.07.01-27.08.01	17	1	4	Topffalle	hoch	mit
		17	2	4	Topffalle	niedrig	mit
11A	02.08.01-14.09.01	13	1	3	Deltafalle	niedrig	mit
		13	2	3	Deltafalle	niedrig	ohne
12H	09.08.01-14.09.01	12	1	5	Deltafalle	hoch	mit
		12	2	5	Deltafalle	hoch	ohne

### 5.2.1.1 Versuche zur Eignung verschiedener Fallensysteme

Auf der 6 ha großen Fläche 73C wurde die Fängigkeit von Deltafallen mit Leimeinlage (Tripheron<sup>®</sup>-Deltatrap) und Topffallen (Tripheron<sup>®</sup>-Variotrap) miteinander verglichen. Hierzu wurden in der Zeit vom 12.07.2001 bis 17.08.2001 jeweils 3 Topffallen und 3 Deltafallen aufgestellt. Alle Dispenser, mit denen die Fallen beködert waren, enthielten eine niedrige Pheromon-Beladungsrate (0,1 mg Pheromon pro Dispenser). Ein Wechsel der Dispenser erfolgte für alle Fallen am 30.07.2001 (Tab. 5.2).

### 5.2.1.2 Versuche zur Eignung verschiedener Pheromonbeladungsraten

Auf den 8 und 10 ha großen Spinatanbauflächen 16A und 74B wurde die Fängigkeit von Topffallen (Tripheron<sup>®</sup>-Variotrap) mit niedriger (0,1 mg Pheromon pro Dispenser) und hoher (1 mg Pheromon pro Dispenser) Pheromon-Beladungsrate der Dispenser miteinander verglichen. Als Fangflüssigkeit wurde Ethylenglykol verwendet. Auf der Fläche 16A wurden jeweils 4 Fallen pro Variante direkt nach der Aussaat am 19.07.2001 aufgestellt und standen bis zum Erntetermin am 27.08.2001 auf dem Feld (Tab. 5.2). Auf der Fläche 74B wurden jeweils 5 Fallen pro Variante nach der Aussaat auf der Fläche aufgestellt und standen dort bis zur Ernte am 18.07.2001.

Um die Lockwirkung der Pheromondispenser aller Fallen zu gewährleisten, wurden aufgrund der hohen Lufttemperaturen am 03.08.2001 alle Dispenser in den Fallen erneuert (Tab. 5.2).

### 5.2.1.3 Versuche zur Wahl einer geeigneten Dispenserstandzeit

Auf der 10 ha großen Fläche 12H wurde die Fängigkeit von Deltafallen (Tripheron<sup>®</sup>-Deltatrap) mit hoher Pheromon-Beladungsrate (1 mg Pheromon pro Dispenser) bei langer und bei kurzer Standzeit der Dispenser im Feld untersucht. Hierzu wurden zehn Deltafallen in der Zeit vom 09.08.2001 bis zum 14.09.2001 aufgestellt, von denen fünf Fallen die gesamte Kulturzeit (von Aussaat bis Ernte) ohne Dispenserwechsel auf der Fläche standen. Bei den

anderen fünf Fallen wurden alle 14 Tage die Dispenser gewechselt (22.08.2001 und 05.09.2001) (Tab. 5.2).

Auf der 6 ha großen Fläche 11A wurden insgesamt 6 Deltafallen aufgestellt. Auf dieser Fläche kamen Fallen mit Dispensern einer niedrigen Pheromon-Beladungsrate zum Einsatz. Die Fallen wurden am 06.08.2001 aufgestellt und standen bis zum 14.09.2001. Bei drei der Fallen wurden die Dispenser am 29.08.2001 erneuert. Die Dispenser der verbliebenen drei Fallen wurden nicht gewechselt (Tab. 5.2).

### 5.2.1.4 Statistische Datenanalyse

Die Fänge der Fallen jeweils einer Versuchsvariante pro Feld wurden pro Kontrolltag aufsummiert und die beiden Varianten mittels t-Test mit gepaarter Stichprobe verglichen (SACHS 2002). Zur statistischen Auswertung wurde das Programm-Paket SPSS verwendet (Version 12.0.1).

### **5.2.2 *Beifang in den Topffallen***

Während der Standzeit der Topffallen auf den drei Spinatanbauflächen (74B, 16A, 73C; Tab. 5.1 - 5.2), wurde im Jahr 2001 der Beifang aus den Fallen quantifiziert. Die gefangenen Insekten wurden in Alkohol (Ethanol, 70 %) überführt. Anschließend wurden alle Individuen im Labor bestimmt und ausgezählt. Die Ergebnisse wurden quantitativ ausgewertet.

### **5.2.3 *Erfassung der Flugaktivität von Gammaeulen im Anbauggebiet und Wahl der geeigneten Fallenzahl***

Zur Untersuchung des zeitlichen und räumlichen Vorkommens der Gammaeulen, wurden in drei Untersuchungsjahren (2002 bis 2004) Spinatfelder im gesamten Spinatanbauggebiet ausgewählt (Tab. 5.3 - 5.5), auf denen Pheromonfallen aufgestellt wurden. Im Untersuchungsjahr 2002 wurde auf insgesamt 50 Anbauflächen jeweils eine Pheromonfalle pro Fläche aufgestellt (Tab. 5.3). Um den Einfluss mehrerer Fallen pro Fläche auf das Fangergebnis und somit die Vorhersagegenauigkeit für einen Befall zu charakterisieren, wurden in den Folgejahren (2003 und 2004) jeweils drei

Fallen auf insgesamt 15 Flächen aufgestellt (Tab. 5.4 – 5.5).

In allen drei Untersuchungsjahren wurden Spinatfelder aus drei unterschiedlichen geografischen Regionen ausgewählt. Die Region 1 (Bocholt) umfasst das Gebiet zwischen der Stadt Bocholt und der holländischen Grenze. Die Region 2 (Borken) umfasst das Gebiet um die Städte Borken und Heiden. Die Region 3 (Reken) umfasst das Gebiet um die Städte Reken, Wulfen und MariaVeen (Kapitel 6).

Um den Produktionsablauf (Aussaat, Düngung, Herbizid- und eventuelle Insektizideinsätze, Ernte) auf den Spinatanbauflächen nicht zu stören, erfolgte die Aufstellung der Fallen am Feldrand. Die Pheromonfallen wurden gegen Ende April (Woche 19) aufgestellt und Anfang September (Woche 37) von den Spinatflächen entfernt. Bei dieser Untersuchung kamen nur Topffallen (Tripheron<sup>®</sup>-Variotrap) mit geringer Pheromonbeladung (0,1 mg *Autographa gamma*-Pheromon-Mix pro Dispenser) zum Einsatz. Die Erneuerung der Pheromondispenser erfolgte in allen Fällen nach jeweils 6 Wochen. Als Fangflüssigkeit wurde mit Wasser verdünntes Ethylenglykol (99,3 %, Firma Roth, Verdünnung 2:1) verwendet. Die Fallen wurden wöchentlich kontrolliert. Die gefangenen Gammaeulen wurden protokolliert und aus den Fallen entfernt.

### 5.2.3.1 Statistische Datenanalyse

Die Unterschiede in der Zahl gefangener, männlicher Gammaeulen zwischen den Jahren und Regionen sowie den Regionen innerhalb eines Jahres wurden mit einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwertwiederholung ermittelt (SACHS 2002). Für diese Analyse wurden die Daten zuerst mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test (SACHS 2002) auf Normalverteilung getestet. Falls keine Normalverteilung vorlag, wurde eine logarithmische Transformation [ $\log_{10}(x+1)$ ] vorgenommen. Mit einem Levene-Test (BÜHL & ZOEFEL 2001) wurde die Varianzhomogenität der Daten untersucht.

Für die Jahre 2003 und 2004 wurden mögliche Unterschiede in der Fängigkeit der drei Fallen pro Feld untersucht. Um zu charakterisieren, ob sich die Fängigkeit der Fallen innerhalb eines Feldes voneinander unterschied, wurde

zunächst ein Friedman-Test (SACHS 2002) für verbundene Stichproben für den Gesamtvergleich der drei Fallen pro Feld verwendet. Wenn signifikante Unterschiede nachzuweisen waren, wurden die Fallen mit einem Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test (SACHS 2002) paarweise miteinander verglichen. Für die statistische Auswertung wurde das Programm SPSS (Version 12.0.1) verwendet.

## Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose

Tab. 5.3 Liste der Felder, auf denen im Jahr 2002 eine Pheromonfalle aufgestellt war. Auf jedem der Felder wurde zweimal Spinat ausgesät. Es werden die Termine der Aussaaten, der Fallenaufstellung und des -abbaus sowie der jeweiligen Raupenbonitur angegeben. Die Raupenbonituren wurden auf jeder der untersuchten Flächen kurz vor dem geplanten Erntetermin durchgeführt. Auf einigen der Felder erfolgten frühzeitige Insektizid-Behandlungen (frühe PSM). Auf diesen Feldern wurde auf eine Raupenbonitur verzichtet.

Jahr	Fläche	Größe [ha]	Region (Karte)	Fallenanzahl	Fallenaufstellung	1. Aussaat	1. Ernte	1. Bonitur	2. Aussaat	2. Ernte	2. Bonitur	Fallenabbau
2002	100F	9,0	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	23.03.2002	18.05.2002	09.05.2002	11.06.2002	16.07.2002	04.07.2002	10.09.2002
2002	101I	7,5	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	25.03.2002	19.05.2002	15.05.2002	13.06.2002	18.07.2002	08.07.2002	10.09.2002
2002	103P	4,3	2 (Borken)	1	30.04.2002	21.05.2002	28.06.2002	20.06.2002	11.07.2002	19.08.2002	09.08.2002	10.09.2002
2002	107B	9,5	2 (Rhede)	1	30.04.2002	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	05.07.2002	12.08.2002	01.08.2002	10.09.2002
2002	11B	6,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	22.04.2002	06.06.2002	23.05.2002	27.06.2002	02.08.2002	23.07.2002	10.09.2002
2002	112D	10,3	2 (Borken)	1	30.04.2002	23.03.2002	20.05.2002	15.05.2002	13.06.2002	18.07.2002	08.07.2002	10.09.2002
2002	12B	6,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	24.04.2002	08.06.2002	03.06.2002	28.06.2002	03.08.2002	24.07.2002	10.09.2002
2002	12M	3,8	2 (Borken)	1	30.04.2002	25.04.2002	08.06.2002	29.05.2002	29.06.2002	04.08.2002	25.07.2002	10.09.2002
2002	120I	4,5	3 (Reken)	1	30.04.2002	28.04.2002	10.06.2002	03.06.2002	30.06.2002	06.08.2002	29.07.2002	10.09.2002
2002	121A	6,5	3 (Reken)	1	30.04.2002	05.05.2002	15.06.2002	05.06.2002	03.07.2002	10.08.2002	31.07.2002	10.09.2002
2002	128E	13,5	1 (Brünen)	1	30.04.2002	19.05.2002	25.06.2002	10.06.2002	10.07.2002	17.08.2002	09.08.2002	10.09.2002
2002	129B	8,8	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	04.06.2002	06.07.2002	01.07.2002	19.07.2002	29.08.2002	19.08.2002	10.09.2002
2002	130C	4,0	1 (Brünen)	1	30.04.2002	24.05.2002	27.06.2002	22.06.2002	12.07.2002	20.08.2002	12.08.2002	10.09.2002
2002	133F	6,0	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	19.04.2002	04.06.2002	25.05.2002	26.06.2002	31.07.2002	22.07.2002	10.09.2002
2002	133J	4,0	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	17.04.2002	03.06.2002	27.05.2002	25.06.2002	30.07.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	136C	5,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	28.05.2002	30.06.2002	25.06.2002	15.07.2002	23.08.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	137B	4,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	27.04.2002	09.06.2002	05.06.2002	30.06.2002	05.08.2002	26.07.2002	10.09.2002
2002	137I	2,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	27.04.2002	09.06.2002	22.05.2002	30.06.2002	05.08.2002	26.07.2002	10.09.2002
2002	140A	8,5	1 (Brünen)	1	30.04.2002	28.05.2002	01.07.2002	26.06.2002	15.07.2002	23.08.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	16E	3,6	3 (Reken)	1	30.04.2002	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	05.07.2002	12.08.2002	02.08.2002	10.09.2002
2002	16N	3,3	3 (Reken)	1	30.04.2002	09.05.2002	18.06.2002	12.06.2002	05.07.2002	12.08.2002	05.08.2002	10.09.2002
2002	17H	4,0	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	13.04.2002	31.05.2002	23.05.2002	22.06.2002	28.07.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	18F	2,8	3 (Reken)	1	30.04.2002	30.04.2002	11.06.2002	03.06.2002	01.07.2002	07.08.2002	29.07.2002	10.09.2002
2002	21F	5,3	3 (Reken)	1	30.04.2002	25.04.2002	08.06.2002	27.05.2002	29.06.2002	04.08.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	23E	7,5	3 (Reken)	1	30.04.2002	01.05.2002	12.06.2002	05.06.2002	02.07.2002	08.08.2002	30.07.2002	10.09.2002
2002	31P	6,0	2 (Rhede)	1	30.04.2002	19.04.2002	04.06.2002	27.05.2002	26.06.2002	31.07.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	33C	7,0	2 (Rhede)	1	30.04.2002	21.04.2002	05.06.2002	03.06.2002	26.06.2002	01.08.2002	22.07.2002	10.09.2002
2002	37C	3,5	2 (Borken)	1	30.04.2002	29.05.2002	04.07.2002	27.06.2002	16.07.2002	24.08.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	38J	2,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	29.05.2002	04.07.2002	27.06.2002	16.07.2002	24.08.2002	14.08.2002	10.09.2002
2002	41G	7,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	26.05.2002	30.06.2002	22.06.2002	14.07.2002	22.08.2002	12.08.2002	10.09.2002
2002	45L	5,5	2 (Borken)	1	30.04.2002	30.05.2002	05.07.2002	keine	16.07.2002	25.08.2002	15.08.2002	10.09.2002
2002	46I	2,3	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	30.05.2002	02.07.2002	26.06.2002	16.07.2002	25.08.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	47Q	5,0	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	01.06.2002	03.07.2002	27.06.2002	17.07.2002	27.08.2002	19.08.2002	10.09.2002
2002	56A	5,5	2 (Borken)	1	30.04.2002	22.04.2002	02.06.2002	03.06.2002	23.06.2002	29.07.2002	19.07.2002	10.09.2002

## Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose

Tab. 5.3 Fortsetzung.

Jahr	Fläche	Größe [ha]	Region (Karte)	Fallenzahl	Fallenaufstellung	1. Aussaat	1. Ernte	1. Bonitur	2. Aussaat	2. Ernte	2. Bonitur	Fallenabbau
2002	59H	9,0	2 (Rhede)	1	30.04.2002	15.05.2002	22.06.2002	10.06.2002	08.07.2002	15.08.2002	09.08.2002	10.09.2002
2002	64C	5,2	1 (Bochohl)	1	30.04.2002	22.03.2002	17.05.2002	08.05.2002	11.06.2002	16.07.2002	06.07.2002	10.09.2002
2002	65C	8,0	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	19.03.2002	16.05.2002	08.05.2002	09.06.2002	15.07.2002	05.07.2002	10.09.2002
2002	71H	5,5	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	11.04.2002	30.05.2002	22.05.2002	20.06.2002	26.07.2002	16.07.2002	10.09.2002
2002	71J	5,0	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	11.04.2002	30.05.2002	22.05.2002	20.06.2002	26.07.2002	frühe PSM	10.09.2002
2002	72N	6,0	3 (Wulfen)	1	30.04.2002	05.04.2002	27.05.2002	17.05.2002	17.06.2002	23.07.2002	15.07.2002	10.09.2002
2002	73A	2,0	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	23.03.2002	23.05.2002	16.05.2002	14.06.2002	21.07.2002	11.07.2002	10.09.2002
2002	74A	11,0	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	15.04.2002	02.06.2002	23.05.2002	23.06.2002	29.07.2002	19.07.2002	10.09.2002
2002	75A	4,0	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	05.04.2002	23.05.2002	16.05.2002	13.06.2002	20.07.2002	27.06.2002	10.09.2002
2002	76E	6,0	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	06.06.2002	12.07.2002	05.07.2002	21.07.2002	31.08.2002	21.08.2002	10.09.2002
2002	76F	8,6	1 (Hamminkeln)	1	30.04.2002	07.06.2002	11.07.2002	05.07.2002	21.07.2002	31.08.2002	21.08.2002	10.09.2002
2002	78E	5,5	3 (Raesfeld)	1	30.04.2002	03.04.2002	26.05.2002	16.05.2002	17.06.2002	23.07.2002	15.07.2002	10.09.2002
2002	84A	4,5	1 (Bochohl)	1	30.04.2002	25.03.2002	18.05.2002	15.05.2002	12.06.2002	17.07.2002	08.07.2002	10.09.2002
2002	92B	4,5	2 (Borken)	1	30.04.2002	03.06.2002	05.07.2002	28.06.2002	18.07.2002	28.08.2002	19.08.2002	10.09.2002
2002	94E	9,0	2 (Borken)	1	30.04.2002	23.05.2002	23.06.2002	20.06.2002	11.07.2002	19.08.2002	09.08.2002	10.09.2002
2002	95C	7,6	2 (Borken)	1	30.04.2002	24.05.2002	30.06.2002	22.06.2002	12.07.2002	20.08.2002	12.08.2002	10.09.2002

Tab. 5.4 Liste der Felder, auf denen im Jahr 2003 drei Pheromonfallen aufgestellt waren. Auf jedem der Felder wurde zweimal Spinat ausgesät. Es werden die Termine der Aussaaten, der Fallenaufstellung und des Abbaus sowie der jeweiligen Raupenbonituren angegeben. Die Raupenbonituren wurden auf jeder der untersuchten Flächen kurz vor dem geplanten Erntetermin durchgeführt.

Jahr	Fläche	Größe [ha]	Region (Karte)	Fallenzahl	Fallenaufstellung	1. Aussaat	1. Ernte	1. Bonitur	2. Aussaat	2. Ernte	2. Bonitur	Fallenabbau
2003	102E	2,1	2 (Borken)	3	30.04.2002	27.05.2003	02.07.2003	23.06.2003	21.07.2003	31.08.2003	21.08.2003	10.09.2003
2003	103J	7,2	2 (Borken)	3	30.04.2002	29.05.2003	04.07.2003	24.06.2003	23.07.2003	02.09.2003	23.08.2003	10.09.2003
2003	11C	4,0	2 (Borken)	3	30.04.2002	22.05.2003	28.06.2003	18.06.2003	17.07.2003	26.08.2003	16.08.2003	10.09.2003
2003	120A	8,7	3 (Reken)	3	30.04.2002	23.05.2003	29.06.2003	19.06.2003	18.07.2003	28.08.2003	18.08.2003	10.09.2003
2003	129D	4,5	1 (Hamminkeln)	3	30.04.2002	21.03.2003	17.05.2003	07.05.2003	19.06.2003	25.07.2003	15.07.2003	10.09.2003
2003	133N	3,3	3 (Raesfeld)	3	30.04.2002	06.06.2003	12.07.2003	02.07.2003	27.07.2003	08.09.2003	29.08.2003	10.09.2003
2003	137A	2,2	2 (Borken)	3	30.04.2002	23.05.2003	29.06.2003	19.06.2003	17.07.2003	26.08.2003	16.08.2003	10.09.2003
2003	16M	3,2	3 (Reken)	3	30.04.2002	13.06.2003	20.07.2003	10.07.2003	02.08.2003	17.09.2003	07.09.2003	10.09.2003
2003	31E	7,0	2 (Rhede)	3	30.04.2002	20.05.2003	27.06.2003	17.06.2003	17.07.2003	26.08.2003	16.08.2003	10.09.2003
2003	46S	5,2	1 (Hamminkeln)	3	30.04.2002	14.03.2003	15.05.2003	05.05.2003	18.06.2003	24.07.2003	14.07.2003	10.09.2003
2003	48J	4,8	1 (Hamminkeln)	3	30.04.2002	23.03.2003	18.05.2003	08.05.2003	20.06.2003	26.07.2003	16.07.2003	10.09.2003
2003	59B	7,6	2 (Rhede)	3	30.04.2002	23.04.2003	05.06.2003	26.05.2003	02.07.2003	08.08.2003	29.07.2003	10.09.2003
2003	71B	3,7	3 (Wulfen)	3	30.04.2002	13.06.2003	18.07.2003	08.07.2003	31.07.2003	15.09.2003	05.09.2003	10.09.2003
2003	73A	2,0	3 (Raesfeld)	3	30.04.2002	08.06.2003	14.07.2003	04.07.2003	28.07.2003	10.09.2003	31.08.2003	10.09.2003
2003	76H	9,2	1 (Hamminkeln)	3	30.04.2002	04.04.2003	22.05.2003	12.05.2003	25.06.2003	30.07.2003	20.07.2003	10.09.2003

## Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose

**Tab. 5.5** Liste der Felder, auf denen im Jahr 2004 drei Pheromonfallen aufgestellt waren. Auf jedem der Felder wurde zweimal Spinat ausgesät. Es werden die Termine der Aussaaten, der Fallenaufstellung und des Abbaus sowie der jeweiligen Raupenbonituren angegeben. Die Raupenbonituren wurden auf jeder der untersuchten Flächen kurz vor dem geplanten Erntetermin durchgeführt.

Jahr	Fläche	Größe [ha]	Region (Karte)	Fallenzahl	Fallenaufstellung	1. Aussaat	1. Ernte	1. Bonitur	2. Aussaat	2. Ernte	2. Bonitur	Fallenabbau
2004	102N	3,0	2 (Borken)	3	26.04.2004	27.03.2004	20.05.2004	10.05.2004	17.06.2004	23.07.2004	12.07.2004	06.09.2004
2004	103Y	4,2	2 (Borken)	3	26.04.2004	08.04.2004	25.05.2004	10.05.2004	20.06.2004	26.07.2004	12.07.2004	06.09.2004
2004	11E	4,0	2 (Borken)	3	26.04.2004	18.04.2004	01.06.2004	24.05.2004	25.06.2004	30.07.2004	19.07.2004	06.09.2004
2004	120D	10,1	3 (Reken)	3	26.04.2004	20.03.2004	16.05.2004	03.05.2004	14.06.2004	21.07.2004	12.07.2004	06.09.2004
2004	129G	4,0	1 (Hamminkeln)	3	26.04.2004	09.05.2004	18.06.2004	07.06.2004	03.07.2004	09.08.2004	27.07.2004	06.09.2004
2004	133M	3,2	3 (Wulften)	3	26.04.2004	19.04.2004	02.06.2004	24.05.2004	26.06.2004	31.07.2004	20.07.2004	06.09.2004
2004	137L	7,0	2 (Borken)	3	26.04.2004	02.04.2004	26.05.2004	17.05.2004	21.06.2004	27.07.2004	13.07.2004	06.09.2004
2004	16K	2,9	3 (Reken)	3	26.04.2004	02.04.2004	26.05.2004	17.05.2004	21.06.2004	27.07.2004	12.07.2004	06.09.2004
2004	31A	6,6	2 (Rhede)	3	26.04.2004	23.04.2004	04.06.2004	24.05.2004	07.07.2004	13.08.2004	04.08.2004	06.09.2004
2004	46N	3,1	1 (Hamminkeln)	3	26.04.2004	06.05.2004	16.06.2004	07.06.2004	02.07.2004	08.08.2004	27.07.2004	06.09.2004
2004	48M	4,2	1 (Hamminkeln)	3	26.04.2004	10.05.2004	19.06.2004	07.06.2004	03.07.2004	11.08.2004	27.07.2004	06.09.2004
2004	59C	10,0	1 (Rhede)	3	26.04.2004	30.05.2004	05.07.2004	21.06.2004	14.07.2004	22.08.2004	09.08.2004	06.09.2004
2004	71N	3,4	3 (Wulften)	3	26.04.2004	23.04.2004	07.06.2004	24.05.2004	28.06.2004	03.08.2004	20.07.2004	06.09.2004
2004	73D	6,4	3 (Raesfeld)	3	26.04.2004	07.05.2004	17.06.2004	07.06.2004	03.07.2004	09.08.2004	27.07.2004	06.09.2004
2004	76G	14,5	1 (Hamminkeln)	3	26.04.2004	14.05.2004	22.06.2004	07.06.2004	06.07.2004	13.08.2004	04.08.2004	06.09.2004

#### **5.2.4 Einsatz von Pheromonfallen zur Prognose eines Gammaeulenbefalls in Spinatkulturen**

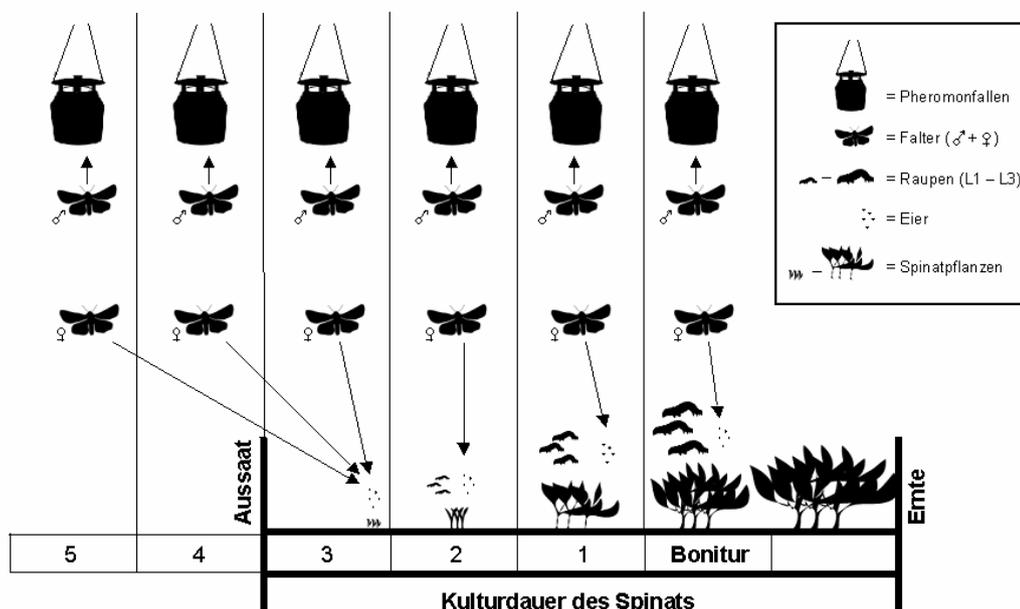
Zur Entwicklung eines Prognosemodells ist es notwendig, zeitliche und quantitative Beziehungen zwischen den in Pheromonfallen gefangenen männlichen Faltern und der Anzahl an Raupen der Gammaeule zu ermitteln. Hierzu wurden die einzelnen Wochenfangdaten der Pheromonfallen eines Feldes in Beziehung zu den auf diesem Feld nachgewiesenen Eiern, Raupen und frischen Fraßstellen gesetzt (Abb. 5.1). Wenn sich Beziehungen nachweisen ließen, könnte man anhand der Pheromonfallenfänge den Zeitpunkt und die Befallsstärke eines Raupenbefalls der Spinatfelder vorhersagen. Arbeits- und zeitaufwendige Befallsbonituren zur Planung von Pflanzenschutzmaßnahmen würden entfallen.

Die Kontrollen der Pheromonfallen erfolgten wöchentlich (Kapitel 2.3). Auf jedem der mit Pheromonfallen versehenen Spinatfelder wurde zusätzlich eine Befallsbonitur, etwa 10 Tage vor dem geplanten Erntetermin der jeweiligen Fläche durchgeführt (Tab. 5.3 - 5.5). Hierzu wurden pro Feld auf fünf 25 m voneinander entfernten Transekten 200 Spinatpflanzen im Abstand von etwa 3 m zueinander untersucht. Die Anzahl an Raupen, deren frische Fraßschäden und die Anzahl an Eiern wurde protokolliert.

##### 5.2.4.1 Statistische Datenanalyse

Unter der Annahme, dass der jahreszeitliche Flugverlauf von männlichen und weiblichen Faltern synchron verläuft, kann als frühestmöglicher Zeitpunkt für die Prognose eines Befalls der Spinatflächen mit Raupen der Gammaeule, die Woche fünf vor der Befallsbonitur genannt werden. Zu diesem Zeitpunkt können, bei einer maximalen Lebensdauer von etwa 16 Tagen (RASHID *et al.* 1971), die ersten weiblichen Falter aktiv sein, die dann für eine Eiablage auf den einzelnen Spinatflächen etwa eine Woche nach Aussaat verantwortlich sind. Diese Eier bilden dann die Grundlage für einen Raupenbefall zum Zeitpunkt der Bonitur (Abb. 5.1). Daher wurden die wöchentlichen Fangdaten der jeweiligen Spinatfläche im Zeitraum fünf Wochen vor der Bonitur bis zur Boniturwoche in Beziehung zu der Anzahl an

Larvalstadien der Gammaeule gesetzt, die in der Boniturwoche auf der Fläche nachgewiesen werden konnten (Abb. 5.1).



**Abb. 5.1** Schematisierte Darstellung des Vorhersagemodells. Mithilfe artspezifischer Pheromonfallen wurde die Flugaktivität der männlichen Gammaeulen wöchentlich bestimmt. Unter der Annahme, dass das Auftreten männlicher und weiblicher Falter synchron verläuft, wurden Beziehungen zwischen dem Flugverlauf von Gammaeulen-Männchen und dem Befall der Spinatkulturen mit Eiern und Larvalstadien der Gammaeule zum Zeitpunkt der Bonitur (etwa 10 Tage vor Ernte) ermittelt. Es wurde untersucht, ob sich über die wöchentliche Menge gefangener, männlicher Falter in den Pheromonfallen (5-1, Bonitur = Wochen vor Bonitur bis Boniturwoche) Aussagen über das Auftreten und die Anzahl an Eiern und Raupen auf den Spinatfeldern zum Zeitpunkt der Bonitur treffen lassen.

Da 2002 nur eine Pheromonfalle pro Fläche aufgestellt war, wurden die Fangdaten der einzelnen Fallen direkt für die Berechnung von Beziehungen zur Anzahl an Eiern und Larvalstadien der Gammaeule verwendet, die bei der Befallsprognose ermittelt wurden. In den Jahren 2003 und 2004 waren drei Fallen pro untersuchter Spinatfläche eingesetzt worden. Daher wurden die Berechnungen mit dem jeweils höchsten Wert aus drei Fallen pro Woche und aus einem definierten Zeitraum, der Summe an Faltern aus der drei Fallen pro Woche und dem Mittelwert der drei Fallen pro wöchentlichem Kontrollzeitpunkt sowie der Summe an Faltern innerhalb eines definierten Zeitraumes durchgeführt (Tab. 5.6). Die Analyse wurde zunächst für den gesamten Untersuchungszeitraum der jeweiligen Jahre separat durchgeführt (Woche 19 bis Woche 37). Dann wurde sie für zwei definierte Zeiträume

(Zeitraum 1: Woche 19 bis Woche 25, Zeitraum 2: Woche 26 bis Woche 32)  
erneut durchgeführt.

**Tab. 5.6** Datengrundlage für die Entwicklung eines Prognosemodells auf Basis der Pheromonfallen- und Befallsboniturdaten. Es wurden lineare Regressionen zwischen der Anzahl, der maximalen Anzahl, der Summe, den Mittelwerten und der kumulativen Anzahl an gefangenen männlichen Faltern aus den wöchentlich kontrollierten Pheromonfallen (Falter) und den bei der Befallsbonitur ermittelten Entwicklungsstadien der Gammaeule (Stadien) und deren Zusammenfassung berechnet. Die Fangdaten aus verschiedenen Zeiträumen (Abb. 1) wurden in Beziehung zu den Befallsboniturdaten gesetzt.

Falter	Jahr(e)	Stadien	Zeiträume <sup>h</sup>
Anzahl <sup>a</sup>	2002	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	5,4,3,2,1,0
Anzahl+Maxima <sup>b</sup>	2002+2003+2004, 2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	5,4,3,2,1,0
Maxima <sup>c</sup>	2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	5,4,3,2,1,0
Maxima wochenweise <sup>d</sup>	2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5
Mittelwerte <sup>e</sup>	2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	5,4,3,2,1,0
Summen <sup>f</sup>	2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	5,4,3,2,1,0
kumulativ <sup>g</sup>	2002, 2003+2004	Eier+Raupen(L1-L3)+frischer Fraß, Eier, L1, L2, L3	0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5

<sup>a</sup> Anzahl Falter aus einer Falle pro Feld und Woche.

<sup>b</sup> Anzahl gefangener Falter aus einer Falle pro Feld und Woche (2002) und Maximale Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld und Woche (2003+2004).

<sup>c</sup> Maximale Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld und Woche.

<sup>d</sup> Maximale Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld in einem definierten Zeitraum.

<sup>e</sup> Mittlere Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld und Woche.

<sup>f</sup> Summe Falter aus drei Fallen pro Feld und Woche.

<sup>g</sup> Summe Falter aus drei Fallen pro Feld in einem definierten Zeitraum.

<sup>h</sup> Fallenfänge aus den einzelnen Wochen (5, 4, 3, 2, 1, 0) und der wochenweisen Zusammenfassung (0 bis 1, 0 bis 2, 0 bis 4, 0 bis 5) vor einer Befallsbonitur der Spinatfläche (siehe Abb. 5.1).

Zur Interpretation der Analyseergebnisse wurde auf Basis von Literaturdaten die Entwicklungsdauer einzelner Larvenstadien der Gammaeule bestimmt. Dann wurde auf Basis dieser Informationen überprüft, in welchem Zeitraum vor der Bonitur die notwendigen Tagesgrade<sup>1</sup> für eine erfolgreiche Entwicklung der Eier bis zu den einzelnen Larvalstadien erreicht wurden. Zur Gewährleistung einer Normalverteilung der Daten, wurden diese vor der Analyse transformiert [ $\log_{10}(x+1)$ ,  $\log_{10}(y+1)$ ]. Es wurden einfache lineare Regressionen berechnet (BÜHL & ZÖFEL, 2000, SACHS 2002). Um Aussagen über die Güte der gefundenen Beziehungen treffen zu können, wird

<sup>1</sup> Zur Berechnung der **Tagesgrade** (degree days = dd), wird von der mittleren Tagestemperatur die Temperatur abgezogen, bei der keine Weiterentwicklung von Larvenstadien mehr stattfindet (untere Temperaturgrenze). Die so erhaltenen Werte werden tageweise aufsummiert. Die Summe kann zur Berechnung von stadienspezifischen Entwicklungsgeschwindigkeiten benutzt werden.

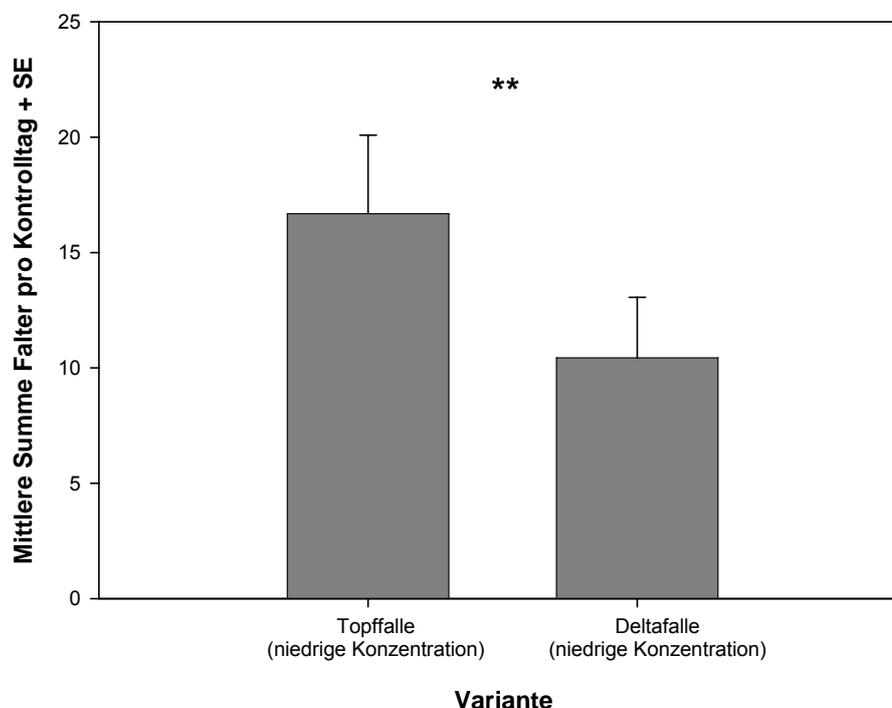
das Bestimmtheitsmaß (R-Quadrat) angegeben (BÜHL & ZÖFEL, 2000). Die Absicherung der Prüfgröße gegen Null erfolgt über die Prüfgröße F und das zugeordnete Signifikanzniveau (BÜHL & ZÖFEL, 2000). Es wurde das Programm SPSS (Version 12.0.1) verwendet.

## 5.3 ERGEBNISSE

### 5.3.1 Eignung von Fallentypen, Pheromonbeladungsraten und Dispenserstandzeiten

#### 5.3.1.1 Die Fallentypen

Auf dem Feld 73C wurde untersucht, ob sich die beiden Fallentypen (Delta- und Topffallen) in ihrer Fängigkeit unterscheiden. Alle Fallen waren mit Dispensern versehen, die eine niedrige Pheromonkonzentration enthielten. Bei diesem Vergleich zeigten sich die drei Topffallen signifikant fängiger als die drei Deltafallen (t-Test für gepaarte Stichproben:  $t = 2,179$ ,  $df = 15$ ,  $p = 0,046$ ,  $n = 6$ ). In den Topffallen wurden während der 35tägigen Versuchsdauer etwa 50 % mehr Falter gefangen, als in den Deltafallen (Abb. 5.2).

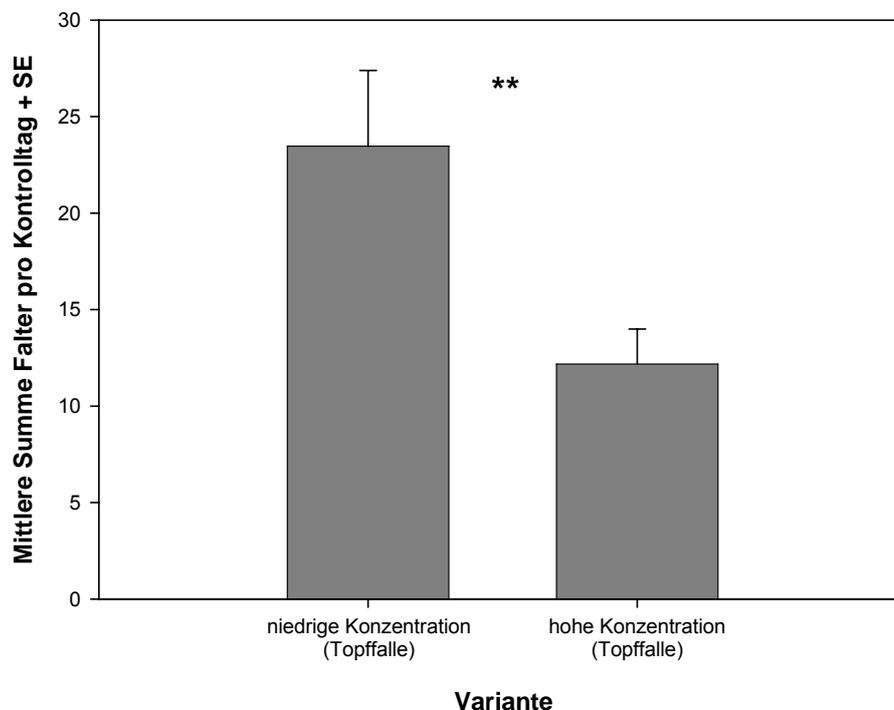


**Abb. 5.2** Vergleich von Deltafallen und Topffallen (drei Fallen pro Variante) mit gleicher Pheromonbeladung der Dispenser (niedrige Konzentration: 0,1 mg Pheromon pro Dispenser) (Fläche 73C; t-Test für gepaarte Stichproben:  $n = 16$ ,  $t = 2,179$ ,  $df = 15$ ,  $p = 0,021$ ).

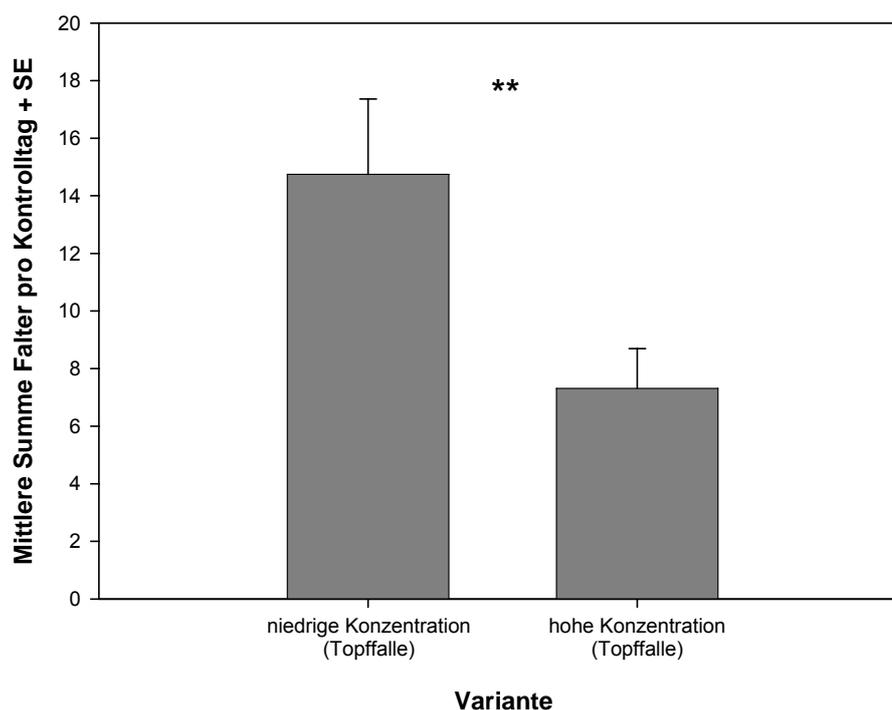
### 5.3.1.2 Die unterschiedlichen Pheromonbeladungsraten

In dieser Versuchsvariante wurden auf der Fläche 16A jeweils vier Topffallen mit Pheromondispensern aufgestellt, die eine hohe und eine niedrige Pheromonbeladung aufwiesen. Die Fängigkeit der Fallen beider Varianten wurde verglichen. Es zeigte sich, dass in den Topffallen mit niedriger Pheromonbeladung während des 39tägigen Versuches signifikant mehr *A. gamma*-Männchen gefangen wurden, als in den Topffallen mit hoher Beladung (t-Test für gepaarte Stichproben:  $t = 4,193$ ,  $df = 6$ ,  $p = 0,001$ ). In Topffallen mit niedriger Pheromonbeladung der Dispenser wurden etwa 50 % mehr Gammaeulen-Männchen gefangen, als in der Versuchsvariante mit hoher Pheromonbeladung (Abb. 5.3).

Auf dem Feld 74B wurden jeweils fünf Topffallen mit hoher bzw. niedriger Beladung der Pheromondispenser aufgestellt. Auch hier zeigte sich, dass während der 36tägigen Versuchsdauer in Topffallen mit niedriger Pheromonbeladung etwa doppelt so viele Gammaeulen-Männchen gefangen wurden, als in den Fallen mit hoher Pheromonbeladung der Dispenser (t-Test für gepaarte Stichproben:  $t = -3,523$ ,  $df = 15$ ,  $p = 0,003$ ) (Abb. 5.4).



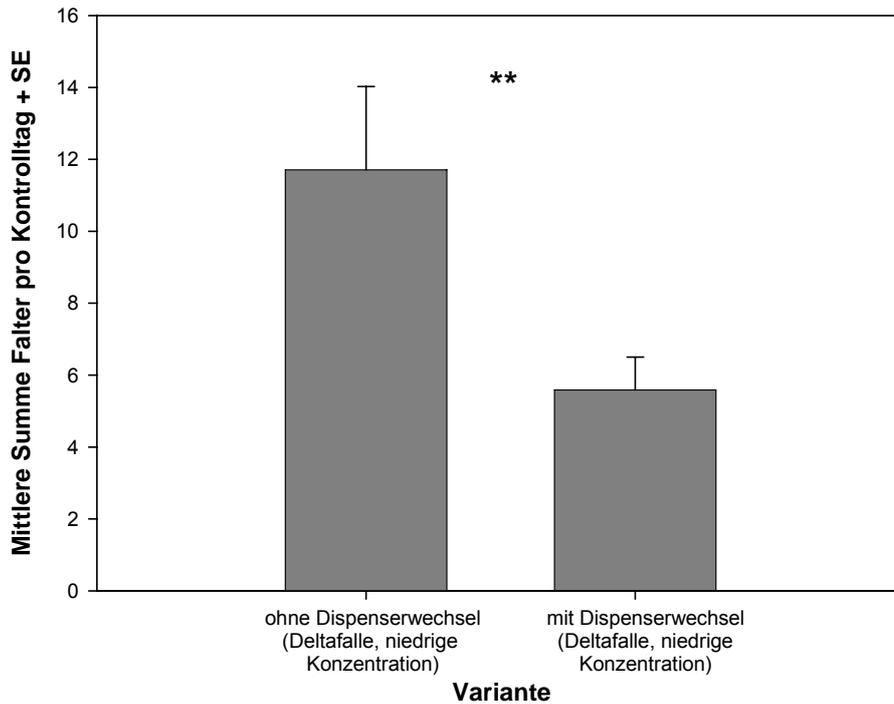
**Abb. 5.3** Vergleich der Fängigkeit von Topffallen (vier Fallen pro Variante) mit zwei unterschiedlichen Pheromonkonzentrationen (niedrige Konzentration: 0,1 mg Pheromon pro Dispenser, hohe Konzentration: 1 mg Pheromon pro Dispenser) während der 39tägigen Versuchsdauer (Fläche 16A; t-Test für gepaarte Stichproben:  $n = 17$ ,  $t = 4,193$ ,  $df = 16$ ,  $p = 0,001$ ).



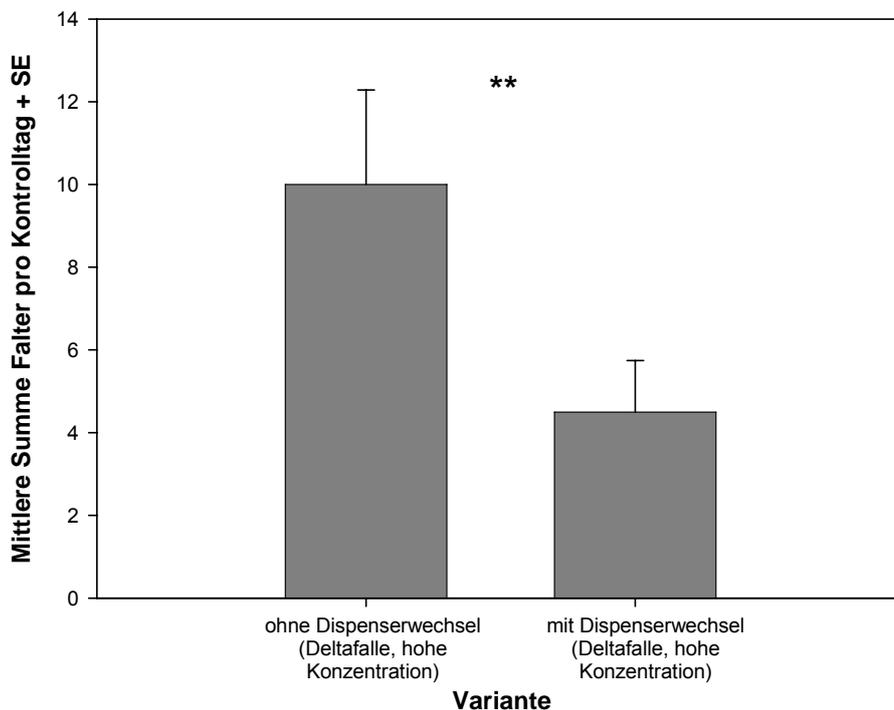
**Abb. 5.4** Vergleich der Fängigkeit von Topffallen (fünf Fallen pro Variante) mit zwei unterschiedlichen Pheromonkonzentrationen (hohe Konzentration: 1 mg Pheromon pro Dispenser, niedrige Konzentration: 1 mg Pheromon pro Dispenser) (Fläche: 74B, t-Test für gepaarte Stichproben:  $n = 16$ ,  $t = -3,523$ ,  $df = 15$ ,  $p = 0,003$ ).

### 5.3.1.3 Die Dispenserstandzeiten

Auf dem Versuchsfeld 11A wurden sechs Deltafallen mit Dispensern mit niedriger Pheromonbeladung beködert. Bei drei Deltafallen wurden die Pheromondispenser in 14tägigen Intervallen getauscht und bei drei Deltafallen verblieben die Dispenser den gesamten Versuchszeitraum (43 Tage) in den Fallen. Die Ergebnisse zeigen, dass Deltafallen bei denen der Pheromondispenser nicht gewechselt wurde, signifikant fängiger waren, als Fallen, bei denen die Dispenser erneuert wurden (gepaarter t-Test:  $t = 3,632$ ,  $df = 12$ ,  $p = 0,003$ ,  $n = 13$ ) (Abb. 5.5). Ein ähnliches Ergebnis wurde auf dem Versuchsfeld 12H erzielt (Abb. 5.6). Allerdings kamen bei diesem Versuch Dispenser mit hoher Beladungsrate zum Einsatz. Trotzdem erwies sich die Variante mit Deltafallen ohne Dispenserwechsel während des 36tägigen Versuchszeitraumes als fängiger (gepaarter t-Test:  $t = -3,130$ ,  $df = 11$ ,  $p = 0,017$ ,  $n = 12$ ).



**Abb. 5.5** Vergleich der Fängigkeit von Deltafallen (drei Fallen pro Variante) mit und ohne Wechsel der Pheromondispenser (niedrige Konzentration: 0,1 mg Pheromon pro Dispenser) nach dem Wechselzeitpunkt des Dispensers, während des 43tägigen Versuchszeitraumes (Fläche 11A; t-Test für gepaarte Stichproben:  $t = 3,632$ ,  $n = 13$ ,  $df = 12$ ,  $p = 0,003$ ).



**Abb. 5.6** Vergleich der Fängigkeit von Deltafallen (fünf Fallen pro Variante) mit und ohne Wechsel der Pheromondispenser (hohe Konzentration: 1 mg Pheromon pro Dispenser) während des 36tägigen Versuchszeitraumes (Fläche 12H; t-Test für gepaarte Stichproben:  $t = -3,130$ ,  $n = 12$ ,  $df = 11$ ,  $p = 0,017$ ).

### **5.3.2 Der Beifang in den Topffallen**

Auf drei Feldern wurde der Beifang aus den Topffallen für den gesamten Versuchszeitraum quantifiziert (Abb. 5.7). Es zeigte sich, dass neben den Gammaeulen-Männchen (74B:  $35,5 \pm 5,1$  SE; 16A:  $75,8 \pm 22,8$  SE; 73C:  $72,3 \pm 16,1$  SE) hauptsächlich Dipteren von den Topffallen angelockt wurden. Neben Vertretern der unterschiedlichsten Familien dieser Ordnung wurden auch Syrphiden gefangen, die zu den Nützlingen gezählt werden. Am zweithäufigsten wurden Männchen und Weibchen der Kohlrübenblattwespe, *Athalia rosae* (L.) (Hymenoptera: Tenthredinidae) nachgewiesen. Sonstige Vertreter dieser Ordnung, wie z. B. einige parasitische Hymenopteren, wurden in geringen Individuenzahlen aus den Fallen gesammelt. Aus der Ordnung Coleoptera wurden neben Individuen unterschiedlichster Familien besonders Vertreter aus den Familien Staphylinidae, Cerambycidae gefunden. Die Familie Coccinellidae war hauptsächlich vertreten durch den Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* L.. Aus der Ordnung Neuroptera konnten Individuen der Florfliege, *Chrysoperla carnea* STEPH. nachgewiesen werden.

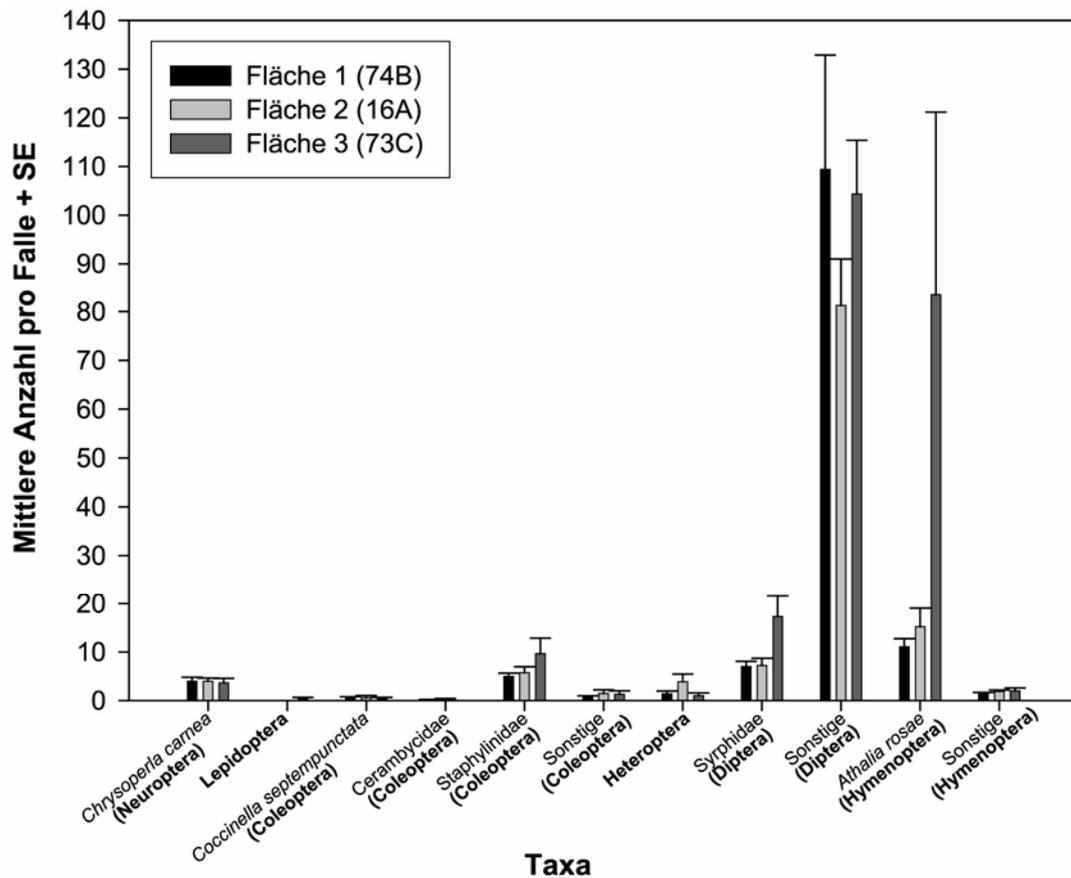


Abb. 5.7 Arthropoden die im Versuchszeitraum als Beifang aus den Topffallen der drei Spinatanbauflächen (74B, 16A und 73C, Tab. 5.2) gesammelt wurden. Dargestellt ist die mittlere Anzahl der häufigsten Ordnungen und Arten pro Falle.

### 5.3.3 Ergebnisse der Untersuchung zum räumlichen und zeitlichen Auftreten der Gammaeule im Anbauggebiet

Es wurde das jahreszeitliche Auftreten männlicher Gammaeulenfalder während der drei Untersuchungsjahre analysiert (Abb. 5.8). Es zeigte sich, dass in allen drei Jahren bereits in Woche 19 (Anfang Mai) *A. gamma*-Männchen in den Fallen waren. Die mittlere Falterzahl pro Falle und Feld stieg dann im Verlauf der Untersuchungsperiode auf Werte von über 10 Falter pro Feld und Kontrolltag an. Ab der Woche 35 (Ende August) sank die Anzahl gefangener männlicher Falter pro Feld auf Werte unter 10 Falter pro Kontrolltag ab. Die meisten Falter wurden in allen drei Jahren im Zeitraum zwischen den Wochen 24 (Anfang Juni) und 33 (Anfang August) gefangen. Das erste relative Maximum in der Anzahl gefangener Falter wurde im Jahr 2002 in der Woche 24 (zweite Juniwoche) mit 13,2 Faltern ( $\pm 21,5$  SD) pro

Feld, 2003 in der Woche 23 (erste Juniwoche) mit 41,4 Falter ( $\pm 36,6$  SD) pro Feld und 2004 in der Woche 25 (dritte Juniwoche) mit 10,6 Faltern ( $\pm 12,5$  SD) ermittelt. 2003 war das Jahr mit der höchsten mittleren Anzahl an Faltern pro Feld und Kontrolltag. Es wurden Fangzahlen von über 40 Faltern ( $41,3 \pm 36,6$  SD) pro Feld und Kontrolltag erreicht.

Mittels univariater Varianzanalyse mit Messwertwiederholung (Tab. 5.7) wurde überprüft, ob sich die Anzahl gefangener Falter im Zeitverlauf (Kontrolltage der Wochen 19 bis 37) änderte und ob diese Änderungen während der Untersuchungsjahre (Jahr 2002 bis 2004) und in den drei geografischen Regionen (Region 1 bis 3) auftraten. Hierbei konnte festgestellt werden, dass die Anzahl der gefangenen Falter in den Fallen während der Untersuchungsperiode nicht konstant war sondern sich im Jahresverlauf signifikant änderte (Abb. 5.8 und Tab. 5.7,  $F = 19,252$ ,  $df = 54$ ,  $p < 0,001$ ). Die Fallenfänge innerhalb der geografischen Regionen unterschieden sich im Zeitverlauf nicht voneinander (Abb. 5.9 - 5.11 und Tab. 5.7). Es konnten weiterhin signifikante Interaktionen der „Zeit“ mit den beiden Faktoren „Jahr“ und „Region“ festgestellt werden (Tab. 5.7). Dies Ergebnis deutet darauf hin, dass die Populationsentwicklung zwischen den drei Regionen innerhalb der einzelnen Jahre gleich war (Abb. 5.9 - 5.11). Wenn man jedoch die Drei-Wege-Interaktion „Zeit“, „Region“ und „Jahr“ betrachtet (Tab. 5.7), so wird deutlich, dass sich die wöchentlichen Fangdaten im zeitlichen Verlauf in den Regionen zwischen den Jahren signifikant unterschieden (Tab. 5.7,  $F = 0,851$ ,  $df = 228$ ,  $p < 0,001$ ).

Ein Test der Zwischensubjekteffekte für die beiden Nicht-Messwiederholungsfaktoren „Jahr“ und „Region“ sowie deren Wechselwirkungen wurde durchgeführt. Die Varianzhomogenität der Werte war nicht in allen Fällen gegeben (Levene-Test). Deshalb wurde das Signifikanzniveau nicht bei  $p = 0,05$ , sondern bei  $p = 0,01$  angesetzt.

Der Test ergab, dass sich die Anzahl gefangener Falter in den Jahren unterschied (Tab. 5.8). Im Jahr 2003 konnte, im Vergleich zu den Jahren 2002 und 2004, signifikant höhere Individuendichten der Gammaeule verzeichnet werden (Tab. 5.9). In diesem Jahr wurden mehr als doppelt so viele Falter pro Feld und Woche gefangen ( $14,2 \pm 10,6$  SD) als in den Jahren 2002 ( $4,9 \pm 2,7$  SD) und 2004 ( $6,7 \pm 5,3$  SD) (Abb. 5.8). Die Fangzahlen der Jahre

2002 und 2004 unterschieden sich nicht (Tab. 5.9). Auch zwischen den in den geografischen Regionen der drei Jahre (Abb. 5.9 - 5.11) ermittelten Fangzahlen konnten signifikante Unterschiede ermittelt werden. Der Post-hoc-Test zeigte, dass sich die mittleren Fangzahlen männlicher Falter pro Feld in den Regionen 1 (Bocholt) und 2 (Borken) sowie den Regionen 3 (Reken) und 2 (Borken) zwischen den drei Untersuchungsjahren signifikant unterschieden (Tab. 5.9). In allen drei Jahren wurden die meisten männlichen Falter pro Feld und Kontrolltag in der Region 2 (Borken) gefangen (2002:  $7,1 \pm 4,3$  SD, 2003:  $20,8 \pm 17,2$  SD, 2004:  $8,8 \pm 6,9$  SD) (Tab. 5.9). In den beiden anderen Regionen, Region 1 (Bocholt) und Region 3 (Reken), konnten innerhalb der drei Jahre keine Unterschiede in der Anzahl gefangener Falter pro Feld und Kontrolltag nachgewiesen werden (Tab. 5.9). 2002 wurden in der Region 1 (Bocholt) im Mittel  $3,5 (\pm 2,3$  SD) Falter und in der Region 3 (Reken) im Mittel  $2,8 (\pm 1,8$  SD) Falter pro Feld und Kontrolltag gefangen. Im folgenden Jahr lag die mittlere Anzahl Falter bei  $10,2 (\pm 9,3$  SD) Individuen in der Region 1 (Bocholt) und  $11,2 (\pm 7,9$  SD) Individuen in der Region 3 (Reken). Auch im letzten Jahr der Untersuchung (2004) glichen sich die mittleren Fangzahlen der Regionen 1 (Bocholt) und 3 (Reken) pro Feld und Kontrolltag [Region 1 (Bocholt):  $5,9 \pm 4,4$  SD Falter pro Feld und Kontrolltag, Region 3 (Reken):  $5,6 \pm 6,3$  SD Falter pro Feld und Kontrolltag] (Abb. 5.9 - 5.11, Tab. 5.9). Interaktionen zwischen den beiden Faktoren „Jahr“ und „Region“ konnten nicht festgestellt werden (Tab. 5.8).

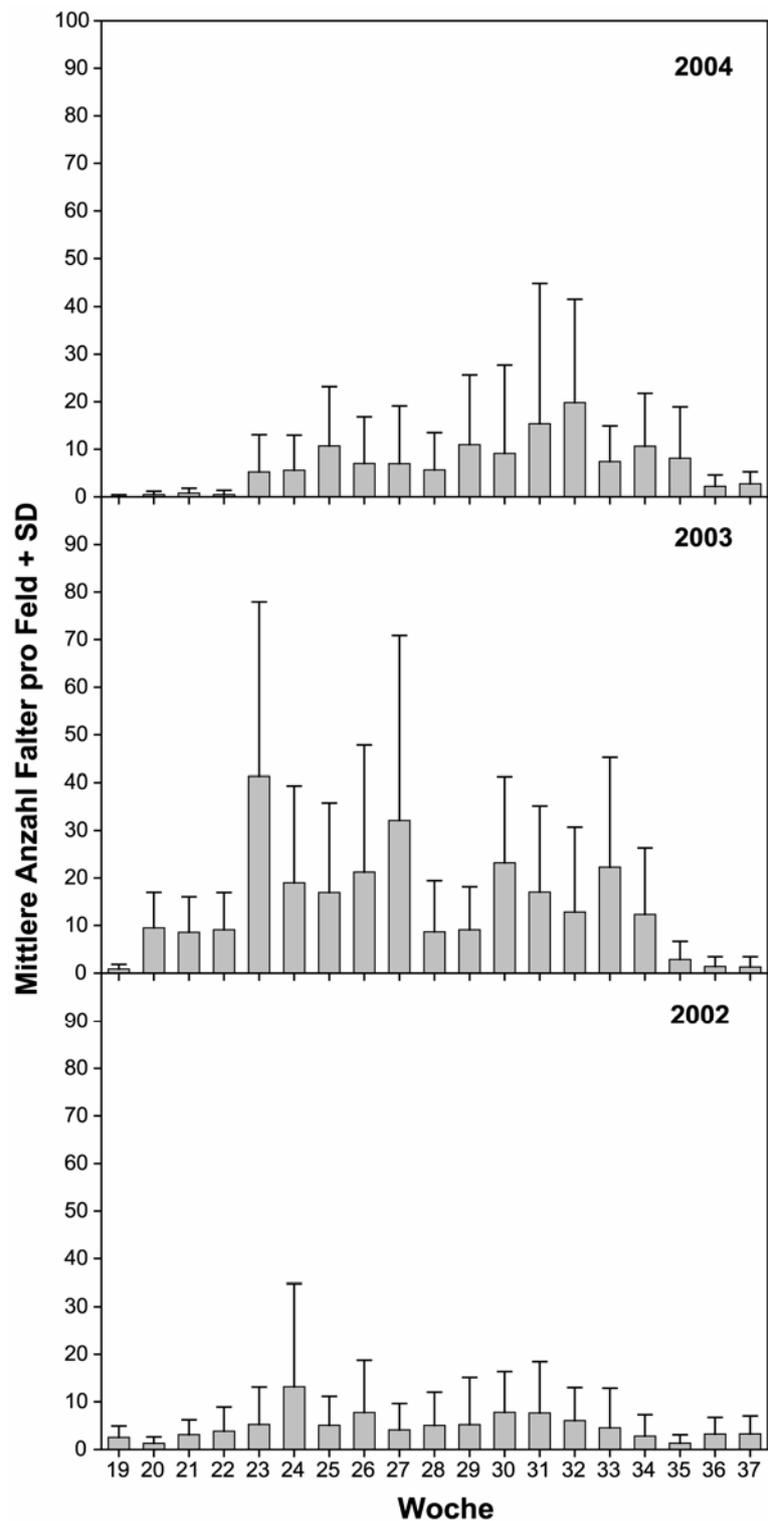


Abb. 5.8 Vergleich der mittleren Anzahl gefangener Falter pro Feld während der Standzeit der Pheromonfallen (Woche 19 bis Woche 37) in den drei Untersuchungsjahren. Im Jahr 2002 wurde auf 50 Feldern jeweils eine Falle aufgestellt. In den Folgejahren wurden auf 15 Feldern jeweils drei Fallen aufgestellt. Dargestellt sind die Anzahl gefangener Falter pro Falle und Feld (2002) und die mittlere Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld (2003 und 2004) für den jeweiligen Kontrolltermin pro Woche.

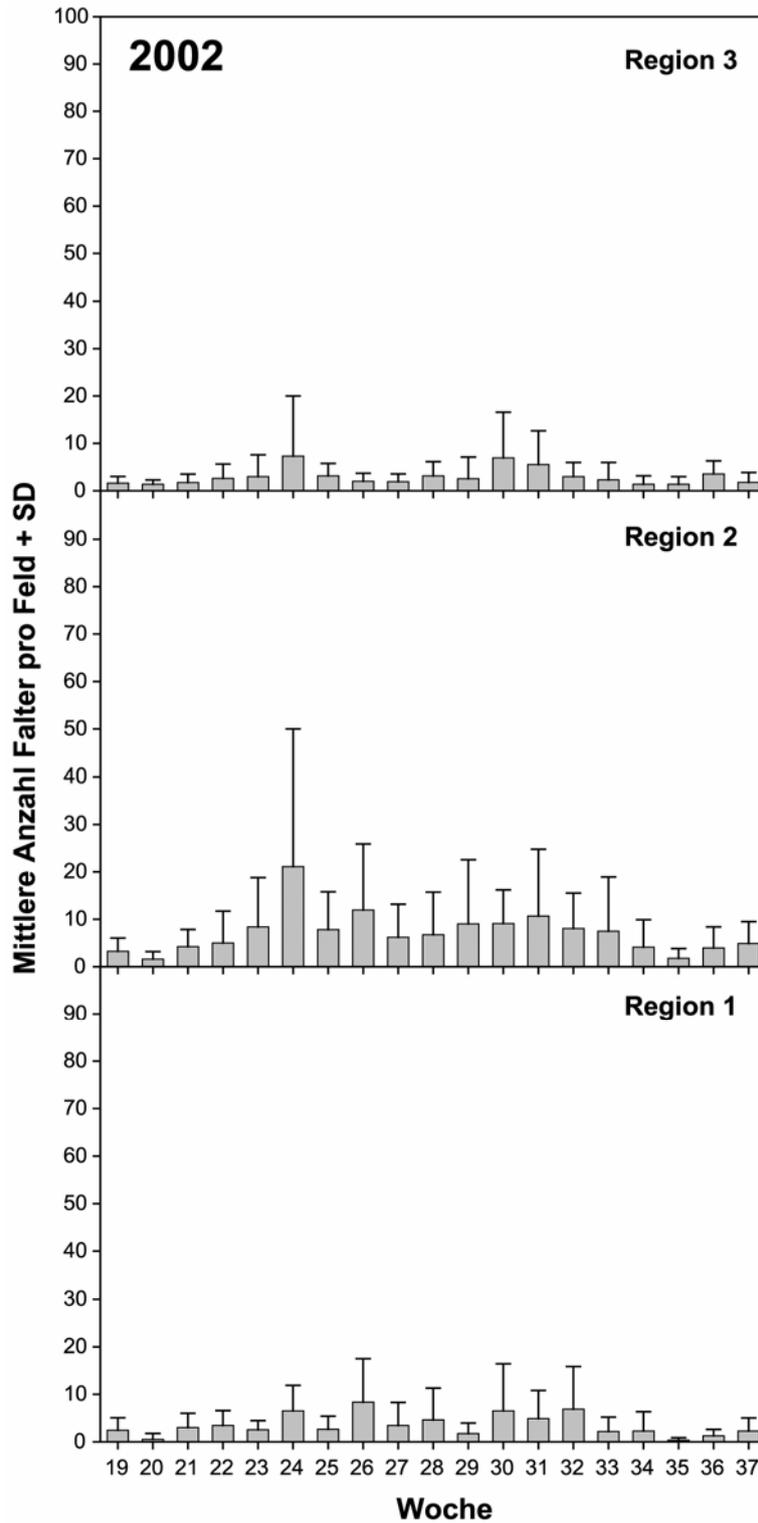


Abb. 5.9 Vergleich der mittleren Anzahl gefangener Falter pro Feld während der Standzeit der Pheromonfallen (Woche 19 bis Woche 37) in den drei geografischen Regionen des Untersuchungsjahres 2002. In diesem Jahr wurde auf 50 Feldern jeweils eine Falle aufgestellt. Dargestellt sind die Anzahl gefangener Falter pro Falle und Feld für den jeweiligen Kontrolltermin pro Woche.

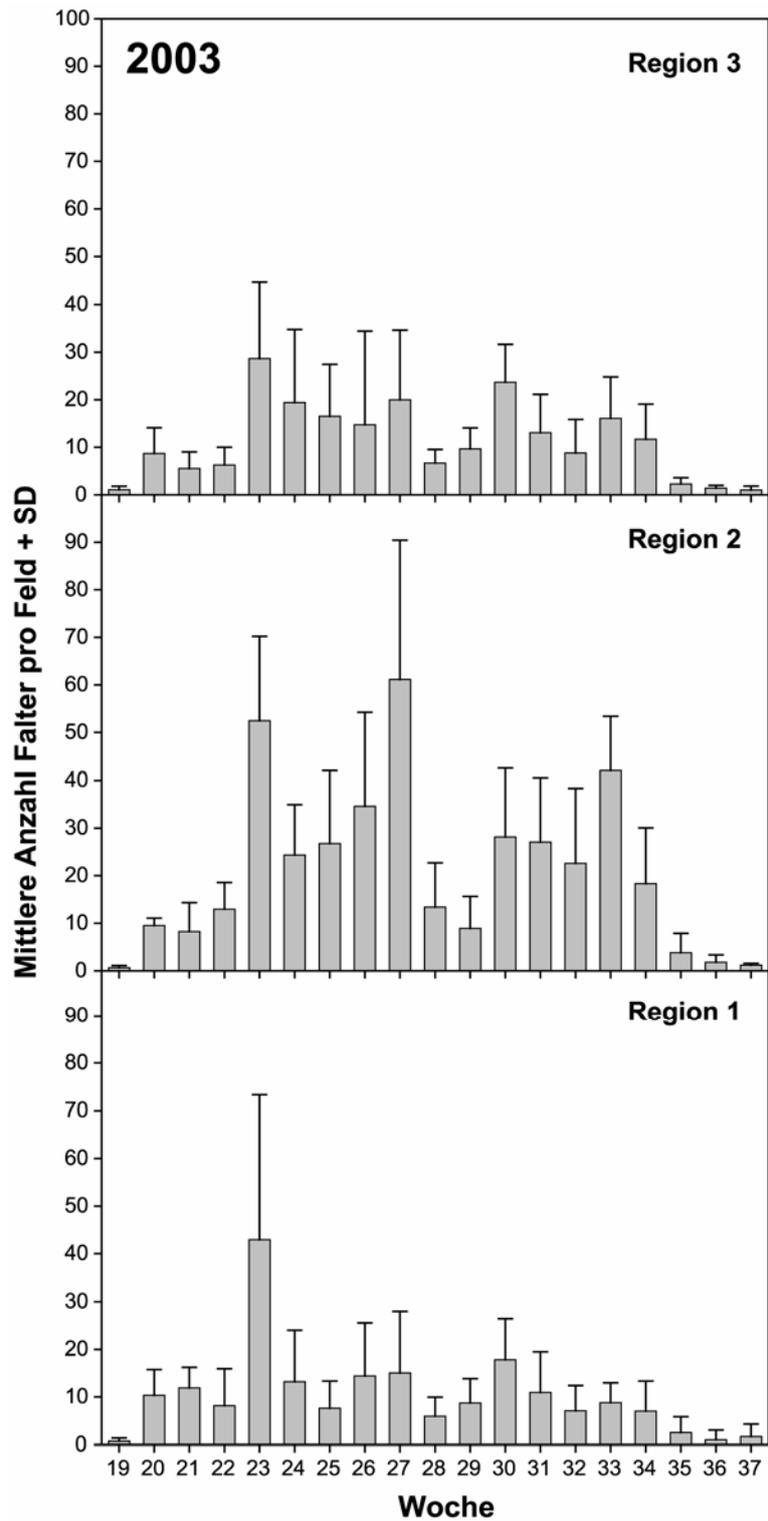
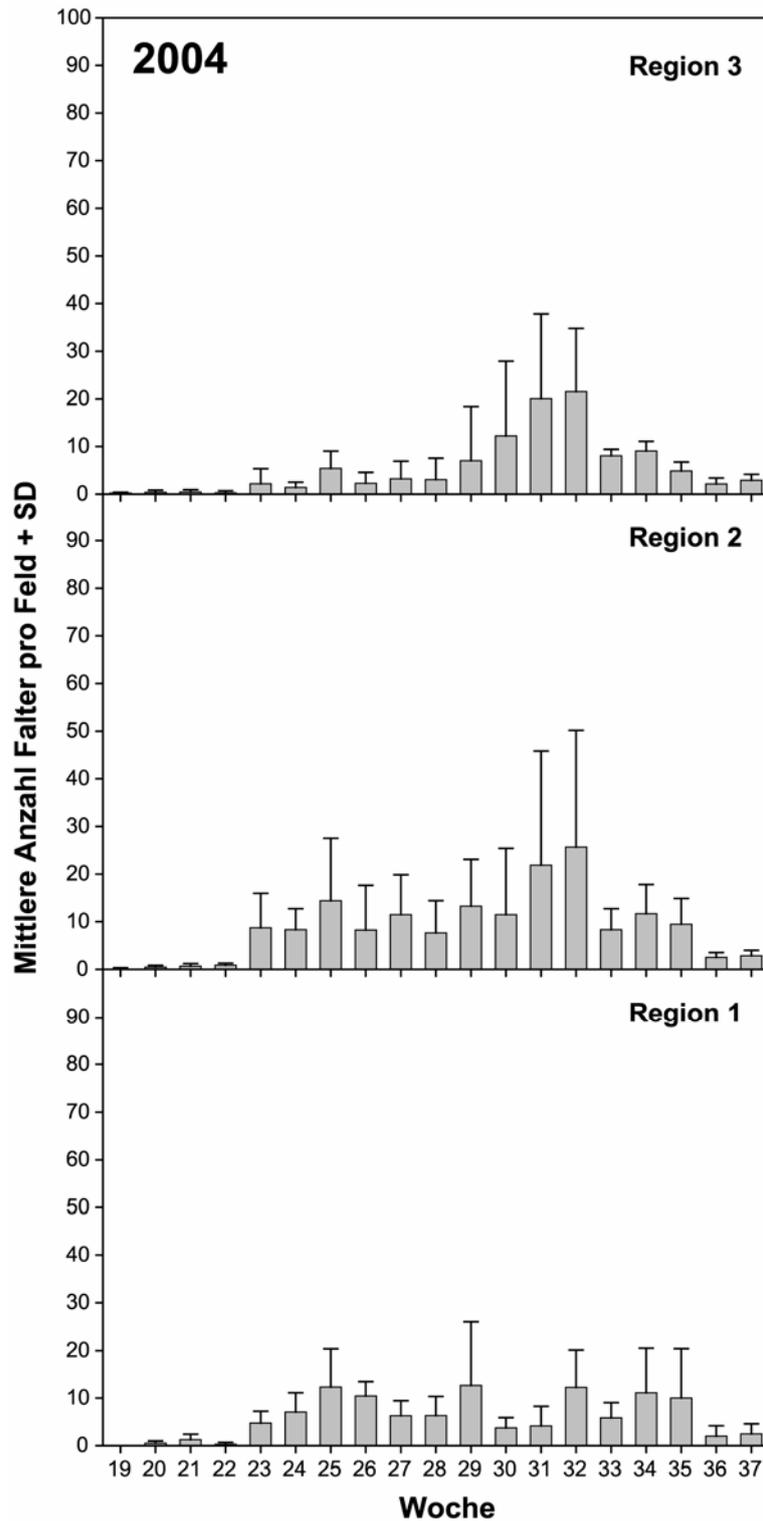


Abb. 5.10 Vergleich der mittleren Anzahl gefangener Falter pro Feld während der Standzeit der Pheromonfallen (Woche 19 bis Woche 37) in den drei geografischen Regionen des Untersuchungsjahres 2003. Auf 15 Feldern waren jeweils drei Fallen aufgestellt. Dargestellt ist die mittlere Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld für den jeweiligen Kontrolltermin pro Woche.



**Abb. 5.11** Vergleich der mittleren Anzahl gefangener Falter pro Feld während der Standzeit der Pheromonfallen (Woche 19 bis Woche 37) in den drei geografischen Regionen des Untersuchungsjahres 2004. Auf 15 Feldern waren jeweils drei Fallen aufgestellt. Dargestellt ist die mittlere Anzahl gefangener Falter aus drei Fallen pro Feld für den jeweiligen Kontrolltermin pro Woche.

**Tab. 5.7** Analyse des Einflusses der Zeit und deren Interaktionen mit den Jahren und den geografischen Regionen auf die Anzahl gefangener männlicher Gammaeulen in den Pheromonfallen mittels univariater Varianzanalyse mit Messwiederholungen. Der Faktor Zeit bezieht sich auf den Untersuchungszeitraum von Woche 19 bis Woche 37 (n = 19). Das Jahr steht für die drei Jahre (2002 bis 2004), in denen die Untersuchung durchgeführt wurde. Im Jahr 2002 waren auf 50 Feldern jeweils eine Falle und in den Folgejahren (2003 und 2004) auf 15 Feldern jeweils drei Fallen aufgestellt. Für die Berechnung wurde daher die Anzahl Falter pro Falle und Feld aus dem Jahr 2002 und die mittlere Anzahl Falter aus drei Fallen pro Feld für die Jahre 2003 und 2004 verwendet. Der Faktor Region bezeichnet die drei geografisch getrennten Anbauregionen, in denen die Spinatfelder gelegen waren.

<b>Einfluss</b>	<b>Pillai Spur</b>	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Zeit	0,864	19,252	54	<0,001
Zeit x Jahr	1,610	12,616	110	<0,001
Zeit x Region	0,583	1,255	110	0,183
Zeit x Region x Jahr	0,847	0,851	228	<0,001

**Tab. 5.8** Test der Zwischensubjekteffekte mittels univariater Varianzanalyse. Es wurde der Einfluss der Faktoren Jahr (Jahre 2002 bis 2004, Abb. 5.8), Region (geografische Regionen 1 bis 3, Abb. 5.9 – 5.11) und deren Interaktionen auf die Anzahl gefangener männlicher Falter in den Pheromonfallen pro Woche untersucht.

<b>Einfluss</b>	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Jahr	24,522	2	<0,001
Region	5,666	2	0,005
Jahr x Region	0,241	4	0,914

**Tab. 5.9** Ergebnisse des Post-hoc-Tests (Tukey-Test) zum Vergleich der Anzahl gefangener Falter in den Pheromonfallen zwischen den drei Jahren und den drei geografischen Regionen (Tab. 5.8).

<b>Vergleich</b>	<b>p</b>
2002 mit 2003	<0,001
2002 mit 2004	0,118
2003 mit 2004	0,001
Region 1 mit Region 2	0,039
Region 1 mit Region 3	0,682
Region 2 mit Region 3	0,002

Auch die Fängigkeit einzelner Fallen pro Feld wurde für den Untersuchungszeitraum (Woche 19 bis 37) in den drei Jahren (2002 bis 2004) untersucht.

Im Jahr 2002 konnten Unterschiede in der Fängigkeit der Fallen (eine Falle pro Feld) innerhalb und zwischen den geografischen Regionen nachgewiesen werden (Abb. 5.12).

In den beiden folgenden Jahren der Untersuchung (2003 und 2004) waren pro Feld jeweils drei Pheromonfallen aufgestellt. Um mögliche Unterschiede in der Fängigkeit dieser Fallen nachweisen zu können, wurde erst ein Friedman-Test für den Gesamtvergleich der drei Fallen pro Feld durchgeführt (Tab. 5.10 und 5.12). Für den Einzelvergleich der drei Fallen erfolgte dann ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (Tab. 5.11 und 5.13).

Es konnten signifikante Unterschiede in der Fängigkeit der einzelnen Fallen pro Feld nachgewiesen werden (Abb. 5.13 - 5.14, Tab. 5.10 - 5.13). Im Jahr 2003 konnten auf 13 der 15 untersuchten Felder Unterschiede in der Anzahl gefangener Gammaeulen-Männchen in den drei Fallen nachgewiesen werden (Tab. 5.10), im Jahr 2004 auf 8 der 15 Flächen (Tab. 5.12). Auch im Einzelvergleich unterschieden sich viele der untersuchten Fallen pro Feld signifikant in ihrer Fängigkeit (Tab. 5.11 und 5.13). In den Jahren 2003 und 2004 wurden wie im Jahr 2002, die höchsten mittleren Fangzahlen pro Feld und Falle auf den Flächen ermittelt, die in der geografischen Region 2 lagen (Abb. 5.13 - 5.14).

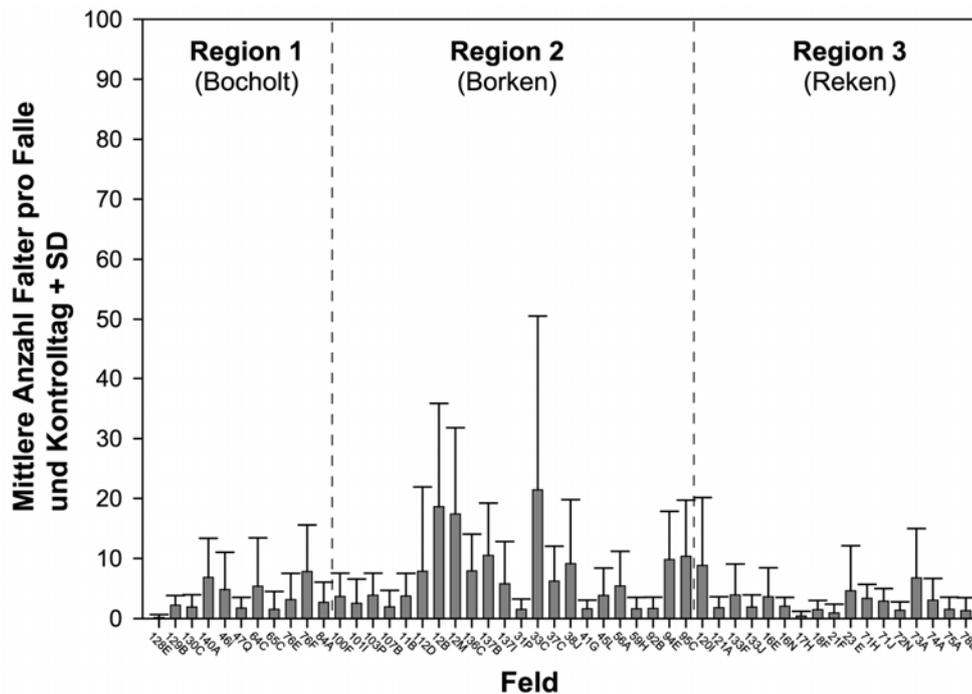


Abb. 5.12 Darstellung der mittleren Anzahl Falter pro Falle (Topfalle mit niedriger Beladungsrate) und Kontrolltag (n = 19) für die jeweiligen Felder in den drei geografisch getrennten Regionen während des Untersuchungsjahres 2002. Pro Feld (n = 50) war jeweils eine Falle während des Untersuchungszeitraumes in den Wochen 19 bis 37 aufgestellt.

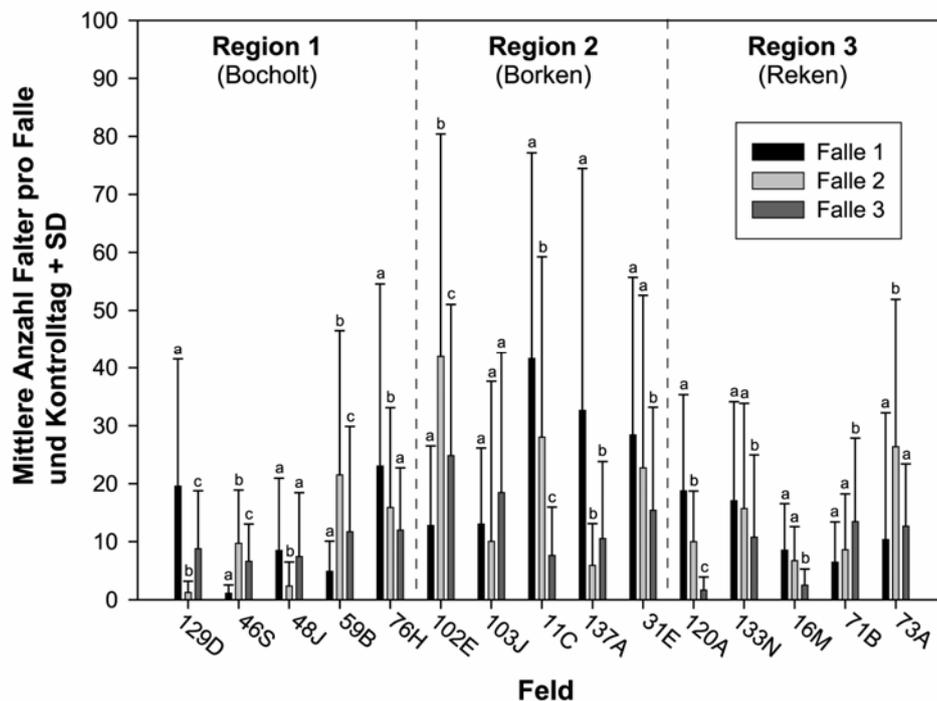


Abb. 5.13 Darstellung der mittleren Anzahl Falter pro Falle (Topfalle mit niedriger Beladungsrate) und Kontrolltag (n = 19) für die 15 Felder in den drei geografisch getrennten Regionen während des Untersuchungsjahres 2003. Pro Feld waren jeweils drei Fallen während des Untersuchungszeitraumes in den Wochen 19 bis 37 aufgestellt. Die Buchstaben über den Balken zeigen die Ergebnisse des einseitigen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. Es wurden die Fangergebnisse der drei Fallen jeweils eines Feldes miteinander verglichen. Gleiche Buchstaben zeigen nicht signifikante Unterschiede in der Fängigkeit der Fallen, unterschiedliche Buchstaben einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ).

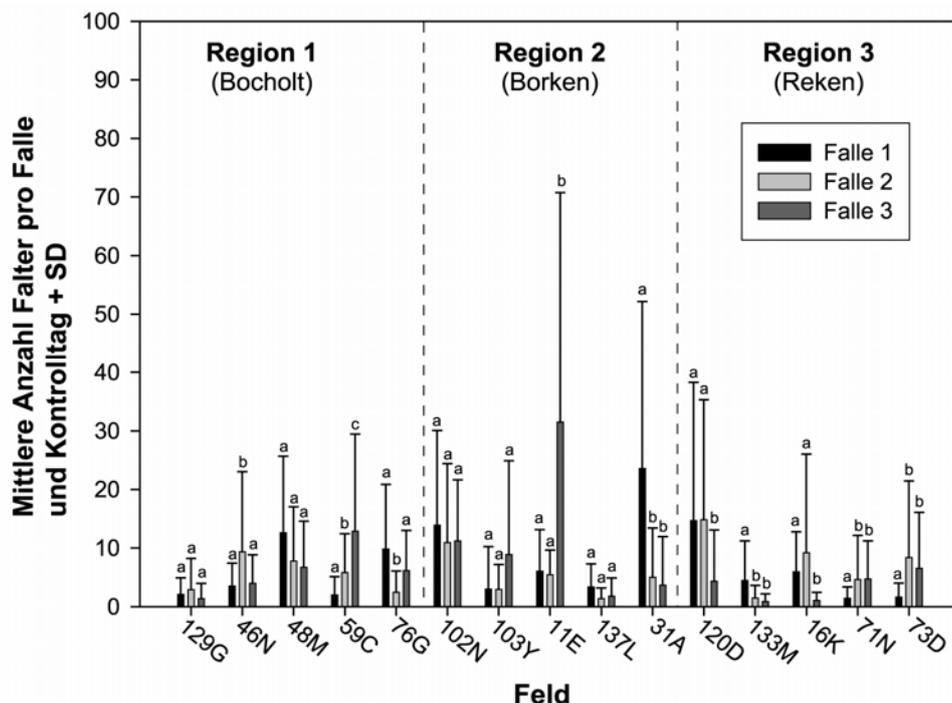


Abb. 5.14 Darstellung der mittleren Anzahl Falter pro Falle (Topfalle mit niedriger Beladungsrate) und Kontrolltag (n = 19) für die 15 Felder in den drei geografisch getrennten Regionen während des Untersuchungsjahres 2004. Pro Feld waren jeweils drei Fallen während des Untersuchungszeitraumes in den Wochen 19 bis 37 aufgestellt. Die Buchstaben über den Balken zeigen die Ergebnisse des zweiseitig Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. Es wurden die Fangergebnisse der drei Fallen jeweils eines Feldes miteinander verglichen. Gleiche Buchstaben zeigen nicht signifikante Unterschiede in der Fängigkeit der Fallen, unterschiedliche Buchstaben einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ).

Tab. 5.10 Ergebnisse des Friedman-Tests (Rangvarianzanalyse mehrerer verbundener Stichproben) zur Untersuchung möglicher Unterschiede in der Fängigkeit der drei Pheromonfallen pro Feld für das Untersuchungsjahr 2003.

Feld	N	Chi-Quadrat	df	p
102E	19	12,849	2	0,002
103J	19	4,200	2	0,122
11C	19	20,620	2	<0,001
120A	19	31,753	2	<0,001
129D	19	22,522	2	<0,001
133N	19	11,681	2	0,003
137A	19	13,946	2	0,001
16M	19	9,072	2	0,011
31E	19	13,890	2	0,001
46S	19	20,548	2	<0,001
48J	19	17,645	2	<0,001
59B	19	17,469	2	<0,001
71B	19	7,099	2	0,029
73 A	19	15,151	2	0,001
76H	19	5,216	2	0,074

Tab. 5.11 Ergebnisse des zweiseitigen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests zur detaillierten Untersuchung der Unterschiede in der Fängigkeit der drei Fallen pro Feld im Untersuchungsjahr 2003.

Feld	Vergleich	N	Z	p
102E	Falle1 – Falle2	19	-3,342	0,001
102E	Falle2 – Falle3	19	-2,487	0,013
102E	Falle3 - Falle1	19	-2,463	0,014
103J	Falle1 – Falle2	19	-1,468	0,142
103J	Falle2 – Falle3	19	-1,721	0,085
103J	Falle3 – Falle1	19	-0,736	0,462
11C	Falle1 – Falle2	19	-3,050	0,002
11C	Falle2 – Falle3	19	-3,209	0,001
11C	Falle3 - Falle1	19	-3,680	<0,001
120A	Falle1 – Falle2	19	-3,325	0,001
120A	Falle2 – Falle3	19	-3,627	<0,001
120A	Falle3 - Falle1	19	-3,725	<0,001
129D	Falle1 – Falle2	19	-3,551	<0,001
129D	Falle2 – Falle3	19	-3,520	<0,001
129D	Falle3 - Falle1	19	-2,442	0,015
133N	Falle1 – Falle2	19	-0,189	0,850
133N	Falle2 – Falle3	19	-1,832	0,067
133N	Falle3 - Falle1	19	-2,805	0,005
137A	Falle1 – Falle2	19	-3,342	0,001
137A	Falle2 – Falle3	19	-1,210	0,226
137A	Falle3 - Falle1	19	-2,778	0,005
16M	Falle1 – Falle2	19	-1,131	0,258
16M	Falle2 – Falle3	19	-2,667	0,008
16M	Falle3 - Falle1	19	-3,081	0,002
31E	Falle1 – Falle2	19	-1,540	0,124
31E	Falle2 – Falle3	19	-1,831	0,067
31E	Falle3 - Falle1	19	-2,757	0,006
46S	Falle1 – Falle2	19	-3,467	0,001
46S	Falle2 – Falle3	19	-2,479	0,013
46S	Falle3 - Falle1	19	-3,299	0,001
48J	Falle1 – Falle2	19	-3,301	0,001
48J	Falle2 – Falle3	19	-2,990	0,003
48J	Falle3 - Falle1	19	-0,311	0,756
59B	Falle1 – Falle2	19	-3,337	0,001
59B	Falle2 – Falle3	19	-2,510	0,012
59B	Falle3 - Falle1	19	-2,167	0,030
71B	Falle1 – Falle2	19	-2,107	0,035
71B	Falle2 – Falle3	19	-1,382	0,167
71B	Falle3 - Falle1	19	-2,562	0,010
73 A	Falle1 – Falle2	19	-2,799	0,005
73 A	Falle2 – Falle3	19	-2,899	0,004
73 A	Falle3 - Falle1	19	-1,914	0,056
76H	Falle1 – Falle2	19	-2,137	0,033
76H	Falle2 – Falle3	19	-0,927	0,354
76H	Falle3 - Falle1	19	-1,853	0,064

Tab. 5.12 Ergebnisse des Friedman-Tests (Rangvarianzanalyse mehrerer verbundener Stichproben) zur Untersuchung möglicher Unterschiede in der Fängigkeit der drei Pheromonfallen pro Feld für das Untersuchungsjahr 2004.

Feld	N	Chi-Quadrat	df	p
102N	19	3,083	2	0,214
103Y	19	6,000	2	0,050
11E	19	16,817	2	<0,001
120D	19	17,033	2	<0,001
129G	19	2,596	2	0,273
133M	19	7,233	2	0,027
137L	19	2,939	2	0,230
16K	19	13,176	2	0,001
31A	19	23,903	2	<0,001
46N	19	3,153	2	0,207
48M	19	0,121	2	0,941
59C	19	16,441	2	<0,001
71N	19	3,733	2	0,155
73D	19	11,036	2	0,004
76G	19	5,121	2	0,077

**Tab. 5.13** Ergebnisse des zweiseitigen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests zur detaillierten Untersuchung der Unterschiede in der Fängigkeit der drei Fallen pro Feld im Untersuchungsjahr 2004.

Feld	Vergleich	N	Z	p
102N	Falle1 – Falle2	19	-1,553	0,120
102N	Falle2 – Falle3	19	-0,371	0,711
102N	Falle3 - Falle1	19	-0,592	0,554
103Y	Falle1 – Falle2	19	-1,553	0,120
103Y	Falle2 – Falle3	19	-1,861	0,063
103Y	Falle3 - Falle1	19	-1,765	0,078
11E	Falle1 – Falle2	19	-0,166	0,868
11E	Falle2 – Falle3	19	-3,223	0,001
11E	Falle3 - Falle1	19	-3,421	0,001
120D	Falle1 – Falle2	19	-0,440	0,660
120D	Falle2 – Falle3	19	-3,104	0,002
120D	Falle3 - Falle1	19	-3,241	0,001
129G	Falle1 – Falle2	19	-0,277	0,782
129G	Falle2 – Falle3	19	-1,893	0,058
129G	Falle3 - Falle1	19	-1,340	0,180
133M	Falle1 – Falle2	19	-2,273	0,023
133M	Falle2 – Falle3	19	-0,724	0,469
133M	Falle3 - Falle1	19	-2,520	0,012
137L	Falle1 – Falle2	19	-1,508	0,131
137L	Falle2 – Falle3	19	-0,173	0,863
137L	Falle3 - Falle1	19	-1,402	0,161
16K	Falle1 – Falle2	19	-0,636	0,525
16K	Falle2 – Falle3	19	-2,746	0,006
16K	Falle3 - Falle1	19	-3,366	0,001
31A	Falle1 – Falle2	19	-3,575	<0,001
31A	Falle2 – Falle3	19	-0,985	0,325
31A	Falle3 - Falle1	19	-3,517	<0,001
46N	Falle1 – Falle2	19	-2,345	0,019
46N	Falle2 – Falle3	19	-2,046	0,041
46N	Falle3 - Falle1	19	-0,597	0,551
48M	Falle1 – Falle2	19	-1,535	0,125
48M	Falle2 – Falle3	19	-0,237	0,813
48M	Falle3 - Falle1	19	-1,398	0,162
59C	Falle1 – Falle2	19	-2,695	0,007
59C	Falle2 – Falle3	19	-2,132	0,033
59C	Falle3 - Falle1	19	-3,269	0,001
71N	Falle1 – Falle2	19	-1,775	0,076
71N	Falle2 – Falle3	19	-0,086	0,932
71N	Falle3 - Falle1	19	-2,591	0,010
73D	Falle1 – Falle2	19	-3,114	0,002
73D	Falle2 – Falle3	19	-0,912	0,362
73D	Falle3 - Falle1	19	-2,788	0,005
76G	Falle1 – Falle2	19	-2,760	0,006
76G	Falle2 – Falle3	19	-2,128	0,033
76G	Falle3 - Falle1	19	-1,604	0,109

Weiterhin wurde der zeitliche Verlauf der Fänge männlicher Falter in den Pheromonfallen und der bei den Bonituren auf den Spinatfeldern ermittelten Anzahlen an Eiern und Raupen der Gammaeule aufgetragen und verglichen (Abb. 5.15 - 5.17).

Zu Beginn der Untersuchung des Jahres 2002 (Anfang Mai bis Anfang Juni) stieg sowohl die mittlere Anzahl Falter pro Feld und Falle als auch die Anzahl an Eiern und Raupen stark an (Abb. 5.15). Für die Falter konnte Mitte Juni ein relatives Maximum mit mehr als 13 ( $13,2 \pm 21,6$  SD) Individuen pro Falle nachgewiesen werden. Etwa eine Woche später wurde auch für die Raupen und Eier ein relatives Maximum mit einer mittleren Anzahl von etwa 18 ( $18,3 \pm 17,7$  SD) Individuen auf 200 Pflanzen pro Feld bonitiert. Bis Mitte Juli sank sowohl die Anzahl an Faltern in den Fallen wie auch die Anzahl bonitierter Eier und Larvalstadien auf den Feldern (Abb. 5.15). Gegen Ende Juli konnte ein weiteres relatives Maximum mit etwa 8 ( $7,7 \pm 10,8$  SD) Faltern pro Falle und etwa 17 ( $16,6 \pm 12,6$  SD) Eiern und Raupen pro Feld nachgewiesen werden. Gegen Ende der Untersuchung sank die Anzahl Falter auf etwa 3 ( $3,3 \pm 3,8$  SD) Individuen pro Falle ab, wohingegen die Anzahl Eier und Raupen weiter anstieg (Abb. 5.15). Für die Wochen 36 und 37 (Anfang September) dieses Jahres lagen keine Boniturdaten vor (Abb. 5.15).

Im folgenden Jahr (2003) wurde bereits in der ersten Juniwoche ein relatives Maximum von etwa 40 ( $41,4 \pm 36,6$  SD) Faltern pro Feld und Falle nachgewiesen, dem zwei Wochen später ein Extremwert von etwa 75 ( $75,3 \pm 20,0$  SD) Eiern und Raupen auf 200 Pflanzen pro Feld folgte (Abb. 16). Im weiteren Jahresverlauf konnten weitere relative Maxima in der Anzahl gefangener Gammaeulen-Männchen pro Feld und Falle nachgewiesen werden. Die Anzahl gefangener Falter sank ab der Woche 34 ab, wohingegen Raupen und Eier der Gammaeule, wie im Vorjahr, bis zum Ende der Untersuchungsperiode Anfang September nachgewiesen werden konnten. Aus der Woche 37 (zweite Septemberwoche) dieses Jahres lagen keine Boniturdaten vor (Abb. 5.16).

Im dritten Untersuchungsjahr (2004) wurden insgesamt weniger Falter als in den beiden vorangegangenen Jahren in den Fallen gefangen (Abb. 5.17). Ein Anstieg der Fangzahlen war ab Woche 23 (Anfang Juni) zu erkennen (Abb. 5.17). Ein relatives Maximum in der Anzahl gefangener männlicher

Gammaeulen konnte Mitte Juni mit etwa 10 ( $10,6 \pm 12,5$  SD) Tieren pro Feld und Falle erfasst werden. Im weiteren Verlauf der Untersuchung zwischen Ende Juni und Ende Juli wurden an jedem der Kontrolltage im Mittel zwischen 6 und 10 Tiere in den Fallen gefangen. In der ersten Augustwoche wurde ein Extremwert mit etwa 20 ( $19,8 \pm 21,6$  SD) Tieren pro Feld und Falle erreicht. Wie auch in den beiden Vorjahren sank die Anzahl gefangener Falter in den folgenden Wochen, bis zum Ende der Untersuchungsperiode in Woche 37 ab (Abb. 5.17). Aufgrund der geringen Anzahl bonitierter Spinatflächen in diesem Untersuchungsjahr kann nur eine tendenzielle Beschreibung der Besiedlung von Spinatflächen mit Eiern und Raupen der Gammaeule erfolgen. Jedoch lassen die Daten erkennen, dass in diesem Jahr die Besiedlung der Spinatflächen erst spät, gegen Anfang Juli, zu einem Zeitpunkt erfolgte, zu dem bereits Falter in allen Fallen gefangen wurden. Ab Mitte Juli wurden im Mittel etwa 23 ( $22,5 \pm 13,1$  SD) Eier und Raupen der Gammaeule auf 200 Pflanzen pro Feld gezählt. Gegen Anfang September, zu einem Zeitpunkt, bis zu dem die Anzahl gefangener Falter in den Pheromonfallen bereits stark gesunken war, wurde ein weiteres relatives Maximum mit etwa 36 ( $36,5 \pm 12,0$  SD) Raupen auf 200 untersuchten Pflanzen pro Spinatfeld ermittelt (Abb. 5.17).

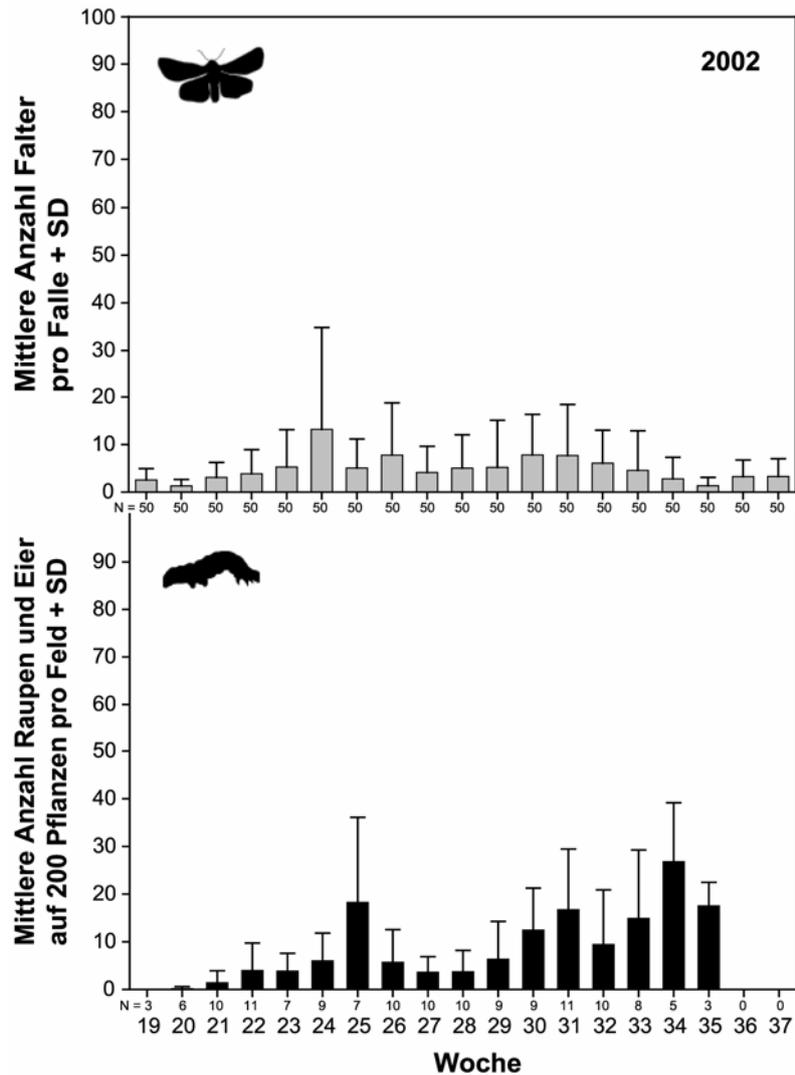


Abb. 5.15 Vergleich des jahreszeitlichen Auftretens von adulten, in Pheromonfallen gefangenen, männlichen Faltern und der bei Bonituren auf den Feldern ermittelten Anzahl an Raupen und Eiern im Untersuchungsjahr 2002 (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung). Während des Untersuchungszeitraumes (Woche 19 bis 37) waren auf 50 Feldern (N = 50) einzelne Fallen aufgestellt. Die Bonituren wurden auf einer unterschiedlichen Anzahl an Feldern pro Woche durchgeführt (N = 3 bis N = 11).

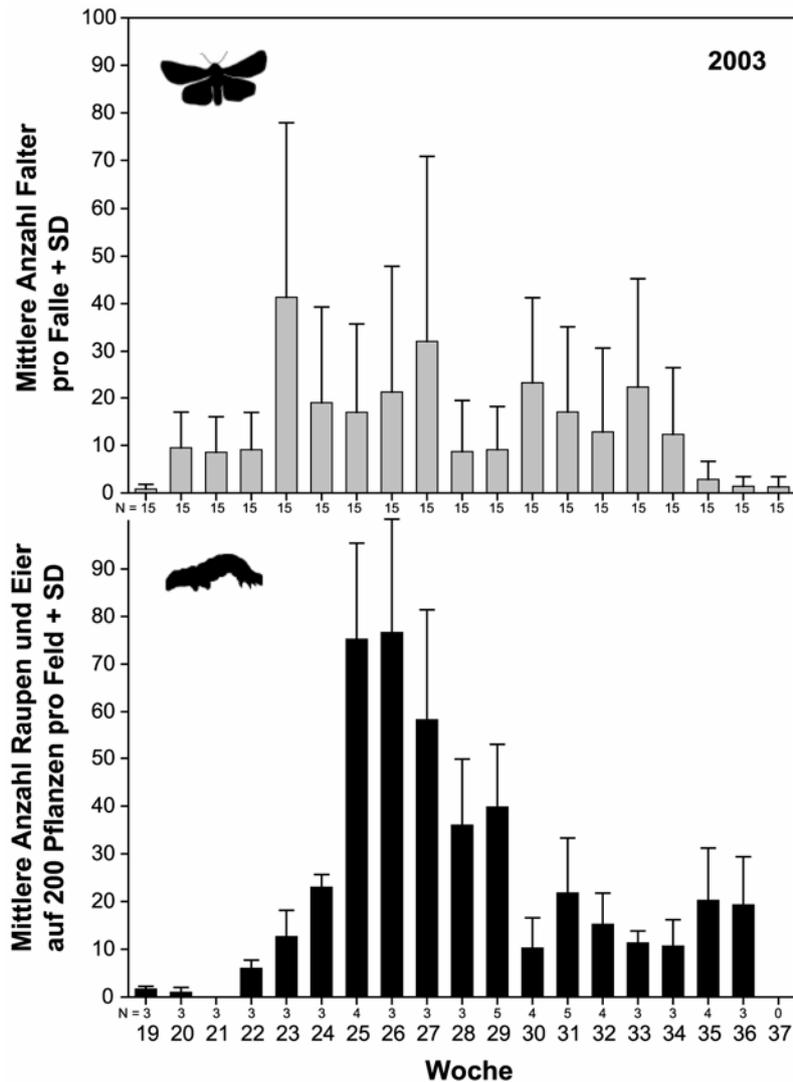


Abb. 5.16 Vergleich des jahreszeitlichen Auftretens von adulten, in Pheromonfallen gefangenen, männlichen Faltern und der bei Bonituren auf den Feldern ermittelten Anzahl an Raupen und Eiern im Untersuchungszeitraum (Woche 19 bis 37) im Untersuchungszeitraum 2003 (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung). Während des Untersuchungszeitraumes (Woche 19 bis 37) waren auf 15 Feldern (N = 15) jeweils drei Fallen pro Feld aufgestellt. Die Bonituren wurden auf einer unterschiedlichen Anzahl an Feldern pro Woche durchgeführt (N = 3 bis N = 5).

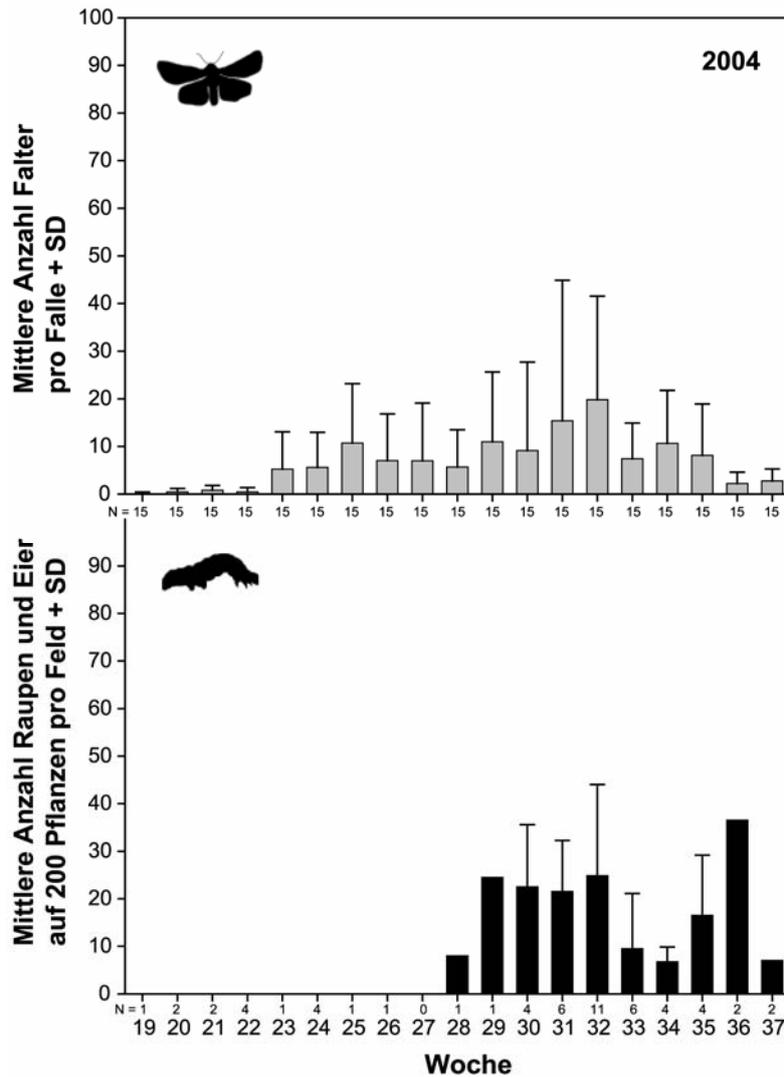
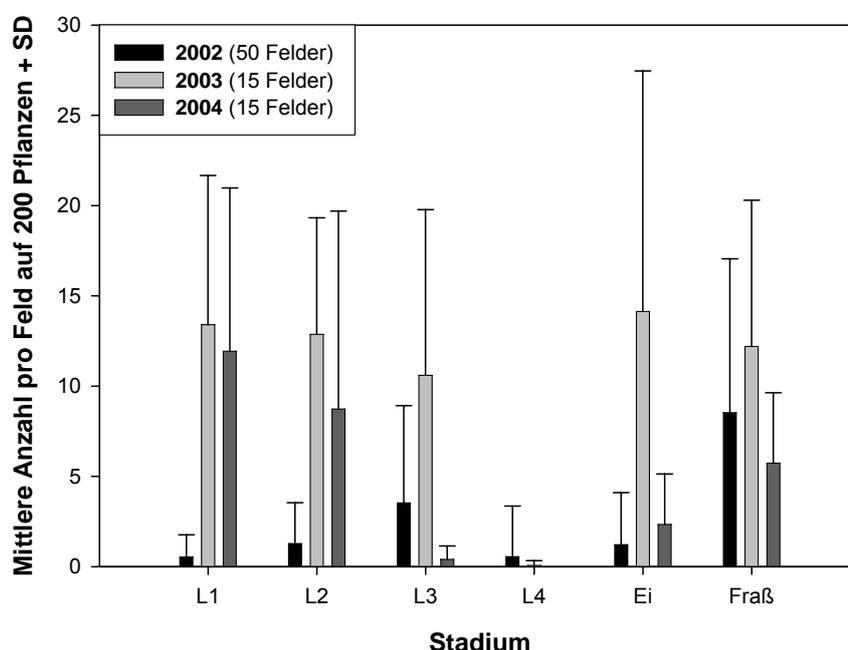


Abb. 5.17 Vergleich des jahreszeitlichen Auftretens von adulten, in Pheromonfallen gefangenen, männlichen Faltern und der bei Bonituren auf den Feldern ermittelten Anzahl an Raupen und Eiern im Untersuchungsjahr 2004 (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung). Während des Untersuchungszeitraumes (Woche 19 bis 37) waren auf 15 Feldern (N = 15) jeweils drei Fallen pro Feld aufgestellt. Die Bonituren wurden auf einer unterschiedlichen Anzahl an Feldern pro Woche durchgeführt (N = 1 bis N = 11).

### 5.3.4 Die Prognose eines Raupenbefalls auf den Spinatanbauflächen

Auf Basis der Pheromonfallenfänge wurde versucht, ein einfaches Prognosemodell zu entwickeln. Voraussetzung für ein aussagekräftiges Prognosemodell ist der Zusammenhang zwischen den in Pheromonfallen gefangenen männlichen Gammaeulen und dem Raupenbefall der Spinatfelder.

Bei der Analyse der Befallssituation auf den Spinatfeldern zum Zeitpunkt der Befallsbonitur konnten die drei ersten Larvalstadien der Gammaeule am häufigsten auf den Spinatpflanzen nachgewiesen werden. Insgesamt wurden jeweils in den Jahren 2003 und 2004 mehr Raupen pro Feld nachgewiesen als im Jahr 2002 (Kapitel 2). Nur in den Jahren 2002 und 2003 konnten einzelne Raupen erfasst werden, die das L4-Stadium erreicht hatten. Puppen konnten in keinem der Untersuchungsjahre nachgewiesen werden. Eine hohe, mittlere Anzahl an Eiern und frischen Fraßschäden pro Feld trat insbesondere im Jahr 2003 auf (Abb. 5.18).



**Abb. 5.18** Mittlere Anzahl der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Gammaeule (Raupen: L1 bis L4 und Eier) und das Auftreten von Fraßschäden auf 200 bonitierten Spinatpflanzen pro Feld während der drei Untersuchungsjahre (2002 bis 2004). Im Jahr 2002 wurden Bonituren auf 50 Flächen durchgeführt in den beiden folgenden Jahren auf 15 Flächen (Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung).

Die Regressionsanalyse wurde daher nur für die häufigsten Stadien (Eier, L1, L2, L3) sowie die Zusammenfassung der häufigsten Stadien und des Fraßschadens durchgeführt (Abb. 5.21 - 5.23).

Die Regressionsanalyse für den gesamten Zeitraum der Untersuchung (Woche 19 bis Woche 37) ergab insgesamt einen geringen Zusammenhang zwischen der Anzahl gefangener männlicher Gammaeulen und den Eiern und Raupen der Gammaeule, die zum Zeitpunkt der Bonitur (Woche null, Abb. 5.1) nachgewiesen wurde. Die beste Prognose konnte mit den Summen, den Mittelwerten, den Maxima und den wochenweisen Zusammenfassungen der Maxima erzielt werden. Für diese Zusammenfassung der Fangdaten nahm das Bestimmtheitsmaß (R-Quadrat) für den Zeitraum der Boniturwoche (Woche null) und den einzelnen Wochen vor der Boniturwoche (Woche eins bis Woche fünf) vor Bonitur, für die Zusammenfassung aller Stadien der Gammaeule in den Jahren 2003 und 2004, Werte zwischen 0,3 und 0,6 an (Abb. 5.21). Die beste Prognose einer Befallssituation mit einem R-Quadrat von 0,546 (Abb. 5.21 und Tab. A1) ergaben die gemittelten Fangzahlen männlicher Gammaeulen aus drei Fallen pro Feld in Woche vier vor der Befallsbonitur. Die mit den bisherigen Methoden durchgeführten Regressionsanalysen lieferten für die Fangdaten des Jahres 2002 die ungenauesten Befallsprognosen.

Die Regressionsanalyse des ersten Zeitraumes der Untersuchungsperiode (Woche 19 bis Woche 25) ergab für die maximale Anzahl, die Summen und die mittlere Anzahl an Faltern aus drei Fallen pro Feld in den Wochen zwei, drei und vier vor Bonitur, für die Zusammenfassung der Jahre 2003 und 2004 die höchsten R-Quadratwerte ( $> 0,7$ ) und die besten Ergebnisse für eine Prognose des Befalls der Spinatflächen mit allen untersuchten Stadien der Gammaeule (Abb. 5.19, Abb. 5.22). Das Bestimmtheitsmaß nahm für die Maxima und die Anzahl an gefangenen Faltern bei einer Zusammenfassung der Jahre 2002 bis 2004 die Werte 0,2 und 0,7 an. Die höchsten R-Quadrate wurden für eine Prognose der L1-Stadien und der Eier anhand der Falterfänge fünf Wochen vor der Bonitur erzielt (Abb. 5.22). Auch für diesen Zeitraum war für das Jahr 2002 keine Vorhersage möglich (das Bestimmtheitsmaß lag meist im Bereich zwischen Null und Eins).

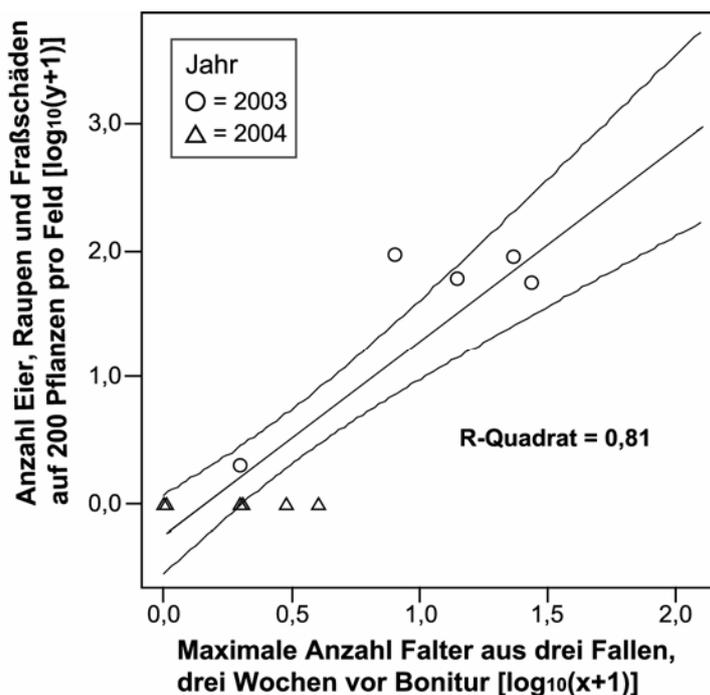


Abb. 5.19 Das beste Prognosemodell für die Vorhersage aller Entwicklungsstadien der Gammaeule im ersten Zeitraum (Woche 19 bis Woche 25) der Regressionsanalyse [R-Quadrat = 0,81, Regressionsgleichung:  $\log_{10}(y+1) = -0,24 + 1,53 \cdot \log_{10}(x+1)$ ,  $F = 53,77$ ,  $df = 14$ ,  $p < 0,001$ ].

Die Vorhersagen eines Befalls im zweiten definierten Zeitraum (Woche 26 bis Woche 32) innerhalb der Untersuchungsperioden der Jahre 2002 bis 2004 lieferte nur in Einzelfällen eine gute Prognose einer Befallssituation. Der Befall einer Spinatfläche mit allen Larvalstadien, Eiern und frischen Fraßschäden ließ sich am besten mit der maximalen Anzahl an gefangenen Gammaeulen-Männchen aus drei Fallen pro Feld im Zeitraum der Boniturwoche bis drei Wochen vor der Bonitur, der Jahre 2003 und 2004 vorhersagen (Abb. 5.20, Abb. 5.23). Für die L2-Raupen der Gammaeulen konnte eine relativ gute Vorhersage mit den Summen an gefangenen Faltern aus drei Fallen pro Feld der Jahre 2003 und 2004 in der zweiten Woche vor der Befallsbonitur erzielt werden (R-Quadrat = 0,523). Das L3-Stadium konnte für diesen Zeitraum am besten mit der maximalen Anzahl, der Summe und den Mittelwerten aus drei Fallen pro Feld vorhergesagt werden, die in den Jahren 2003 und 2004 gefangen wurden (R-Quadrat  $\approx$  0,4) (Abb. 5.23). Ansonsten war die Vorhersagegenauigkeit für diesen Zeitraum gering (das Bestimmtheitsmaß nahm meist Werte unter 0,3 an). Für das Jahr 2002 war, wie in den beiden

anderen untersuchten Zeiträumen, keine Prognose einer Befallssituation anhand von Pheromonfallenfängen möglich.

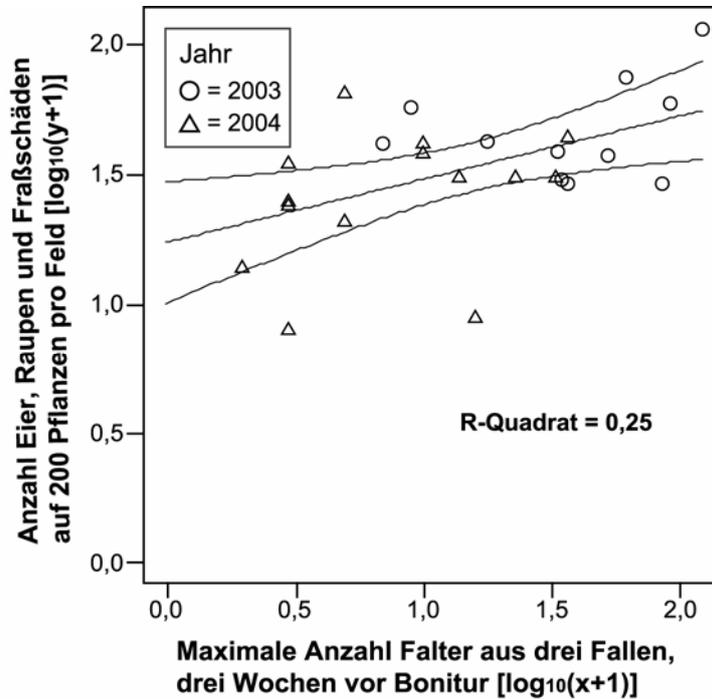


Abb. 5.20 Das Prognosemodell für die Vorhersage aller Entwicklungsstadien der Gammaeule im zweiten Zeitraum (Woche 26 bis Woche 32) der Regressionsanalyse [R-Quadrat = 0,25; Regressionsgleichung:  $\log_{10}(y+1) = 1,23 + 0,24 \cdot \log_{10}(x+1)$ ;  $F = 7,81$ ,  $df = 24$ ,  $p = 0,01$ ].

Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose

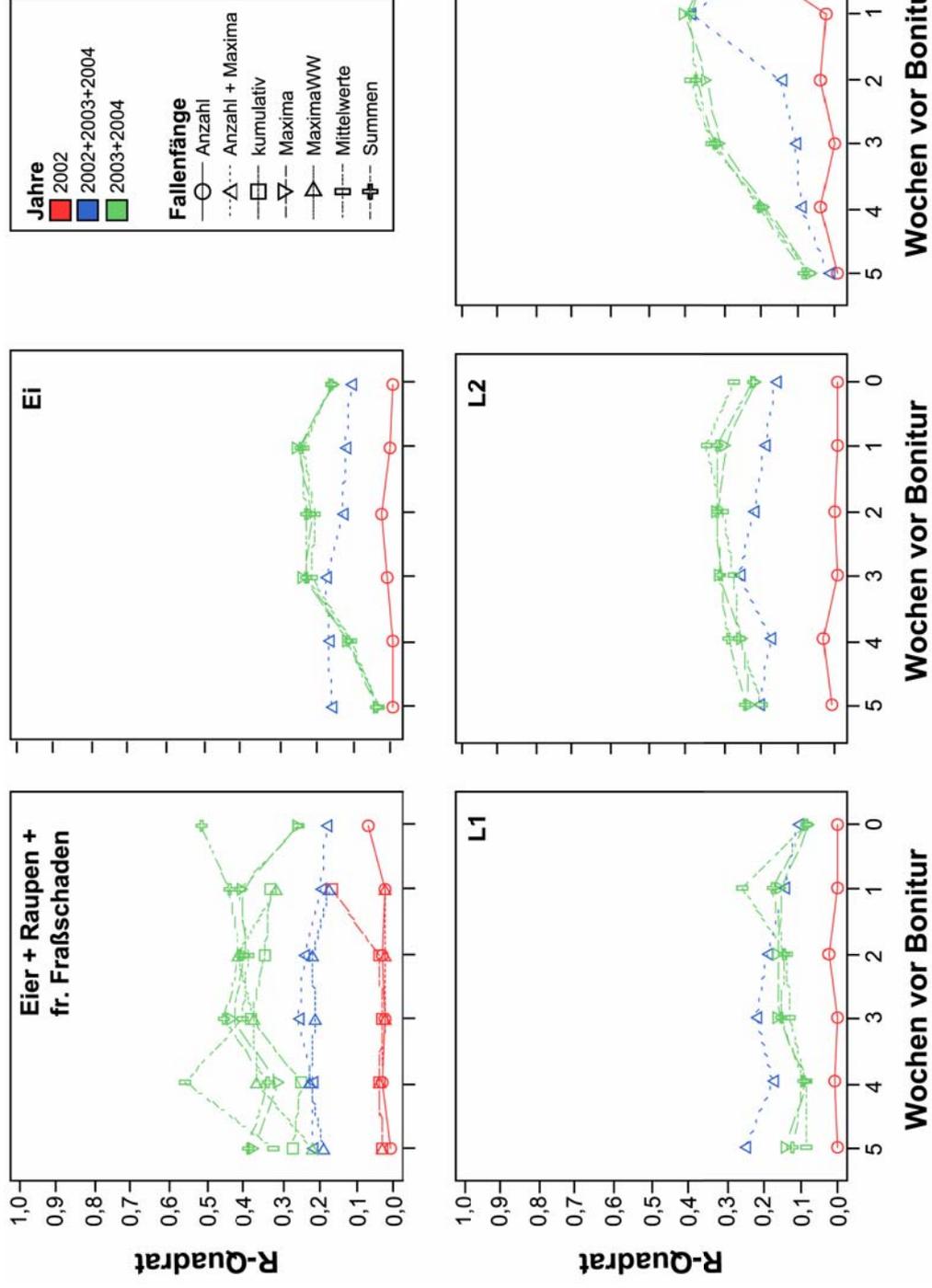


Abb. 5.21 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Ermittlung von Beziehungen zwischen der Anzahl an männlichen Gammelaufen in den Pheromonfallen und den Eiern und Larvalstadien der Gammelle, die zum Zeitpunkt der Bonitur (Woche 0, Abb. 5.1) während des gesamten Untersuchungszeitraumes der drei Jahre (Woche 19 bis Woche 37) gefunden wurden. Zur Beschreibung der Güte der einzelnen Beziehungen und damit der Vorhersagegenauigkeit, wird das Bestimmtheitsmaß (R-Quadrat) angegeben (Tab. A1 im Datenanhang).

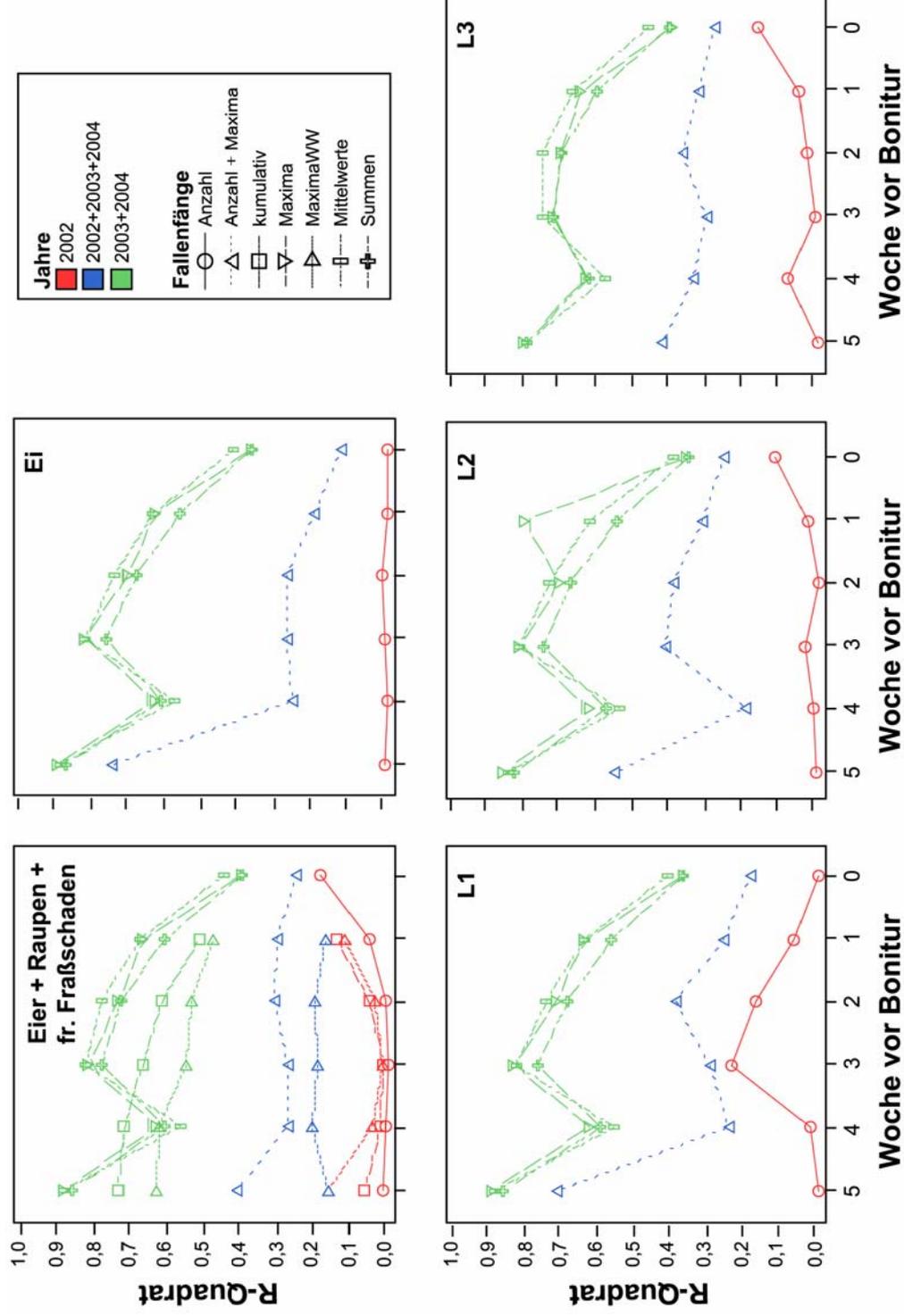


Abb. 5.22 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Ermittlung von Beziehungen zwischen der Anzahl an männlichen Gammeulen in den Pheromonfallen und den Eiern und Larvalstadien der Gammeule, die zum Zeitpunkt der Bonitur (Woche 0, Abb. 5.1) während des ersten Teils des Untersuchungszeitraumes der drei Jahre (Woche 19 bis Woche 25) gefunden wurden. Zur Beschreibung der Güte der einzelnen Beziehungen und damit der Vorhersagegenauigkeit, wird das Bestimmtheitsmaß (R-Quadrat) angegeben (Tab. A2 im Datenanhang).

## Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose

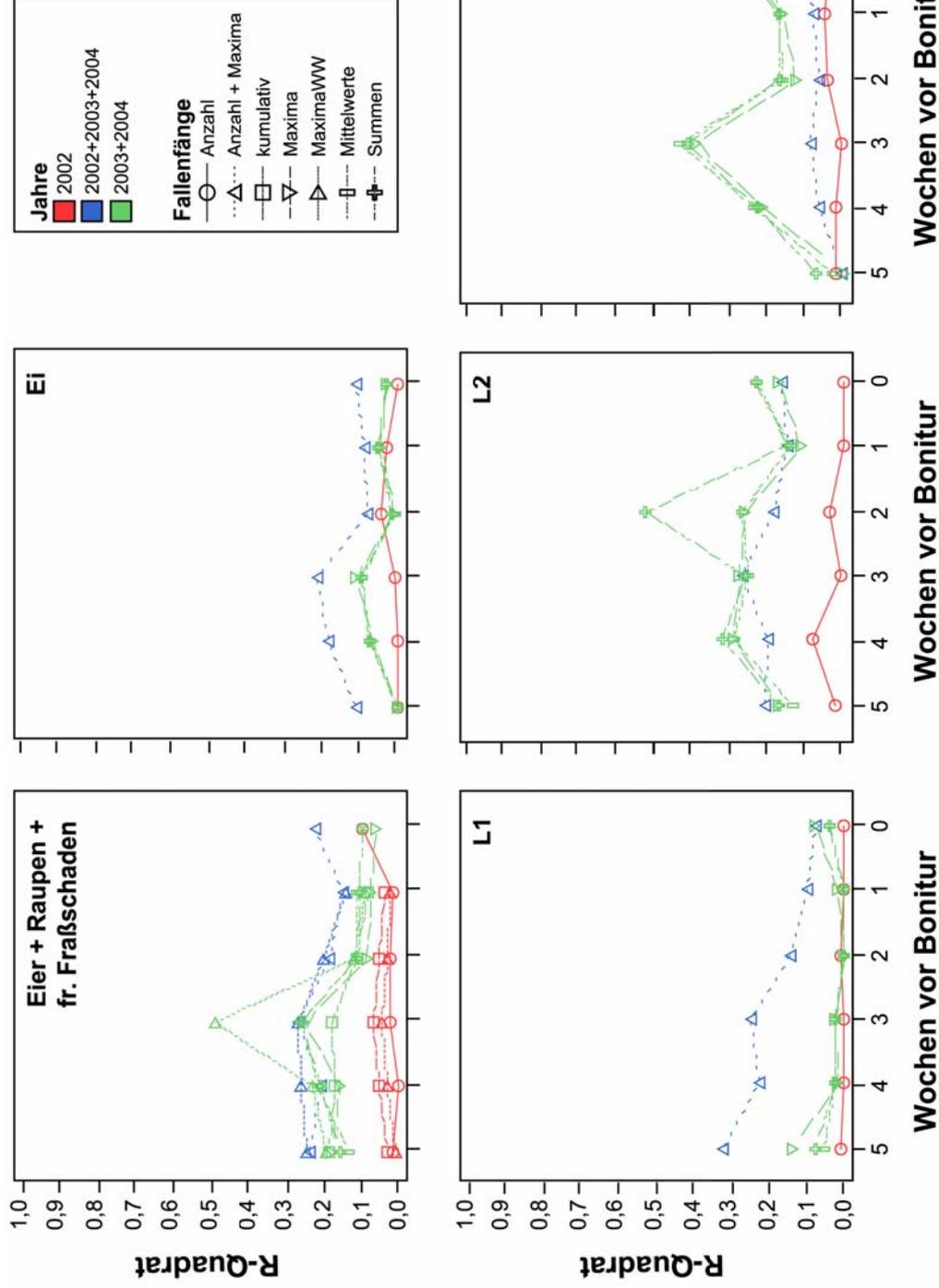


Abb. 5.23 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Ermittlung von Beziehungen zwischen der Anzahl an männlichen Gammeulen in den Pheromonfallen und den Eiern und Larvalstadien der Gammeule, die zum Zeitpunkt der Bonitur (Woche 0, Abb. 5.1) während des zweiten Teils des Untersuchungszeitraumes der drei Jahre (Woche 26 bis Woche 32) gefunden wurden. Zur Beschreibung der Güte der einzelnen Beziehungen und damit der Vorhersagegenauigkeit, wird das Bestimmtheitsmaß (R-Quadrat) angegeben (Tab. A3 im Datenanhang).

Nun wurde auf Basis von Daten zur Entwicklungsdauer einzelner Larvalstadien der Gammaeule versucht, den Zeitraum einzugrenzen, in dem eine Eiablage stattgefunden haben muss, um letztendlich für die bei den Bonituren erfassten Eier und Larvalstadien verantwortlich gewesen zu sein. Hierzu wurden die Tagesgrade (siehe S. 142) pro Woche im Untersuchungszeitraum ermittelt (Tab. 5.15 - 5.17). Dann wurde überprüft, in welchem Zeitraum die notwendige Anzahl an Tagesgraden für eine vollständige Entwicklung bis zu den häufigsten bonitierten Stadien (Ei, L1-Raupen, L2-Raupen, L3-Raupen) erreicht wurde. Angaben zu stadienspezifischen Tagesgraden sind in der Literatur nicht zu finden. Für die Berechnung der Tagesgrade wurde daher die Entwicklungsdauer der einzelnen Larvalstadien der Gammaeule bei 19 °C durch die Tagesgrade geteilt, die für eine erfolgreiche Entwicklung einer Raupe bis zum Falter notwendig sind. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in der Tabelle 5.14 aufgeführt.

**Tab. 5.14** Stadienspezifische Entwicklungsdauer der Gammaeulen-Eier und Larvalstadien (L1 bis L5) bei 19 °C sowie die für eine erfolgreiche Entwicklung des jeweiligen Stadiums notwendigen Tagesgrade (siehe S. 142) auf Basis der unteren Temperaturgrenzen.

Stadium	Tage <sup>1</sup>	Tagesgrade <sup>2</sup>	untere Temperaturgrenze [°C] <sup>3</sup>
Ei	3,5	56,6	8,6
L1	4,0	49,8	7,6
L2	3,2	39,8	7,6
L3	3,4	42,3	7,6
L4	4,0	50,4	7,6

<sup>1</sup> nach RASHID *et al.* (1971), <sup>2</sup> eigene Berechnung auf Basis von RASHID *et al.* (1971) und VENETTE *et al.* (2003), <sup>3</sup> nach DOCHKOVA 1972 und VENETTE *et al.* (2003)

Zum Beispiel wurde eine für die Entwicklung eines Gammaeulen-Eis bis zur L3-Raupe notwendige Anzahl von 188,9 Tagesgraden (Tab. 5.15) in allen Jahren der Untersuchung meist im Zeitraum von 2 bis 3 Wochen vor der Bonitur erreicht (Tab. 5.15 - 5.17). D.h. eine Eiablage muss 2 bis 3 Wochen vor der Bonitur stattgefunden haben.

**Tab. 5.15** Ermittelte Tagesgrade (degree days) für die Wochen, in denen Bonituren während des Jahres 2002 durchgeführt wurden. Für die Berechnung wurde eine untere Temperaturgrenze von 8 °C festgesetzt, und es wurden die mittleren Tagestemperaturen verwendet (0 = Boniturwoche, 0-1 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und einer Woche vor Bonitur, 0-2 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und zwei Wochen vor Bonitur, 0-3 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und drei Wochen vor Bonitur, 0-4 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und vier Wochen vor Bonitur, 0-5 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und fünf Wochen vor Bonitur). Die Aufstellung der Fallen und die Durchführung der ersten Bonituren erfolgte in Woche 19 (Anfang Mai). Fett markiert sind alle Tagesgrade über 188,9 (notwendig für eine erfolgreiche Entwicklung vom Ei bis zum L3-Stadium).

Woche	Tagesgrade (dd)					
	0	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5
19	36,63					
20	50,85	87,48				
21	53,04	103,89	140,53			
22	43,69	96,74	147,59	184,22		
23	71,72	115,42	168,46	<b>219,31</b>	255,95	
24	53,57	125,30	169,00	<b>222,04</b>	272,89	309,53
25	82,37	135,95	<b>207,67</b>	251,37	304,41	355,26
26	49,43	131,80	<b>185,38</b>	257,11	300,80	353,85
27	50,04	99,47	<b>181,85</b>	235,42	307,15	350,85
28	68,10	118,14	167,57	<b>249,95</b>	303,52	375,25
29	65,18	133,28	<b>183,32</b>	232,76	315,13	368,71
30	69,63	134,82	<b>202,92</b>	252,96	302,40	384,77
31	84,27	153,91	<b>219,10</b>	287,20	337,24	386,67
32	66,59	150,87	<b>220,51</b>	285,69	353,79	403,83
33	84,82	151,42	<b>235,70</b>	305,33	370,52	438,62
34	73,63	158,46	<b>225,05</b>	309,33	378,97	444,15

**Tab. 5.16** Ermittelte Tagesgrade (degree days) für die Wochen, in denen Bonituren während des Jahres 2003 durchgeführt wurden. Für die Berechnung wurde eine untere Temperaturgrenze von 8 °C festgesetzt, und es wurden die mittleren Tagestemperaturen verwendet (0 = Boniturwoche, 0-1 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und einer Woche vor Bonitur, 0-2 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und zwei Wochen vor Bonitur, 0-3 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und drei Wochen vor Bonitur, 0-4 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und vier Wochen vor Bonitur, 0-5 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und fünf Wochen vor Bonitur). Die Aufstellung der Fallen und die Durchführung der ersten Bonituren erfolgte in Woche 19 (Anfang Mai). Fett markiert sind alle Tagesgrade über 188,9 (notwendig für eine erfolgreiche Entwicklung vom Ei bis zum L3-Stadium).

Woche	Tagesgrade (dd)					
	0	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5
19	38,51					
20	22,83	61,34				
21	34,01	56,85	95,36			
22	78,99	113,00	135,84	174,35		
23	85,74	164,73	<b>198,75</b>	221,58	260,09	
24	70,68	156,43	<b>235,42</b>	269,44	292,27	330,78
25	68,34	139,03	<b>224,77</b>	303,77	337,78	360,62
26	72,86	141,20	<b>211,89</b>	297,64	376,63	410,65
27	51,97	124,83	<b>193,17</b>	263,86	349,61	428,60
28	69,74	121,71	<b>194,57</b>	262,92	333,60	419,35
29	101,46	171,20	<b>223,17</b>	296,04	364,38	435,07
30	81,44	182,90	<b>252,65</b>	304,62	377,48	445,82
31	83,70	165,14	<b>266,60</b>	336,35	388,32	461,18
32	113,34	<b>197,04</b>	278,48	379,95	449,69	501,66
33	88,18	<b>201,52</b>	285,22	366,67	468,13	537,87
34	64,65	152,83	<b>266,17</b>	349,87	431,32	532,78
35	52,44	117,09	<b>205,28</b>	318,62	402,32	483,76
36	47,55	100,00	164,65	<b>252,84</b>	366,18	449,88

**Tab. 5.17** Ermittelte Tagesgrade (degree days) für die Wochen, in denen Bonituren während des Jahres 2004 durchgeführt wurden. Für die Berechnung wurde eine untere Temperaturgrenze von 8 °C festgesetzt, und es wurden die mittleren Tagestemperaturen verwendet (0 = Boniturwoche, 0-1 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und einer Woche vor Bonitur, 0-2 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und zwei Wochen vor Bonitur, 0-3 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und drei Wochen vor Bonitur, 0-4 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und vier Wochen vor Bonitur, 0-5 = Summe Tagesgrade aus Boniturwoche und fünf Wochen vor Bonitur). Die Aufstellung der Fallen und die Durchführung der ersten Bonituren erfolgte in Woche 19 (Anfang Mai). Fett markiert sind alle Tagesgrade über 188,9 (notwendig für eine erfolgreiche Entwicklung vom Ei bis zum L3-Stadium).

Woche	Tagesgrade (dd)					
	0	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5
19	16,56					
20	27,92	44,48				
21	34,34	62,26	78,82			
22	29,25	63,60	91,52	108,08		
23	41,70	70,96	105,30	133,22	149,79	
24	67,25	108,95	138,21	172,55	<b>200,47</b>	217,04
25	45,17	112,42	154,13	183,39	<b>217,73</b>	245,65
26	47,60	92,78	160,03	<b>201,74</b>	231,00	265,34
27	52,65	100,26	145,43	<b>212,68</b>	254,39	283,65
28	51,79	104,44	152,05	<b>197,22</b>	264,47	306,18
29	60,20	111,99	164,64	<b>212,25</b>	257,42	324,67
30	68,86	129,06	180,85	<b>233,51</b>	281,12	326,29
31	76,29	145,15	205,35	<b>257,15</b>	309,80	357,41
32	107,61	183,90	252,77	<b>312,97</b>	364,76	417,41
33	87,62	195,24	271,53	<b>340,40</b>	400,60	452,39

## 5.4 DISKUSSION

### 5.4.1 Fallentypen, Pheromonbeladungsraten und Disperserwechselzeitpunkte

Die Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) ist ein bedeutender Schaderreger im Freilandspinatanbau. Die Raupen dieses Schadschmetterlings können den Ernteertrag durch ihren Fraß mindern. Sie spielen aber auch als unerwünschte Fremdkörper im Erntegut eine bedeutende ökonomische Rolle.

Für den gezielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zur Kontrolle von Schadraupen in Spinatkulturen ist es hilfreich, einen Befallsverlauf vorhersagen zu können. Zu diesem Zweck können Pheromonfallen z. B. zur Überwachung von Schmetterlingen eingesetzt werden (HOWSE *et al.* 1998, REDDY & GUERRERO 2000, REDDY & GUERRERO 2001). Die Anzahl adulter männlicher Schmetterlinge in den Pheromonfallen muss allerdings

positiv mit dem Schädlingsbefall korreliert sein, um eine zuverlässige Vorhersage treffen zu können. Bei Überschreiten einer Schadschwelle kann dann eine entsprechende Pflanzenschutzmaßnahme (z. B. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln) durchgeführt werden. Dies führt in der Regel zu einer Reduzierung von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen, da der Einsatz nicht mehr prophylaktisch erfolgt oder auf ungenauen Schätzungen der Befallssituation beruht.

In einer Freilandstudie im Jahr 2002 wurden zwei Fallentypen und zwei unterschiedliche Pheromonbeladungen der Dispenser auf ihre Eignung im Spinatanbau getestet. In den getesteten Fallen kamen artspezifische Lockstoffe (Sexualpheromone) zum Einsatz.

Pheromone werden von weiblichen Gammaeulen bei einem bestimmten „*calling behaviour*“ (Lockverhalten) abgegeben (SZÖCS & TÒTH 1979). Sie hängen sich dazu an vertikale Strukturen und spreizen ihre Beine und Flügel ein wenig seitwärts. Manchmal lassen die Weibchen auch die Flügel vibrieren. Der Ovipositor wird ausgestreckt und die Sexualpheromon-Drüse wird vollständig exponiert. Meistens locken die Weibchen nur für einige Minuten an einer Stelle und fliegen dann abrupt zu einer neuen Stelle, wo das Lockverhalten erneut einsetzt. Vor und nach solchen Ortswechseln zeigen die Weibchen ein „*smearing behaviour*“ (Schmierverhalten), bei dem sie mit den Pheromon-Drüsen die Pflanzenoberfläche bestreichen (SZÖCS & TÒTH 1979). Frisch geschlüpfte Falter zeigen noch kein Lockverhalten. Dieses Verhalten tritt erst bei einem Alter von einem Tag auf, es kann am häufigsten 4 Tage nach Schlupf beobachtet werden und steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit der zunehmenden Ovarienreifung. Die Männchen reagieren erst einen Tag nach dem Schlupf auf die von den Weibchen abgegebenen Sexualpheromone (SZÖCS & TÒTH 1979). DUNKELBLUM & GOTHILF (1983) untersuchten Abdomenspitzen von unverpaarten *Autographa gamma*-Weibchen. Bei einer gaschromatographischen Untersuchung der letzten beiden distalen Abdominalsegmente konnte (Z)7-Dodecenylnyl-acetat als Substanz mit dem höchsten Anteil gefunden werden. Die zweite Substanz, die bei dieser Analyse bestimmt werden konnte, trat in geringeren Mengen auf und wurde als (Z)7-Dodecenylnol identifiziert. Die Menge an (Z)7-Dodecenylnyl-acetat pro *Autographa gamma*-Weibchen lag bei 2 bis

3 ng. (Z)7-Dodecenol konnte mit 0,2 bis 1 ng pro Weibchen nachgewiesen werden. In einer Studie von TÓTH *et al.* (1983) wurde für ein unverpaartes *A. gamma*-Weibchen eine Menge von 1,0 ng (Z)7-Dodecenyl-acetat und 1,1 ng (Z)7-Dodecenol nachgewiesen.

Neben den Pheromonen können jedoch auch andere Substanzen eine Lockwirkung sowohl auf weibliche als auch auf männliche Gammaeulen besitzen. BURGIO & MAINI (1994) konnten zeigen, dass neben *Autographa gamma* auch eine Anzahl weiterer Lepidopteren-Arten und verschiedene Dipteren durch Phenylacetaldehyd angelockt werden. Die verwendete Menge dieser Substanz pro Dispenser und Falle lag bei 100 mg (BURGIO & MAINI 1994).

Der im Rahmen dieser Arbeit verwendete Lockstoff war ein Gemisch aus (Z)7-Dodecenyl-acetat (Z7-12:Ac) und (Z)7-Dodecenol (Z7-12:OH) im Verhältnis 95:5 der Firma Trifolio-M GmbH. Alle eingesetzten und mit diesem Pheromon-Mix beköderten Fallen erwiesen sich als fängig. Die eingesetzten Dispenser enthielten entweder eine niedrige (0,1 mg Pheromon pro Dispenser) oder eine hohe (1 mg Pheromon pro Dispenser) Pheromonbeladung. In beiden Fällen ergab sich eine höhere Fängigkeit der Dispenser mit niedriger Beladungsrate (Abb. 5.1 - 5.2). Auch bei den Versuchen mit langen und kurzen Standzeiten der Dispenser erwiesen sich die Varianten als fängiger, in denen der Dispenser im Gesamtversuchszeitraum von 36 Tagen nicht ausgetauscht wurde (Abb. 4-5). Somit können sowohl die niedrige (0,1 mg Pheromon pro Dispenser) als auch die hohe (1 mg Pheromon pro Dispenser) Pheromonbeladungsrate der vom Hersteller (Trifolio-M GmbH) gelieferten Dispenser als sehr hoch eingestuft werden. Für den Einsatz höher dosierter Pheromonbeladungen der Dispenser spricht jedoch deren lang anhaltende Lockwirkung auf die Gammaeulen-Männchen. Vom Hersteller (Firma Trifolio-M GmbH) wird empfohlen, die Dispenser etwa alle 4 Wochen auszutauschen. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie können die Dispenser jedoch bis zu 36 Tagen in den Fallen verbleiben, was den Arbeitszeitaufwand für die Wartung der Fallen senkt.

PRIESNER (1980) untersuchte die Ultrastruktur olfaktorischer Haare (Sensilla trichodea) der Antennen von männlichen Lepidopteren. Diese weist zwei bis

fünf Rezeptor-Zelltypen auf, von denen jeder auf eine Schlüssel-Chemikalie spezialisiert ist und mit hundert bis tausend Einzelzellen vertreten ist. Er fand heraus, dass *Autographa gamma* ein System aus fünf Rezeptor-Zelltypen besitzt. Dieses System setzt sich aus spezialisierten Zellen für (Z)5-Decenyl-acetat, (Z)5-Dodecenyl-acetat, (Z)7-Dodecenyl-acetat, (Z)9-Tetradecenyl-acetat und (Z)7-Dodecenol zusammen. Nach PRIESNER (1980) erwies sich eine Mischung aus (Z)-7-Dodecenyl-acetat und (Z)-7-Dodecenol im Verhältnis 95:5 als effektiver Köder für die männlichen Gammaeulen.

In Freilanduntersuchungen von GHIZDAVU *et al.* (1979) erwies sich eine Dispenserbeladung von 1 mg (Z)7-Dodecenyl-acetat als attraktiv für die Männchen von *Autographa gamma*. Nach DUNKELBLUM & GOTHILF (1983) ist jedoch eine Menge von 0,1 bis 0,2 mg (Z)7-Dodecenyl-acetat die optimale Menge für den Fang von Gammaeulen-Männchen im Freiland. Höhere Dosierungen dieses Pheromons lockten, in Freilandversuchen neben den Gammaeulen auch Männchen der Art *Trichoplusia ni* (HÜBNER) (Lepidoptera: Noctuidae) in die Fallen (DUNKELBLUM & GOTHILF 1983). Die Autoren konnten ebenfalls nachweisen, dass höhere Konzentrationen des Pheromons einen repellenten Effekt auf die Männchen der Gammaeule hatten.

Der Zusatz von 10 % (Z)7-Dodecenol zu einer Dispenserbeladung mit 0,1 mg (Z)7-Dodecenyl-acetat hat nach DUNKELBLUM & GOTHILF (1983) tendenziell eine Steigerung der Gammaeulenfänge zur Folge. Weiterhin scheint der Alkohol eine bedeutende Rolle in der sexuellen Isolation einiger sympatrischer Plusiinae-Arten zu spielen. TÓTH *et al.* (1983) führten ebenfalls Freilandexperimente mit Pheromonfallen durch, die mit verschiedenen Mischungen aus (Z)7-Dodecenyl-acetat und (Z)7-Dodecenol beködert waren. In allen Experimenten konnten die höchsten Fänge von *Autographa gamma*-Männchen mit den Fallen erzielt werden, deren Dispenser mit 1 mg der beiden Pheromone im Mischungsverhältnis von 100:1 (Z7-12:Ac: Z7-12:OH) oder 95:5 (Z7-12:Ac: Z7-12:OH) beködert waren.

In Windkanalversuchen konnte nachgewiesen werden, dass eine Mischung von 25 µg (Z)7-Dodecenyl-acetat mit 1,25 µg (Z)7-Dodecenol eine hohe Anzahl an Kopulationsversuchen bei den Gammaeulen-Männchen auslöste (MAZOR & DUNKELBLUM 1992). Nur 25 µg (Z)7-Dodecenyl-acetat allein und

ein mit Pheromonen lockendes Gammaeulen-Weibchen hatten einen stärkeren, positiven Einfluss auf die Anzahl an Kopulationsversuchen der Gammaeulen-Männchen (MAZOR & DUNKELBLUM 1992).

Aber nicht nur die Zusammensetzung und Dosierung des Pheromons scheint einen Einfluss auf die Fängigkeit der Fallen zu haben, sondern auch der Fallentyp. Es zeigte sich, dass in den Topffallen wesentlich mehr männliche Gammaeulen gefangen wurden als in den mit Leimeinlagen bestückten Deltafallen (Abb. 3). Als eine mögliche Erklärung dieser Ergebnisse kann die Struktur der Topffallen genannt werden, die eine Ausbreitung der Moleküle des Sexuallockstoffs unabhängig von der Himmelsrichtung erlauben. Eine Ausrichtung der Topffallen spielt somit im Vergleich zu den Deltafallen keine entscheidende Rolle für die Fängigkeit. Im Gegensatz zu den Topffallen besitzen Deltafallen nur zwei Öffnungen, durch welche sich das Pheromon verbreitet und von den männlichen Gammaeulen wahrgenommen werden kann. Als eine weitere Erklärung der geringeren Fängigkeit kann die schnelle Verschmutzung der Leimeinlagen dieses Fallentyps mit Schuppen der gefangenen Falter herangezogen werden. Sie führt dazu, dass das Anheften weiterer Gammaeulen-Männchen verhindert wird. Im Gegensatz dazu können in Topffallen große Mengen an Faltern einfliegen, ohne deren Fängigkeit negativ zu beeinflussen. Auch BURGIO & MAINI (1994) fingen in einer Topffalle, die mit 0,1 mg (97:3) E(Z)11-tetradecenyl-acetat, einem generellen Lockstoff für verschiedene Schädlinge, 30-135 mal mehr *Autographa gamma*-Individuen, als in Deltafallen mit Leimeinlage.

Andere Fallensysteme, wie Lichtfallen (CRAIK 1979, ZANATY *et al.* 1984, HÜLBERT 1990) und Fallen mit unspezifischen Lockstoffen (BURGIO & MAINI 1994) sind zwar effektiv für eine Erfassung von Gammaeulen erfordern jedoch einen hohen Arbeitszeitaufwand für eine exakte Determination und zahlenmäßige Erfassung der Gammaeulen-Falter (HÜLBERT 1990, BURGIO & MAINI 1994). Außerdem werden bei dieser Fangweise sehr viele unschädliche, u. U. seltene und geschützte Arten mit erfasst (RICHERT & HÜLBERT 1990, BURGIO & MAINI 1994), deren Flugverlauf für Fragestellungen des Pflanzenschutzes uninteressant ist. Artspezifische Pheromonfallen sind also ideal zur genauen Erfassung von Flugbeginn und Flugverlauf relevanter Arten geeignet (HÜLBERT 1990). Außerdem entfällt die

oftmals zeitaufwendige und schwierige Determination des umfangreichen Materials (HÜLBERT 1990).

Insbesondere Topffallen waren auch in ihrer Handhabung vorteilhafter als Deltafallen: Der Wechsel des Dispensers sowie die Kontrollen und Leerungen des Topfes ließen sich in wesentlich kürzerer Zeit durchführen als für die Handhabung der Deltafallen und den Wechsel der Leimeinlagen verwendet werden musste. Auch KNODEL & AGNELLO (1990) führen an, dass die Handhabung von Deltafallen mit Klebeinlage im Vergleich zu Fallen ohne Klebeinlage wesentlich zeitaufwendiger in ihrer Präparation und Wartung waren und somit Kosten sparender sind. Des Weiteren waren die in Klebfallen gefangenen Tiere schwerer zu bestimmen als in anderen Fallentypen (KNODEL & AGNELLO 1990).

Als Nachteil erwies sich der Beifang, der in Topffallen in wesentlich höherer Anzahl gefangen wurde, als in Deltafallen. In diesem Beifang konnten neben einigen Spinatschädlingen auch eine Anzahl an nützlichen Insekten gefunden werden. Es handelte sich hierbei um natürliche Gegenspieler der Spinatschädlinge, wie z. B. Florfliegen, Marienkäfer, Schlupfwespen und Schwebfliegen. In geringer Anzahl wurden auch weitere Lepidopterenarten von dem Pheromon-Mix angezogen. Unter anderem Individuen der Noctuidenart *Macdunnoughia confusa* (STEPHENS). Neben den spezifischen Zielschädlingen wurden an allen Standorten Blütenbesucher wie Hymenopteren und Syrphiden in den Fallen gefangen. Dieser „Nützlingsfang“ ist wahrscheinlich auf die gelbe Färbung des oberen Teils der Topffalle zurückzuführen und weniger auf die volatile Eigenschaft und Lockwirkung der Pheromone (KRAUSE 1985). Vermutlich übt auch der weißglänzende Topf durch reflektierendes ultraviolettes Licht eine Anziehungskraft auf blütenbesuchende Insekten aus (KRAUSE 1985). Auch werden die Insekten von der gelben Farbe des oberen Teils der Topffalle angelockt (MÜHLENBERG 1993). Dieser unerwünschte Beifang ließe sich vermutlich verhindern, wenn man die Farben der Topffalle ändern würde. Allerdings bestünde dann die Gefahr, dass die Fallen von den Landwirten oder Erntefahrern übersehen und beschädigt werden könnten.

#### **5.4.2 Die Phänologie der Gammaeule im Untersuchungszeitraum**

In allen drei Jahren der Untersuchung (2002 bis 2004) wurden Raupen und Falter der Gammaeule im Untersuchungsgebiet nachgewiesen (Abb. 5.14 - 5.16).

Die ersten *A. gamma*-Falter wurden in allen drei Jahren in geringer Individuenzahl bereits Anfang Mai, d. h. eine Woche nach Aufstellen der Pheromonfallen gefangen. Die Hauptflugzeit der Falter lag in allen drei Jahren in den Wochen 23 (Anfang Juni) bis 35 (Ende August). Im Jahr 2003, einem „Jahrhundertsommer“, wurden insgesamt mehr *A. gamma*-Individuen gefangen, als in den Jahren 2002 und 2004. In jedem der Untersuchungsjahre konnten zwei bis drei Maxima im Flugverlauf der männlichen Gammaeulen nachgewiesen werden, was möglicherweise die Entwicklung zweier Generationen widerspiegelt.

Nach STEINER (1997) verteilen sich Falternachweise auf den Zeitraum von Ende Februar bis Anfang Dezember. Innerhalb dieser jahreszeitlichen Spanne kommt es in den meisten Jahren zu mehr oder weniger starken Einwanderungen und zur Bildung mehrerer Nachfolgenerationen in den Monaten Mai bis Oktober. Eine Trennung einzelner Generationen ist in Mitteleuropa normalerweise schon ab Juni nicht mehr möglich, da die unregelmäßigen Einwanderungsschübe das Bild verwischen. Zudem variiert die Entwicklungszeit lokal aufgewachsener Tiere je nach Fundort und Mikroklima (STEINER 1997). In der warmen Jahreszeit dürfte in der Ebene und im Hügelland eine ununterbrochene Entwicklungsfolge möglich sein, sodass ab der Jahresmitte wohl die wenigsten Tiere in ein simples Generationenschema gezwängt werden können (STEINER 1997). VOJNITS beschreibt in Ungarn drei Generationen. Von DOCHKOVA (1972) werden zwei bis drei und unter optimalen Bedingungen vier Generationen der Gammaeule pro Jahr beschrieben. In Laborstudien vollendete *Autographa gamma* vier Generationen pro Jahr (RASHID *et al.* 1971, HARAKLY 1975).

Der Zeitraum des Monitorings im westlichen Münsterland war zeitlich begrenzt (Woche 19 bis 37), deshalb wurden wahrscheinlich nur zwei Generationen der Gammaeule erfasst.

*Autographa gamma* ist die häufigste echte Wanderfalterart in Europa (STEINER 1997). Die Art ist in der Lage in Schwärmen aus den Überwinterungsgebieten, die vermutlich in Nordwestafrika, den Kanaren oder Kleinasien liegen (SZÖCS & TÓTH 1979, STEINER 1997, VENETTE *et al.* 2003), im Frühsommer nach Mittel- und Nordeuropa einzuwandern (SZÖCS & TÓTH 1979, HILL & GATEHOUSE 1992, STEINER 1997, INRA 2004). In den Herbstmonaten beginnt dann die Rückwanderung nach Nordafrika und in den Nahen Osten, wo die Art überwintert (Hill & GATEHOUSE 1992, INRA 2004). Für eine Offenlandart wie *Autographa gamma* dürfte Mitteleuropa seit dem Jungneolithikum durch die Rodungstätigkeit des Menschen und die seitdem bestehende Agrarwirtschaft an Bedeutung zugenommen haben; als Trittstein für die Fortpflanzung der Immigranten in mehreren Generationen und vielleicht auch als Basis für die herbstliche Rückwanderung (STEINER 1997). Von HILL & GATEHOUSE (1992) und VOJNITS (1969) wird die These vertreten, dass die Art aufgrund zu niedriger Temperaturen nicht in der Lage ist in Mittel- und Nordeuropa zu überwintern. Andere Autoren führen den geringen Überwinterungserfolg der Art nicht auf die geringen Wintertemperaturen in Mitteleuropa, sondern auf den hohen Grad an Pilzinfektionen (SIDOR & MACELJSKI 1974, STEINER 1997), Bakteriosen (BRAUN 1963, SIDOR & MACELJSKI 1974), Virosen (SIDOR & MACELJSKI 1974), Mikrosporidieninfektionen (SIDOR & MACELJSKI 1974) sowie hohe Parasitierungsraten bei den Herbstraupen durch Parasitoide (FANKHÄNEL 1963, STEINER 1997) zurück. Detaillierte Untersuchungen zur Überwinterung dieser Art fehlen jedoch (STEINER 1997).

Bei den in den Frühjahrsmonaten in Deutschland beobachteten Faltern besteht also die Möglichkeit, dass es sich um Tiere handelt, die als Raupe oder als Puppe entweder im Freiland an mikroklimatisch günstigen Stellen in milden, frostarmen Wintern oder in und an beheizten Gebäuden, Gewächshäusern oder dergleichen, im Untersuchungsgebiet erfolgreich überwintert haben (STEINER 1997). Im Rahmen dieser Untersuchung konnten erfolgreich überwinterte Raupen in Winterspinatflächen (im Herbst des Vorjahres gesät und im Folgejahr geerntet) bereits im März nachgewiesen werden (Kapitel 2).

Erste Raupen- und Eierfunde der Gammaeule konnten im Jahr 2002 ab Woche 19 (Anfang Mai), im Jahr 2003 ab Woche 20 (Mitte Mai) beobachtet werden. Im letzten Jahr der Untersuchung (2004) wurden die ersten Raupen ab Woche 28 (Mitte Juli) auf den Spinatflächen nachgewiesen. Möglicherweise ist dieser späte Nachweis auf die geringe Anzahl an Feldern zurückzuführen, die in diesem Untersuchungsjahr kontrolliert wurden (Abb. 5.14 - 5.16).

Die unterschiedlichen geografischen Regionen (Kapitel 6), in denen die Fallen aufgestellt waren, unterschieden sich nicht im zeitlichen Verlauf der Flugaktivität der untersuchten Gammaeulen. Zwischen den Regionen traten Unterschiede in der Menge an gefangenen Faltern pro Falle und Feld auf (Abb. 5.8 - 5.10). Während der drei Untersuchungsjahre unterschieden sich die Region 1 (Bocholt) und die Region 3 (Reken) (Kapitel 6) nicht in der Anzahl gefangener männlicher Gammaeulen. In der Region 2 (Borken) wurden jedoch in allen drei Jahren mehr Falter pro Fallen und Feld nachgewiesen als in den beiden anderen Regionen. Die unterschiedlichen Fangzahlen in den drei geografischen Regionen sind wahrscheinlich auf deren naturräumliche Ausstattung zurückzuführen. Die Regionen 1 (Bocholt) und 3 (Reken) sind geprägt von einer kleinstrukturierten, d. h. von Hecken durchzogenen und waldreichen Landschaft mit kleineren Feldern (Kapitel 6). In der Region 2 (Borken) liegt die Hauptzahl an Feldern, die für den Gemüseanbau der Firma Unilever Deutschland GmbH genutzt werden. Die Landschaft ist ausgeräumt, wird größtenteils agrarisch genutzt und ist weiterhin gekennzeichnet durch das Fehlen naturnaher Landschaftsbestandteile, wie z. B. Hecken (Kapitel 6).

Nach STEINER (1997) sind Raupenhabitate zwar auch in naturnahen Habitaten zu finden, aber die Gammaeule ist eine ausgeprägte Offenlandart. Geschlossene Waldgebiete werden von den Tieren überflogen (STEINER 1997). Die Weibchen bevorzugen offene, besonnte bis mäßig beschattete Flächen auf magerem bis nährstoffreichem Untergrund, wie z. B. Äcker und Beete im Agrarland (STEINER 1997), wie sie in besonderem Maße in der geografischen Region 2 zu finden sind.

Besondere Attraktivität auf die eierablegenden Weibchen scheinen lückiger Wuchs mit umgebenden offenen Bodenflächen (Störstellen) bzw. niedrige,

aber etwas über ihre Umgebung herausragende Pflanzen auszuüben (STEINER 1997). Dies erklärt ihre Vorliebe für in Garten und Feld angebaute Pflanzen (STEINER 1997) und ihr verstärktes Vorkommen in der geografischen Region 2.

Insgesamt betrachtet verlief die Flugaktivität der adulten männlichen Gammaeulen und die Populationsentwicklung der Raupen zu Beginn der Jahre 2002 und 2003 in den Untersuchungswochen 20 (Mitte Mai) bis 32 (Anfang August) synchron (Abb. 5.14 - 5.15). Im Jahr 2004 konnte vermutlich aufgrund der geringen Datenzahl nur eine relativ synchrone Entwicklung in den Wochen 28 (Mitte Juli) bis 32 (Anfang August) nachgewiesen werden (Abb. 5.16). Nach STEINER (1997) erfolgen die Eiablagen bereits ab Anfang Mai sowie im Juni. Die weitaus meisten Raupen wurden in den Sommer- und Herbstmonaten von Ende Juli bis Oktober gefunden, sind also überwiegend als Angehörige der 2. oder 3. Generation aufzufassen.

Gegen Ende der Untersuchungsperioden aller drei Jahre (Woche 34 bis Woche 37), in den Monaten August bis September, verlief die Flugaktivität der männlichen Gammaeulen und die Populationsentwicklung der Raupen auf den Spinatfeldern nicht mehr synchron. Die zu diesem Zeitpunkt hohe Anzahl an Raupen könnte darauf hindeuten, dass die zu diesem Zeitpunkt aktiven *A. gamma*-Weibchen eine besonders hohe Fertilität besaßen oder aber migrierende Weibchen dieser Art aus südlicheren Regionen (s. o.) in das Anbauggebiet eingeflogen sind. Diese Individuen könnten dann dazu beigetragen haben, dass die verschiedenen *A. gamma*-Generationen im Anbauareal überlappten und im Verhältnis viel mehr Raupen, d. h. indirekt auch mehr Weibchen erfasst wurden als Männchen. Nach HARAKLY (1975) liegt die Lebensdauer von *Autographa gamma*-Männchen bei drei bis neun Tagen und die der Weibchen bei fünf bis 19 Tagen. Daher kann eine höhere Lebenserwartung auf Seiten von Lepidopteren-Weibchen dazu beitragen, dass zum Zeitpunkt hoher Raupendichten im Spinat keine Männchen mehr in den Fallen nachgewiesen wurden (HOWSE *et al.* 1997). Als alternative Erklärungsmöglichkeit könnte jedoch auch angeführt werden, dass aufgrund einer hohen Individuendichte an weiblichen adulten Gammaeulen eine hohe Pheromonkonzentration in der Luft über den Anbauflächen vorhanden war und mit der Pheromonbeladung der Pheromonfallen konkurrierte, sodass die

männlichen Falter nicht in die Fallen flogen, sondern stärker von den weiblichen Faltern angelockt wurden. Somit könnte ihre Anzahl bei der Auswertung der Daten unterrepräsentiert sein. Um bei Vorliegen dieser Art von Beeinflussung repräsentative Fangdaten zu erhalten, war es notwendig eine höhere Anzahl an Fallen pro Spinatfläche aufzustellen.

In den Jahren 2003 und 2004 wurden daher 15 Spinatfelder ausgesucht, auf denen jeweils 3 Pheromon-Fallen aufgestellt wurden. Die mittlere Anzahl an gefangenen Faltern in den drei Fallen war auf den meisten Feldern während des gesamten Untersuchungszeitraumes signifikant unterschiedlich. Als mögliche Erklärung für die Unterschiede in der Anzahl gefangener Falter kann der Fallenstandort der einzelnen Fallen auf dem jeweiligen Feld angeführt werden (HOWSE *et al.* 1998). Wenn Fallen vor Wald, Hecken, Maisfeldern o. ä. vertikalen Strukturen standen, wurde möglicherweise die Ausbreitung der Pheromone behindert und es wurden weniger Männchen von den Lockstoffen angelockt als von Fallen, die auf Freiflächen standen und somit von allen Seiten zugänglich waren. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass sich die Fallen selbst in ihrer Fängigkeit beeinflussten (HOWSE *et al.* 1998): Es wurde zwar darauf geachtet einen Mindestabstand von 100 m zwischen den einzelnen Fallen pro Feld einzuhalten (Empfehlung der Firma Trifolio-M GmbH), standen jedoch zwei Fallen in derselben Windrichtung, so könnte eine der beiden Fallen eher für ein angelocktes Männchen erreichbar gewesen sein. Um repräsentative Fangdaten pro Fläche zu erhalten, sollte also mehrere Fallen pro Feld aufgestellt werden. Besonders wenn die Felder in einer geografischen Region mit großem Waldanteil oder vielen Heckenstrukturen liegen, da hier die Ausbreitung der Pheromone behindert werden kann und dieser Effekt durch die Aufstellung von mehr als einer Falle an unterschiedlichen Stellen des Feldrandes ausgeglichen werden kann.

Weiterhin kann es auf den Spinatfeldern während des Anbauprozesses zu möglichen Beeinträchtigungen oder der Zerstörung einzelner Fallen pro Feld kommen. Bei wöchentlichen Kontrollen sichern dann die restlichen unbeeinträchtigten Fallen des Feldes eine kontinuierliche Aufnahme der Fangdaten.

#### **5.4.3 Prognose eines Raupenbefalls der untersuchten Spinatanbauflächen**

Unter der Annahme, dass Männchen und Weibchen der Gammaeule zum gleichen Zeitpunkt auftreten wurde untersucht, ob die Anzahl der in den Pheromonfallen gefangenen *A. gamma* Männchen die feldspezifische Prognose eines möglichen Raupenbefalls auf den Spinatanbauflächen zulässt. Mit dieser Datenbasis wurde ein einfaches Prognosemodell entwickelt, das auch in der Praxis zur Beurteilung und Einleitung von Pflanzenschutzmaßnahmen verwendet werden kann.

Der relativ synchrone Verlauf der Falterfänge und Raupen-Boniturdaten im Untersuchungszeitraum der drei Jahre schien nach der ersten Analyse der Daten die Entwicklung eines Prognosemodells zu ermöglichen. Auf Basis einzelner Felder konnte ein zeitlicher oder quantitativer Zusammenhang zwischen der Anzahl gefangener männlicher Gammaeulen und der auf diesen Feldern erfassten Anzahl an Eiern und Raupen nachgewiesen werden.

Problematische Situationen ergäben sich für die Praxis dann, wenn trotz geringer Falterfänge in den Fallen bei späteren Handbonituren große Mengen an Raupen auf den Pflanzen zu finden wären. In diesem Fall wäre eine Pflanzenschutzmaßnahme unterblieben, da sie aufgrund der Falterfänge als nicht erforderlich eingestuft worden wäre. Der Befall wäre also unterschätzt worden. Prinzipiell denkbar ist auch der umgekehrte Fall, dass zwar viele Falter in den Fallen gefangen würden, dennoch aber die Anzahl der auf den Pflanzen zu findenden Raupen gering wäre. Hier würde aufgrund der Fangdaten ein Pflanzenschutzmitteleinsatz erfolgt sein, obwohl das Raupenaufkommen gering gewesen wäre, d. h. der Befall wäre überschätzt worden. Nach den Erkenntnissen, die im Rahmen dieser Untersuchung gesammelt wurden, sind die Pheromonfallen für die Prognose eines Befalls der Spinatflächen mit Eiern und Raupen der Gammaeule geeignet. Eine hohe Genauigkeit der Vorhersage war jedoch nicht während der gesamten Anbauperiode des Sommerspinats (Woche 19 bis Woche 37) gegeben. Die genaueste Prognose wurde zu Beginn der Anbauperiode (Woche 19 bis 25) für den Befall der Spinatflächen mit Eiern und Larvalstadien der Gammaeule mit einer Zusammenfassung der Fallenfänge aus den beiden Jahren 2003 und 2004 erzielt. Sowohl die maximale Anzahl, die Summe und die gemittelte

Anzahl an gefangenen männlichen Gammaeulen aus drei Fallen pro Feld aus den Wochen zwei, drei und fünf vor der Befallsbonitur lieferte die genauesten Prognoseergebnisse.

Soll also in diesem Zeitraum ein Befall der Spinatkulturen mit L3-Raupen der Gammaeule prognostiziert werden, kann die maximale Anzahl an Faltern aus drei Fallen pro Feld aus dem Zeitraum drei Wochen vor der Befallsbonitur (Falter) in die folgende Gleichung eingesetzt werden und man erhält nach Umformung der Regressionsgleichung (in einem 95 % Konfidenzintervall) eine Schätzung des Befalls (L3-Raupen) zum Zeitpunkt der Schädlingsbonituren (~ 10 Tage vor Ernte):

$$10^{-0,123 + 0,909 \cdot \log_{10} (\text{Falter}+1)} - 1 = \text{L3-Raupen}$$

Für den späteren Zeitraum (Wochen 26 bis 32) ließ die Vorhersagegüte nach. Die letzten fünf Wochen (Woche 33 bis 37) der untersuchten Anbauperiode wurden nicht isoliert untersucht, da in diesem Zeitraum auf allen Feldern eine hohe Anzahl an Raupen nachgewiesen wurde, aber nur eine geringe, stetig sinkende, Anzahl männlichen Gammaeulen in den Fallen zu finden war. Als mögliche Erklärung für die geringe Vorhersagegüte im zweiten Zeitraum und zum Ende der Anbauperiode des Sommerspinats kann die etwas längere Lebenserwartung der Gammaeulen-Weibchen (HARAKLY 1975) angeführt werden. Während kaum noch Männchen vorhanden waren, wären die weiblichen Tiere noch immer in der Lage gewesen, Eier auf den Spinatpflanzen abzulegen. Auch könnte eine höhere Anzahl an weiblichen Individuen der Gammaeule in Konkurrenz zu den Pheromonfallen getreten sein. Das heißt, die Männchen wurden zu diesem Zeitpunkt nicht mehr von der geringen Anzahl an Fallen, sondern von der hohen Anzahl an Weibchen angelockt und somit in geringerer Anzahl in den Fallen gefangen. Möglicherweise könnte der Einsatz von Fallen mit nicht geschlechtsspezifischer Lockwirkung zur Ermittlung von Korrelationen zwischen der Anzahl an Männchen und Weibchen genutzt werden. Mithilfe dieser Daten könnte eine Verbesserung des Prognosemodells erreicht werden.

Unter der Annahme, dass männliche und weibliche Gammaeulen zunächst etwa synchron auftreten, kann die Vorhersagegenauigkeit des Modells für die Vorhersage eines Befalls mit L2- und L3-Raupen der Gammaeule mit der temperaturabhängigen Entwicklungsgeschwindigkeit von der Eiablage bis zum Erreichen dieser Stadien erklärt werden. Nach DOCHKOVA (1972) liegt die untere Temperaturgrenze für die Entwicklung von Gammaeuleneiern bei  $8,6\text{ °C}$  ( $\pm 0,14\text{ SE}$ ) und es werden  $56,6$  ( $\pm 1,0\text{ SE}$ ) Tagesgrade (dd = degree days) für eine vollständige Entwicklung der Eier benötigt. Von RASHID *et al.* (1971) wird die Entwicklungsdauer der Eier bis zum Raupenschlupf bei einer Temperatur von  $19\text{ °C}$  mit 3,5 Tagen angegeben. Die untere Temperaturgrenze für eine Entwicklung der Gammaeulen-Raupen liegt nach VENETTE *et al.* (2003) bei  $7,6\text{ °C}$ . Vom gleichen Autor wird eine Zahl von  $282,6$  ( $\pm 4,4\text{ SE}$ ) Tagesgrade für die Gesamtentwicklung der Raupen vom L1- bis zum L5-Stadium genannt. Nach Untersuchungen von RASHID *et al.* (1971) dauert die Entwicklung der einzelnen Larvalstadien unterschiedlich lang [bei  $19\text{ °C}$ ; L1 bis L2:  $4$  ( $\pm 0\text{ SE}$ ) Tage, L2 bis L3:  $3,2$  ( $\pm 0,04\text{ SE}$ ) Tage, L3 bis L4:  $3,4$  ( $\pm 0,91\text{ SE}$ ) Tage, L4 bis L5:  $4,05$  ( $\pm 1,04\text{ SE}$ ) Tage, L5 bis Puppe:  $8$  ( $\pm 1,89\text{ SE}$ ) Tage].

In den untersuchten Jahren der vorliegenden Untersuchung wurde z. B. die, für eine erfolgreiche Entwicklung der Gammaeuleneier bis zum L3-Stadium notwendige Anzahl an Tagesgraden in etwa drei Wochen erreicht. Also muss die Eiablage durch die Gammaeulen-Weibchen etwa drei Wochen vor der Befallsbonitur erfolgt sein. Die hohe Anzahl an männlichen Faltern, die in dieser Woche in den Fallen nachgewiesen werden konnte, spiegelt also indirekt die Flugaktivität der weiblichen Falter und damit deren Eiablage wieder. Eine hohe Vorhersagegenauigkeit, die mit den Falterfängen fünf Wochen vor einer Befallsbonitur berechnet wurde, kann mit einem Temperatursummenmodell nicht begründet werden.

Die geringe Vorhersagegüte für die Befallssituation des Jahres 2002 kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Anzahl der Fallen pro Feld zurückgeführt werden. In diesem Jahr wurde nur eine Falle pro Feld aufgestellt, wohingegen in den beiden weiteren Untersuchungsjahren (2003 und 2004) jeweils drei Fallen pro Feld aufgestellt wurden. Die eine Falle konnte vermutlich den tatsächlichen Flugverlauf der männlichen Gammaeulen im Untersuchungs-

zeitraum nur unzureichend wiedergeben. Aufgrund der meist unterschiedlichen Fänge in drei Fallen die bei den wöchentlichen Kontrollen der jeweiligen Felder nachgewiesen werden konnten, erscheint die Aufstellung von mindestens drei Fallen pro Fläche zur genauen Erfassung des Flugverlaufes der männlichen Gammaeulen als notwendig.

Für eine Entwicklung eines Prognosemodells, das nicht nur kurzfristige Aussagen über das Auftreten von Raupen auf zu schützenden Kulturflächen zulässt, sondern auch eine generelle Einschätzung von Befallssituationen zu jedem Zeitpunkt in der Saison zulässt, ist es notwendig, Daten über den Flugverlauf und die Populationsentwicklung der Raupen auf den Spinatflächen weiterer Jahre zu sammeln. In Untersuchungen von RAMOS *et al.* (1989) dauerte es 10 Jahre, bis die Wissenschaftler in der Lage waren, eine präzise Vorhersage von Schadraupen in Olivenkulturen anhand von in Pheromonfallen gefangenen Schmetterlings-Männchen zu entwickeln.

Hinzu kommen hohe natürliche Schwankungen in der Populationsdichte der Gammaeulen, die eine Vorhersagegenauigkeit der Prognosemodelle zusätzlich beeinflussen können. Für *Autographa gamma* sind Jahre mit Massenvorkommen und Jahre in denen kaum Individuen nachgewiesen werden konnten, bekannt. Die nach STEINER (1997) beschriebenen Massenvermehrungen bzw. Einflüge der Gammaeule wiesen keine Regelmäßigkeit auf.

Erweist sich das Modell nach einer weiteren, erfolgreichen Validierung für den gesamten Anbauzeitraum des Sommerspinats als gültig, hätte man die Möglichkeit, für die jeweiligen Spinatfelder die Einschätzung einer zukünftigen Befallssituation anhand der Pheromonfallen-Fangdaten und damit ohne aufwendige Befallsbonituren zu erstellen. Mit diesem Prognosemodell ließen sich Insektizidapplikationen längerfristig planen. Prophylaktische Pflanzenschutzbehandlungen würden unterbleiben und die Menge an ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln ließe sich somit reduzieren.

In anderen Kulturen finden solche Modelle bereits Anwendung. Hier werden sie beispielsweise erfolgreich zur Planung von Insektizideinsätzen gegen die Kohlschabe, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Kohlkulturen (REDDY & GUERERRO 2000, REDDY & GUERERRO 2001) und den

Apfelwickler, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) in Obstplantagen (GLEN & BRAIN 1982) genutzt.

Weiterhin ist die Verwendung eines auf Pheromonfallen-Fangdaten basierenden Prognosemodells zur Planung eines bedarfsgerechten Einsatzes von Bioinsektiziden und Nützlingen denkbar.

## 6. CHARAKTERISIERUNG DER LANDSCHAFTS- STRUKTUR IN DEN DREI GEOGRAFISCHEN ANBAUREGIONEN

### 6.1 EINLEITUNG

Das Spinatanbaugebiet der Firma Unilever Deutschland GmbH (Abb. 1.1, Seite 4) liegt in den Naturräumen Westmünsterland, Niederrheinische Sandplatten und Isselebene (MEYNEN *et al.* 1962). Die einzelnen Spinatflächen im Anbaugebiet lassen sich drei geografischen Regionen zuordnen. Region 1 (Bocholt) umfasst das Gebiet zwischen der Stadt Bocholt und der holländischen Grenze. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt in dieser Region um etwa 3 °C höher als in den beiden anderen Regionen. In dieser Region erfolgt jedes Jahr die erste Ernte des Winterspinats, und hier werden auch die ersten Sommerspinatflächen eingesät. Region 2 (Borken) umfasst das Anbaugebiet um die Stadt Borken. Die Spinaternte und die Aussaaten des Sommerspinats erfolgen einige Tage später als in Region 1 (Bocholt). In dieser Region finden sich die meisten Gemüseproduktionsflächen. In Region 3 (Reken), welche das Gebiet um Reken einschließt und in der sich das Werk der Firma Unilever Deutschland GmbH befindet, wird als Letztes geerntet und es wird hier später als in den beiden anderen Regionen mit der Aussaat des Sommerspinats begonnen. Neben den unterschiedlichen Aussaat- und Erntezeiträumen unterscheiden sich die drei geografischen Anbauregionen auch durch eine unterschiedlich strukturierte Landschaft.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine Charakterisierung der Landschaftsstruktur der drei geografischen Anbauregionen des Sommerspinats der Firma Unilever Deutschland GmbH mithilfe eines geografischen Informationssystems (GIS) durchgeführt.

Mit der Einführung von geografischen Informationssystemen seit Ende der 1980er Jahre wurde eine Vielfalt an Landschaftsstrukturmaßen (*landscape metrics*) entwickelt (O'NEILL *et al.* 1988, STEINHARDT *et al.* 2005), die mithilfe von Indizes für die Zusammensetzung (*landscape composition*) und den Gefügestil (*landscape configuration*) einer Landschaft, eine Quantifizierung von

Landschaftsstrukturen vornehmen (TURNER 1989, STEINHARDT 2005). Zur ersten Gruppe der Indizes gehören Flächenstatistiken und Diversitätsindizes, die keinen Raumbezug besitzen (STEINHARDT 2005). Die Quantifizierung der *landscape configuration* kann sowohl auf der Ebene der Landschaftselemente (*patches*) selbst (Anzahl, Größe, Gestalt) als auch auf der übergeordneten Landschaftsebene berechnet werden (Isolation der Landschaftselemente oder Nachbarschaftsdistanzen) (STEINHARDT 2005). Bei den *patches* handelt es sich um elementare landschaftliche Einheiten, die sich aus der Landbedeckung oder Landnutzung ergeben (STEINHARDT *et al.* 2005). Die Berechnung der verschiedenen Indizes wird mit speziellen Computerprogrammen durchgeführt (Patch Analyst: ELKIE *et al.* 1999, FRAGSTATS: MCGARIGAL & MARKS 1995).

## 6.2 MATERIAL UND METHODEN

### **6.2.1 Berechnung der Indizes zur Beschreibung der Landschaftsstruktur der drei geografischen Anbauregionen**

Die Landschaftsstruktur der drei definierten Spinatanbauregionen im Spinatanbaugebiet der Firma Unilever Deutschland GmbH wurde charakterisiert.

Hierfür wurde das Geografische Informationssystem ArcView Version 3.2a der Firma ESRI verwendet. In diesem Programm wurde eine Kreisfläche mit einem Radius von 7 km über die jeweilige Anbauregion gelegt. Dabei wurde der Mittelpunkt der Kreise so gewählt, dass die Kreisflächen möglichst alle Anbauflächen in der jeweiligen Region abdeckten und sich keine Überschneidungen der drei Kreisflächen ergaben (Abb. 6.1).

Die Kreisflächen wurden nun mit dem digitalen Landschaftsmodell (DLM 25/2), einem auf digitalisierten Luftbildern basierender Datensatz aus dem Jahr 2001, des Amtlich Topografisch-Kartografischen Informations-Systems (ATKIS) der jeweiligen Anbauregion verschnitten. Um die Anzahl der Landschaftselemente (*patches*) innerhalb der Kreisflächen nicht künstlich in die Höhe zu treiben, wurden mit dem Computerprogramm Patch Analyst (ELKIE *et al.* 1999) die Grenzen zwischen nebeneinander liegenden

Polygonen mit gleicher Zuordnung zu einem Landschaftselement aufgelöst. Mit der FRAGSTAT-Implementierung (McGARIGAL & MARKS 1995) des Patch Analysts wurden drei Indizes zur Quantifizierung der Landschaftsstruktur anhand der häufigsten Landschaftselement-Klassen (*classes* = Gesamtheit der Landschaftselemente des gleichen Typs; STEINHARDT *et al.* 2005) (Tab. 6.1) berechnet (ELKIE *et al.* 1999):

- (1) **CA (*class area*)**: Die Flächensumme aller Landschaftselemente (*patches*) mit Zugehörigkeit zu einer bestimmten Landschaftselement-Klasse (*class*).
- (2) **NUMP (*number of patches*)**: Gesamtanzahl an Landschaftselementen (*patches*) in der untersuchten Gesamtlandschaft (einer geografischen Anbauregion) mit Zugehörigkeit zu einer Landschaftselement-Klasse (*class*).
- (3) **MPS (*mean patch size*)**: Mittlere Flächengröße von Landschaftselementen (*patches*) mit Zugehörigkeit zu einer Landschaftselement-Klasse (*class*).

Die Darstellung der Ergebnisse für die Quantifizierung der Landschaftsstrukturen anhand der Indizes erfolgte sowohl grafisch als auch in tabellarischer Form.

## 6.4 ERGEBNISSE

Die Region 1 (Bocholt) ist charakterisiert durch einen hohen Anteil der Landschaftselement-Klasse Ackerland an der Gesamtfläche der für diese Region betrachteten Landschaft. Im Vergleich zu den beiden anderen Regionen findet man in dieser Region den höchsten Flächenanteil der Landschaftselement-Klasse Grünland, deren mittlere Flächengröße über der der beiden anderen Regionen liegt (Tab. 6.2). Die Häufigkeit des Auftretens dieser Landschaftselement-Klasse ist vergleichbar mit dem in der Region 2 (Borken) (Tab. 6.2). Im Vergleich zu den beiden anderen Regionen treten in

dieser Region die meisten *patches* der Landschaftselement-Klasse Gehölz auf. Zwischen den Regionen gibt es kaum Unterschiede in der mittleren *patch*-Größe (Tab. 6.2). Der höchste Anteil der Landschaftselement-Klasse Siedlung kann in der Region 1 (Bocholt) sowohl in Bezug auf die Gesamtfläche als auch in Bezug zur mittleren Größe der *patches* dieser Landschaftselement-Klasse gefunden werden. Auch der Anteil an *patches* der Landschaftselement-Klassen Verkehr und Wasserflächen liegt in dieser Region höher als in den beiden anderen Regionen (Tab. 6.2, Abb. 6.1).

Mit der Analyse konnte nachgewiesen werden, dass sich die Landschaft der Region 2 (Borken) im Vergleich zu den beiden anderen Regionen zum größten Teil aus ackerbaulich genutzten Flächen zusammensetzt (Tab. 6.2). Die Ackerlandfläche lag in der Region 2 (Borken) um etwa 1.000 ha über der von Region 1 (Bocholt) und etwa 3.000 ha über der von Region 3 (Reken). Die Anzahl der *patches* dieser Landschaftselement-Klasse war in Region 2 geringer als in den beiden anderen Regionen, aber die mittlere Fläche der *patches* war mit 83,41 ha mehr als doppelt so groß (Tab. 6.2). Die Anteile, Häufigkeiten und mittleren *patch*-Größen der Landschaftselement-Klassen Gartenland, Gehölz und Verkehr waren vergleichbar mit denen der beiden anderen Regionen (Tab. 6.2, Abb. 6.1).

Die Region 3 (Reken) ist besonders durch den hohen Waldanteil (Wald/Forst) gekennzeichnet. Die Kreisfläche, die zur Charakterisierung dieser Region herangezogen wurde, war zum größten Teil mit dieser Landschaftselement-Klasse ausgefüllt. Im Vergleich zu den Regionen 1 (Bocholt) und 2 (Borken) weist diese Region etwa 4.000 ha mehr Waldfläche im Verhältnis zur untersuchten Gesamtfläche auf. Die einzelnen *patches* dieser Landschaftselement-Klasse sind etwa 4-mal größer als in den beiden anderen Regionen und treten deshalb in geringerer Anzahl in der Gesamtlandschaft auf. Der Anteil der Landschaftselement-Klasse Ackerland an der Gesamtlandschaft ist in dieser Region am geringsten. Die Ackerlandflächen treten in gleicher Häufigkeit wie in der Region 1 (Bocholt) auf, besitzen aber eine geringere Gesamtgröße als in den Regionen 1 (Bocholt) und 2 (Borken). Der Anteil der Landschaftselement-Klasse Wasserflächen an der Gesamtlandschaft ist in dieser Region am geringsten, tritt mit einer geringen

## Charakterisierung der Landschaft in den Anbauregionen

Häufigkeit auf und die *patches* dieser Landschaftselement-Klasse besitzen in dieser Region eine geringe Größe (Tab. 6.2, Abb. 6.1).

Tab. 6.1 Definition der häufigsten Landschaftselement-Klassen (= Objektarten des ATKIS-Objektartenkataloges, ANONYMUS 2002a).

Landschaftselement-Klasse (Objektart)	Definition	Objektart-Nr.
Ackerland	Fläche für den Anbau von Feldfrüchten (z. B. Getreide, Hülsenfrüchte, Hackfrüchte) und Beerenfrüchten (z. B. Erdbeeren).	4101
Grünland	Gras- und Rasenflächen, die gemäht oder beweidet werden.	4102
Gartenland	Fläche für den Anbau von Gemüse, Obst und Blumen sowie die Aufzucht von Kulturpflanzen.	4103
Forst/Wald	Fläche, die mit Forstpflanzen (Waldbäume und Waldsträucher) bestockt ist.	4107
Gehölz	Fläche, die mit einzelnen Bäumen, Baumgruppen, Büschen, Hecken und Sträuchern bestockt ist.	4108
Siedlung	Baulich geprägte Flächen, Siedlungsfreiflächen, Bauwerke und sonstige Einrichtungen.	2000
Verkehr	Flächen für Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr, Anlagen sowie Bauwerke für Verkehr, Transport und Kommunikation.	3000
Wasserflächen	Flüsse, Bäche, Kanäle (Schifffahrt), Kanäle (Wasserwirtschaft), Gräben, Binnenseen sowie Stauseen und Teiche.	5100

Tab. 6.2 Beschreibung der Landschaftsstruktur der drei Anbauregionen [R1 = Region 1 (Bocholt), Region 2 (Borken), Region 3 (Reken)] anhand von Indizes für die am häufigsten vertretenen Landschaftselement-Klassen (Objektart) innerhalb der Kreisflächen (Die Gesamtfläche eines Kreises betrug 15.393,8 ha).

Objektart	CA <sup>a</sup>			NUMP <sup>b</sup>			MPS <sup>c</sup>		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Ackerland	8152,09	9258,94	6061,72	198,00	111,00	198,00	41,17	83,41	30,61
Gartenland	24,50	20,77	20,35	11,00	10,00	11,00	2,23	2,08	1,85
Grünland	2793,44	1881,42	1929,26	449,00	454,00	392,00	6,22	4,14	4,92
Forst / Wald	1747,05	2001,50	5821,40	398,00	462,00	295,00	4,39	4,33	19,73
Gehölz	161,66	146,73	137,66	233,00	207,00	194,00	0,69	0,71	0,71
Siedlung	2134,47	1804,48	1141,96	870,00	839,00	592,00	2,45	2,15	1,93
Verkehr	45,30	35,75	19,72	35,00	23,00	19,00	1,29	1,55	1,04
Wasserflächen	120,82	47,89	8,93	178,00	122,00	50,00	0,68	0,39	0,18

<sup>a</sup>CA (**class area**): Die Flächensumme [ha] aller Landschaftselemente (*patches*) mit Zugehörigkeit zu einer bestimmten Landschaftselement-Klasse (*class*).

<sup>b</sup>NUMP (**number of patches**): Gesamtanzahl an Landschaftselementen (*patches*) in der Gesamtlandschaft (einer geografischen Anbauregion) mit Zugehörigkeit zu einer Landschaftselement-Klasse (*class*).

<sup>c</sup>MPS (**mean patch size**): Mittlere Flächengröße von Landschaftselementen (*patches*) mit Zugehörigkeit zu einer Landschaftselement-Klasse (*class*).

Charakterisierung der Landschaft in den Anbauregionen

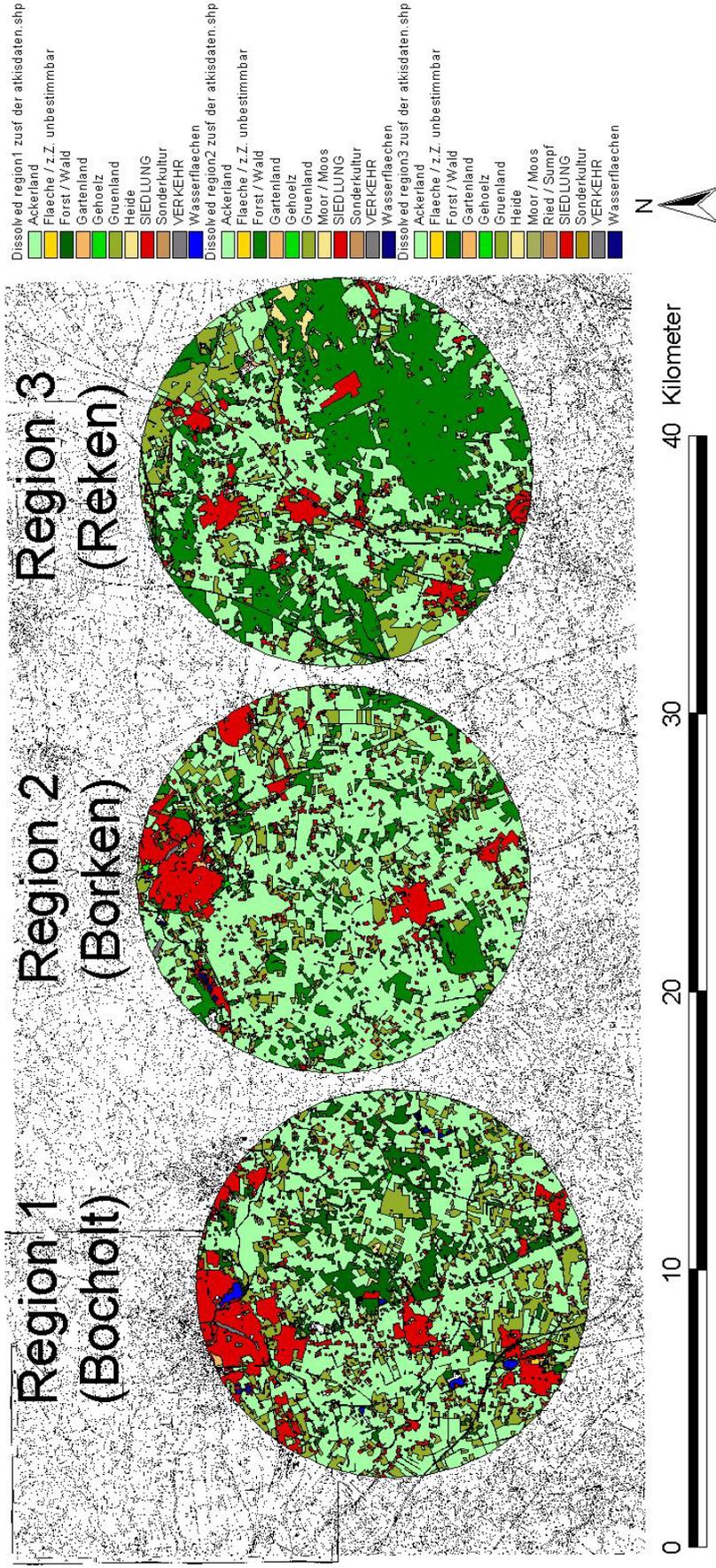


Abb. 6.1 Charakterisierung der Landschaftsstruktur der drei geografischen Anbauregionen anhand der häufigsten Landschaftselement-Klassen des ATKIS-Datensatzes (Tab. 6.1).

## 6.4 DISKUSSION

Die Landschaftsstrukturen der drei geografisch getrennten Anbauregionen des gesamten Spinatanbaugebiets unterschieden sich voneinander. Die Region 1 (Bocholt) ist gekennzeichnet durch eine relativ offene, durch Grün- und Ackerland geprägte Landschaft. Die Region 2 (Borken), welche das Anbaugebiet um die Stadt Borken erfasst, weist große, intensiv ackerbaulich genutzte Flächen und eine relativ gleichförmige Landschaftsstruktur auf. Die Region 3 (Reken), welche das Gebiet um Reken einschließt, ist gekennzeichnet durch eine vielgestaltige, walddreiche Landschaft.

Besonders in den Regionen 1 (Bocholt) und 2 (Borken) ist die Vielfalt an Landschaftsstrukturen einer Uniformierung der Gesamtlandschaft gewichen (PAVLOVIĆ 1996). Eine Strukturvielfalt der ursprünglichen Agrarlandschaft, mit unterschiedlich genutzten Ackerflächen, die von Hecken und Feldrainen umgeben waren, lässt sich noch in geringen Teilen in der Anbauregion 3 (Reken) finden. Die seit Beginn des 20. Jahrhundert erfolgte Intensivierung und Rationalisierung des Ackerbaus zeichnet sich unter anderem durch den Einsatz moderner Maschinen, die Schaffung großer, zusammenhängender Ackerflächen und die Beschränkung auf wenige Kulturarten aus (HÜPPE 1987). Eine Umstrukturierung der Agrarflächen als Basis für eine technisierte Bewirtschaftung hat auch in den drei untersuchten Anbauregionen zu tief greifenden Veränderungen in der Landschaft geführt (PAVLOVIĆ 1996).

Eine detaillierte Analyse feldspezifischer Effekte der Landschaftsstrukturierung im Umkreis einzelner Spinatflächen auf die Besiedlung mit ausgewählten Nutz- und Schadarthropoden ist in Kapitel 7 zu finden.

## **7. EINFLUSS VON LANDSCHAFTSSTRUKTUREN AUF DIE BESIEDLUNG VON SPINATANBAUFLÄCHEN MIT SCHAD- UND NUTZARTHROPODEN – DIE ENTWICKLUNG EINER BEFALLSPROGNOSE**

### **7.1 EINLEITUNG**

Die Vorhersage von Schad- und Nutzinsekten auf Agrarflächen im Freiland hängt von verschiedenen biotischen und abiotischen Faktoren ab. Sowohl Prozesse auf der Ebene einzelner Habitats, als auch Landschaftselemente größerer Skalen spielen eine Rolle (STEFAN-DEWENTER *et al.* 2002). Die räumliche und zeitliche Zusammensetzung der heutigen Kulturlandschaft ist nicht statisch, innerhalb eines Jahres können große Veränderungen auftreten (SCHULTZ *et al.* 2003). Besonders in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft in der große Felder mit Monokulturen vorherrschen und naturnahe Habitats rar sind, kommt es infolge der jährlichen Anbauperioden zu einer großflächigen Umstrukturierung der Landschaft. Hingegen sind jährliche Veränderungen in einer reich strukturierten, d. h. von kleinen, extensiv genutzten Feldern geprägten und mit vielen naturnahen Elementen ausgestatteten Landschaft weniger einschneidend.

Die Bewertung und Beschreibung des Einflusses von Landschaftselementen auf die Abundanz von Insekten war bis vor wenigen Jahren problematisch, da weder eine Datengrundlage noch geeignete Programme zur Verarbeitung landschaftsbezogener Daten zur Verfügung stand.

Seit Ende der 1980er Jahre haben Geografische Informationssysteme (GIS) Einzug in die Biowissenschaften gehalten (STEINHARDT *et al.* 2005). Mit Ihrer Hilfe ist es möglich, auf Basis von Landschaftskartierungen und Luftbildaufnahmen, ein digitales Landschaftsmodell zu erstellen, das die Basis für eine Vielzahl von Untersuchungen darstellt.

Unter Nutzung dieser Programme und Datensätze wurden verschiedene Studien durchgeführt, mit denen der Einfluss von Landschaftselementen auf Populationen von Schad- und Nutzinsekten nachgewiesen werden konnte. So zeigen Studien von DEN BELDER *et al.* (2003) einen Einfluss der umgebenden Landschaft auf den Befall von Porree-Feldern (*Allium porrum*)

mit Zwiebelthripsen (*Thrips tabaci*). Darüber hinaus konnte in verschiedenen Untersuchungen der positive Einfluss von Landschaftsstrukturen und Landschaftselementen, auf das Vorkommen und die Effizienz von Parasitoiden nachgewiesen werden. So konnten in einer reich strukturierten, von Hecken durchzogenen Landschaft höhere Parasitierungsraten im Vergleich zu einer ausgeräumten und intensiv genutzten Agrarlandschaft gefunden werden (MARINO *et al.* 1996, THIES & TSCHARNTKE 1999). Auch der Einfluss von Blühstreifen (TSCHARNTKE 2000, PFIFFNER *et al.* 2003) und Brachland wirkte sich positiv auf die Parasitierungsraten aus (MARINO & LANDIS 1996, THIES *et al.* 2003). Darüber hinaus wird die Abundanz von Wildbienen und verschiedener Blattlausprädatoren durch die Landschaftsdiversität bestimmt (ELLIOT *et al.* 1998, STEFFAN-DEWENTER *et al.* 2002).

Geografische Informationssysteme lassen sich aber nicht nur für ökologische Studien, sondern auch für die Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien nutzen.

Es bieten sich hierbei zwei unterschiedliche Strategien an. Zum einen die Beurteilung des Befallsrisikos und der gezielte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie eine Konzentration von Schädlingsbonituren auf Feldern, für die ein hohes Risiko bestimmt wurde von Schädlingen befallen zu werden. Zum anderen das Management von Anbauflächen in Abhängigkeit ihrer relativen Lage in der untersuchten Landschaft. Hierbei kann das Wissen über den Einfluss von bestimmten Landschaftselementen in der Nähe zu ackerbaulichen Kulturen dazu genutzt werden, den Anbau von Gemüsekulturen in Regionen mit geringer Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schaderregern zu konzentrieren sowie eine Manipulation der Struktur von Landschaftselementen in der Nähe von Anbauflächen durchzuführen, um hierdurch zusätzlich Befallssituationen vermeiden zu können.

Die Bestimmung des Einflusses der Landschaftsstrukturierung auf das Vorkommen bestimmter funktioneller Organismengruppen kann auf verschiedenen Ebenen untersucht werden. Hierzu lässt sich die Gesamtlandschaft hierarchisch gliedern. So bilden Landschaftselemente die unterste Stufe in der Hierarchie. Die Gesamtheit der Landschaftselemente des gleichen Typs bildet eine Klasse. Demnach gliedert sich der betrachtete

Landschaftsausschnitt in Landschaftselemente (*patches* = Landnutzungseinheiten wie Wiesen, Felder, Gewässer), Klassen von Landschaftselementen (*class* = Landnutzungsklassen wie Acker, Wald, Gewässer) und die Gesamtlandschaft (*landscape*) (STEINHARDT 2005). Für populationsökologische Betrachtungen eignet sich besonders die Ebene der Landschaftselemente (STEINHARDT 2005). In der vorliegenden Studie wurden sowohl Untersuchungen auf der Ebene der Landschaftselemente als auch auf Ebene der Landschaftselement-Klassen durchgeführt.

Für die Analyse der Daten und die Entwicklung eines Prognosemodells wurden neben den klassischen linearen Regressionsanalysen zwei multivariate statistische Verfahren genutzt, deren Anwendung erst in den letzten Jahren Einzug in die Landschaftsökologie gehalten hat.

Bei diesen Verfahren handelte es sich zum einen um die „ensemble“-Methode *randomForest*. *RandomForest* ist ein neuer Zugang zur themenorientierten Datenanalyse und wurde entwickelt, um akkurate Vorhersagen zu produzieren (BREIMAN 2001, BREIMAN 2002). *RandomForest* ähnelt der *bagging-tree*-Methode, da *bootstrap*-Stichproben zur Konstruktion multipler Regressionsbäume (*regression trees*) benutzt werden (BREIMAN *et al.* 1998). Der Unterschied zur *bagging-tree*-Methode liegt darin, dass jeder Regressionsbaum mit einer randomisierten Teilmenge an Vorhersagevariablen erstellt wird, daher der Name „*random*“ forests. Es wird eine große Anzahl an Regressionsbäumen (500 bis zu 2000) gebildet, daher die Bezeichnung „forest“. Die Anzahl an Vorhersagevariablen die benutzt wird, um den besten *split* an jedem *node* zu finden, wird zufällig aus einer Teilmenge (*subset*) der gesamten Anzahl an Vorhersagevariablen gewählt. Besonders vorteilhaft an dieser Vorhersagemethode ist, dass eine hohe Anzahl an Regressionsbäumen erzeugt wird, wobei nur ein gewisser Generalisationsfehler entsteht und somit die Gefahr des *overfittings* entfällt (PRASAD *et al.* 2005).

Die *randomForest*-Methode scheint eine „*blackbox*“ zu sein, da die einzelnen Regressionsbäume nicht separat untersucht werden können. Als Ergebnis erhält man eine prozentuale erklärte Varianz (*percent variance explained*). Das Programm bietet jedoch mit einer Grafik zur Bedeutung einzelner Variablen bei der Vorhersage (*variable importance plot*) die Möglichkeit zur Interpretation der Daten (LIAW & WIENER 2002). Die Bedeutung der Variablen (*variable*

*importance*) basiert auf der Einschätzung wie schlecht die Vorhersage wäre, wenn die Daten für die bestimmte Vorhersagevariable randomisiert umgestellt würden. Die resultierenden Grafiken oder Tabellen können für einen Vergleich der relativen Bedeutung der einzelnen Vorhersagevariablen genutzt werden. Somit wird das erstellte Modell zu einem gewissen Grad interpretierbar und kann damit besser als „greybox“ bezeichnet werden (PRASAD *et al.* 2005).

Nach PRASAD *et al.* (2005) liegt bisher nur eine einzige biologische Studie vor, in der *randomForest* verwendet wurde. In dieser Studie wurde die Methode zur Erstellung einer Risikokarte für das Auftreten der durch Zecken übertragenen Enzephalitis im Rahmen einer epidemiologischen Untersuchung verwendet (FURLANELLO *et al.* 2003).

Bei der zweiten Analyse­methode handelt es sich um die logistische Regression. Diese Methode versucht über einen Regressionsansatz zu bestimmen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein definiertes Ereignis in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussgrößen zu erwarten ist. Die logistische Regressionsanalyse ähnelt der Regressionsanalyse darin, dass über den Regressionsansatz die Gewichte bestimmt werden, mit denen die betrachteten Einflussgrößen als unabhängige Variablen die Wahrscheinlichkeit dafür beeinflussen, dass ein realer Beobachtungsfall zu einer bestimmten Gruppe gehört. Damit ist auch gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Nichteintretens eines Ereignisses bestimmt. Hierbei wird der zentrale Unterschied zur Regressionsanalyse deutlich, da nämlich die abhängige Variable kein metrisches Skalenniveau aufweist, sondern eine kategoriale Variable mit nominalem Skalenniveau darstellt. Während die klassische Regressionsanalyse versuchen würde, den empirischen Beobachtungswert zu erheben, zielt die logistische Regression auf die Ableitung einer Eintrittswahrscheinlichkeit für das empirisch beobachtete Ereignis ab. Bei der logistischen Regression kann die abhängige Variable binär (zwei Ausprägungen) sein (BACKHAUS *et al.* 2003). Für eine praktische Anwendung im Pflanzenschutz ließe sich diese Methode nutzen, um Überschreitungen von definierten Schadschwellen, die sich mit der binären Klassifizierung kodieren ließen, zu prognostizieren.

In der Ökologie wird die logistische Regression meist für die Entwicklung von Vorhersagemodellen bei der Entwicklung von Naturschutzkonzepten verwendet. MLADENOFF *et al.* (1999) gelang mit dieser statistischen Analyse­methode die

Vorhersage einer Wiederbesiedlung von Landschaften durch Wolfspopulationen. Aber es finden sich auch Studien, bei denen Beziehungen zwischen dem Auftreten bestimmter Arten und der umgebenden Landschaft analysiert werden. So zeigen Studien von GUERRY & HUNTER (2002) den Zusammenhang zwischen dem Flächenanteil von Wald in der Nähe von Gewässern und den darin vorkommenden Amphibien. SÖDERSTRÖM & PÄRT (2000) konnten mit dieser Analyseverfahren den Zusammenhang zwischen der Abundanz bestimmter Vogelarten und verschiedenen Landschaftstypen zeigen.

Bisher gibt es wenige detaillierte Informationen über die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Landschaft und der Besiedlung von Gemüsekulturen mit Schaderregern und ihren Gegenspielern.

In der vorliegenden Studie wird der Einfluss der umgebenden Landschaft auf die Besiedlung von Spinatanbauflächen mit Schädlingen, wie Blattläusen [z. B. die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae)] sowie Nützlingen [z. B. dem Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)] untersucht. Die einzelnen Spinatfelder besitzen eine relativ geringe Kulturdauer von etwa 35 Tagen und werden innerhalb eines Jahres in zwei Aussaatsätzen auf demselben Feld angebaut. Jedes Spinatfeld wird in eine existierende Landschaft integriert, was dieses System zu einem idealen Modell für Untersuchungen von Faktoren macht, die eine Besiedlung der Gemüsekultur mit Schaderregern bedingen.

Die Hypothese lautet: Die Abundanz der untersuchten Schad- und Nutzarthropoden wird von der Strukturierung der Landschaft im Umkreis der untersuchten Spinatfelder beeinflusst.

Anhand der Flächenanteile bestimmter Landschaftselemente oder Landschaftselement-Klassen in der Umgebung der Spinatfelder wurde zunächst versucht mithilfe der *randomForest*-Analyseverfahren ein Prognosemodell für die Besiedlung der Spinatfelder mit Nutz- und Schadarthropoden zu entwickeln. Hiernach wurde die binäre logistische Regressionsanalyseverfahren verwendet, um die Wahrscheinlichkeit des Befalls einzelner Felder in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der

umgebenden Landschaft einzuschätzen. Zuletzt wurde mit einer multiplen Regressionsanalyse der relative Einfluss bestimmter Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen auf die Besiedlung von Spinatfeldern ermittelt.

## 7.2 MATERIAL UND METHODEN

### **7.2.1 Das Untersuchungsgebiet**

Die Studie wurde in der Spinatanbauregion der Firma Unilever Deutschland GmbH während der Anbau- und Erntephasen des Sommerspinats der Jahre 2001 bis 2003 durchgeführt (siehe Kapitel 2 und 6).

### **7.2.2 Monitoring von Schad- und Nutzarthropoden auf Spinatfeldern**

Für die Entwicklung des Vorhersagemodells wurden sowohl Vertreter der funktionellen Gruppe „Schädlinge“ als auch Vertreter der Gruppe „Nützlinge“ ausgewählt (Kapitel 2), die während des mehrjährigen Monitorings am häufigsten nachgewiesen wurden.

Bei den Schädlingen handelte es sich um Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) und Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae). Da jedoch die meisten Blattlausarten als Virusvektoren in Frage kommen, wurde die Analyse zusätzlich mit einer Zusammenfassung aller auf den Spinatanbauflächen nachgewiesenen Blattlausarten (*Aphis fabae* SCOP., *Acyrtosiphon pisum* HARRIS, *Aphis nasturtii* KALT., *Aulacorthum solani* KALT., und *Myzus persicae* SULZ.) durchgeführt. Blattläuse bilden Kolonien auf einzelnen Spinatpflanzen aus, die aus vielen Einzelindividuen bestehen können. Wenn man nur die Summen der pro Feld gefundenen Blattlausindividuen in die Analyse mit einbezieht, kann es zu einer Überschätzung von Befallssituationen kommen. Aus diesem Grund wurden die Berechnungen mit der Anzahl befallener Pflanzen (Kolonien pro 200 bonitierter Spinatpflanzen) pro Feld durchgeführt. Die Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus hatten einen mittleren Anteil von 65,5 % ( $\pm 42,3$  SD) an der Gesamtanzahl Kolonien aller nachgewiesenen Blattlausarten.

Als Nützlinge wurden alle auf den untersuchten Spinatflächen nachgewiesenen Vertreter der Coleopteren-Familie Coccinellidae [*Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* (L.), *Propylea quattuordecimpunctata* L.], mit dem Siebenpunkt-Marienkäfer, *C. septempunctata* als häufigster Art (91,4 % ± 24,6 SD) an der Gesamtzahl dieser Coccinellidenarten ausgewählt.

Zur Erfassung der Populationsdichten wurden jeweils 200 Pflanzen pro Spinatfeld untersucht. Die Bonituren fanden auf den jeweiligen Feldern etwa zehn Tage vor dem geplanten Erntetermin (siehe Kapitel 2) statt. Für die *randomForest*-Analyse wurden zusätzlich zu den Boniturdaten Pheromonfallenfangdaten verwendet. Es wurden hier die mittleren wöchentlichen Fangzahlen (mittlere Anzahl Falter aus drei Fallen pro Feld, vier Wochen vor Ernte; Kapitel 5) aus nur für *Autographa gamma*-Männchen attraktiven Pheromonfallen verwendet.

Für die einzelnen Arten, die Artengruppen und deren Kolonien sowie die Pheromonfallenfangdaten werden im weiteren Text die folgenden Abkürzungen verwendet:

- **AG** = *A. gamma*
- **CS** = *Coccinella septempunctata*
- **COCCGES** = Alle Coccinelliden (*A. bipunctata*, *C. septempunctata*, *P. quattuordecimpunctata*)
- **AFKOLO** = *A. fabae*-Kolonien
- **BLL GES** = Kolonien aller Blattläuse (*A. fabae* + *A. pisum* + *A. nasturtii* + *A. solani* + *M. persicae*)
- **AG+PH** = Datensatz zu dem die Pheromonfallenfänge (männliche Gammaeulen, aus einen Zeitraum drei Wochen vor dem letztmöglichem Spritztermin, aus drei Fallen pro Feld) als eine weitere unabhängige, erklärende Variable hinzugefügt wurden
- **AG-PH** = Gleicher Datensatz wie AG+PH, nur ohne Pheromonfallenfänge

### **7.2.3 Die Landschaftsanalyse**

#### **7.2.3.1 Eigene Kartierungsdaten im 600 m-Radius um die Spinatfelder**

Während der Anbauphasen des Sommerspinats in den drei Untersuchungsjahren wurde die Landschaftsstruktur in einem Radius von 600 m um ausgewählte Spinatfelder (2001: 49 Felder, 2002: 10 Felder, 2003: 62 Felder) klassifiziert und quantifiziert. Jede Untersuchungsfläche bestand aus einer Spinatfläche mit einer Größe von etwa 6 ha (2001: 6,6 ha  $\pm$  2,3 SD, 2002: 5,7 ha  $\pm$  2,7 SD, 2003: 5,9 ha  $\pm$  2,8 SD), die von verschiedenen Landschaftselementen umgeben waren.

Als Landschaft wurde die Fläche eines Kreises mit dem Radius 600 m, dessen Mittelpunkt die Spinatanbaufläche darstellt, definiert. Alle Landschaftselemente innerhalb der einzelnen Kreisflächen wurden auf topografischen Karten (Maßstab: 1:5000) dokumentiert. Die Klassifizierung der Landschaftselemente basierte auf einem leicht veränderten ATKIS-Objektartenkatalog (ANONYMUS 2002a) (Tab. 7.1). Die Kartierungsdaten wurden in das geografische Informationssystem ArcView (Version 3.2a, ESRI-Geoinformatik) übertragen. Flächenberechnungen wurden mit der ArcView-Erweiterung xtools (Version 6/1/2001 von MIKE DELAUNE) durchgeführt.

Es wurden Spinatfelder aus dem gesamten Anbaugebiet [Region 1 (Bocholt), Region 2 (Borken), Region 3 (Reken), Kapitel 6] ausgewählt. Zur Erzeugung unabhängiger Datensätze wurde bei der Auswahl der Felder innerhalb eines Jahres darauf geachtet, mögliche Überschneidungen bei der umgebenden Landschaft in den 600 m-Radius zu vermeiden.

Der Sommerspinat wird nur zweimal pro Jahr auf derselben Fläche angebaut. Im jeweils nächsten Jahr findet der Anbau auf anderen Feldern statt. Erst im vierten Jahr werden die Felder des ersten Jahres wieder für eine erneute Spinataussaat genutzt. Aus diesem Grund war es nicht möglich, jedes Jahr die gleichen Spinatanbauflächen für die vorliegende Untersuchung zu nutzen, und es wurden andere Flächen in unmittelbarer Nähe zu den Spinatfeldern des Vorjahres ausgewählt.

Die Analysen wurden sowohl mit den Landschaftsdaten durchgeführt, die direkt im Feld kartiert wurden (Originaldaten, Tab. 7.1), als auch mit verschiedenen Zusammenfassungen dieser Daten (Tab. 7.1).

## Einfluss von Landschaftstrukturen auf die Besiedlung der Spinatfelder

**Tab. 7.1** Alle Landschaftselemente (Originaldaten), die bei den Kartierungen der die Spinatflächen umgebenden Landschaft innerhalb der Kreisflächen (600 m-Radius) nachgewiesen werden konnten. Für die statistischen Analysen wurden sowohl die Originaldaten, als auch Zusammenfassungen dieser Daten verwendet.

Zusammenfassung 1: grob	Zusammenfassung 2: detailliert	Zusammenfassung 3: Nutzfläche	Originaldaten
Nutzfläche	Ackerland	Beerenfrüchte	Erdbeeren
		Gemüse	Bohnen Erbsen frische Aussaat (Gemüse) frisch umgebrochene Gemüsefläche Grünkohl Karotte Kohlrabi Kopfsalat Kürbis Melde Porree Porree (frisch geerntet) Rotkohl Rucola Salat Schwarzwurzel Spargel Spinat Wirsing Wirsing (frisch geerntet)
		Getreide	Gerste Gerste (frisch gemäht) Hafer Hafer (frisch gemäht) Roggen Roggen (frisch gemäht) Weizen Weizen (frisch gemäht) Zwischenfrucht (Getreide)
		Hackfrüchte	Betarüben Kartoffeln Kartoffeln (frisch gerodet)
		Kräuter	Basilikum Dill Oregano Petersilie Petersilie (frisch geerntet) Schnittlauch Thymian Thymian (frisch geerntet)
		Mais	Mais Mais (frisch gemäht)
		Ölfrüchte	Grünbrache Raps Raps (frisch geerntet) Zwischenfrucht (Ölrettich) Zwischenfrucht (Raps) Zwischenfrucht (Senf)

# Einfluss von Landschaftstrukturen auf die Besiedlung der Spinatfelder

Tab. 7.1 Fortsetzung.

Zusammenfassung 1: grob	Zusammenfassung 2: detailliert	Zusammenfassung 3: Nutzfläche	Originaldaten
Nutzfläche	Gartenland	Friedhof + Grünanlage Obstgarten + Ziergarten + Gärtnerei	Friedhof Grünanlage Gärtnerei Gartenland (Obstgarten) Gartenland (Ziergarten)
	Grünland	Weide Wiese + Golfplatz + Sportplatz	Weide Golfplatz Sportplatz Wiese Wiese (gemäht)
Linienhafte Vegetationsstrukturen	Fließgewässer/Stillgewässer	---	Bach Binnensee/Stausee/Teich Graben veränderliches Ufer
	Randstreifen	---	Randstreifen (Weidelgras) Randstreifen (Blümmischung) Randstreifen (frisch gemäht)
	Verkehrswege	---	Bahnstrecke Strasse Weg
Siedlung	Einzelgebäude	---	Gebäude
	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	---	Hoffläche Industrie-/Gewerbefläche Wohnfläche
Wald	Bäume/Büsche/Hecke	---	Baumhecke Baumreihe Baum-/Strauchhecke standortgerechtes Gebüsch
	Gehölz	---	Gehölz (Laub) Baumschule Gehölz (Misch) Gehölz (Nadel)
	Wald/Forst	---	Laubwald Laubwald (Mono) Mischwald Nadelwald Nadelwald (Mono)
Rest	---	---	Baum Campingplatz Fläche besonderer Funktion Förderanlage Freizeitanlage Kläranlage/Klärwerk Platz Sumpf/Ried Tagebau/Grube/ Steinbruch vegetationslose Fläche

7.2.3.2 Landschaftsdaten aus dem Amtlich Topografisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS) im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder

Die Klassifizierung der Landschaft in der Umgebung einzelner Spinatfelder (gleiche Anbauflächen wie bei 600 m-Radius, Kapitel 7.2.3.1) wurde auch für Kreisflächen mit einem Radius von 1.200 m durchgeführt.

Da keine selbst erhobenen Kartierungsdaten für die Landschaft in diesem Radius vorlagen, wurde das digitale Landschaftsmodell (DLM 25/2) des Amtlich Topografisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS) verwendet. Es handelt sich hierbei um einen, auf digitalisierten Luftbildern basierenden Datensatz (aus dem Jahr 2001) für die gesamte Anbauregion. Die Analysen wurden auf Ebene der Objektarten (ATKIS-Objektartenkatalog, ANONYMUS 2002a) und mit zwei Zusammenfassungen häufigster Objektarten (Landschaftselement-Klassen) durchgeführt (Tab. 7.2).

Zur Vermeidung von Überlappungen der Kreisflächen die für die Beschreibung der Landschaft verwendet wurden, d.h. zur Gewährleistung von unabhängigen Datensätzen, fanden keine Untersuchungen der Landschaft auf größeren Skalen als 1.200 m statt.

## Einfluss von Landschaftstrukturen auf die Besiedlung der Spinatfelder

**Tab. 7.2** Alle Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen (Objektarten) innerhalb der die Spinatflächen umgebenden Kreisflächen (1.200 m-Radius) des ATKIS-Datensatzes. Für die Analysen wurden die Daten zusammengefasst (grobe und detaillierte Zusammenfassung). Es werden die Nummern des ATKIS-Objektartenkataloges angegeben (ANONYMUS 2002a).

Zusammenfassung 1: grob	Zusammenfassung 2: detailliert	Originaldaten	Objektart-Nr.
Nutzfläche	Ackerland	Ackerland	4101
		Sonderkultur	4109
	Gartenland	Friedhof	2213
		Gärtnerei	2132
		Gartenland	4103
		Grünanlage	2227
	Grünland	Golfplatz	2230
		Grünland	4102
		Sportplatz	2222
	Linienhafte Vegetationsstrukturen	Fließgewässer/Stillgewässer	Binnensee/Stausee/Teich
Fluß/Bach/Strom			5101
Siedlung	Einzelgebäude	Umspannstation	2127
	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	Fläche besonderer funktionaler Prägung	2114
		Fläche gemischter Nutzung	2113
		Industrie-/Gewerbefläche	2112
		Wohnbaufläche	2111
Wald	Gehölz	Gehölz	4108
	Wald/Forst	Forst/Wald	4107
Rest	---	Bahnhofsanlage	3501
		Bergbaubetrieb	2121
		Brücke/Überführung/ Unterführung	3514
		Campingplatz	2228
		Fläche z.Z. unbestimmbar	4199
		Freifläche	2303
		Freilichttheater	2211
		Heide	4104
		Kläranlage/Klärwerk	2129
		Moor/Moos	4105
		Platz	3103
		Schießstand	2223
		Schwimmbad/Freibad	2224
		Schwimmbecken	2345
		Wasserwerk	2134

## 7.2.4 *Statistische Datenanalyse*

Der Effekt des Landschaftskontextes auf das Vorkommen und die Anzahl der untersuchten Schad- und Nutzarthropoden wurde über multivariate Analysemethoden, wie *randomForest* (BREIMAN 2001) und logistische Regressionen (BACKHAUS *et al.* 2003) untersucht. Die Bedeutung der einzelnen Vorhersagevariablen (Landschaftselemente) wurde mit multiplen linearen Regressionen und der Rückwärts-Methode ermittelt (BACKHAUS *et al.* 2003).

Das *randomForest*-Paket (Version 4.0-7) wurde im Programm R (Version 1.8.1) verwendet. Für die logistischen und multiplen Regressionen kam das Programmpaket SPSS (Version 12.0.1) zum Einsatz.

### 7.2.4.1 *RandomForest*

Diese Analyse-Methode stellt keine Anforderungen an die Verteilung der verwendeten Daten (BREIMAN 2001, BREIMAN 2002), daher wurden die Berechnungen mit den untransformierten Ausgangsdaten durchgeführt.

Die Berechnung von Vorhersagemodellen für die Schad- und Nutzarthropoden wurde mit den Landschaftsdaten der Kreisflächen mit 600 m-Radius (eigene Kartierung) und 1.200 m-Radius (ATKIS-Datensatz) sowie Pheromonfallenfangdaten (Mittlere Anzahl männlicher Falter aus drei Fallen pro Feld, vier Wochen vor Ernte, Kapitel 5) durchgeführt.

Zusammengefasst für die drei Jahre der Untersuchung, wurden die verschiedenen Klassifizierungsebenen (Originaldaten und Zusammenfassungen, Tab. 7.1 – 7.2) der Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen getrennt voneinander analysiert.

Zur Beurteilung der Modellgüte wurden die Mittelwerte der quadrierten Residuen (*mean of squared residuals*, **MSR**) und die prozentuale erklärte Varianz (*% variance explained*, % **VE**) tabellarisch dargestellt. Zur Beurteilung der Bedeutung einzelner Vorhersagevariablen für die Vorhersage wurden Grafiken [*variable importance plots*, **VIP** (BREIMAN 2001)] erstellt.

### 7.2.4.2 Binäre Logistische Regression mit *cutpoint*-Analyse

Die logistische Regression (BACKHAUS *et al.* 2003) wurde verwendet, um die Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, mit der eine bestimmte Anzahl an Arthropoden (Auswahl s.o.) auf den Spinatfeldern in Abhängigkeit von Flächenanteilen bestimmter Landschaftselemente und Klassen von Landschaftselementen zu erwarten ist.

Die Spinatfelder wurden anhand ihres Befalls mit ausgewählten Arthropoden (abhängige Variabel) in zwei Befallsklassen (binäre Klassifizierung: 0 und 1) eingeteilt. Die Klassifizierung 0 bedeutet, dass eine definierte Befallsstärke nicht überschritten wird. Die Klassifizierung 1 hingegen zeigt die Überschreitung einer definierten Befallsstärke auf den ausgewählten Spinatanbauflächen. Die unterschiedlichen Befallsstärken werden durch die *cutpoints* (Auswahl s.u.) symbolisiert. Unter der Annahme, dass die Prognose einer Besiedlung von Spinatflächen mit den ausgewählten Schädlings- und Nützlingsarten erst ab einer bestimmten Populationsdichte dieser Arten möglich ist, wurde eine so genannte *cutpoint*-Analyse durchgeführt. Das heißt der Punkt, an dem die Zuordnung der abhängigen Variable (Anzahl Arthropoden oder Kolonien von Arthropoden auf 200 Pflanzen pro Feld) zu einer der beiden Ausprägungen (0 = kleiner als eine definierte Anzahl und 1 = größer als eine definierte Anzahl) stattfand, wurde verschoben. Die daraus resultierenden Datensätze wurden einzeln analysiert. Es wurden sechs verschiedene *cutpoints* für die jeweiligen Ausprägungen definiert (Tab. 7.3).

Ist das berechnete Modell signifikant, so haben die untersuchten Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen einen Einfluss auf Besiedlung der Spinatflächen mit der ausgewählten Arthropodenart. Die Trennschärfe des Modells und damit die Auskunft über die Bedeutung einzelner Landschaftselemente oder Landschaftselement-Klassen für eine Zuordnung von Feldern zur Klassifizierung 1 und damit zu einer der definierten Befallsstärken, wird durch das Pseudo-R-Quadrat angegeben. Dieses kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je höher das Pseudo-R-Quadrat, desto trennschärfer ist das Modell.

**Tab. 7.3** Definition der verschiedenen *cutpoints* für die Zuordnung der Abundanzen von Nutz- und Schädlingsarten und deren Kolonien (auf 200 untersuchten Pflanzen pro Feld) zu einer der beiden Ausprägungen der binären Klassifikation auf insgesamt 121 untersuchten Spinatfeldern.

Taxa	cutpoints	Binäre Ausprägung			
		0	Anzahl Felder	1	Anzahl Felder
<b><i>Autographa gamma</i> (AG)</b>	10	$\geq 0 \leq 10$	58	> 10	63
	20	$\geq 0 \leq 20$	82	> 20	39
	30	$\geq 0 \leq 30$	99	> 30	22
	40	$\geq 0 \leq 40$	106	> 40	15
	50	$\geq 0 \leq 50$	110	> 50	11
	60	$\geq 0 \leq 60$	115	> 60	6
<b>Blattlauskolonien gesamt (BLLGESKOLO)</b>	10	$\geq 0 \leq 10$	92	> 10	29
	20	$\geq 0 \leq 20$	108	> 20	13
	30	$\geq 0 \leq 30$	111	> 30	10
	40	$\geq 0 \leq 40$	112	> 40	9
	50	$\geq 0 \leq 50$	114	> 50	7
	60	$\geq 0 \leq 60$	117	> 60	4
<b><i>Coccinella septempunctata</i> (CS)</b>	1	$\geq 0 \leq 1$	81	> 1	40
	2	$\geq 0 \leq 2$	88	> 2	33
	3	$\geq 0 \leq 3$	93	> 3	28
	4	$\geq 0 \leq 4$	99	> 4	22
	5	$\geq 0 \leq 5$	105	> 5	16
	6	$\geq 0 \leq 6$	106	> 6	15
<b>Coccinelliden gesamt (COCCGES)</b>	1	$\geq 0 \leq 1$	75	> 1	46
	2	$\geq 0 \leq 2$	85	> 2	36
	3	$\geq 0 \leq 3$	93	> 3	28
	4	$\geq 0 \leq 4$	99	> 4	22
	5	$\geq 0 \leq 5$	103	> 5	18
	6	$\geq 0 \leq 6$	105	> 6	16
<b><i>Aphis fabae</i>-Kolonien (AFKOLO)</b>	1	$\geq 0 \leq 1$	67	> 1	54
	2	$\geq 0 \leq 2$	76	> 2	45
	3	$\geq 0 \leq 3$	83	> 3	38
	4	$\geq 0 \leq 4$	91	> 4	30
	5	$\geq 0 \leq 5$	94	> 5	27
	6	$\geq 0 \leq 6$	99	> 6	22

Vor Durchführung dieser Analysemethode war es notwendig, die Auswahl der Zeiträume zu treffen, in denen die untersuchten Arten und Artengruppen während der drei Jahre auf den untersuchten Spinatflächen zu finden waren. Es handelte sich dabei um folgende Zeiträume (siehe Kapitel 2):

- ***Autographa gamma* (AG)**: Kalenderwoche 23 bis 34
- ***Aphis fabae*-Kolonien (AFKOLO)**: Kalenderwoche 19 bis 32
- **Blattlauskolonien gesamt (BLLGESKOLO)**: Kalenderwoche 19 bis 32
- ***Coccinella septempunctata* (CS)**: Kalenderwoche 19 bis 32
- **Coccinelliden gesamt (COCCGES)**: Kalenderwoche 19 bis 32

Die binäre logistische Regression wurde mit dem Datensatz der eigenen Landschaftskartierung im 600 m-Radius und den ATKIS-Daten im 1.200 m-Radius für die unterschiedlichen Zusammenfassungen der Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen durchgeführt (Tab. 7.1 – 7.2).

Alle ATKIS-Daten für die Beschreibung der Landschaft in der Umgebung einer Spinatfläche stammen aus einem Jahr. Wenn also auf einer Spinatfläche zweimal pro Jahr Spinat ausgesät wird, kann sich die Besiedlung mit Schad- und Nutzarthropoden verändern. Die Datengrundlage für die Beschreibung der Landschaftsstrukturen anhand der ATKIS-Daten bleibt aber gleich. Somit würde mit den gleichen Anteilen ein Landschaftselementen eine unterschiedliche Anzahl an Schad- und Nutzarthropoden vorhergesagt werden. Um dieses Problem zu beheben, wurden unter den Spinatflächen, auf denen zweimal pro Jahr eine Aussaat stattgefunden hatte, nur jeweils die für eine Analyse ausgewählt, auf denen eine maximale Anzahl an Arthropoden nachgewiesen wurde.

Es wurden alle drei Jahre der Untersuchung zusammengefasst, da Unterschiede in den relativen Häufigkeiten der Arthropoden auf den Feldern der jeweiligen Jahre bei einer binären Klassifikation nicht so stark ins Gewicht fallen.

Wo es nicht anders bezeichnet wird, wurde die logistische Regression mit allen Interaktionen (Haupt-, Einzel-, Zweiwege-, Dreiwegeinteraktionen) der einzelnen Vorhersagevariablen berechnet.

Zur Beurteilung der Modellgüte wurde der Log-Likelihood-Ratio-Test verwendet (BACKHAUS *et al.* 2003). Die Trennkraft der Modelle wurde mit den Pseudo-R-Quadrat-Werten nach Nagelkerke (BACKHAUS *et al.* 2003) beschrieben.

#### 7.2.4.3 Multiple Regression mit der Rückwärts-Methode

Zur Bestimmung des Einflusses einzelner Landschaftselemente oder Landschaftselement-Klassen auf das Vorkommen der ausgewählten Schad- und Nutzarthropoden auf den Spinatfeldern, wurden multiple Regressionen (BÜHL & ZÖFEL 2000) berechnet.

Vor der Analyse wurden die abhängigen Daten (y-Daten = Abundanz von Schad- und Nutzarthropoden) standardisiert [ $Z = (y - \text{Mittelwert}) / \text{Standardabweichung}$  (ZAR 1984)]. Damit wurden mögliche Jahreseffekte ausgeglichen und die einzelnen Jahre konnten für die Analyse zusammengefasst werden.

Für die Selektion der Vorhersagevariablen wurde die Rückwärts-Methode (BÜHL & ZÖFEL 2000) ausgewählt. Hier startet das Modell zunächst mit allen Vorhersagevariablen. Dann erfolgt der Ausschluss einzelner Prädiktoren, ohne die sich die Vorhersagekraft des Modells nicht signifikant verschlechtert. Es wurde eine Signifikanzschranke von  $p = 0,05$  für die Aufnahme und  $p = 0,10$  für die Entfernung einzelner Vorhersagevariablen eingestellt. Einmal gelöschte Prädiktoren kommen nicht mehr ins Modell hinein.

Es werden die Beta-Koeffizienten (BÜHL & ZÖFEL 2000) aufgetragen. Diese sind auf den jeweiligen Wertebereich standardisierte Regressionskoeffizienten und geben die Wichtigkeit der aufgenommenen unabhängigen Variablen an. Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell aufgetragen.

Die korrigierten R-Quadrat-Werte für das Gesamtmodell (BÜHL & ZÖFEL 2000) und das beste Modell werden angegeben.

## 7.3 ERGEBNISSE

### **7.3.1 Quantifizierung der Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im Umkreis der Spinatfelder**

#### 7.3.1.1 Daten der eigenen Landschaftskartierung im Radius von 600 m um die Spinatfelder

Die Landschaft im 600 m-Radius um die Spinatfelder bestand zu etwa 70 % aus Nutzfläche (78,57 ha  $\pm$  14,99 SD) (Tab. A4). In der Umgebung aller Spinatfelder wurden Anteile dieser Landschaftselement-Klasse nachgewiesen. Die Nutzfläche bestand zu etwa 80 % aus Ackerland (63,72 ha  $\pm$  15,83 SD) (Tab. A5). Das Landschaftselement Ackerland setzte sich zu etwa 37 % aus Maisanbauflächen (23,66 ha  $\pm$  11,38 SD) und zu 29 % aus Gemüseanbaufläche (18,23 ha  $\pm$  10,67 SD) zusammen (Tab. A7).

#### 7.3.1.2 Daten der Landschaftsbeschreibung auf Basis des ATKIS-Datensatzes im Radius von 1.200 m um die Spinatfelder

Die Landschaft im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder bestand zu etwa 72 % aus Nutzfläche (326,07 ha  $\pm$  60,13 SD), gefolgt von etwa 18 % Wald (83,28 ha  $\pm$  62,21 SD) (Tab. A8). Die Nutzfläche wiederum setzte sich zu etwa 80 % aus Ackerland (260,17 ha  $\pm$  58,25), zu etwa 19 % aus Grünland (63,50 ha  $\pm$  28,83 SD) und etwa 0,8 % aus Gartenland (2,39 ha  $\pm$  6,77 SD) zusammen (Tab. A9 – A10).

### **7.3.2 Das Vorhersagemodell basierend auf der randomForest-Analysemethode**

Für ein signifikantes Vorhersagemodell ist eine prozentuale erklärte Varianz von über 50 % notwendig. Diese wurde mit der Anwendung der *randomForest*-Analysemethode für die untersuchten Datensätze nicht erreicht. Aus diesem Grund können nur Vorhersagetrends wiedergegeben werden.

Die Vorhersagegüte des Modells verbessert sich tendenziell mit der Erhöhung einer Auflösung (Tab. 7.1) einzelner Datensätze. Im 600 m-Radius konnten nur mit den Originaldaten, d.h. den Daten mit der höchsten Auflösung für die

Kolonien aller Blattlausarten (24,26 % VE) und die Raupen der Gammaeule (1,88 % VE), positive Werte für die prozentuale erklärte Varianz (% VE) ermittelt werden (Tab. 7.4). Tendenziell fiel die Prognose des Befalls der Spinatanbauflächen mit Gammeulenraupen für den Datensatz mit Pheromonfallendaten (Kapitel 7.2.2) besser aus als ohne diese. Die tendenziell beste Vorhersage konnte für den gesamten Blattlausbefall ermittelt werden (Tab. 7.4).

Die Beschreibung der mit unterschiedlicher Auflösung zusammengefassten Landschafts-Zusammensetzung (ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius, lieferte für die Prognose aller Schad- und Nutzarthropodengruppen eine negative prozentuale erklärte Varianz (% VE) (Tab. 7.5). Eine geringe tendenzielle Verbesserung der Vorhersage konnte hier, wie im 600 m-Radius für die feinste Auflösung, d. h. den Originaldatensatz (Tab. 7.2) nachgewiesen werden.

Die Beurteilung der Bedeutung einzelner Vorhersagevariablen für die Vorhersage von Gammaeulen-Raupen und der Blattlausarten erfolgte anhand der *variable importance plots* (Abb. 7.1 und Abb. 7.2). Die tendenziell für eine Vorhersage des Gammaeulen-Befalls im 600 m-Radius bedeutsamen unabhängigen Variablen waren neben Gerstenflächen, Roggenflächen, die in einen der getesteten Datensatz integrierten Pheromonfallenfänge (Summe männlicher Falter aus drei Fallen pro Feld, vier Wochen vor Aussaat, Kapitel 7.2.2) und Kartoffelanbauflächen (Abb. 7.1). Für eine tendenzielle Vorhersage aller Blattlausarten im 600 m-Radius waren gemähte Roggen-, Wiesen-, Gerste- und Kürbisanbauflächen bedeutsame Landschaftselemente (Abb. 7.2).

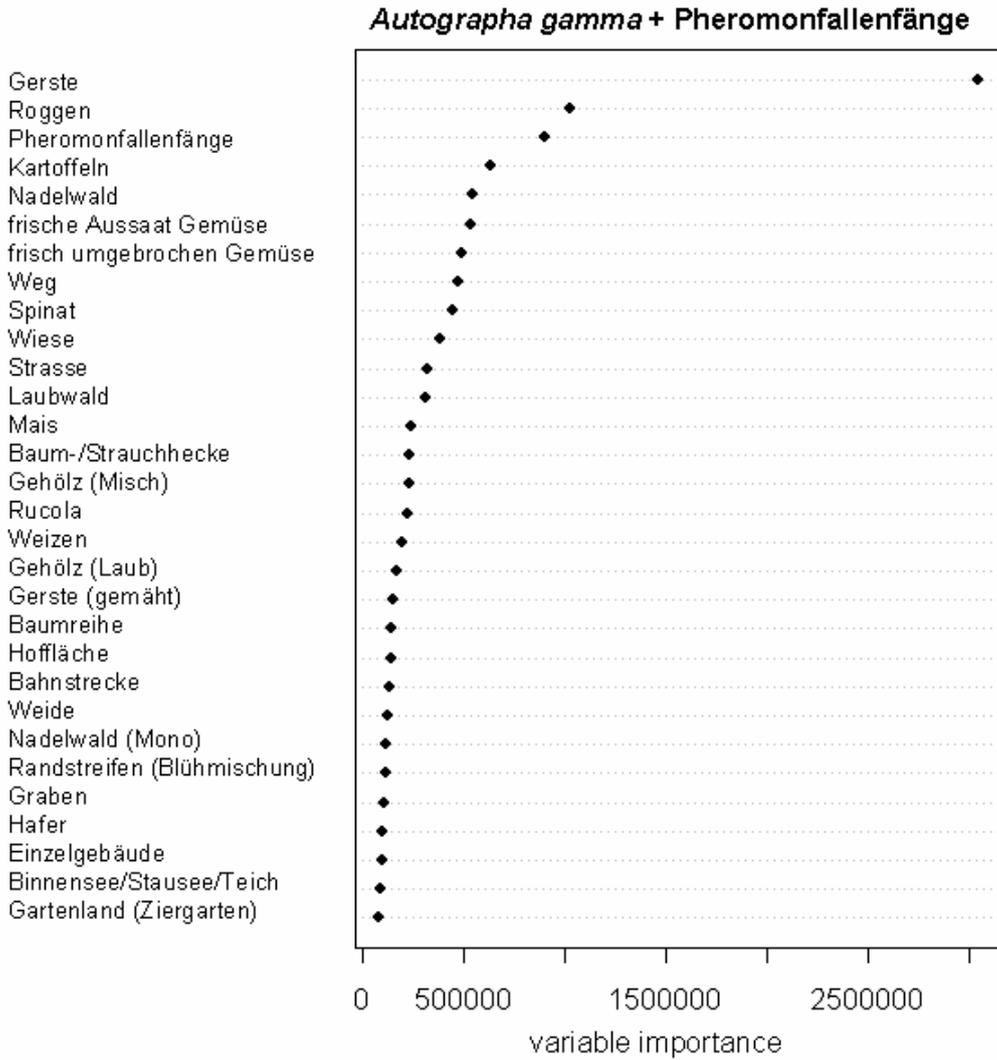
## Einfluss von Landschaftstrukturen auf die Besiedlung der Spinatfelder

**Tab. 7.4** Ergebnisse der *randomForest*-Analyse für Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit Schad- und Nutzarthropoden [AG+PH & AG-PH = Datensätze mit und ohne Zusatz von Pheromonfallenfangdaten (N = 36) (Kapitel 2); AG = *Autographa gamma*, AFKOLO = *Aphis fabae* Kolonien, BLLGESKOLO = Kolonien aller gefundenen Blattlausarten, CS = *Coccinella septempunctata*, COCCGES = Coccinelliden gesamt (N = 121)] anhand der Landschaftselement-Klassen (drei Zusammenfassungen und Originaldaten, siehe Tab. 7.1) im Radius 600 m um die Spinatfelder (eigene Landschaftskartierung). Zur Beurteilung der Modellgüte werden die Mittelwerte der quadrierten Residuen (MSR) und die prozentuale, erklärte Varianz (% VE) angegeben.

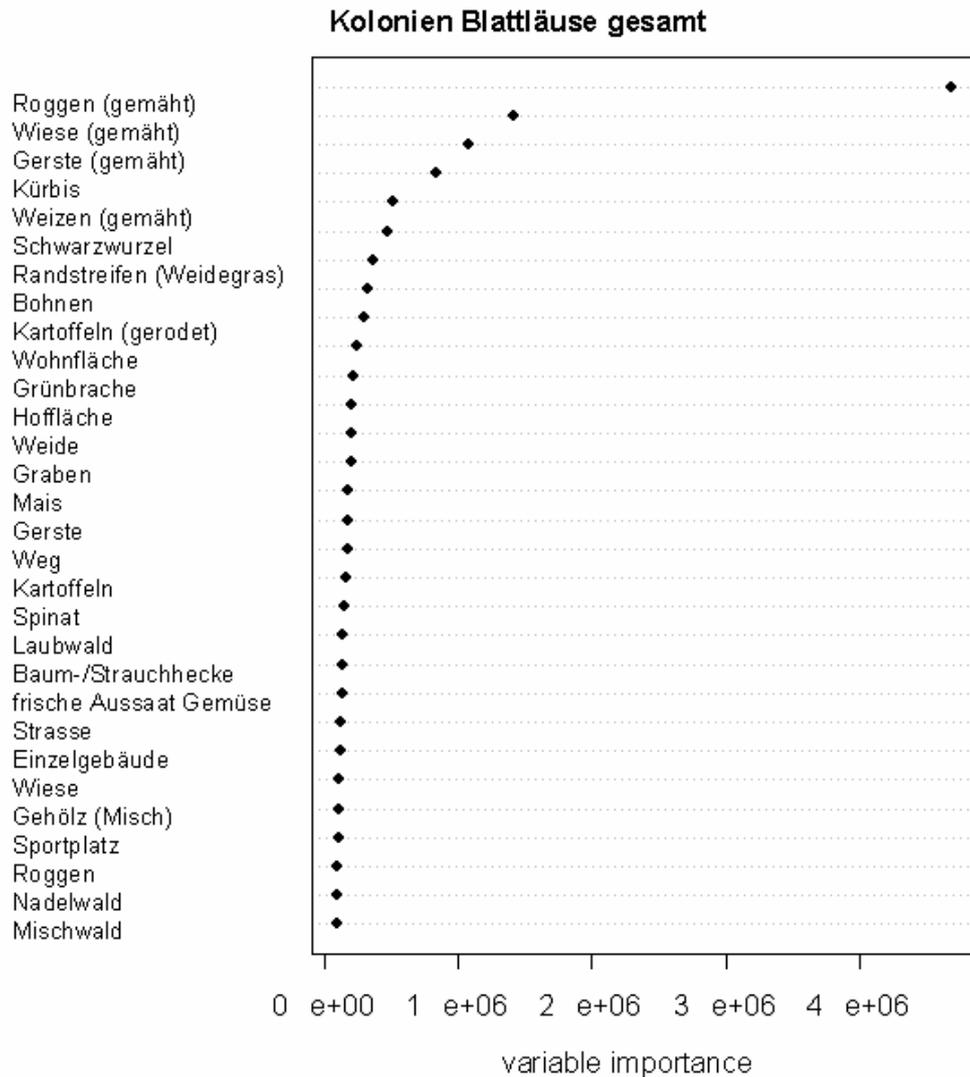
Taxon	grob		detailliert		Nutzfläche		Original	
	MSR	% VE	MSR	% VE	MSR	% VE	MSR	% VE
<b>AG+PH</b>	1270,73	-61,85	1340,26	-70,71	873,58	-11,27	7703,36	1,88
<b>AG-PH</b>	1391,76	-77,27	1448,10	-84,44	1015,89	-77,27	822,46	-4,76
<b>AG</b>	672,33	-47,89	639,32	-40,63	551,83	-21,38	615,40	-35,37
<b>AFKOLO</b>	34,94	-30,54	37,54	-40,26	33,83	-26,37	29,22	-9,15
<b>BLLGESKOLO</b>	359,71	-36,45	379,27	-43,87	379,46	-43,95	199,65	24,26
<b>CS</b>	29,33	-24,37	29,83	-26,47	29,57	-25,36	26,55	-12,57
<b>COCCGES</b>	29,82	-25,16	30,56	-28,24	29,72	-24,72	27,20	-14,16

**Tab. 7.5** Ergebnisse der *randomForest*-Analyse für Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit Schad- und Nutzarthropoden [AG+PH & AG-PH = Datensätze mit und ohne Zusatz von Pheromonfallenfangdaten (N = 36) (Kapitel 2); AG = *Autographa gamma*, AFKOLO = *Aphis fabae* Kolonien, BLLGESKOLO = Kolonien aller gefundenen Blattlausarten, CS = *Coccinella septempunctata*, COCCGES = Coccinelliden gesamt (N = 121)] anhand der Landschaftselement-Klassen (drei Zusammenfassungen, siehe Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder (ATKIS-Datensatz). Zur Beurteilung der Modellgüte werden die Mittelwerte der quadrierten Residuen (MSR) und die prozentuale, erklärte Varianz (% VE) angegeben.

Taxon	grob		detailliert		Original	
	MSR	% VE	MSR	% VE	MSR	% VE
<b>AG+PH</b>	1245,10	-58,59	1244,47	-58,51	140,79	-36,65
<b>AG-PH</b>	1348,99	-71,82	1436,17	-82,92	149,45	-45,06
<b>AG</b>	653,49	-43,74	655,88	-44,27	657,68	-44,67
<b>AFKOLO</b>	36,30	-35,61	36,81	-37,49	37,49	-40,03
<b>BLLGESKOLO</b>	391,95	-48,68	392,74	-48,98	401,83	-52,43
<b>CS</b>	30,91	-31,09	31,35	-32,90	31,045	-31,61
<b>COCCGES</b>	30,72	-28,95	30,96	-29,90	31,501	-32,18



**Abb. 7.1** Aus der *randomForest*-Analyse resultierende Grafik (*variable importance plot*) zur Beschreibung der relativen Bedeutung einzelner unabhängiger Variablen (Landschaftselement-Klassen und Pheromonfallenfänge, Kapitel 7.2.2) für die Vorhersage eines Befalls der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule (*A. gamma*).



**Abb. 7.2** Aus der *randomForest*-Analyse resultierende Grafik (*variable importance plot*) zur Beschreibung der relativen Bedeutung einzelner unabhängiger Variablen (Landschaftselement-Klassen) für die Vorhersage eines Befalls der Spinatfelder mit Kolonien von verschiedenen Blattlausarten.

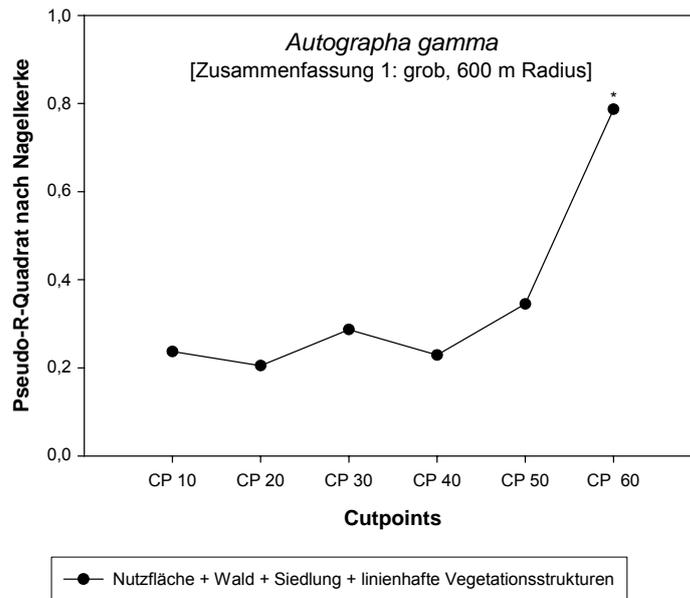
### **7.3.3 Vorhersagemodell auf Basis der binären logistischen Regressionsanalyse für die verschiedenen cutpoints**

Mit der binären logistischen Regressionsanalyse wurde die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der eine definierte Anzahl ausgewählter Arthropodenarten (Auswahl siehe Kapitel 7.2.2) auf den Spinatfeldern, in Abhängigkeit der umgebenden Landschaft zu erwarten ist.

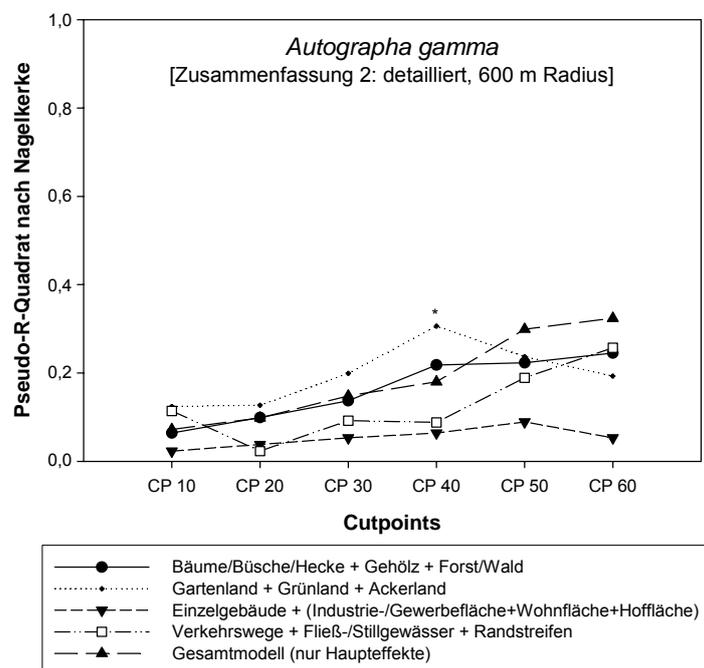
#### **7.3.3.1 Die Vorhersage von Eiern und Raupen der Gammaeule**

Für die Vorhersage der geringsten definierten Befallsstärke von 10 oder mehr Raupen und/oder Eiern der Gammaeule auf 200 Spinatpflanzen pro Feld konnte ein signifikanter Einfluss einzelner Landschaftselemente [Friedhof, Grünanlage, Ziergarten, Obstgarten und Gärtnerei (Tab. 7.1)] innerhalb der Klassifizierung Nutzfläche nachgewiesen werden. Die Trennschärfe des Modells lag bei einem Pseudo-R-Quadratwert von etwa 0,14 (Abb. 7.5, Tab. A13). Ab einer Befallsstärke von 40 Individuen der Gammaeule auf 200 Spinatpflanzen pro Feld wurde ein Einfluss der umgebenden Landschaft sowohl für verschiedene Landschaftselemente innerhalb der detaillierten Klassifizierung (Abb. 7.4, Tab. A12) als auch für die Zusammenfassung der Landschaftselemente Ackerland, Gartenland und Grünland innerhalb der Klassifizierung Nutzfläche (Abb. 7.5, Tab. A13) berechnet.

Mit der groben Klassifizierung der eigenen Landschaftskartierungsdaten im 600 m-Radius und der groben Zusammenfassung der ATKIS-Daten im 1.200 m-Radius war es möglich, einen Befall von 60 oder mehr Gammaeulen-Raupen und Eier auf 200 Spinatpflanzen (Abb. 7.3, Abb. 6) vorherzusagen. Die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat-Wert) des jeweiligen Modells lag im 600 m-Radius bei etwa 0,8 (Abb. 7.3, Tab. A11) und im 1.200 m-Radius bei etwa 0,6 (Abb. 7.6, Tab. A14). Die Landschaftselemente Stillgewässer und Fließgewässer mit ihren durchschnittlich etwa 1 m breiten Saumstrukturen (KÜHNE *et al.* 2000) innerhalb der Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen hatten bei der detaillierten Klassifizierung der Landschaft im 1.200 m-Radius einen signifikanten Einfluss auf den Befall der Spinatfelder mit mehr als 60 Raupen und Eiern der Gammaeule (Abb. 7.7, Tab. A15).



**Abb. 7.3** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A11].



**Abb. 7.4** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A12].

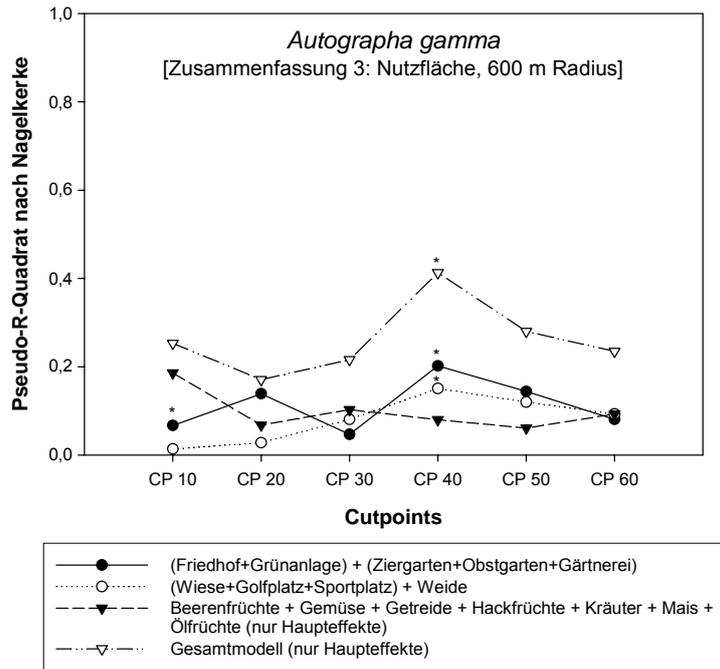


Abb. 7.5 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der Klassifizierung Nutzfläche im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A13].

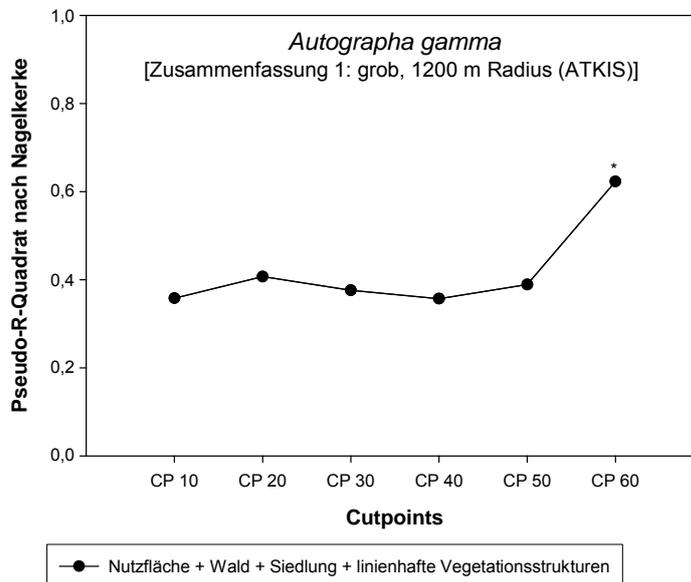


Abb. 7.6 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab.7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A14].

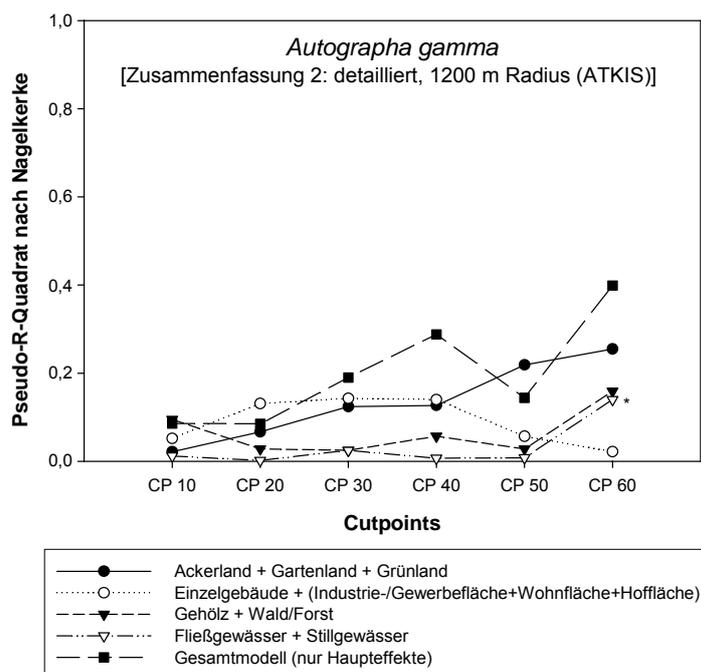


Abb. 7.7 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A15].

### 7.3.3.2 Die Vorhersage von Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten

Lediglich im 600 m-Radius konnte ein signifikanter Einfluss der Landschaft auf die Zuordnung einiger der untersuchten Felder zu einer definierten Stärke eines Befalls mit Schwarzen Bohnenläusen nachgewiesen werden. Bei der detaillierten Zusammenfassung der Landschaft hatten die Landschaftselemente Verkehrswege, Fließ-/Stillgewässer und Randstreifen der Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen einen positiven relativen Einfluss auf den Befall der Spinatanbauflächen mit einer oder mehr Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus (Abb. 7.9). Die Trennkraft des Modells lag bei 0,2 (Abb. 7.9, Tab. A12).

Die Landschaft im 1.200 m-Radius, basierend auf den digitalen ATKIS-Datensatz, hatte keinen Einfluss auf einen *Aphis fabae*-Befall der Spinatanbauflächen. (Abb. 7.11 - 7.12).

Auf den Befall der Spinatanbauflächen mit allen Blattlausarten hatten einige

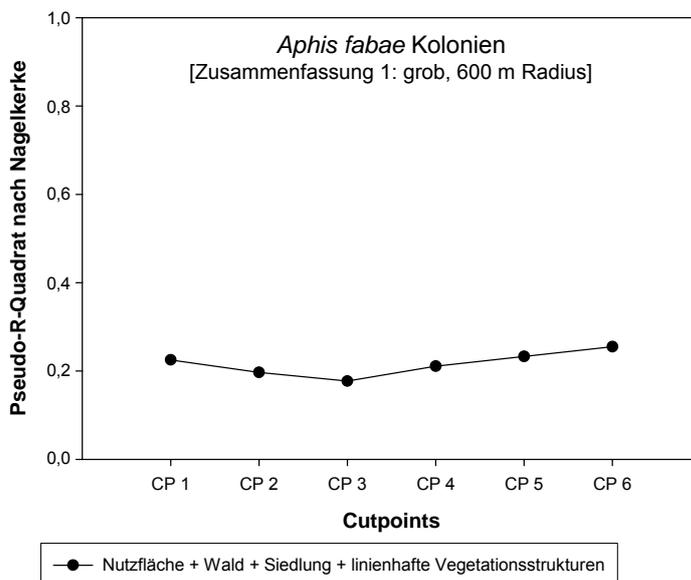
Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen in beiden untersuchten Radien (600 m und 1.200 m) einen signifikanten Einfluss. Innerhalb der groben Zusammenfassung im 1.200 m-Radius wurde ein signifikanter Einfluss der Landschaftselement-Klassen Nutzfläche, Wald, Siedlung und linienhafte Vegetationsstrukturen auf die Vorhersage 20 oder mehr Kolonien auf 200 untersuchten Spinatpflanzen nachgewiesen (Abb. 7.16, Tab. A14).

Im 600 m-Radius und 1.200 m-Radius hatten Landschaftselemente der detaillierten Zusammenfassung der Landschaft einen Einfluss auf die Vorhersage einer Befallsstärke von 30 oder mehr Kolonien aller Blattlausarten. Im 600 m-Radius konnte der Einfluss von Verkehrswegen, Fließ- und Stillgewässern sowie Randstreifen nachgewiesen werden (Pseudo-R-Quadrat = 0,334, Abb. 7.14, Tab. A12). Hingegen hatten im 1.200 m-Radius die Landschaftselement-Klassen Nutzfläche, Wald, Siedlung und linienhafte Strukturen der detaillierten Zusammenfassung einen Einfluss auf die Vorhersage der Befallsstärke von mehr als 30 Blattlauskolonien (Pseudo-R-Quadrat = 0,625, Abb. 7.16, Tab. A14).

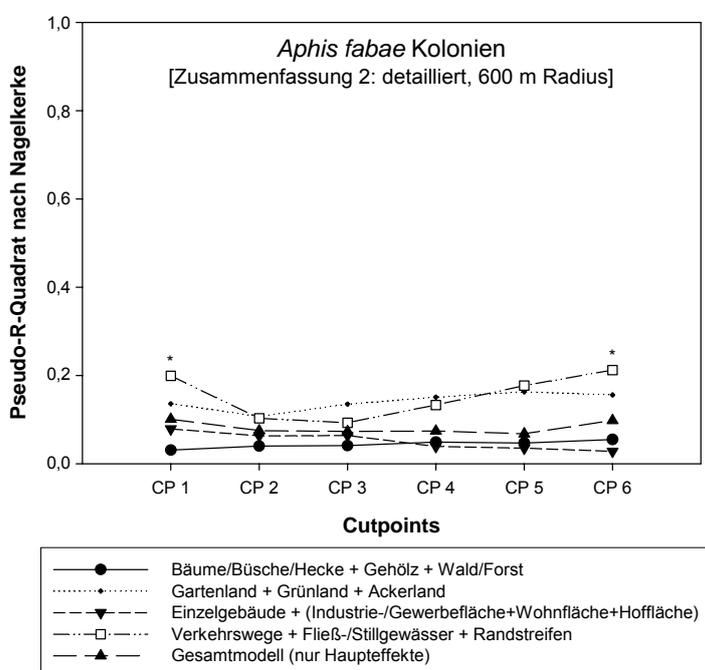
Am häufigsten konnte der Einfluss der Landschaft für die Vorhersage einer Befallsstärke von 40 oder mehr Kolonien aller Blattlausarten berechnet werden. Sowohl im 600 m-Radius, als auch im 1.200 m-Radius war eine Prognose mit der groben Zusammenfassung der Landschaftselement-Klassen Nutzfläche, Wald, Siedlung und linienhafte Strukturen möglich (600 m: Pseudo-R-Quadrat = 0,563, Abb. 7.13, Tab. A11; 1.200 m: Pseudo-R-Quadrat = 0,638, Abb. 16, Tab. 7.28). Auch mit der detaillierten Zusammenfassung des Datensatzes im 600 m-Radius, konnte eine Vorhersage eines Blattlausbefalls von mehr als 40 Kolonien auf 200 Pflanzen pro Feld, anhand der Landschaftselemente Verkehrswege, Fließ-/Stillgewässer und Randstreifen, innerhalb der Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen, mit einer Trennkraft des Modells mit einem Pseudo-R-Quadrat von 0,387 erzielt werden (Abb. 7.14, Tab. A12).

Hohe Koloniedichten von mehr als 60 Kolonien auf 200 untersuchten Spinatpflanzen konnten mit den Landschaftselement-Klassen Ackerland, Gartenland und Grünland der detaillierten Zusammenfassung der Landschaftszusammensetzung im 1.200 m-Radius (Tab. 7.2) vorhergesagt

werden (Abb. 7.17, Tab. A15). Die Genauigkeit der Klassifizierung, mit einem Pseudo-R-Quadrat von 0,599 war relativ hoch.



**Abb. 7.8** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A11).



**Abb. 7.9** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A12].

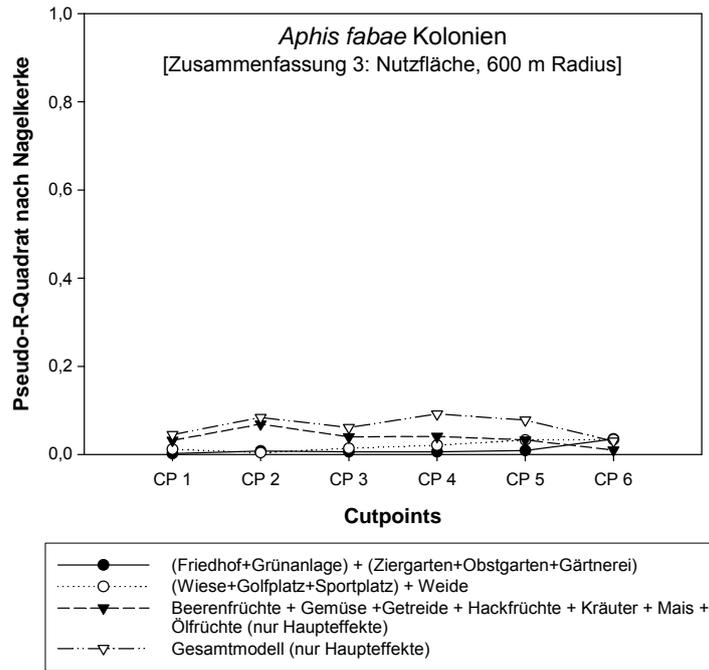


Abb. 7.10 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der Klassifizierung Nutzfläche von Landschaftselementen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A13).

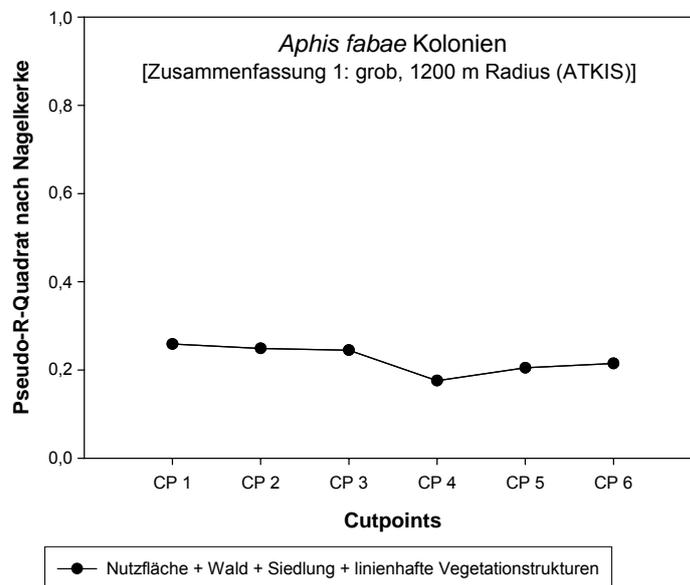
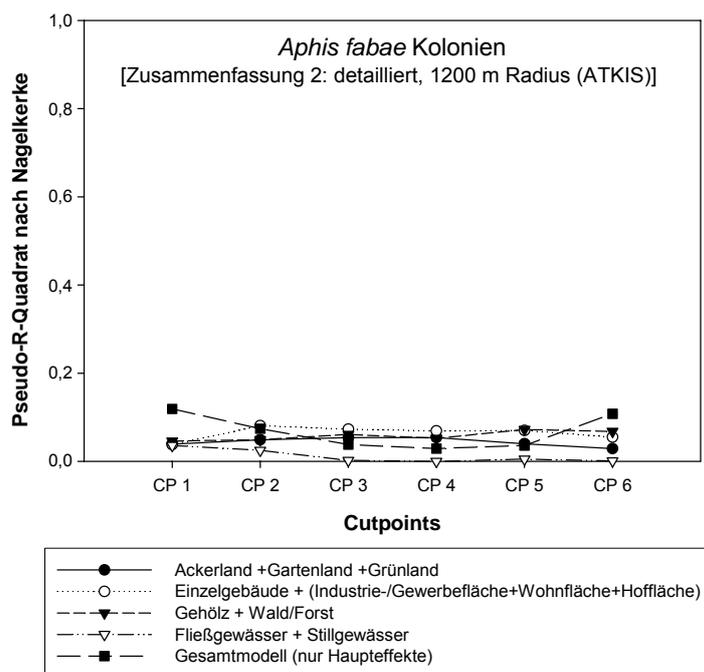
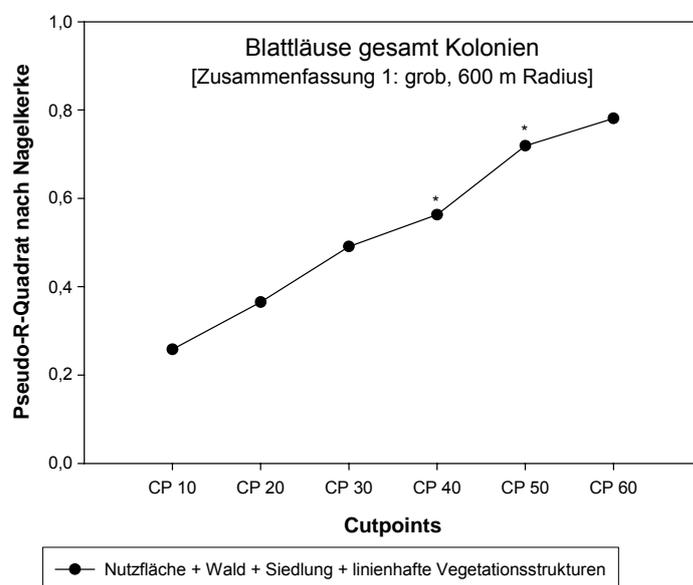


Abb. 7.11 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A14).



**Abb. 7.12** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A15).



**Abb. 7.13** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien aller Blattlausarten, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A11].

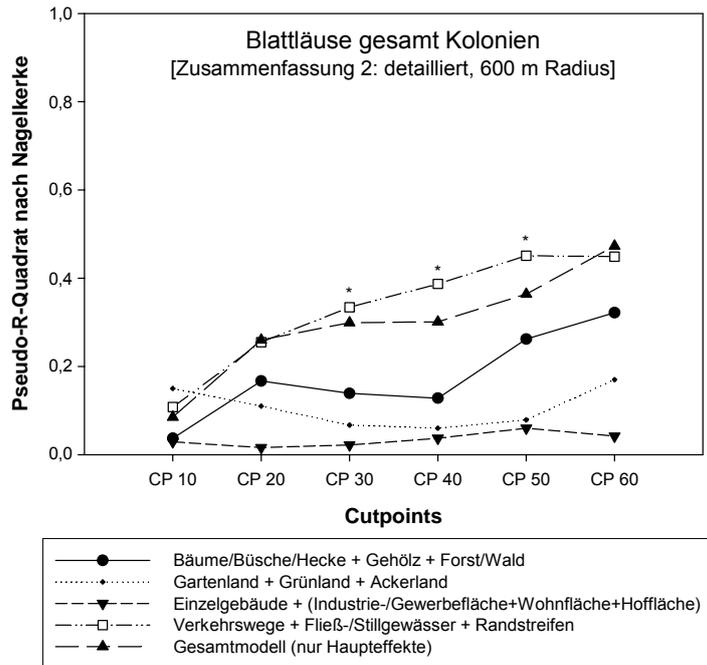


Abb. 7.14 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien aller Blattlausarten, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A12].

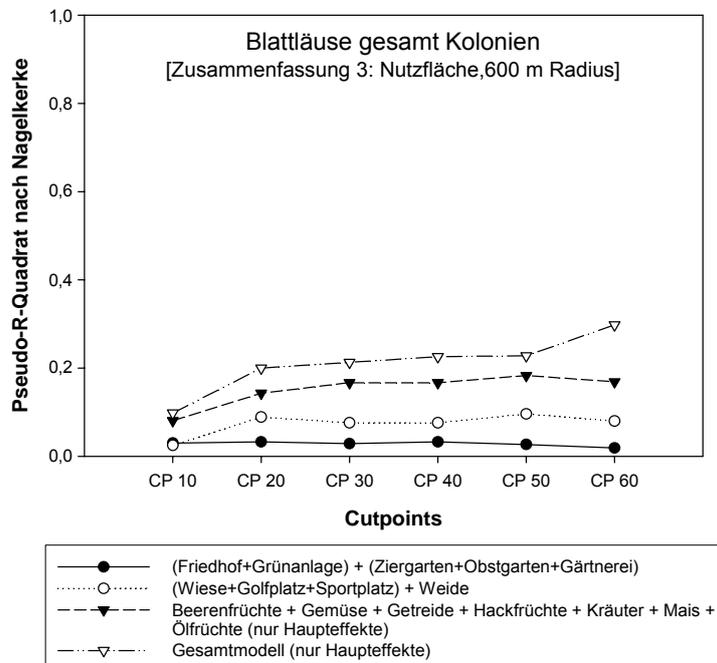


Abb. 7.15 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien aller Blattlausarten, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der Klassifizierung Nutzfläche von Landschaftselementen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A13).

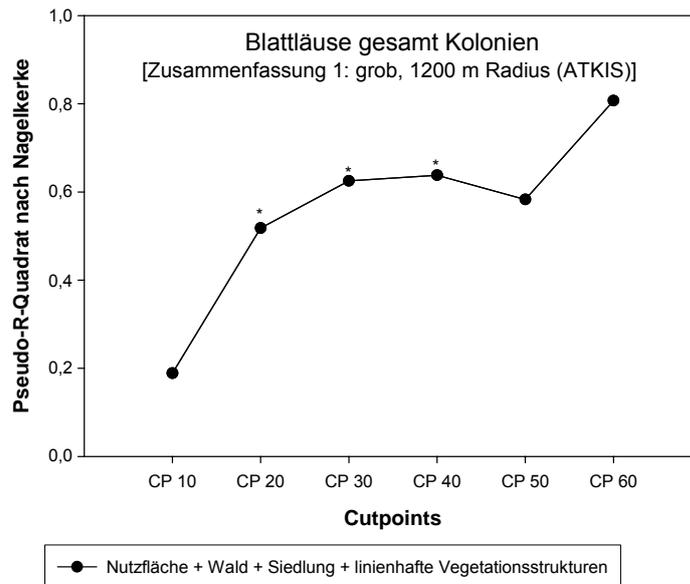


Abb. 7.16 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien aller Blattlausarten, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A14].

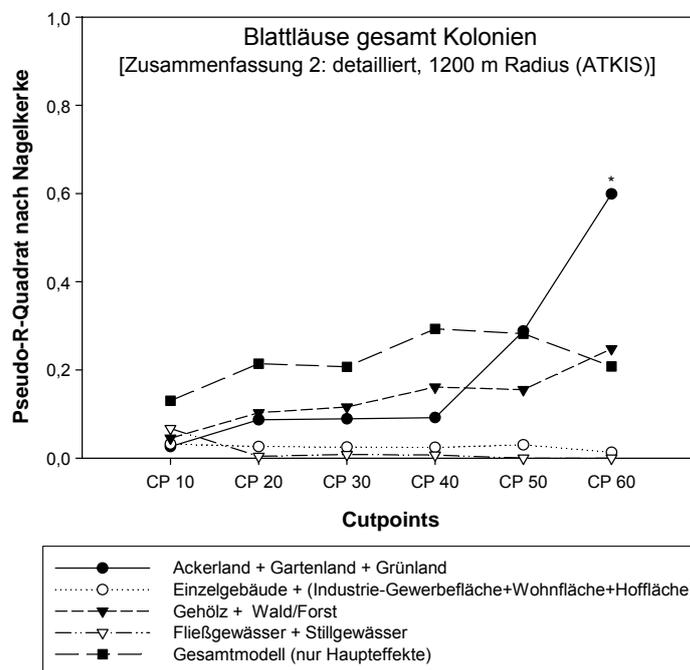


Abb. 7.17 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Kolonien aller Blattlausarten, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikantes Modell (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A15].

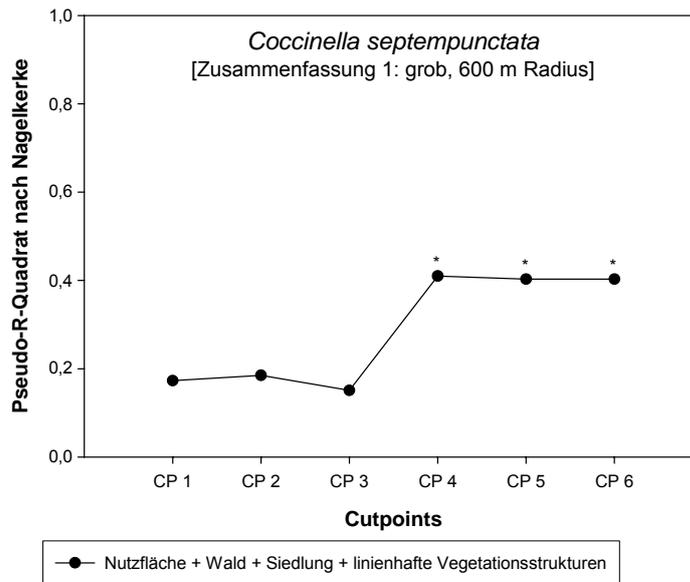
### 7.3.3.3 Die Vorhersage von Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers und aller weiteren Coccinellidenarten

Mithilfe der logistischen Regression konnten bereits Einzelindividuen des Siebenpunkt-Marienkäfers als auch weiterer Coccinellidenarten auf Basis der Landschaftszusammensetzung im 600 m-Radius um die untersuchten Spinatfelder vorhergesagt werden.

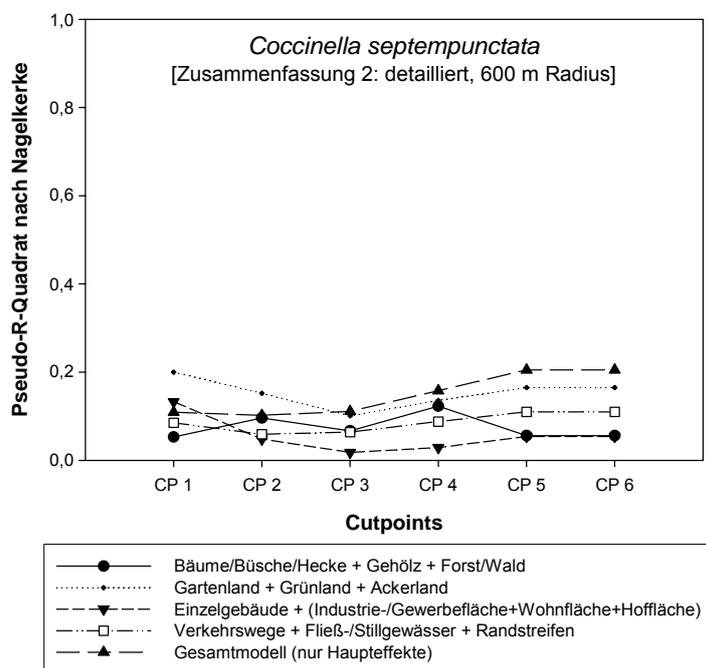
Die Vorhersage jeweils eines Siebenpunkt-Marienkäfers sowie eines Vertreters aller Coccinellidenarten auf den 200 Pflanzen pro Feld war mit den Landschaftselement-Klassen Ackerland, Gartenland und Grünland sowie Einzelgebäuden, Industrie-/Gewerbeflächen, Wohnfläche und Hoffläche der detaillierten Landschaftszusammensetzung im 600 m-Radius möglich. Die Trennkraft der Modelle lag für den Siebenpunkt-Marienkäfer bei einem Pseudo-R-Quadrat von 0,200 (Abb. 7.19, Tab. A12) und bei den Coccinellidenarten bei einem Pseudo-R-Quadrat von 0,243 (Abb. 7.24, Tab. A12).

Im 600 m-Radius konnte für eine Anzahl von mehr als vier Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers und aller anderen Coccinellidenarten sowohl mit den Landschaftselement-Klassen Nutzfläche, Wald, Siedlung und linienhafte Vegetationsstrukturen der groben Zusammenfassung (Abb. 7.18, Abb. 7.23, Tab. A11), als auch mit den Landschaftselementen Wiese, Golfplatz, Sportplatz und Weide der Landschaftselement-Klasse Grünland (Abb. 7.20, Abb. 7.25, Tab. A13), eine Vorhersage berechnet werden. Die Trennkraft der Modelle war bei der groben Zusammenfassung der Landschaft höher (Pseudo-R-Quadrat = 0,410) als für die Zusammenfassung der Landschaftselemente der Landschaftselement-Klassen Ackerland, Gartenland und Grünland (Pseudo-R-Quadrat = 0,143).

Auch im 1.200 m-Radius mit der detaillierten Zusammenfassung der Landschaftselemente Einzelgebäude, Industrie-/Gewerbefläche, Wohnfläche und Hoffläche der Landschaftselement-Klasse Siedlung, war eine Vorhersage eines Befalls von mehr als vier Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers und aller weiteren Coccinellidenarten möglich (Abb. 7.22 und Abb. 7.27). Die Pseudo-R-Quadratwerte lagen bei 0,167 (Abb. 7.22 und Abb. 7.27, Tab. A15).



**Abb. 7.18** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A11].



**Abb. 7.19** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A12).

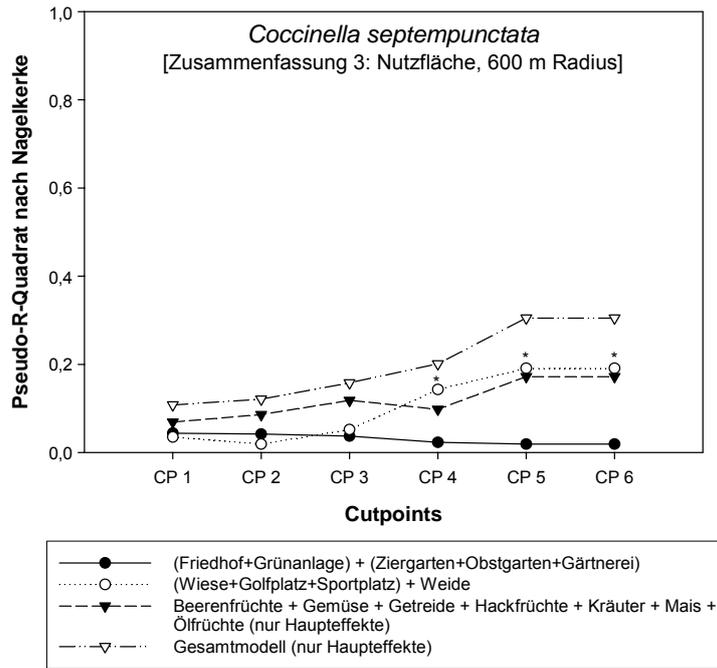


Abb. 7.20 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der Klassifizierung Nutzfläche von Landschaftselementen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A13].

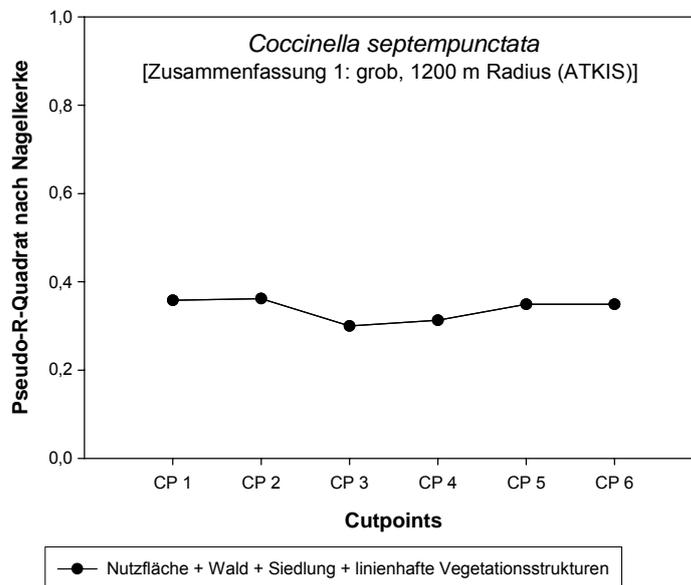


Abb. 7.21 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A14).

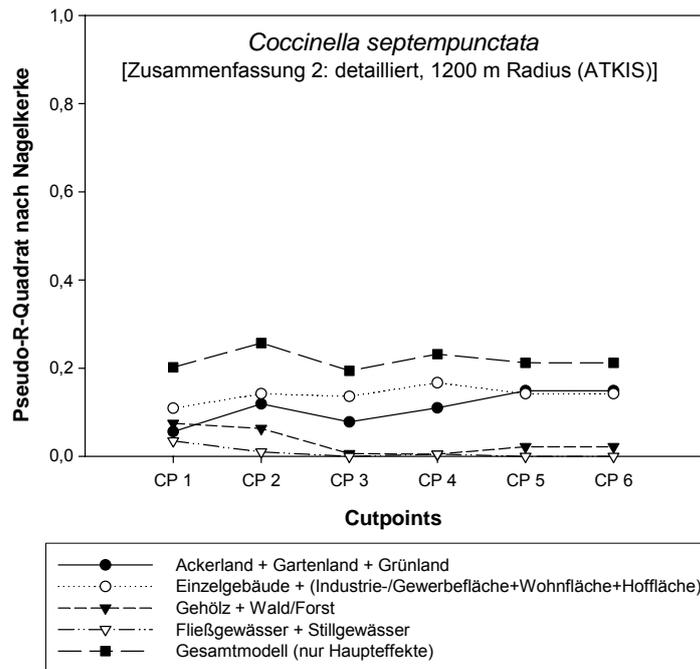


Abb. 7.22 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers, *Coccinella septempunctata*, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A15).

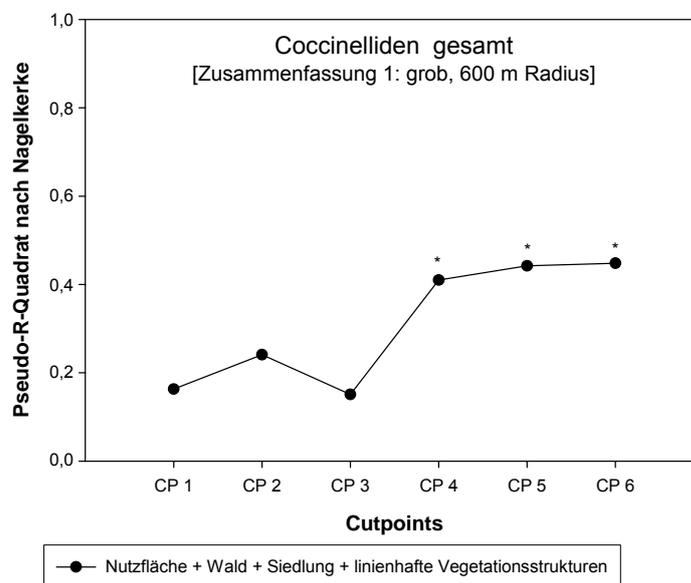
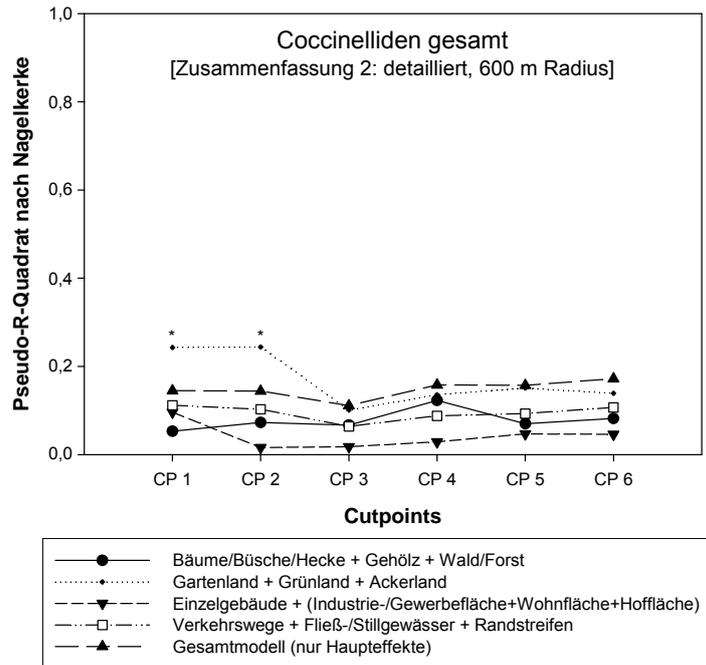
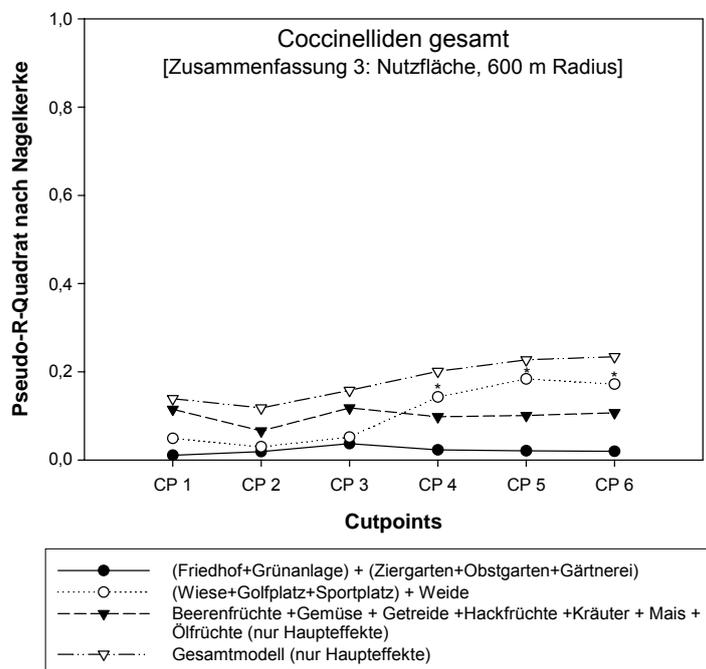


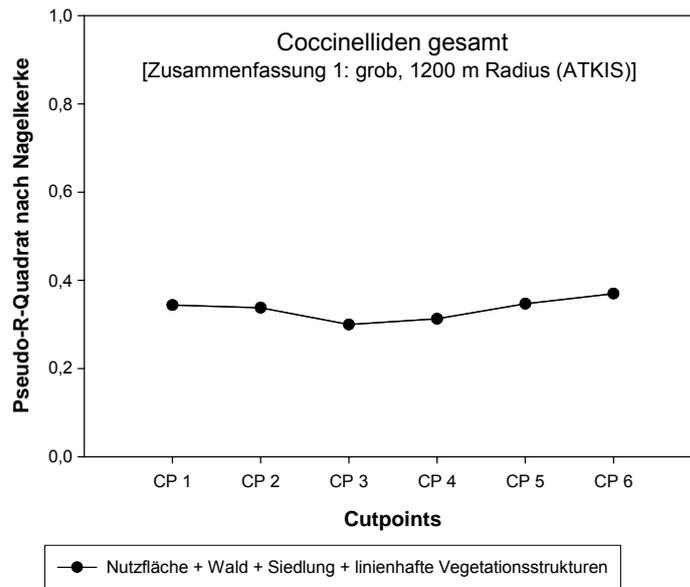
Abb. 7.23 Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab.7.4) der Spinatfelder mit allen Individuen Marienkäferfamilie Coccinellidae, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A11].



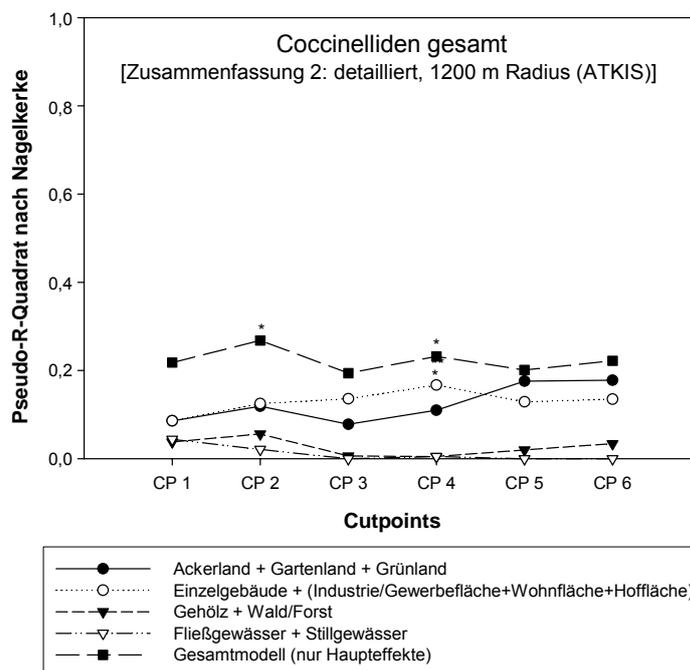
**Abb. 7.24** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit allen Individuen Marienkäferfamilie Coccinellidae, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A12].



**Abb. 7.25** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit allen Individuen der Marienkäferfamilie Coccinellidae, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der Klassifizierung Nutzfläche von Landschaftselementen im 600 m-Radius (Tab. 7.1 - 7.2). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A13].



**Abb. 7.26** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit allen Individuen Marienkäferfamilie Coccinellidae, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der groben Klassifizierung von Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt (Tab. A14).



**Abb. 7.27** Die Vorhersage verschiedener Befallsstärken (*cutpoints*, Tab. 7.4) der Spinatfelder mit allen Individuen Marienkäferfamilie Coccinellidae, in Abhängigkeit von Flächenanteilen der detaillierten Klassifizierung von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (Tab. 7.3). Es wird die Trennkraft (Pseudo-R-Quadrat) der Modelle dargestellt [\* = signifikante Modelle (Likelihood-Ratio-Test,  $p < 0,05$ ), Tab. A15].

### 7.3.4 Einfluss der einzelnen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen auf die Vorhersage

Der Einfluss einzelner Landschaftselemente oder Landschaftselement-Klassen auf das Vorkommen ausgewählter Schad- und Nutzarthropoden auf den Spinatfeldern wurde mit einer multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode bestimmt. In den Fällen, in denen kein signifikanter Einfluss von Landschaftselementen oder Landschaftselement-Klassen im 600 m- oder 1.200 m-Radius berechnet werden konnte, wird im Folgenden nur auf deren tendenzielle Bedeutung eingegangen.

**Tab. 7.6** Legende für die in folgenden Abbildungen verwendeten Abkürzungen für die einzelnen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen (siehe auch Tab. 7.1).

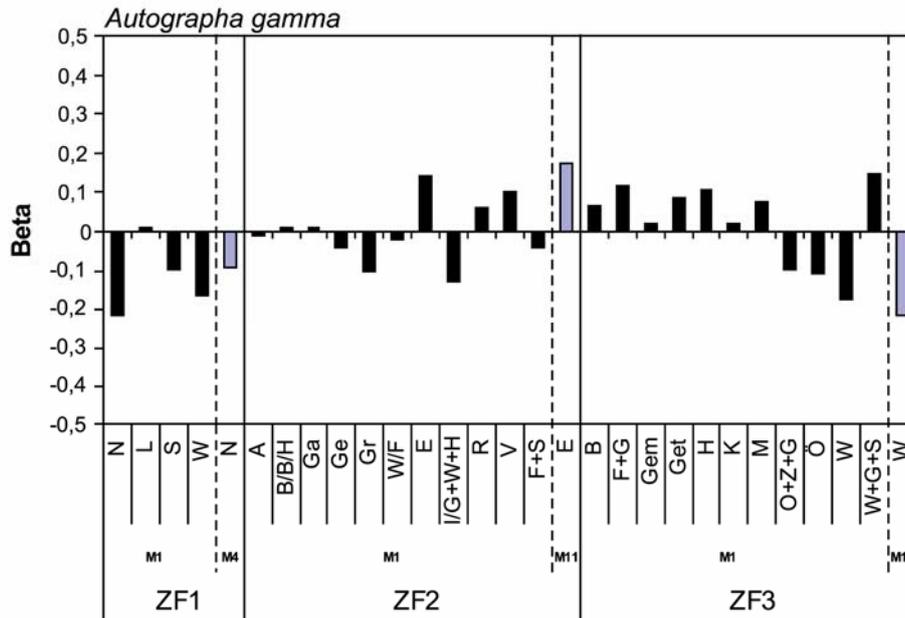
Abkürzung	Landschaftselemente / Landschaftselement-Klassen	Klassifizierung
N	Nutzfläche	grob
L	linienhafte Vegetationsstrukturen	grob
S	Siedlung	grob
W	Wald	grob
A	Ackerland	detailliert
B/B/H	Bäume/Büsche/Hecke	detailliert
Ga	Gartenland	detailliert
Ge	Gehölz	detailliert
Gr	Grünland	detailliert
W/F	Wald/Forst	detailliert
E	Einzelgebäude	detailliert
I/G+W+H	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	detailliert
R	Randstreifen	detailliert
V	Verkehrswege	detailliert
F+S	Fließgewässer/Stillgewässer	detailliert
B	Beerenfrüchte	Nutzfläche
F+G	Friedhof + Grünanlage	Nutzfläche
Gem	Gemüse	Nutzfläche
Get	Getreide	Nutzfläche
H	Hackfrüchte	Nutzfläche
K	Kräuter	Nutzfläche
M	Mais	Nutzfläche
O+Z+G	Obstgarten + Ziergarten + Gärtnerei	Nutzfläche
Ö	Ölfrüchte	Nutzfläche
W	Weide	Nutzfläche
W+G+S	Wiese + Golfplatz + Sportplatz	Nutzfläche

### 7.3.4.1 Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf die Gammaeule

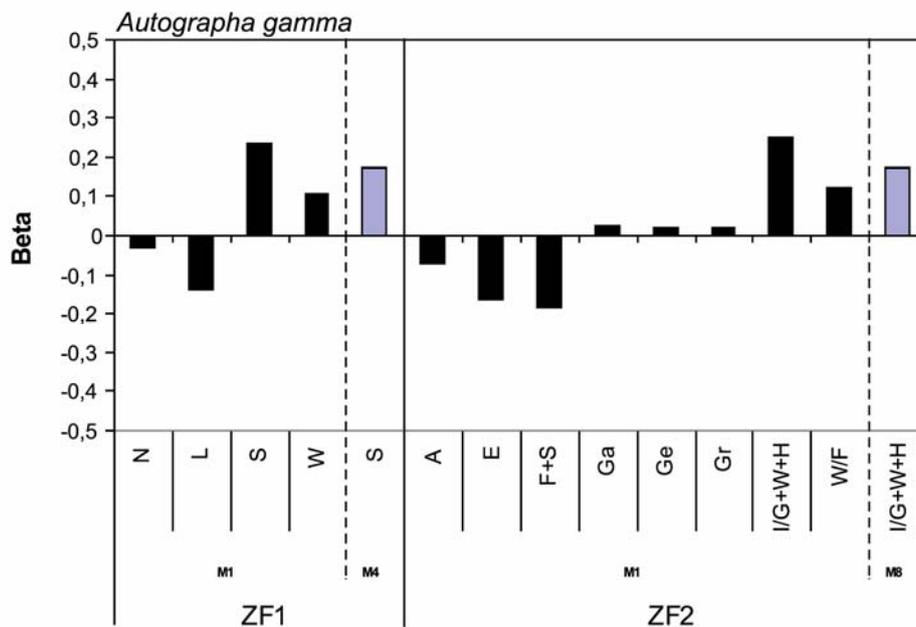
Im 600 m-Radius der ersten groben Zusammenfassung war nur der Einfluss der Landschaftselement-Klasse linienhafte Landschaftsstrukturen positiv, alle weiteren Landschaftselement-Klassen wirkten sich negativ auf die Besiedlung der Spinatfelder mit Gammaeulen-Raupen und Eiern aus (Abb. 7.28). Hingegen hatte die Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen im 1.200 m-Radius einen negativen Einfluss. Der Einfluss der Landschaftselement-Klassen Wald und Siedlung war in diesem Radius positiv (Abb. 7.29).

Bei der detaillierten Zusammenfassung der Landschaftszusammensetzung, wurde im 600 m-Radius der höchste positive, relative Einfluss des Landschaftselements Einzelgebäude nachgewiesen (Abb. 7.28). Einen negativen, relativen Einfluss hatten besonders die Landschaftselemente Industrie-/Gewerbefläche, Wohnfläche und Hoffläche (Abb. 7.28).

Im Gegensatz dazu war der Einfluss von Einzelgebäuden im 1.200 m-Radius negativ. Auch Still- und Fließgewässer wirkten sich negativ auf eine Besiedlung des Spinats mit Gammaeulen aus. Einen positiven relativen Einfluss hatten besonders die Landschaftselemente Industrie-/Gewerbefläche + Hoffläche + Wohnfläche sowie Wald/Forst (Abb. 7.29).



**Abb. 7.28** Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert, ZF3 = Nutzfläche; Tab. 7.1) für die Vorhersage der Gammaeule, *A. gamma*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A16 - A18).



**Abb. 7.29** Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert; ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) für die Vorhersage der Gammaeule, *A. gamma*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A19 - A20).

### 7.3.4.2 Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten

Bei der groben Klassifizierung der Landschaft (Tab. 7.1 - 7.2) hatten die Landschaftselement-Klassen Wald und Nutzfläche einen negativen relativen Einfluss auf eine Besiedlung der Spinatfelder mit Kolonien der Blattlausart *Aphis fabae* und anderer Blattlausarten (Abb. 7.30 - 7.31). Diese negativen Effekte konnten auch für den 1.200 m-Radius nachgewiesen werden (Abb. 7.32 - 7.33). Einen positiven Einfluss hatte in diesem Radius die Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen (Abb. 7.30 - 7.31).

Für die detaillierte Zusammenfassung der Landschaft im 600 m-Radius konnte ein negativer relativer Effekt der Landschaftselement-Klassen Ackerland und Wald/Forst auf die Besiedlung der Spinatflächen mit Blattläusen berechnet werden (Abb. 7.30 - 7.31). Diese negativen Effekte fanden sich auch im 1.200 m-Radius (Abb. 7.32 - 7.33).

Im 600 m-Radius besaß das Landschaftselement Randstreifen sowohl für die Schwarze Bohnenlaus als auch für alle anderen Blattlausarten einen positiven relativen Einfluss (Abb. 7.30 - 7.33). Im Gegensatz dazu hatten im 1.200 m-Radius die zur Landschaftselement-Klasse linienhafte Vegetationsstrukturen gehörenden Landschaftselemente Fließ- und Stillgewässer einen positiven Einfluss auf eine Blattlausbesiedlung der Spinatflächen (Abb. 7.32 - 7.33).

Innerhalb der dritten Zusammenfassung (Nutzfläche) der Landschaft im 600 m-Radius hatten die Landschaftselemente Hackfrüchte sowie Wiese, Golfplatz und Sportplatz einen positiven relativen Einfluss auf die Blattlausbesiedlung der Spinatanbauflächen (Abb. 7.30 - 7.31). Negative Einflüsse auf die Blattlausbesiedlung zeigte vor allem der Kräuteraanbau in der 600 m Umgebung der Spinatfelder (Abb. 7.30 - 7.31).

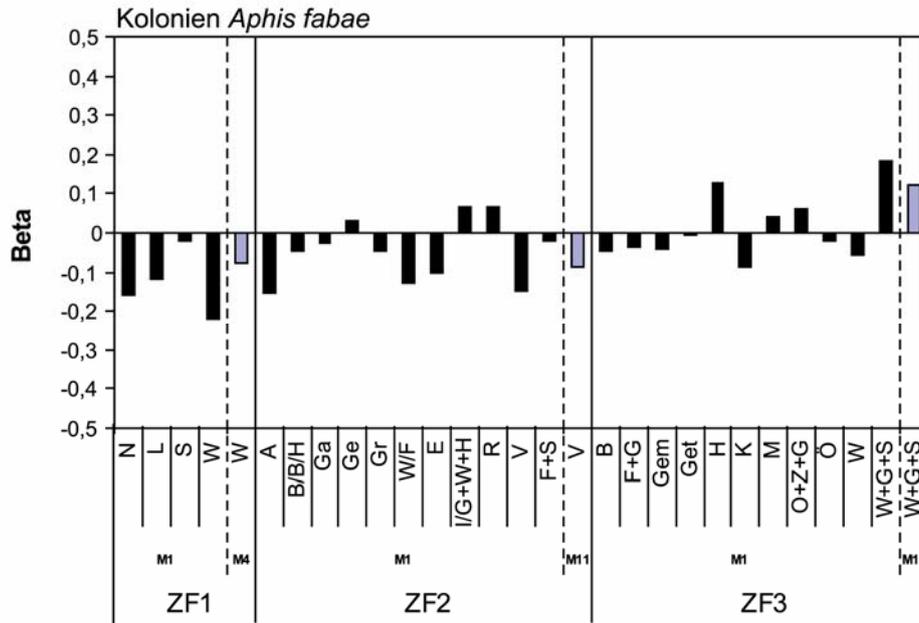


Abb. 7.30 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert, ZF3 = Nutzfläche; Tab. 7.1) für die Vorhersage von Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *A. fabae*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell aufgetragen (M4 und M11 = bestes Modell, Tab. A16 - A18).

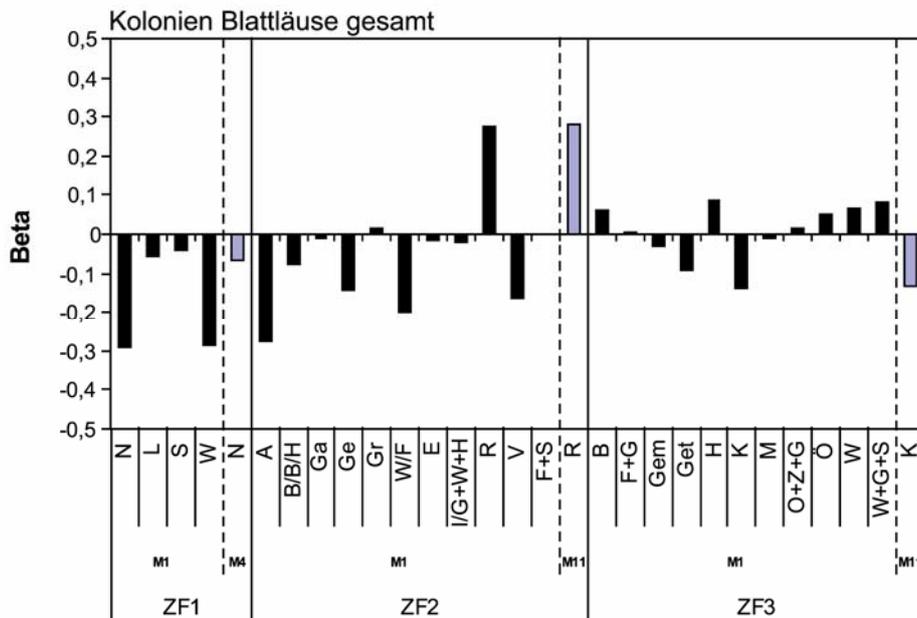


Abb. 7.31 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert, ZF3 = Nutzfläche; Tab. 7.1) für die Vorhersage von Kolonien aller nachgewiesenen Blattlausarten. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A16 - A18).

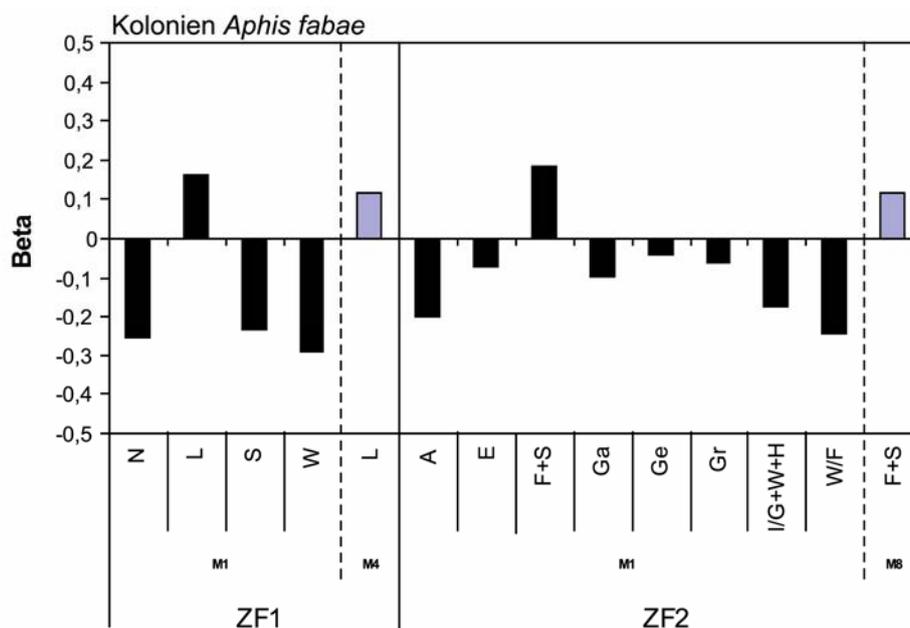


Abb. 7.32 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert; ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) für die Vorhersage der Schwarzen Bohnenlaus, *A. fabae*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A19 - A20).

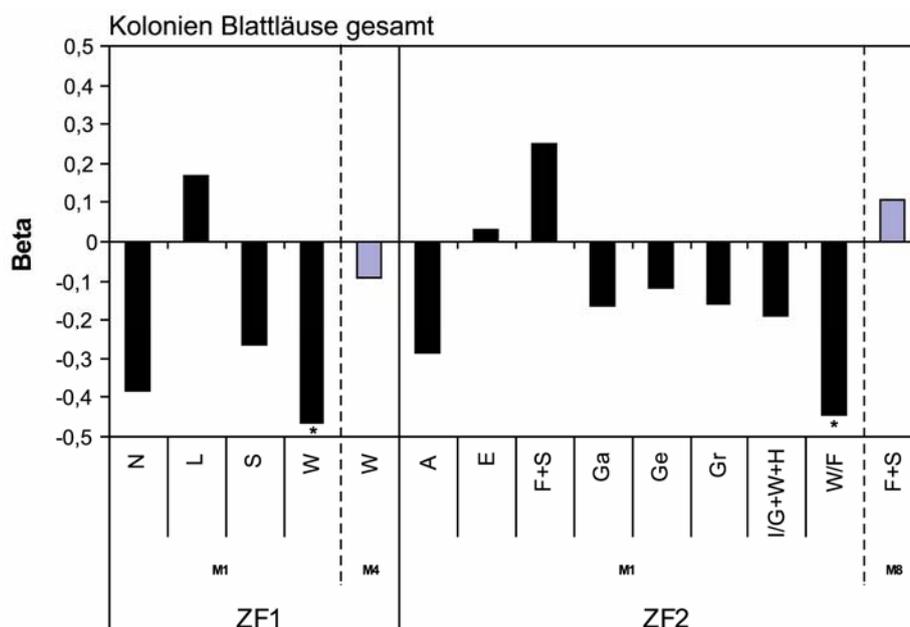


Abb. 7.33 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert; ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) für die Vorhersage von Kolonien aller nachgewiesenen Blattlausarten. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n (Tab. 7.6) im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen [\* = Absicherung der Beta-Regressionkoeffizienten gegen 0 ( $p < 0,05$ ); Tab. A19 - A20].

7.3.4.3 Einflüsse von Landschaftsstrukturen auf Individuen des Siebenpunkt-Marienkäfers und anderer Coccinellidenarten

Der Einfluss der Landschaft auf die Besiedlung der Spinatanbauflächen mit Siebenpunkt-Marienkäfern und einer Zusammenfassung aller auf den Spinatfeldern nachgewiesener Coccinellidenarten war vergleichbar.

Signifikante, positive Effekte auf die Besiedlung von Spinatanbauflächen mit allen Coccinellidenarten wurden für die Landschaftselement-Klasse Siedlung sowohl im 600 m-Radius als auch im 1.200 m-Radius nachgewiesen (Abb. 7.34 - 7.37). Ein negativer Einfluss konnte im 600 m-Radius für die Landschaftselement-Klasse Nutzfläche nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu hatte diese Landschaftselement-Klasse im 1.200 m-Radius einen positiven relativen Einfluss die Besiedlung der Spinatfelder mit Individuen dieser Käferfamilie (Abb. 7.36 - 7.37).

Bei der detaillierten Auflösung der Landschaft in den beiden Radien (600 m und 1.200 m) konnten positive Effekte der Landschaftselemente Industrie-/Gewerbefläche, Wohnfläche und Hoffläche auf eine Besiedlung von Spinatanbauflächen mit allen Coccinellidenarten berechnet werden. Weiterhin hatten Einzelgebäude einen positiven relativen Einfluss (Abb. 7.34 - 7.37).

Im 600 m-Radius innerhalb der Landschaftselement-Klasse Nutzfläche, wurde ein, die Besiedlung der Spinatflächen begünstigender Effekt, der Landschaftselemente Friedhof und Grünanlage nachgewiesen. Negativ wirkten sich hingegen Flächenanteile der Landschaftselemente Wiese, Golfplatz und Sportplatz aus (Abb. 7.34 - 7.37).

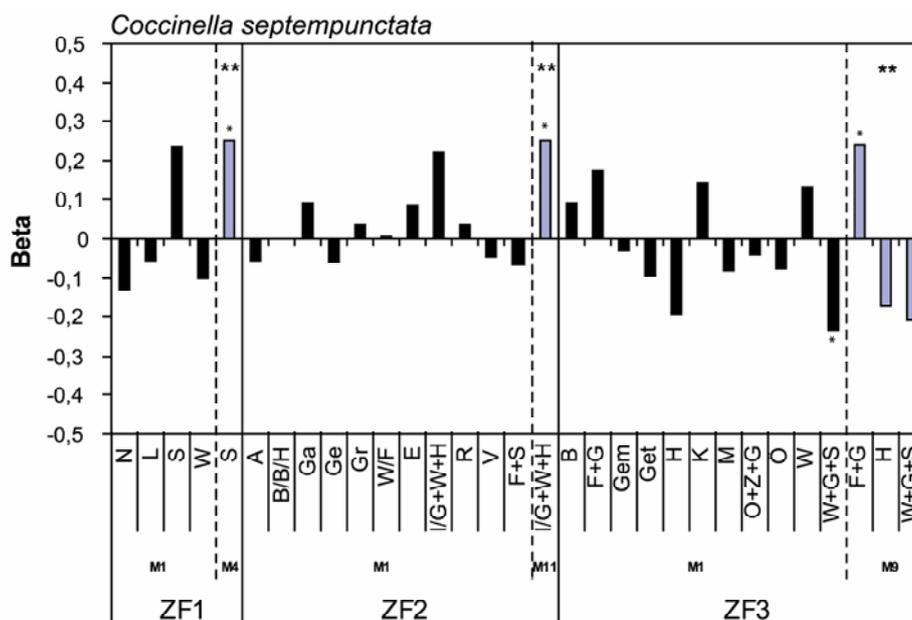


Abb. 7.34 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert, ZF3 = Nutzfläche; Tab. 7.1) für die Vorhersage von Individuen des Siebenpunkt Marienkäfers, *C. septempunctata*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen [\*\* = ANOVA für das jeweilige Gesamtmodell ( $p < 0,05$ ); \* = Absicherung der Beta-Regressionkoeffizienten gegen 0 ( $p < 0,05$ ); Tab. A16 - A18].

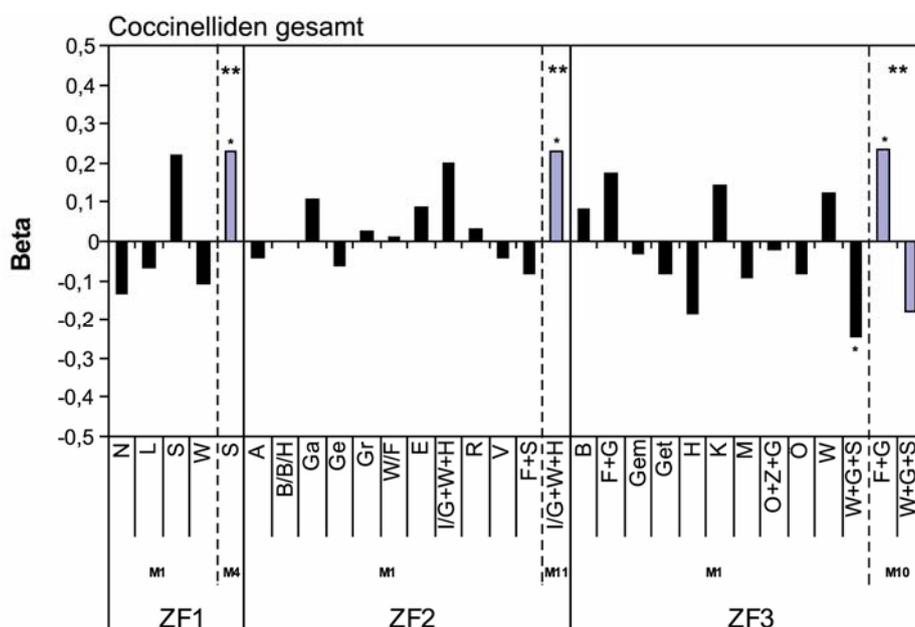
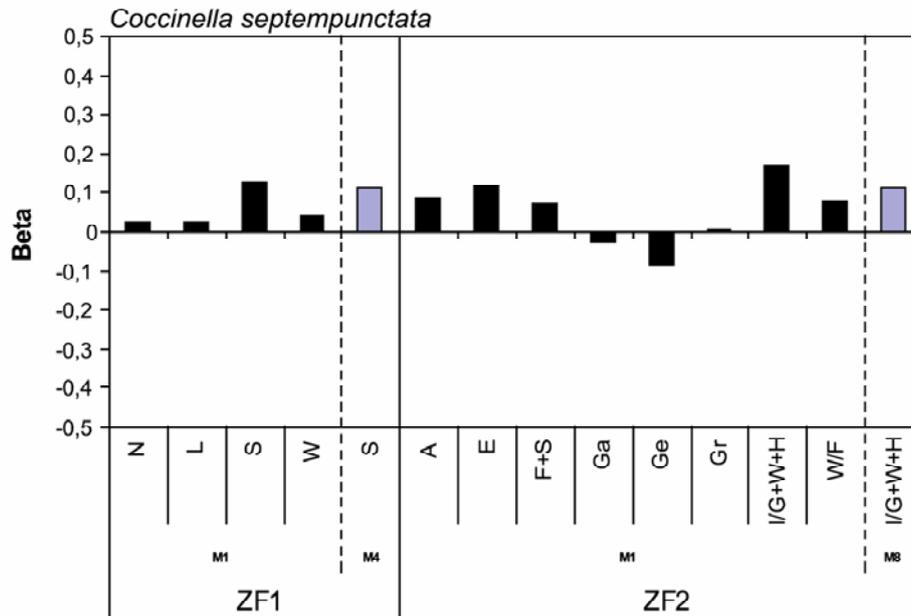
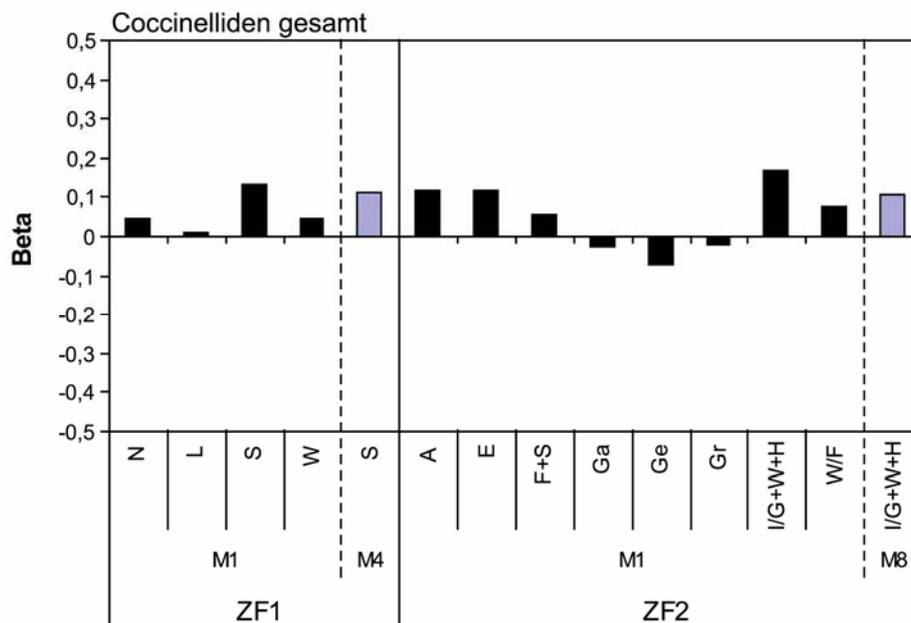


Abb. 7.35 Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 600 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert, ZF3 = Nutzfläche; Tab. 7.1) für die Vorhersage aller nachgewiesener Coccinellidenarten. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen [\*\* = ANOVA für das jeweilige Gesamtmodell ( $p < 0,05$ ); \* = Absicherung der Beta-Regressionkoeffizienten gegen 0 ( $p < 0,05$ ); Tab. A16 - A18].



**Abb. 7.36** Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert; ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) für die Vorhersage von Individuen des Siebenpunkt Marienkäfers, *C. septempunctata*. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A19 - A20).



**Abb. 7.37** Bedeutung der unterschiedlichen Landschaftselemente und Landschaftselement-Klassen im 1.200 m-Radius (ZF1 = grob, ZF2 = detailliert; ATKIS-Datensatz, Tab. 7.2) für die Vorhersage von Kolonien aller nachgewiesenen Coccinellidenarten. Dargestellt sind die Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) aufgetragen (M1 = Gesamtmodell). Weiterhin wird der Beta-Koeffizient für die wichtigste/n unabhängige/n Variable/n im besten Modell (M4 und M11) aufgetragen (Tab. A19 - A20).

## 7.4 DISKUSSION

### **7.4.1 Zusammensetzung der Landschaft**

Die Zusammensetzung der Landschaft in den 600 m-Radien bestand zum großen Teil aus Nutzfläche, d.h. aus acker- und gartenbaulich genutzten Flächen sowie aus Grünland. Der dominierende Anteil der Ackerlandflächen war in allen drei Jahren der Untersuchung mit Mais bestellt. Die Landschaftszusammensetzung innerhalb der 600 m Radien spiegelt die Anbausituation in der gesamten Anbauregion wieder. Für das westliche Münsterland wird, nach Angaben der Landwirtschaftskammer Münster, jährlich auf 60 % der ackerbaulich genutzten Flächen Mais angebaut (ANONYMUS 2002b). Das Anbaugebiet ist aber auch durch den Gemüsevertragsanbau für die Firma Unilever Deutschland GmbH gekennzeichnet. Besonders in der Region 2 (Borken) (siehe Kapitel 6), wird auf einem Großteil der Ackerlandflächen Gemüse angebaut.

Die Nutzung der Landschaft in der Anbauregion wird durch die Quantifizierung von Flächenanteilen der Umgebung von Spinatfeldern im 1.200 m-Radius deutlich. Auch hier konnte ein hoher Anteil an Nutzfläche, bestehend aus Ackerland-, Grünland- und Gartenlandflächen festgestellt werden. Die Nutzfläche bestand zum überwiegenden Teil aus Ackerland, gefolgt von größeren Grünlandflächen. Etwa 18 % der die Spinatflächen umgebenden Landschaft bestand aus Wald- oder Gehölzfläche. Die Zusammensetzung der Landschaft in diesem Radius spiegelt ebenfalls die Zusammensetzung der Landschaft der gesamten Anbauregion wieder. Etwa 20 % der gesamten Fläche des westlichen Münsterlandes besteht aus Wald- und Gehölzflächen, weshalb die Landschaft dieser Region auch mit dem Begriff Parklandschaft beschrieben wird (ANONYMUS 2002b).

### **7.4.2 Die Vorhersage einer Besiedlung von Spinatanbauflächen durch Schad- und Nutzarthropoden auf Basis von Landschaftsdaten**

#### **7.4.2.1 Vorhersage von Eiern und Raupen der Gammaeule**

Da in Deutschland, wie auch in der Spinatanbauregion der Firma Unilever Deutschland GmbH, mehr als die Hälfte der Landesfläche ackerbaulich

genutzt wird, führt dies zu einer Ausprägung eines scharf kontrastierten Mosaiks aus verschiedenen Habitaten. Um in dieser hochfragmentierten Landschaft zu überleben, haben sich verschiedene Schadlepidopterenarten, darunter auch die Gammaeule, *Autographa gamma*, angepasst.

Adulte Gammaeulen sind hochmobile Wanderfalter (STEINER 1997) und saugen Nektar aus verschiedenen Blütenpflanzen (PLEPYS *et al.* 2002). Die Eier werden vereinzelt abgelegt, und die äußerst polyphagen Raupen entwickeln sich auf einer Vielzahl von Ackerwildkräutern und Kulturpflanzen, wie z.B. Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben (FANKHÄNEL 1963, STEINER 1997, PLEPYS *et al.* 2002).

Eine Vorhersage des Befalls der Spinatanbauflächen mit Eiern und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* mithilfe der *randomForest*-Analysemethode war nicht möglich. Die prozentuale erklärte Varianz, die mit dieser Analysemethode erreicht wurde, lag für die meisten Vorhersagemodelle im negativen Bereich. Nur für die Vorhersage eines Befalls anhand der Landschaftsstrukturen und Pheromonfallenfänge, im 600 m-Radius der feinsten Auflösung (Originaldaten, Tab. 7.1), konnte eine positive erklärte Varianz von etwa 2 % erzielt werden. Die für diese Vorhersage bedeutsamen Vorhersagevariablen waren Flächenanteile der Landschaftselemente Gerste, Roggen, Kartoffeln sowie die Fänge männlicher Gammaeulen aus den Pheromonfallen. Das berechnete Modell gibt aber nur einen Trend wieder, da für valide Vorhersagemodelle eine erklärte Varianz von mindestens 50 % nötig ist (mündliche Mitteilung HOTHORN).

Prinzipiell hängt die Raupen-Abundanz vom Such- und Eiablage-Verhalten der adulten weiblichen Lepidopteren ab, die typischerweise aktiv nach geeigneten Nahrungs- und Eiablagepflanzen suchen (NYLIN & JANZ 1999). Verpaarte Weibchen müssen Flächen mit geeigneten Pflanzen zur Eiablage finden, um das Überleben ihrer Nachkommen zu sichern. An dieser Suche sind neben einer Reihe an komplexen Verhaltensinteraktionen auch visuelle und olfaktorische Reize beteiligt (SHREEVE 1990). Besonders Blattfarbe, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und der Wassergehalt locken Lepidopteren an (SCHOONHOVEN *et al.* 1998). Wenn ein Weibchen eine potentielle Wirtspflanze gefunden hat, muss es die Entscheidung treffen, zu landen oder nach einem alternativen Eiablageplatz zu suchen. Der Einfluss von Gerste,

Roggen und Kartoffelfeldern auf die Kolonisierung der Spinatfelder mit *A. gamma* kann somit damit erklärt werden, dass auf räumlicher Ebene bestimmte visuelle und chemische Reize, die von den Feldern ausgehen, die Falter anlocken. Besonders während des Frühjahrs ist die Vegetationsbedeckung von ackerbaulich geprägten Landschaften spärlich. Da mit dem Anbau des Sommerspinats bereits früh im Jahr begonnen wird (Anfang März), liegen somit auch die Spinatanbauflächen eingebettet in eine an frischer Vegetation arme Landschaft. Ackerbauliche Kulturen wie Kartoffeln werden ebenfalls früh im Jahr (Ende März) gepflanzt und sind somit neben dem bereits im Oktober des vorigen Jahres ausgesäten Wintergetreide die einzigen weiteren Nutzpflanzen, die für eine Anlockung von eiablagebereiten Gammaeulen-Weibchen zur Verfügung stehen. Der Einfluss der Flächenanteile ackerbaulicher Kulturen in der Nähe der Spinatfelder, speziell an Kartoffelanbauflächen, auf die Anzahl von auf den Spinatflächen abgelegten Eiern der Gammaeule und die daraus schlüpfenden Raupen konnten bereits nachgewiesen werden (KLUG *et al.* 2003). Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Ergebnissen der multiplen Regressions-Analyse. Hier konnte ein negativer Einfluss der Landschaftselement-Klasse Nutzland im 600 m-Radius auf die Besiedlung der Spinatanbauflächen mit dieser Schadlepidopterenart nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis könnte darauf zurückzuführen sein, dass eiablagebereite Gammaeulen-Weibchen andere Kulturpflanzen als den Spinat zur Eiablage bevorzugen, in diesen Kulturen verbleiben und damit nicht in den Spinatbestand überwechseln.

Die Vorhersage eines relativ geringen Befalls von etwa 10 Individuen auf 200 Spinatpflanzen, der auf 63 der 121 Felder erreicht wurde, konnte mit der logistischen Regression berechnet werden. Die Landschaftselemente Friedhof, Grünanlage (MW: 1,02 ha  $\pm$  1,29 SD) sowie Ziergarten, Obstgarten und Gärtnerei (MW: 0,52 ha  $\pm$  0,82 SD) der Landschaftselement-Klasse Gartenland hatten im Nahbereich (600 m-Radius) der Spinatfelder einen Einfluss auf die Besiedlung des Spinat mit Eiern und Raupen. Dies kann auf die Anlockung der adulten Falter durch die in diesen Landschaftselementen typischerweise angepflanzten Blütenpflanzen zurückgeführt werden.

Natürliche Habitate wie Hecken und Gehölze scheinen im Nahbereich der Spinatanbauflächen keinen Einfluss auf den Raupenbefall zu haben. Größere

die Spinatanbauflächen umschließende Waldflächen scheinen einen Befall zu verhindern, da diese Landschaftselemente von den adulten Faltern meist um- oder überflogen werden (STEINER 1997).

Mit der multiplen Regressionsanalyse konnte ein positiver Einfluss der Landschaftselemente Industrie- und Gewerbeflächen im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder auf die Besiedlung mit Gammaeulen-Raupen nachgewiesen werden. Diese Landschaftselemente scheinen, bedingt durch ihre Nutzungsform, den Gammaeulen-Weibchen keine geeigneten Eiablageplätze zu bieten. Da bekannt ist, dass diese Falter vertikale Strukturen, wie z.B. Wälder überfliegen (s.o. STEINER 1997), kann angenommen werden, dass auch bebaute Flächen um- oder überflogen werden und eiablagebereite Weibchen auf Gemüsekulturen ausweichen.

Auch die Fließ- und Stillgewässer begleitenden linienhaften Vegetationsstrukturen hatten einen positiven Einfluss auf eine Besiedlung von Spinatanbauflächen. Nach KÜHNE *et al.* (2000) weisen diese Landschaftselemente breite Saumstrukturen (ca. 1 m) auf, die oft mit blühenden Pflanzen bestanden sind, welche von den Schadlepidopteren als Nektarlieferanten genutzt werden. Entlang dieser Streifen kann eine Besiedlung der Landschaft innerhalb der untersuchten Radien und damit auch der Spinatanbauflächen stattfinden.

Die meisten Vorhersagemodelle (*randomForest*, logistische Regression) besaßen eine geringe Aussagekraft. Es besteht somit die Möglichkeit, dass eine Besiedlung der Spinatflächen nicht durch die umgebende Landschaft beeinflusst wird. Eine erfolgreiche Besiedlung von Spinatflächen könnte hingegen auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass die Gammaeule zu Massenvermehrungen in der Lage ist (FANKHÄNEL 1963, STEINER 1997). Die Tiere bewegen sich in der Anbauregion frei umher und wandern aus südlichen Regionen in solchen Mengen in das Anbaugebiet ein (Kapitel 2 und Kapitel 5), dass von einer flächendeckenden Besiedlung des Anbaugebietes ausgegangen werden kann. Somit wäre das Aufsuchen der Spinatflächen durch die eiablagebereiten Weibchen dieser Schadlepidopterenart eher als ein zufälliges und durch die hohe Populationsdichte begünstigtes Geschehen zu deuten.

### 7.4.2.2 Vorhersage von Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und anderer Blattlausarten

Eine Vorhersage von Kolonien der Blattlaus *Aphis fabae* war mit der *randomForest*-Analysemethode nicht möglich. Eine tendenzielle Vorhersage von Kolonien aller Blattlausarten war nur mit der feinsten Auflösung der Landschaftsstrukturdaten, d.h. den Originalkartierungsdaten der selbst durchgeführten Landschaftskartierung im 600 m-Radius möglich. Vorhersagen auf der Basis von Landschaftselement-Klassen waren in diesem Radius nicht möglich. Nur für die Vorhersage aller Blattlauskolonien auf den 200 untersuchten Pflanzen pro Feld wurde eine relativ hohe prozentuale erklärte Varianz von etwa 24 % erreicht. Die für eine Vorhersage von Kolonien aller Blattlausarten wichtigsten Landschaftselemente waren gemähte Roggen- sowie Wiesen- und Gersteflächen. Getreideflächen sind als alternative Wirtspflanzen für die auf Spinat nachgewiesenen Blattlausarten nicht geeignet. Verschiedene Versuche mit Strohmulch als Untergrund zeigen, dass Flächen mit einer Strohbedeckung von Blattläusen nicht angefliegen werden (JONES 1994, HEIMBACH *et al.* 2001, SAUCKE & DÖRING 2004, DÖRING *et al.* 2004). Somit ist zu erwarten, dass auch Getreideflächen im reifen oder geernteten Zustand von Blattläusen nicht angefliegen werden, und die Tiere gezielt die zwischen den abgeernteten Getreideflächen gelegenen grünen Spinatanbauflächen anfliegen.

Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* hatten einen hohen mittleren Anteil ( $65,5 \% \pm 41,3 \text{ SD}$ ) an der Gesamtzahl an Blattläusen in den Spinatkulturen. Hierauf lassen sich ähnliche Effekte der Landschaftszusammensetzung, im 600 m- und 1.200 m-Radius, für die Besiedlung der Spinatflächen mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus und aller Blattläuse zurückführen.

Mithilfe der logistischen Regressionsanalyse konnten einzelne Kolonien von *Aphis fabae* prognostiziert werden. Für diese Vorhersage waren Flächenanteile der Landschaftselemente Fließ- und Stillgewässer, Randstreifen und Verkehrswege am bedeutsamsten. Mit den Flächenanteilen dieser Landschaftselemente war ebenfalls eine Prognose von mehr als 30 Kolonien aller Blattlausarten auf 200 Pflanzen pro Feld möglich. Der positive,

relative Effekt dieser Landschaftselemente konnte ebenfalls mit der multiplen Regressionsanalyse nachgewiesen werden. Die genannten Landschaftselemente besitzen linienhafte Saumstrukturen (KÜHNE *et al.* 2000), die meist mit verschiedenen Wildkräutern oder Kulturpflanzen bestanden sind, welche der polyphagen Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* als Sommerwirte dienen können (DOUGLAS 1997, BLACKMAN & EASTOP 2000). Wie bei der Gammaeule kann ausgehend von diesen Landschaftselementen eine Besiedlung der Spinatflächen durch die Blattläuse erfolgen.

Im 1.200 m-Radius konnten mit dieser Analyseverfahren keine Effekte der Landschaftsstrukturierung auf die Prognose einer Besiedlung von Spinatkulturen mit Kolonien der Schwarzen Bohnenlaus nachgewiesen werden. In diesem Radius war erst eine Prognose von mehr als 20 Kolonien aller Blattlausarten auf 200 untersuchten Spinatpflanzen pro Feld anhand der Flächenanteile aller Landschaftselement-Klassen möglich.

Sowohl im 600 m als auch im 1.200 m-Radius hatten Flächenanteile der Landschaftselement-Klassen Wald und Nutzfläche einen negativen Effekt auf eine Blattlausbesiedlung der Spinatflächen. Sowohl mit der logistischen Regression als auch mit der multiplen Regression konnte der negative Einfluss von Waldflächen auf das Vorkommen von Blattlauskolonien auf den Spinatflächen nachgewiesen werden. Möglicherweise stellen Wald- oder Gehölzflächen in der Umgebung von Spinatanbauflächen eine Barriere für mit dem Wind verdriftende Blattläuse dar und verhindern somit den Einflug der Blattläuse in die Spinatflächen.

Nutzflächen bestehend aus Ackerland, Grünland und Gartenland werden von Blattläusen als Alternativhabitats zu Spinatflächen genutzt. Diese Landschaftselement-Klassen weisen eine Reihe von Wirtspflanzen auf, die eine höhere Attraktivität als Spinat aufweisen können. Dahingegen scheint die Landschaftselement-Klasse Grünland mit den Flächenanteilen der Landschaftselemente Weide, Wiese, Golfplatz und Sportplatz einen positiven Effekt auf die Besiedlung der Spinatanbauflächen zu besitzen. Die auf diesen Flächen wachsenden Gräser stellen keine alternativen Wirtspflanzen für die im Spinat nachgewiesenen Blattlausarten dar und begünstigen eine Besiedlung von Spinatkulturen in ihrer Nähe.

Die geringe Vorhersagegenauigkeit sowie die geringe Trennkraft der Modelle für eine Beschreibung des Einflusses der Flächenanteile der die Spinatanbauflächen umgebenden Felder, könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass Blattläuse relativ ungerichtete Distanzflüge ausführen (KRING 1972) und somit nicht von der Landschaftszusammensetzung beeinflusst werden. Erst an Stellen mit einem Untergrund, der eine bestimmte Vegetationsbedeckung aufweist, lassen sich die Tiere im Verlauf des nun beginnenden Befallsfluges fallen (KRING 1972), so dass eine Besiedlung der Spinatflächen möglicherweise eher ein zufälliges Geschehen darstellt.

### 7.4.2.3 Die Vorhersage des Siebenpunkt-Marienkäfer und anderer Coccinellidenarten

Coccinelliden, mit dem Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* als häufigster Art (mittlerer Anteil von 91,4 %  $\pm$  24,6 SD an der Gesamtanzahl aller auf den 121 Spinatfeldern nachgewiesenen Coccinellidenarten), spielen als natürliche Gegenspieler von Blattläusen im Freiland eine bedeutende Rolle (z.B. BANKS 1955, HODEK & HONĚK 1996). Treten im Freiland Blattlauskolonien an verschiedenen Wirtspflanzen auf, sind meist auch Käfer der genannten Familie zu finden. Da Käfer dieser Coleopterenfamilie meist auffällig gefärbte Elytren besitzen, stellen sie als potentielle Fremdkörper eine Gefährdung der Spinatprodukte dar. Aus diesem Grund wäre es hilfreich, eine Prognose für das Auftreten dieser Käfer berechnen zu können.

Mit der *randomForest*-Analysemethode konnte kein Einfluss der Landschaft und damit kein Vorhersagemodell für diese Käferfamilie berechnet werden.

Mithilfe der logistischen Regressionsanalyse war es möglich, die tendenzielle Vorhersage einer Besiedlung der Spinatanbauflächen mit Coccinelliden zu berechnen. Im 600 m-Radius konnten in dieser Untersuchung bereits einzelne Individuen dieser Käferfamilie vorhergesagt werden. Es wurde der positive Einfluss der Landschaftselement-Klassen Ackerland, Gartenland und Grünland nachgewiesen. Da diese Landschaftselement-Klassen eine Vielzahl an Habitaten für bestimmte Blattlausarten beinhalten, liegt die Vermutung nahe, dass nicht die Landschaftsstruktur an sich einen positiven Effekt auf die Besiedlung der Spinatfelder mit Coccinellidenarten besitzt, sondern die Käfer

von den Blattläusen auf den Spinatpflanzen angelockt werden.

Sowohl mit der logistischen als auch mit der multiplen Regressionsanalyse konnten in beiden Radien (600 m, 1.200 m) Einflüsse von Flächenanteilen der Landschaftselement-Klasse Siedlung und den darin enthaltenen Landschaftselementen Einzelgebäude, Industrie- und Gewerbefläche, Hoffläche und Wohnfläche nachgewiesen werden. Es ist bekannt, dass Coccinelliden in Siedlungsbereichen überwintern. So nutzt beispielsweise der Zweipunkt-Marienkäfer, *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) Einzelgebäude (HODEK & HONĚK 1996) und der Siebenpunkt-Marienkäfer, *Coccinella septempunctata* Hecken- und Staudensäume (NICOLI *et al.* 1995) zur Überwinterung. Hier finden sie genügend Unterschlupfmöglichkeiten mit relativ hohen Durchschnittstemperaturen. Diese Winterquartiere im Siedlungsbereich sichern das Überleben einer hohen Populationsdichte an Coccinelliden und beeinflussen somit indirekt die Besiedlung von nahegelegenen Sommerspinatflächen des folgenden Jahres mit Käfern dieser Familie.

Des Weiteren finden sich in Siedlungsbereichen kleinräumige Flächen mit von Blattläusen befallenen Staudensäumen, die den Coccinelliden als Ausweichhabitate dienen können (HODEK & HONĚK 1996).

Die Landschaftselemente Wiese, Golfplatz und Sportplatz innerhalb der Landschaftselement-Klasse Grünland, hatten einen negativen Einfluss auf die Besiedlung der Spinatanbauflächen mit Coccinelliden. Hierfür sind zwei Erklärungsmöglichkeiten denkbar. Zum einen kann das Grünland verschiedenen Blattlausarten eine Vielzahl an Wirtspflanzen bieten, woraufhin die Marienkäfer diese Flächen besiedeln und aufgrund der hier vorhandenen Beutedichte nicht in die Spinatanbauflächen einwandern. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass in der Landschaftselement-Klasse Grünland keine Blattläuse vorkommen. Da keine Marienkäfer angelockt werden, findet auch keine Besiedlung der Spinatfelder in der Nähe dieser Landschaftselement-Klasse statt.

Für die in dieser Studie untersuchten Coccinellidenarten finden Überwinterung und Fortpflanzung an zwei getrennten Orten statt. Weiterhin werden von diesen Arthropoden auf der Suche nach ephemeren Beutepopulationen innerhalb einer Anbausaison verschiedene Habitate aufgesucht.

In einer divers strukturierten Landschaft mit einer Vielzahl an Habitaten, mit ausreichender Zahl an Beute ist es für Coccinelliden nicht notwendig, große Strecken zu migrieren. In solch einer Landschaft sind Effekte der die Spinatfelder umgebenden diversen Landschaftsstruktur auf eine Besiedlung der Spinatanbauflächen nur in lokaler Ausprägung zu erwarten. Für verschiedene Blattlausprädatoren konnte bereits der Einfluss einer heterogenen Landschaftsstrukturierung auf die Besiedlung von Getreidekulturen nachgewiesen werden (ELLIOT *et al.* 1998). Handelt es sich hingegen um eine wenig diverse Landschaft mit einer geringen Anzahl an Überwinterungs- und Fortpflanzungshabitaten, sind Coccinellidenarten zu langen Distanzflügen genötigt. In diesem Fall hat die Landschaftsstruktur im Bereich größerer Skalen eine hohe Bedeutung. Besonders für die sehr mobile Marienkäferart *Coccinella septempunctata* (HONĚK 1982) sind solche Effekte der Landschaftsstrukturierung zu erwarten. Nach FREIER (mündliche Mitteilung) werden in Gebieten mit großen Agrarflächen, ohne naturnahe Landschaftselemente in der umgebenden Landschaft, häufig Coccinelliden in großer Zahl nachgewiesen. Wo die Quelle der Besiedlung mit diesen Käferarten liegt, ist bisher ungeklärt.

### **7.4.3 Methodenkritik**

Als mögliche Erklärung für die geringe Vorhersagegenauigkeit und Aussagekraft aller berechneten Vorhersagemodelle, kann einerseits die geringe Variabilität der Datensätze angeführt werden. Das heißt, der Einfluss der Landschaft auf eine Besiedlung der Spinatanbauflächen mit Nutz- und Schadarthropoden konnte nicht nachgewiesen werden, da die Landschaftszusammensetzung innerhalb der zwei Radien (600 m, 1.200 m) sich kaum voneinander unterschied.

Andererseits besteht die Möglichkeit, dass eine Besiedlung der Spinatanbauflächen mit den, in dieser Studie untersuchten, sehr mobilen und zu Distanzflügen fähigen Nutz- und Schadarthropoden nicht von der umgebenden Landschaft beeinflusst wird, sondern ein eher zufälliges Ereignis darstellt.

Eine erfolgreiche Anwendung der in dieser Studie verwendeten

Analysemethoden zum Nachweis eines Einflusses von Landschaftsstrukturen auf die Besiedlung verschiedener Habitats ist bisher nur für Organismen mit einem relativ begrenzten Aktionsradius bekannt. So konnten FURLANELLO *et al.* (2003) den Einfluss verschiedener Landschaftsparameter auf das Vorkommen von Zecken mithilfe der *randomForest*-Analysemethode nachweisen. GUERRY & HUNTER (2002) fanden mit logistischen Regressionsmodellen einen Einfluss von Waldflächen auf das Vorkommen verschiedener Amphibienarten in nahe gelegenen Gewässern und mit einer multiplen Regressionsanalyse gelang THIES & TSCHARNTKE der Nachweis des Einflusses von umgebenden Landschaftsstrukturen auf die Parasitierung des Rapsglanzkäfers, *Meligethes aeneus* (F.) (Coleoptera: Nitidulidae) durch drei Larvalparasitoide (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Für einen eindeutigen Nachweis möglicher Effekte der Landschaftsstrukturierung auf eine Besiedlung der Spinatanbauflächen mit den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Schad- und Nutzarthropoden wären weitere gezielte Versuche notwendig, bei denen eine Anzahl an Spinatanbauflächen in definierte Landschaften hineingesät werden müssten. Um Unterschiede in den jahreszeitlich bedingten Besiedlungsdichten zu vermeiden, sollte die gleichzeitige Aussaat einer hohen Anzahl an Spinatflächen zum Zeitpunkt der höchsten Populationsdichten von Schad- und Nutzerregergruppen in der Untersuchungsregion durchgeführt werden. Des Weiteren sollte die Klassifizierung der Landschaft nicht auf Basis der ATKIS-Datensätze, sondern mit den Daten einer detaillierten selbst durchgeführten Landschaftskartierung erfolgen.

## 8. ABSCHLUSSDISKUSSION

Eine detaillierte Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Studie findet sich in den vorangehenden Kapiteln. An dieser Stelle soll eine kurze umfassende Zusammenfassung und Bewertung der untersuchten Pflanzenschutzstrategien gegeben werden.

Bei der Entwicklung von Strategien zum Schutz von Spinatkulturen der Firma Unilever Deutschland GmbH galt es die Besonderheiten dieser Kultur zu berücksichtigen. Im Vergleich zu anderen Gemüsekulturen ist die Kulturdauer einer einzelnen Spinatfläche kurz. Sie beträgt von der Aussaat bis zur Ernte nur etwa 35 Tage. Aus diesem Grund bleibt für die Einschätzung eines Schädlingsbefalls und dessen effektive Bekämpfung nur ein relativ kurzer Handlungsspielraum.

Bedingt durch die Größe des Anbaugebiets von etwa 1.500 km<sup>2</sup> liegen die einzelnen Spinatfelder eingebettet in eine unterschiedlich strukturierte Landschaft deren Effekt auf das Vorkommen von Schad- und Nutzarthropoden in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden konnte.

Da die Aussaat des Spinats während der Anbauperiode eines Jahres in wöchentlichen Abständen durchgeführt wird, liegen zeitgleich nur bis zu 15 Flächen mit etwa gleichen Aussaat- und Ernteterminen vor, die als Wiederholungen für Versuche oder ein Monitoring genutzt werden können. Weiterhin findet die zeitgleiche Aussaat einzelner Flächen meist in der gleichen Anbauregion statt, woraus sich räumliche Korrelationen von Daten einer kontinuierlichen Befallsbonitur ergeben.

Darüber hinaus stehen für mehrjährige Untersuchungen nicht immer dieselben Flächen zur Verfügung. Lediglich innerhalb eines Jahres erfolgen zwei Aussaaten auf derselben Fläche. Im folgenden Jahr wird der Spinat auf anderen Flächen angebaut und erst nach vier Jahren wird auf derselben Fläche erneut Spinat ausgesät. Da mehrjährige Untersuchungen zur Besiedlung von Spinatflächen mit Schad- und Nutzarthropoden durchgeführt wurden, konnte dies während der Untersuchungsperiode nicht auf ausgesuchten Einzelflächen erfolgen. Stattdessen mussten mehrere Flächen in räumlicher Nähe zueinander ausgewählt werden.

Begleitend wurde in den Jahren 2001 bis 2003 ein umfangreiches Monitoring auf ausgewählten Spinatanbauflächen durchgeführt (Kapitel 2). Dabei wurden alle auf den Spinatpflanzen nachgewiesenen Arthropoden identifiziert und ihre Populationsdichten innerhalb der einzelnen Jahre ermittelt. Die erfassten Individuen wurden den drei folgenden funktionellen Gruppen zugeordnet:

- (1) Fremdkörper
- (2) Nützlinge und
- (3) Schädlinge

Zur Gruppe der Fremdkörper wurden verschiedene Insektenarten gezählt, die zwar während der Handbonituren gefunden wurden, aufgrund ihrer Biologie aber nicht zur Gruppe der Nützlinge oder Schädlinge zugeordnet werden konnten. Für die Gruppe der Fremdkörper lassen sich keine Bekämpfungsstrategien entwickeln, da ihr Auftreten meist zeitlich und lokal begrenzt ist. Dieser Gruppe konnten insgesamt Individuen aus acht Insektenordnungen zugeordnet werden.

In diesem Zusammenhang ist vor allem der Gartenlaubkäfer, *Phyllopertha horticola* L. zu nennen: Diese Blatthornkäfer schwärmten in allen Untersuchungsjahren vor allem Anfang Juni (Kalenderwoche 22) und sammelten sich zum Zeitpunkt der Ernte auf einzelnen Feldern in großer Zahl an (eigene Beobachtung). Dieses Massenaufreten hatte zur Folge, dass der Spinat auf den betroffenen Flächen wegen der Gefahr einer Verunreinigung des Endprodukts nicht geerntet werden konnte.

Ereignisse wie dieses treten sporadisch auf und lassen sich nicht vorhersagen. Auch Aussagen über die räumliche Lage von Flächen mit besonders hohem Befallsrisiko lassen sich nicht treffen.

Auf der Basis von Funden dieser „Fremdkörper“ auf den untersuchten Spinatflächen ließe sich lediglich ein Zeitraum mit hohem Risiko des Auftretens einer Befallssituation eingrenzen. In diesem Risikozeitraum ist bei den Erntefahrern und dem Personal der Rohwarenkontrolle erhöhte Aufmerksamkeit gefordert, um beim Fund eines Gartenlaubkäfers die Produktionskette zu stoppen. Nur so ließe sich das Risiko der Ernte von verunreinigtem Spinat minimieren.

Bei der Gruppe der Nützlinge handelt es sich um Prädatoren und Parasitoide aus insgesamt sieben Insektenordnungen. Als häufigste Nützlinge kamen

verschiedene Vertreter der Coleopterenfamilie Coccinellidae vor. Diese Blattlausantagonisten mit besonders auffällig gefärbten Elytren sind als potenzielle Verunreinigungen im Tiefkühlspinat unerwünscht, und deshalb ebenfalls zu berücksichtigen.

Die übrigen Nützlinge fallen aufgrund ihrer Größe und/oder ihres seltenen Vorkommens nicht ins Gewicht.

Bei der letzten, bedeutendsten Gruppe handelt es sich um Spinatschädlinge. Hierunter wurden jene Individuen zusammengefasst, die den Spinatertrag direkt (Saug- und Fraßschäden) oder indirekt (z. B. durch Aphiden übertragene Virose) verringern.

Als Hauptschädlinge traten in den drei untersuchten Vegetationsperioden Schwarze Bohnenläuse, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) und Raupen der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae) auf den Spinatanbauflächen auf.

Schwarze Bohnenläuse, die als Virusvektoren eine bedeutende Rolle spielen können, waren häufig zu Beginn der Anbauperiode des Sommerspinats (April, Mai) auf den Spinatfeldern zu finden.

Die Gammaeule stellt aufgrund ihrer jedes Jahr in großer Zahl auftretenden äußerst polyphagen Raupen ein Problem für die meisten acker- und gartenbaulichen Kulturen dar. Ökonomisch bedeutsame Verluste entstehen im Falle des Spinatanbaus jedoch nicht nur durch die Fraßtätigkeit der Raupen, sondern vor allem durch eine Verunreinigung der Rohware durch eventuell mitgeerntete Raupen dieser Art. In allen drei Untersuchungsjahren traten die Raupen der Gammaeule in hoher Dichte auf, wobei im dritten Jahr (2003) der stärkste Befall zu verzeichnen war.

Aufgrund des regelmäßigen Auftretens in hoher Dichte auf allen Flächen und in allen Vegetationsperioden der Untersuchungsjahre, war dieser Schädling bei der Entwicklung der Bekämpfungsstrategien am stärksten zu berücksichtigen.

Im Rahmen dieser Studie wurden Pflanzenschutzstrategien erprobt, die den Leitlinien einer integrierten und nachhaltigen Pflanzenproduktion entsprechen. Hierbei wurden sowohl die auftretenden Schädlinge der Spinatanbauflächen als auch die Landschaftsstruktur der Anbauregion berücksichtigt.

Weltweit wurde bereits eine Vielzahl an alternativen Schädlingsbekämpfungs-Strategien für unterschiedlichste acker- und gartenbauliche Kulturen entwickelt. Bestandteile dieser Strategien sind direkte und indirekte Maßnahmen. Mit direkten Maßnahmen kann sofort auf eine Befallssituation reagiert werden. Als Beispiele hierfür sind der Einsatz von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten (BERNHARD *et al.* 1997) und pflanzlichen Präparaten mit insektizider Wirkung wie z. B. Neem (SCHMUTTERER 2002). Des Weiteren werden Nützlinge wie z. B. *Trichogramma*-Schlupfwespen eingesetzt (SMITH 1996, ZIMMERMANN 2005).

Direkte Bekämpfungsmaßnahmen, wie z. B. der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, lassen sich mit Befallsprognosen steuern. Als Prognoseinstrumente werden häufig Pheromonfallen eingesetzt. Hiermit lassen sich Bekämpfungsmaßnahmen auf der Basis von Fallenfängen planen und Befallssituationen können ohne zeitaufwändige Bonituren eingeschätzt werden. Da einige Nutz- und Schadarthropoden von der Zusammensetzung der Kulturlandschaft beeinflusst werden, ist es weiterhin möglich eine Einschätzung des möglichen Befallsdrucks anhand von Landschaftsstrukturen in der Umgebung der zu schützenden Kulturflächen vorzunehmen.

Zur Vorbeugung einer Befallssituation und damit der Reduktion von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen, können im integrierten Pflanzenschutz indirekte, meist langfristige Strategien verwendet werden. So können mit einem gezielten Management von Anbauflächen, d.h. der Vermeidung des Anbaus bestimmter Kulturen in geografischen Regionen oder Zeiten mit hohem Schädlingsdruck Befallssituationen vermieden werden (KAHNT 1986).

### **8.1 Die Bekämpfung der Schwarzen Bohnenlaus**

Ein Blattlausbefall ist aus zwei Gründen als kritisch zu bewerten. Zum einen agieren diese Tiere als Virusvektoren, zum anderen stellen sie eine präferierte Beute von verschiedenen Nützlingsarten, wie z. B. Marienkäfern dar. Zur Vermeidung von Virosen und der Verunreinigung des Erntegutes durch Fremdkörper ist beim Auftreten von Blattläusen eine gezielte Bekämpfung in einem frühen Wachstumsstadium der Spinatkulturen meist unumgänglich.

Die Prognose eines durch die Schwarzen Bohnenläuse übertragenen Virusbefalls auf Spinatanbauflächen ist schwierig. Eine Virusinfektion kann also nur durch prophylaktische Blattlausbekämpfungen verhindert werden.

Die Schwarze Bohnenlaus ist sehr anfällig für den Befall mit *Entomophthora*-Pilzen (WILDINGS & PERRY 1980). Eine Infektion von Kolonien dieser Blattlausart kann für eine ausreichende Bekämpfung sorgen, da diese durch den Pilz häufig vollständig abgetötet werden (eigene Beobachtung und WILDINGS & PERRY 1980). Wenn das Risiko einer nur etwa alle 10 Jahre in einem ökonomisch bedeutsamen Ausmaß auftretenden Virusinfektion (mündl. Aussage SCHRÄDER) in Kauf genommen wird, kann ein Befall der Flächen durch die Schwarze Bohnenlaus aufgrund des natürlichen Vorkommens von *Entomophthora*-Pilzen häufig sich selbst überlassen werden.

Zur konventionellen Bekämpfung der Schwarzen Bohnenblattlaus in Spinatkulturen kamen während der drei Untersuchungsjahre die zugelassenen Standardinsektizide zum Einsatz.

Als Alternative zu diesen Insektiziden bietet sich das Bioinsektizid NeemAzal-T/S<sup>®</sup> an. Präparate aus Früchten des Neem-Baumes werden bereits gegen eine Vielzahl an Schädlingen, wie z. B. Kartoffelkäfer sowie verschiedene Blattlaus- und Lepidopterenarten verwendet (KLEEBERG 1998, KLEEBERG & HUMMEL 1998, GOUDEGNON *et al.* 2000, MUSABYIMANA *et al.* 2001, SCHMUTTERER 2002).

In acker- und gartenbaulichen Kulturen mit einer langen Kulturdauer (Kartoffeln, Hülsenfrüchte) werden meist zwei Behandlungen mit Neem-Präparaten durchgeführt. Da im Gegensatz dazu Spinatkulturen jedoch eine geringe Kulturdauer von nur etwa 35 Tagen haben, ist lediglich eine einzige Neem-Behandlung möglich.

Mit der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten einmaligen Behandlung der Versuchspartzen (Kapitel 3) konnte kein signifikanter Bekämpfungserfolg erzielt werden.

NeemAzal-T/S<sup>®</sup> ist bisher nur für den Freilandeinsatz in Blatt- und Stielgemüsekulturen in Beständen zur Saatguterzeugung zugelassen. Eine Genehmigung zur Anwendung dieses Insektizids in Freilandspinatkulturen kann nach § 18b des Pflanzenschutzgesetzes beantragt werden

(ANONYMUS 1989/2004). Ob das Mittel praxistauglich ist, muss jedoch in weiteren Versuchen unter Freilandbedingungen getestet werden.

Der Einsatz von Nützlingen zur Bekämpfung der Schwarzen Bohnenlaus ist problematisch. Prädatoren und die nach erfolgreicher Parasitierung durch Schlupfwespen entstandenen Blattlausmumien, sind als potentielle Fremdkörper in Spinatkulturen unerwünscht. Somit kann die in vielen Studien beschriebene Förderung von Nützlingen, wie z. B. verschiedener Prädatoren- und Parasitoidenarten durch die Anlage von Randstrukturen mit Blütenpflanzen als Nektarlieferanten (MARINO & LANDIS 1996, BAUDRY *et al.* 2000) als kritisch bewertet werden. Zur endgültigen Bewertung des Effektes der Nützlingsförderung durch diese Strukturen sind detaillierte Studien notwendig.

## **8.2 Die Bekämpfung der *Gammaeule***

Während der Untersuchungsjahre kamen zur konventionellen Bekämpfung von Gammaeulen-Raupen die zugelassenen Standardinsektizide zum Einsatz.

Das Ziel der in dieser Studie erprobten Pflanzenschutzstrategien war sowohl eine Reduktion von konventionellen Pflanzenschutzanwendungen als auch deren Ersatz durch den Einsatz geeigneter Alternativen wie Bioinsektiziden und Nützlinge.

Auf der Basis von Pheromonfallen-Fangdaten können Befallsprognosen erstellt werden. Als Beispiel für einen erfolgreichen Einsatz von Pheromonfallen ist die von REDDY & GUERRERO (2001) beschriebene Steuerung der Bekämpfung von Kohlmotten in Gemüsekulturen zu nennen. Dabei wird auf Basis von feldspezifischen Fangdaten die Befallsstärke ermittelt und daran angepasst über notwendige Pflanzenschutzanwendungen entschieden.

Anhand der Pheromonfallen-Fangdaten, die in der vorliegenden Untersuchung ermittelt wurden, wird eine kontinuierliche Überwachung der Anbauregion sowie eine feldspezifische Befallsprognose gewährleistet (Kapitel 5). Durch den Einsatz der Pheromonfallen kann ein Befall bereits frühzeitig prognostiziert und qualitativ bewertet werden (Kapitel 5). Diese

Daten bilden dann eine Grundlage für die Planung von Pflanzenschutzmaßnahmen.

Im Spinatanbau sollte zunächst ein Schwellenwert für eine tolerierbare Menge an Raupen definiert werden. Für verschiedene Kulturen wurden bereits Schadensschwellen definiert, bei deren Überschreitung eine Schädlingsbekämpfungsmaßnahme notwendig wird (BUHL & SCHÜTTE 1971). Beispielsweise liegt die Schadensschwelle für einen Raupenbefall in Kohlkulturen bei 5 % befallener Pflanzen bis zur Ernte (HOMMES 1987).

Dieser Grenzwert hat sich auch für die Spinatkultur bewährt. Entsprechend dem für diese Arbeit entwickelten Boniturschema (200 Pflanzen pro Feld) würde bei mehr als zehn Raupen eine Behandlung erforderlich. Bei stärkerem Befall ist die Wahrscheinlichkeit für Raupenfunde im Erntegut sehr hoch (eigene Beobachtung). Allerdings sollte die Beurteilung des Befalls bereits zehn Tage vor Erntebeginn erfolgen, um bei einem Überschreiten der Schadensschwelle rechtzeitig geeignete Maßnahmen einleiten zu können.

Mit der seitens des Erntegutabnehmers, Unilever Deutschland GmbH geforderten Nulltoleranz im Erntegut sind Schadensschwellen nur schwer vereinbar. Oberstes Qualitätskriterium ist 100%ige Befallsfreiheit. Ein Ziel, für dessen Erreichen nach der derzeit praktizierten Methode prophylaktische Insektizidapplikationen unumgänglich sind.

Dieses Vorgehen mit routinemäßigem Insektizideinsatz pro Flächeneinheit widerspricht jedoch den Grundsätzen einer nachhaltigen Landwirtschaft. Weitere Untersuchungen, auf deren Basis praktikable Schadensschwellen berechnet werden können, sind erstrebenswert. Mit diesen Schwellenwerten hätten die Anbauberater bei der Planung von Pflanzenschutzmaßnahmen eine Entscheidungshilfe, die es Ihnen ermöglichen würde, Insektizid-anwendungen zu vermeiden.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Vorhersage eines Gammaeulen-Raupenbefalls der Spinatflächen mithilfe der Pheromonfallen-Fangdaten auch ohne arbeitszeitaufwendige Schädlingsbonituren möglich ist (Kapitel 5). Stellt man die Fallen zu Beginn der Aussaat auf den Anbauflächen auf und kontrolliert sie wöchentlich, kann man bereits vier Wochen vor dem geplanten Erntetermin eine gute Einschätzung des zu erwartenden Gammaeulen-Raupenbefalls erzielen.

Pheromonfallen sind artspezifisch, d.h. es können nur Vorhersagen für eine bestimmte Schädlingsart getroffen werden. Sollte sich die Artenzusammensetzung der Schädlinge zukünftig ändern und z. B. eine weitere Noctuidenart die Rolle der Hauptschädlingsart einnehmen, wäre deshalb das hier entwickelte Vorhersagemodell nicht ohne weiteres auf diese Art übertragbar. Zusätzliche Studien wären erforderlich, um das bisher erarbeitete Modell an die neuen Gegebenheiten anzupassen.

Eine Möglichkeit allgemeinere Vorhersagen einer Besiedlung von Spinatanbauflächen sowohl mit Schad- als auch mit Nutzarthropoden treffen zu können, bietet die Landschaftsanalyse (Kapitel 7). In dieser Untersuchung wurde der Einfluss von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen auf das Vorkommen von Schad- und Nutzarthropodengruppen auf Spinatfeldern untersucht. Aus der Literatur sind bereits Beispiele für den Effekt der die Kulturflächen umgebenden Landschaft auf das Vorkommen von Schaderregern bekannt. Beispielsweise konnte ein negativer Einfluss von Landschaftsstrukturen, wie Gehölzen, auf das Vorkommen von Zwiebelthripsen in Porreekulturen nachgewiesen werden (DEN BELDER *et al.* 2003).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnten lediglich tendenzielle Effekte der die Spinatanbauflächen umgebenden Landschaft auf die Besiedlung des Spinats mit polyphagen Raupen der hoch mobilen (Wanderflüge, STEINER 1997) Gammaeule nachgewiesen werden (Kapitel 7).

Der ATKIS-Datensatz schien aufgrund seiner niedrigen Auflösung und der Datengrundlage eines Jahres (Daten aus 2001) keine Vorhersage einer Befallssituation in den einzelnen untersuchten Jahren zu ermöglichen. Für eine Befallsprognose scheinen daher die präziseren und aktuellen Landschaftsdaten aus der eigenen Kartierung im 600 m-Radius um die Spinatflächen besser geeignet zu sein.

Möglicherweise ließen sich durch mehrjährige Beobachtungen der Landschaftsstruktur Hinweise darauf finden, welche Nachbarkulturen und welche Landschaftselemente sowie Landschaftselement-Klassen eine Besiedlung der Spinatanbauflächen mit Gammaeulen-Raupen begünstigen. Auf Basis dieser Daten ließe sich dann ein Anbauflächenmanagement

erarbeiten. Es könnten Risiko-Anbauregionen ermittelt und der Spinatanbau auf diesen Flächen gemieden werden.

Da unterschiedliche Effekte der Landschaftszusammensetzung auf das Vorkommen verschiedener Schad- und Nutzarthropoden zu erwarten sind, kann kein generelles sondern nur ein art- oder familienspezifisches Vorhersagemodell entwickelt werden. Weiterhin lässt ein auf Landschaftsdaten basierendes Modell keine zeitgenaue Planung eines Insektizideinsatzes zu, wie dies bei einem Einsatz von Pheromonfallen zur Befallsprognose möglich ist. Lediglich die Planung von prophylaktischen Behandlungen auf Spinatanbauflächen mit besonderem durch die Landschaftsanalyse bestimmtem Befallsrisiko wäre denkbar.

Aus zahlreichen Kulturen ist der erfolgreiche Einsatz von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten (BERNHARD 1997, DEML *et al.* 1999, SCHMUTTERER & HUBER 2005) und pflanzlichen Naturstoffen mit insektizider Wirkung wie z. B. Neem-Präparaten (KLEEBERG & HUMMEL 1998, SCHMUTTERER 2002, SCHMUTTERER & HUBER 2005) gegen verschiedene Schadlepidopterenarten bekannt.

In der vorliegenden Studie zeigte das Neem-Präparat erst nach fünf Tagen eine Wirkung gegen die Gammaeulen-Raupen (Kapitel 3). Da die häutungshemmende Wirkung des Mittels erst spät einsetzt (SCHMUTTERER 2002), besteht ein Risiko des Verbleibens moribunder Raupen der Gammaeule auf den geernteten Spinatpflanzen. Da ein Fraßschaden im Spinatanbau meist keine ökonomische Rolle spielt, sondern nur die Raupenkörper ein Risikopotenzial als Fremdkörper besitzen, reicht allerdings die fraßrepellente Wirkung dieses Präparates (mündl. Mitteilung E. HUMMEL, Trifolio-M GmbH) für einen Schutz der Spinatkulturen nicht aus.

*Bacillus thuringiensis*-Präparate kommen gegen unterschiedliche Coleopteren und Lepidopteren-Schädlinge zum Einsatz (KNOWLES 1994, DEML *et al.* 1999, BETZ *et al.* 2000, LACEY *et al.* 2001, ULRICHS *et al.* 2001). Das im Rahmen der vorliegenden Untersuchung getestete *B.t.*-Präparat, XenTari® lieferte unter Berücksichtigung verschiedener die Wahl des Einsatzzeitpunktes bestimmender Kriterien wie Klima- und Witterungsverhältnisse sowie des Wachstumsstadium des Spinats einen viel

versprechenden Bekämpfungserfolg. Unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit eignet sich der Einsatz dieses Präparates besonders, da es lediglich die Schmetterlingsraupen abtötet und somit keinen negativen Einfluss auf Nichtzielarthropoden besitzt. Aus diesen Gründen kann ein kombinierter Einsatz dieses Mittels mit Eiparasitoiden, wie *Trichogramma*-Schlupfwespen erfolgen, ohne diese zu schädigen (SALMA & ZAKI 1985, MAINI & BURGIO 1990, ULRICHS *et al.* 2001, LUNDGREN 2002).

Die Wirkung des *B.t.*-Präparates setzt sofort nach dessen Aufnahme durch die zu bekämpfenden Raupen ein (KNOWLES 1994, DEML *et al.* 1999). Die Raupen stoppen ihre Fraßtätigkeit und sterben kurze Zeit später. Da die Applikation des *B.t.*-Präparates XenTari® zu einem Zeitpunkt stattfinden sollte, zu dem sich die Raupen in einem noch jungen Larvalstadium befinden, besteht kein Risiko, dass einige der moribunden Individuen bis zur Ernte auf den Spinatpflanzen verbleiben und mitgeerntet werden können.

Nützlinge, wie die *Trichogramma*-Schlupfwespen, gehören zu den bestuntersuchten Nützlingen (WAJNBERG & HASSAN 1994) und werden weltweit gegen Eistadien einer Vielzahl von Schadlepidopteren eingesetzt (WAJNBERG & HASSAN 1994, SMITH 1996). In Deutschland werden diese Nützlinge auf einer Gesamtfläche von 11.000 ha gegen den Maiszünsler ausgebracht (ZIMMERMANN 2004). Auch im Pflanzenschutz des Gemüseanbaus finden diese Tiere Anwendung. Hier werden sie besonders erfolgreich bei der Bekämpfung von Kohlschaben, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) eingesetzt (ZIMMERMANN 2004).

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass sich Eistadien der Gammaeule mit *Trichogramma*-Schlupfwespen erfolgreich bekämpfen lassen (Kapitel 4). Die Schlupfwespen parasitieren die Eier der Gammaeule und unterbinden somit einen Raupenschlupf.

Generell limitieren verschiedene Faktoren den Bekämpfungserfolg beim Einsatz dieser Nützlinge gegen einen Zielschädling. So haben die Verteilung und Eignung der Lepidopterenwirte, die Beschaffenheit der Pflanzenoberflächen und die klimatischen Bedingungen in der zu schützenden Kultur einen Einfluss auf den Bekämpfungserfolg.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden *Trichogramma*-Arten und -Stämme ausgewählt, deren gutes Dispersionsverhalten in Obstplantagen und

Gemüsekulturen bekannt ist. Diese Art besaß zwar ein gutes Bekämpfungspotenzial, ihre Ausbreitungsfähigkeit innerhalb der Spinatanbauflächen war jedoch unzureichend. Hohe Parasitierungsraten konnten nur in unmittelbarer Nähe zum Ausbringungsort nachgewiesen werden.

Zur Kompensation der mangelhaften Ausbreitung wären eine Erhöhung der Ausbringungsdichte oder eine Verbesserung der Ausbringungstechnik möglich. Zum Beispiel wäre ein Versprühen durch *Trichogramma*-Schlupfwespen parasitierter Wirtseier auf den zu schützenden Spinatanbauflächen denkbar. Das Versprühen parasitierter Wirtseier ließe sich weiterhin mit dem Einsatz von Bioinsektiziden, wie beispielsweise *B.t.*-Präparaten kombinieren. Somit könnten Eistadien der Gammaeule durch die aus den versprühten Eiern schlüpfenden *Trichogramma*-Schlupfwespen und ein bereits bestehender Raupenbefall durch den Einsatz des *B.t.*-Präparates gleichzeitig bekämpft werden. Arbeitszeitaufwendige manuelle Ausbringungen der Nützlinge in speziellen Ausbringungseinheiten und das Einsammeln der Einheiten (Kapitel 4) würden durch das Versprühen der Nützlinge entfallen.

Ob sich der Bekämpfungserfolg durch den kombinierten Einsatz von *Trichogramma*-Eiparasitoiden und *B.t.*-Präparaten im Vergleich zum Einsatz kostengünstiger Standard-Insektizide rechnet, muss untersucht werden.

Des Weiteren sollten auf den Spinatflächen in der Anbauregion weitere *Trichogramma*-Arten und -Stämme mit der in Kapitel 4 beschriebenen Methode geködert werden. Diese *Trichogrammen* wären dann bereits an die klimatischen Bedingungen der Spinatanbauregion angepasst. Sollten sich durch Massenfreisetzungen dieser Arten Freilandpopulationen etablieren, die dann in den Anbausätzen eines Jahres und in den Folgejahren eine Bekämpfung der Schädlingspopulationen gewährleisten, müssten jedoch mögliche negative Effekte auf Nichtzielorganismen (BABENDREIER *et al.* 2003a, BABENDREIER *et al.* 2003c, KUSKE 2004) geklärt werden.

Sollte in den kommenden Jahren eine andere Noctuidenart als bedeutender Spinatschädling in Erscheinung treten, wäre die Anwendung der *B.t.*-Präparate und der *Trichogramma*-Eiparasitoide auch hier Erfolg versprechend, jedoch sollten sie erneuten Praxistests unterzogen werden.

Als flankierende Maßnahmen zum Bioinsektizid- und Nützlingseinsatz ist die Anlage von Rand- und Blühstreifen zur Förderung einer „funktionellen“ Biodiversität denkbar. Das heißt, durch eine gezielte Aufwertung des Produktionsumfeldes durch den Schutz oder die Anlage naturnaher Flächen lassen sich Umweltfunktionen- und Prozesse im Anbausystem verbessern (SCIALABBA & HATTAM 2002). Als Beispiel hierfür ist die Optimierung der natürlichen Schädlingsregulation zu nennen (PFIFFNER & LUKA 2002, PFIFFNER *et al.* 2005). Ziel der Nützlingsförderung ist es, die Leistungen der räuberischen und parasitisch lebenden Nützlinge zu erhöhen, indem ihre Nahrungsgrundlage und Überwinterungschancen durch naturnahe Flächen verbessert werden (PFIFFNER *et al.* 2005). Neben Maßnahmen in der Anbaufläche selbst (z.B. Untersaaten) kann dies durch temporäre Elemente (z.B. Wildkrautstreifen) sowie dauerhafte Strukturen (z. B. Hecken) erreicht werden (PFIFFNER *et al.* 2005). Bereits seit einigen Jahren werden temporäre Nützlingsstreifen für einjährige Gemüsekulturen erfolgreich eingesetzt (NENTWIG 1992, NENTWIG 1995, PFIFFNER *et al.* 2005). Ob sich mit der Anlage solcher Streifen ein Befall der angrenzenden Spinatanbauflächen reduzieren lässt, muss gezielt untersucht werden. Es besteht hier die Möglichkeit, dass adulte Gammaeulenfalter von den Blühstreifen angelockt werden, dort an den Blütenpflanzen Nektar saugen und auf Paarungspartner stoßen. Die zur Eiablage bereiten Weibchen können dann entweder in die Spinatanbauflächen einfliegen oder in den Randstreifen verbleiben. Auch hier besteht die Gefahr der Einwanderung von potenziellen Fremdkörpern, wie beispielsweise Blattläusen und Nützlingen aus den Randstreifen in die Spinatfelder. Kleinere Nützlinge wie Eiparasitoide und mobile Larvalparasitoide sind nicht als problematisch zu erachten, hingegen können z. B. größere Prädatoren wie Coccinelliden als mögliche Fremdkörper zu einem Problem bei der Tiefkühlspinatproduktion werden.

### **8.3 Praxistaugliche Strategien zur Bekämpfung eines Gammaeulenbefalls**

Mit einem Prognosemodell basierend auf Pheromonfallenfängen kann die Stärke eines Gammaeulen-Raupenbefalls frühzeitig erkannt und eingeschätzt

werden (Abb. 8.1). Damit ergibt sich sowohl für die Planung möglicher Pflanzenschutzmaßnahmen, wie dem Einsatz von Nützlingen und Bioinsektiziden, ein relativ großes Zeitfenster, in dem agiert werden kann. Auf arbeitsintensive Befallsbonituren auf den mit Pheromonfallen bestellten Spinatanbauflächen kann verzichtet werden.

Die Vorhersage des Befalls einer Spinatkultur mit Gammaeulen-Raupen erfolgt, indem männliche Gammaeulen mit Fallen gefangen werden, die mit einem artspezifischen Pheromon beködert sind. Die Anzahl der gefangenen Männchen spiegelt die Anzahl der im etwa gleichen Verhältnis zeitgleich auftretenden weiblichen Gammaeulenfalter wider. Damit gibt die Anzahl gefangener Männchen indirekt Auskunft über die Anzahl an zu erwartenden Eiern, die von den Weibchen auf den Spinatpflanzen abgelegt werden und aus denen die Raupen schlüpfen.

Mit der maximalen Anzahl männlicher Gammaeulenfaltern, die in drei Fallen pro Feld in der ersten Woche nach Aussaat des Spinats gefangen wurde, kann die Anzahl an Eiern oder Raupen in bestimmten Entwicklungsstadien (L1 bis L3) prognostiziert werden, die sich drei Wochen später auf den Spinatpflanzen befindet.

Zur Prognose eines Befalls der Spinatfelder mit Gammaeulen-Raupen im L3-Stadium kann die Anzahl gefangener, männlicher Gammaeulenfalter in die folgende Regressionsgleichung eingesetzt werden:

$$10^{-0,123 + 0,909 \cdot \log_{10}(\text{Falter}+1)} - 1 = \text{Raupen (L3-Stadium)}$$

Hiernach erhält man eine Schätzung des Raupenbefalls für 200 Pflanzen pro Feld, zum Zeitpunkt einer letztmöglichen Pflanzenschutzbehandlung das heißt, etwa zehn Tage vor der Ernte (Abb. 8.1). Die besten Prognoseergebnisse können für den Beginn der Anbauperiode des Sommerspinats in den Kalenderwochen 19 bis 25 berechnet werden. Für den späteren Zeitraum der Kalenderwochen 26 bis 32 fällt die Vorhersagegüte der berechneten Modelle geringer aus.

Wird auf den mit Pheromonfallen ausgestatteten Spinatfeldern ein Befall mit Raupen der Gammaeule prognostiziert, ist deren erfolgreiche Bekämpfung mit dem *Bacillus thuringiensis*-Präparat, XenTari® möglich (Abb. 8.2). Die

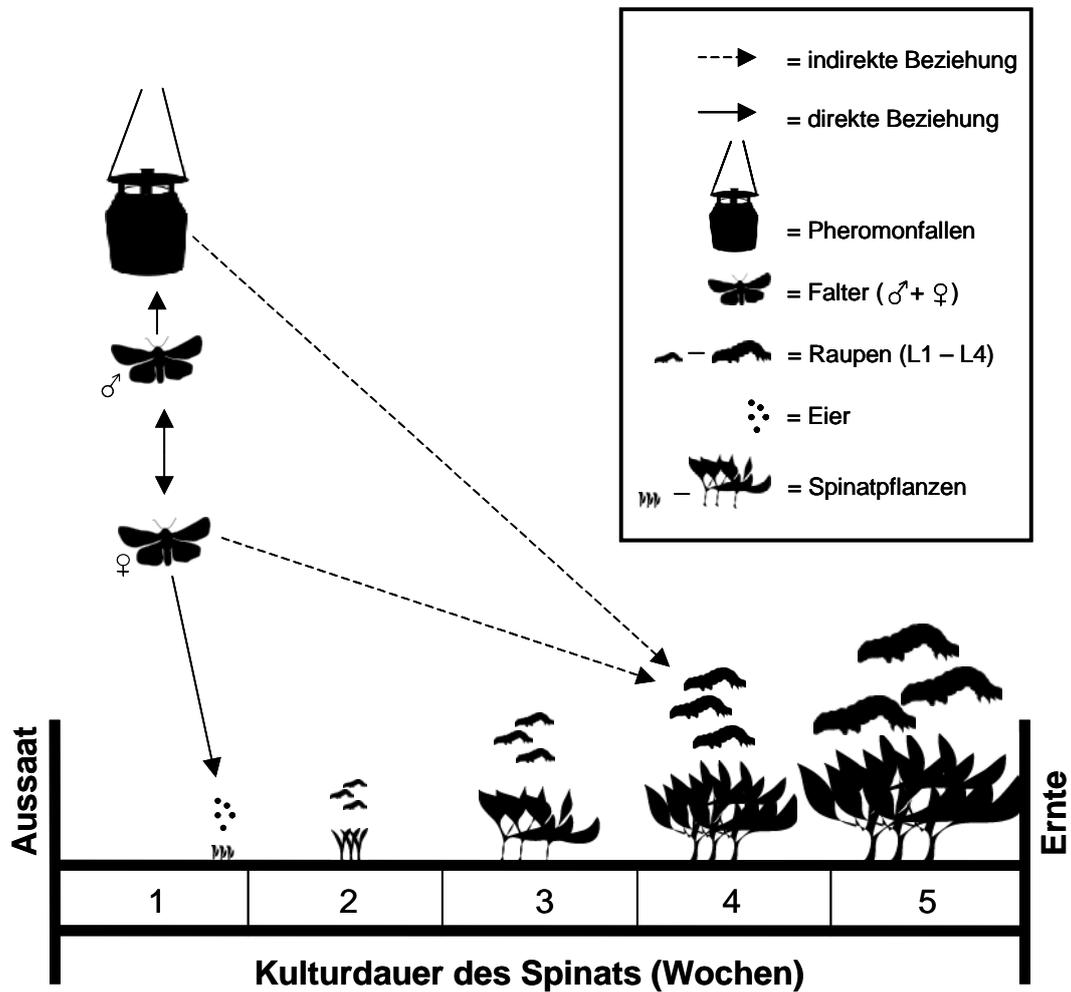
Applikation dieses Mittels sollte gegen junge Stadien der Gammaeule (L2 - L3) und bei einem noch nicht geschlossenen Spinatbestand erfolgen. Das heißt, der Applikationszeitpunkt des Bioinsektizids sollte Günstigerweise in der dritten Woche nach Aussaat der Spinatfläche liegen (Abb. 8.2).

Nach erfolgreicher Zucht effektiver *Trichogramma*-Arten/Stämme und einer Optimierung der Ausbringungstechnik, kann mit der Ausbringung dieser Nützlinge das Risiko eines Raupenbefalls bereits kurz nach der Aussaat minimiert werden (Abb. 8.3). Nach einer Ausbringung von unterschiedlich alten parasitierten Eiern eines Massenzuchtwirtes schlüpfen hieraus, verteilt über die gesamte Kulturdauer der Spinatanbaufläche, *Trichogramma*-Schlupfwespen. Die Weibchen dieser Schlupfwespenart legen ihre Eier in die Eier der Gammaeule und die sich entwickelnden Schlupfwespenlarven töten die Eier der Gammaeule ab. Somit wird ein Raupenbefall bereits im Vorfeld verhindert.

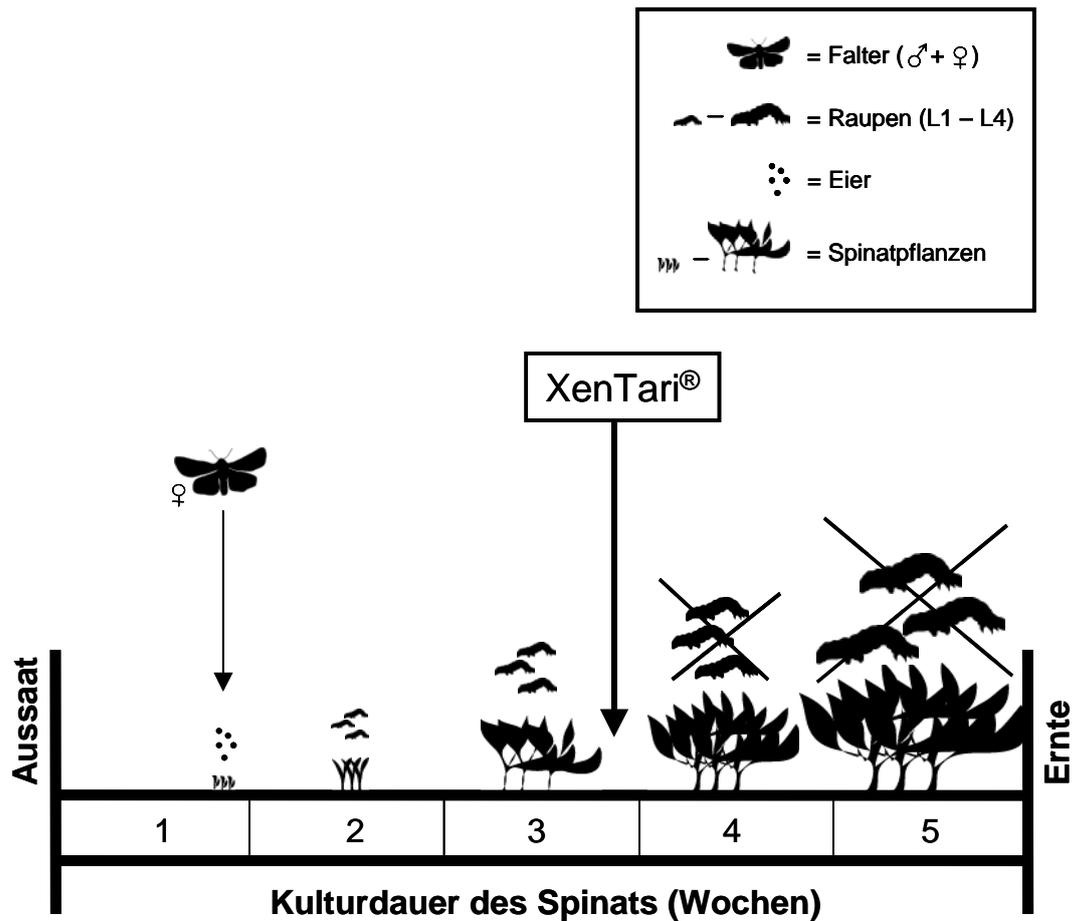
Die Ausbringung dieser Nützlinge sollte zu Beginn der zweiten Woche nach Aussaat der Spinatflächen erfolgen. Zu diesem Zeitpunkt sind noch keine Raupen der Gammaeule aus den Eiern geschlüpft und alle bisher und zu einem späteren Zeitpunkt abgelegten Eier können erfolgreich bekämpft werden.

Sollte sich trotz des Einsatzes der *Trichogramma*-Schlupfwespen ein Raupenbefall einstellen, kann dieser mit dem Einsatz des Bioinsektizids XenTari® in der dritten Kulturwoche bekämpft werden. Nach dem Spritztermin abgelegte Eier können von den *Trichogramma*-Schlupfwespen parasitiert und abgetötet werden. Sollten dennoch weitere Gammaeulen-Eier zum Schlupf kommen, ist die bis zur Ernte verbleibende Zeitspanne nicht lang genug, um den Tieren eine Entwicklung bis zu den großen und damit kritischen L3- und L4-Stadien zu ermöglichen (Abb. 8.4).

Mit einer Kombination der genannten Strategien ließe sich der Einsatz konventioneller Insektizide reduzieren bzw. ersetzen (Abb. 8.4). Die Umweltbelastung würde minimiert, wodurch diese Art des Pflanzenschutzes den Grundsätzen einer nachhaltigen Landwirtschaft entspräche (Kapitel 1).



**Abb. 8.1** Schematische Darstellung einer Befallsprognose auf Basis der Pheromonfallen-Fangdaten. Mit Hilfe der Anzahl in Pheromonfallen gefangener Gammaeulen-Männchen kann bereits in der ersten Woche nach Aussaat einer Spinatanbaufläche ein Befall der Spinatfläche mit Raupen für den Zeitpunkt 10 Tage vor einem geplanten Erntetermin prognostiziert werden (Kapitel 5). Anhand der gefangenen Männchen kann auf die Anzahl der Weibchen und die daraus hervorgehende Anzahl an Eiern bzw. Raupen geschlossen werden.



**Abb. 8.2** Schematische Darstellung eines optimalen Einsatzzeitpunktes für das *Bacillus thuringiensis*-Präparat, XenTari®. Das Mittel sollte möglichst gegen die jungen Stadien der Gammaeule (L2 – L3) und bei einem noch nicht geschlossenen Spinatbestand eingesetzt werden. Entsprechend sollte die Anwendung gegen Ende der dritten Woche nach Aussaat der Spinatfläche erfolgen.

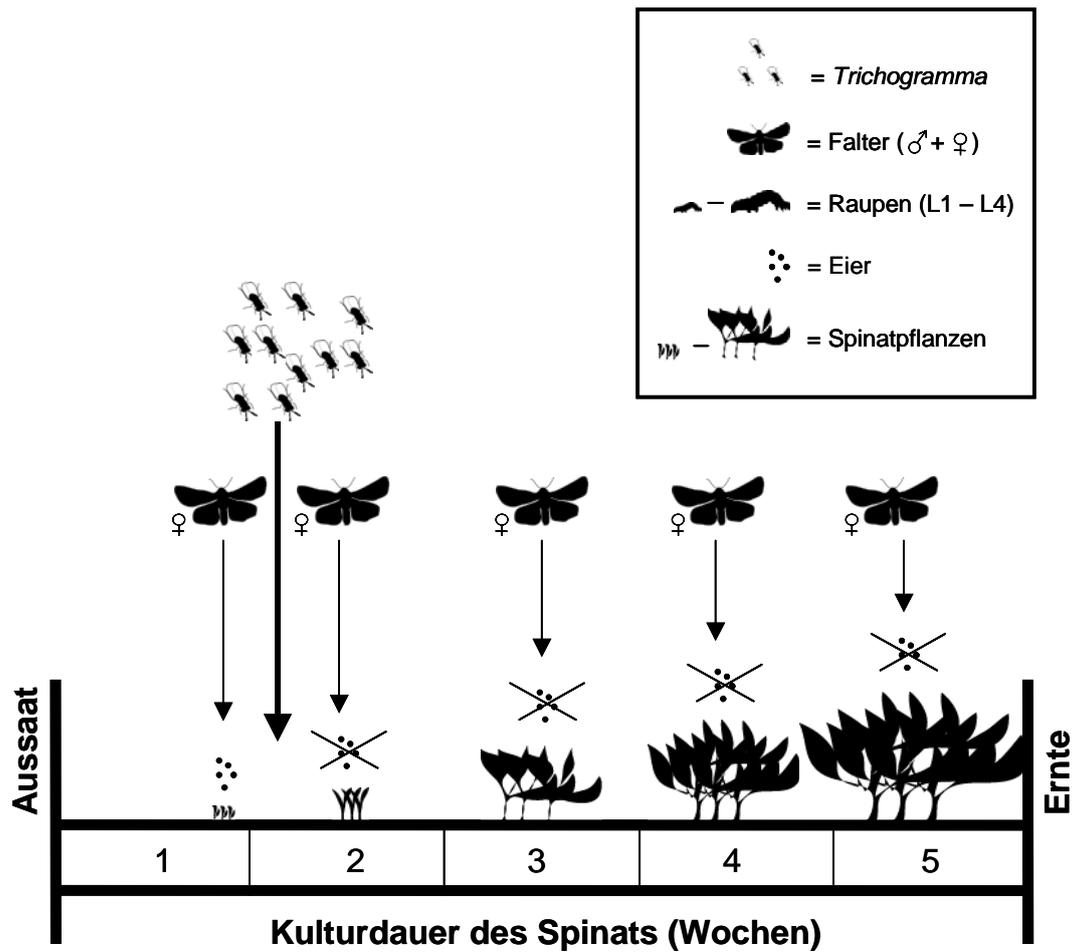
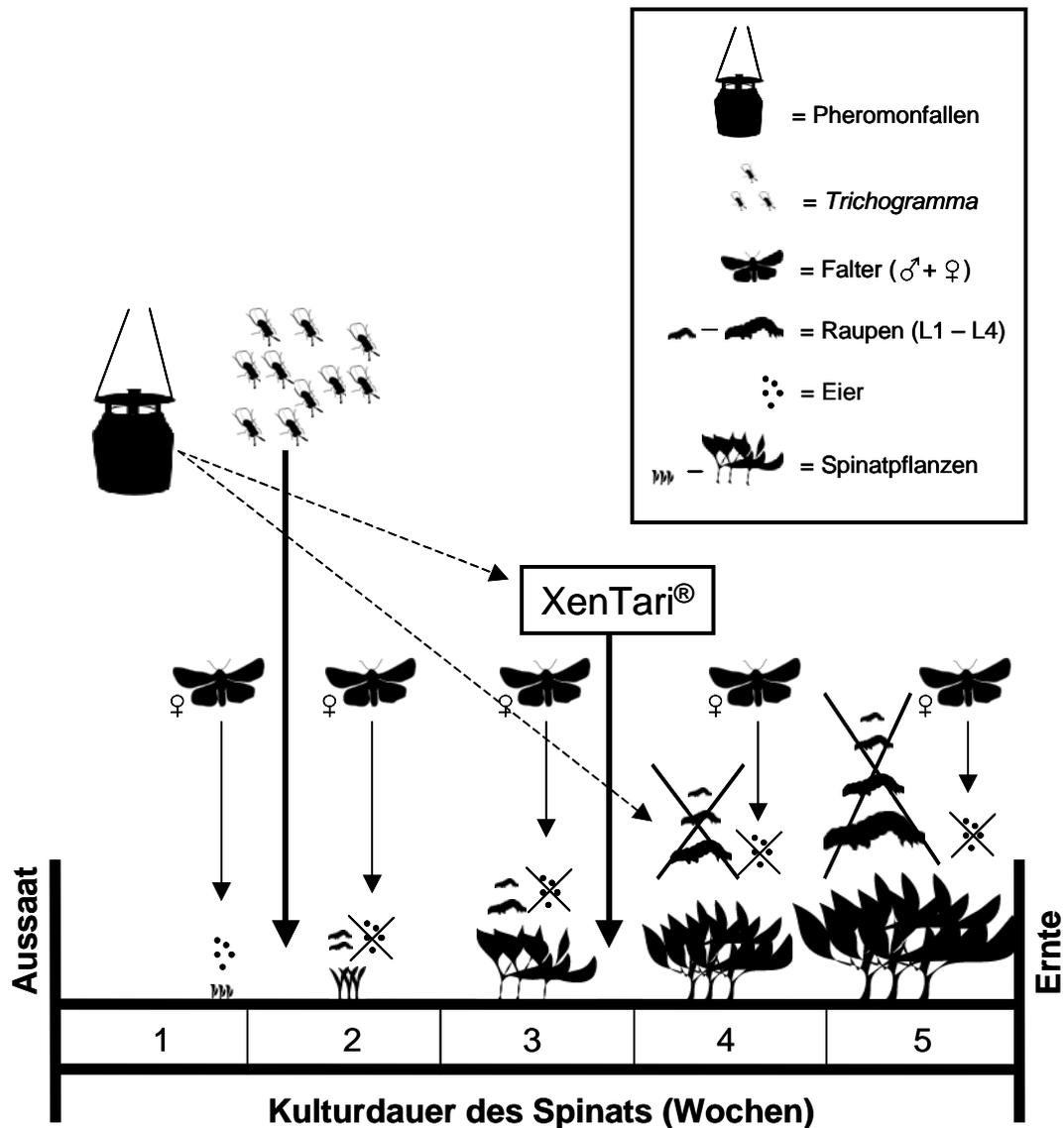


Abb. 8.3 Schematische Darstellung der Anwendung von *Trichogramma*-Schlupfwespen. Die Ausbringung der Tiere sollte zu Beginn der zweiten Woche nach Aussaat der Spinatflächen erfolgen. Zu diesem Zeitpunkt sind noch keine Raupen der Gammaeule aus den Eiern geschlüpft und alle bisher abgelegten Eier können erfolgreich bekämpft werden. Durch die Ausbringung von unterschiedlich alten parasitierten Eiern des Massenzuchtwirtes schlüpfen über die gesamte Kulturdauer des Spinats hinweg *Trichogramma*-Schlupfwespen und töten die Eier des Zielwirtes *Autographa gamma* ab. Somit wird ein Raupenbefall bereits im Vorfeld verhindert.



**Abb. 8.4** Schematische Darstellung einer möglichen Kombination der in den vorigen Grafiken dargestellten Bekämpfungsstrategien. Durch den Einsatz von Pheromonfallen kann ein zukünftiger Befall vorhergesagt und beurteilt werden. Auf Basis der Vorhersage kann dann die Planung einer XenTari®-Behandlung erfolgen. Mit dem Einsatz der *Trichogramma*-Schluflwespen wird das Risiko eines Raupenbefalls minimiert. Sollte sich doch ein Raupenbefall einstellen, kann dieser mit dem Einsatz von XenTari® in der dritten Kulturwoche bekämpft werden. Nach dem Spritztermin abgelegte Eier werden von den *Trichogramma*-Schluflwespen parasitiert und abgetötet. Sollten noch Eier zum Schlupf kommen, ist die bis zur Ernte verbleibende Zeitspanne nicht lang genug, um den Tieren eine Entwicklung bis zu den kritischen L3- und L4-Stadien zu ermöglichen.

## 9. SUMMARY

Abiding by principles of sustainable agriculture, alternative pest control strategies were developed and tested on spinach fields belonging to the company Unilever Deutschland GmbH in western Münsterland within the time frame 2001-2004. An intensive monitoring tactic was deployed revealing the main spinach pests of spinach cultures in the growing area. Moreover natural enemies and sporadic mass occurrence of outlier arthropod groups of indirect prevalence to spinach culture were recorded. Major pests of spinach cultures were colonies of the black bean aphid, *Aphis fabae* SCOP. (Hemiptera-Homoptera: Aphididae) and caterpillars of the silver Y moth, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae).

Black bean aphids, key vectors of a wide array of viruses, were mostly found at the beginning of spinach cultivation period (April, May) and trivial during the rest of the year. Coccinellid Coleopterans were the most recurrent beneficials occurring on spinach fields. Noticeable economic losses caused by silver Y moth owe to their feeding activity and the caterpillar per se which sometimes ends up in the frozen spinach.

During the four year study period, the silver Y moth displayed threatening densities on all spinach fields in the whole growing area. A mean density silver Y moth caterpillar on every 15<sup>th</sup> plant was found. Noteworthy high population densities of the *A. gamma* were recorded in the year 2003.

The body of all plant protection strategies developed and tested in this study concentrated on the control of the silver Y moth.

Direct pest control strategies exploiting organic pesticides and beneficials were tested. To monitor these direct strategies, a forecasting tool based on the use of pheromone traps was developed. To establish the basis of a cropping arrangement, the influence of specific landscape elements on the colonization of spinach field by different arthropod species was investigated. The results show that one application of the neem-based insecticide, NeemAzal-T/S<sup>®</sup> was inefficient on the black bean aphids under field conditions.

In contrast, the Neem-treatment was effective against caterpillars of the silver Y moth five days post application.

Moreover, the *Bacillus thuringiensis*-preparation, XenTari® was effective on different larval stages of the silver Y moth in laboratory and field experiments. The insecticidal competence, on the moth larvae up to 80 % could be noticed one day after application. The treatment showed prominent effects on young larval stages (L1 to L2).

To prevent a caterpillar infestation the suitability of egg parasitoids was investigated under field and greenhouse conditions. Therefore, two strains of *Trichogramma brassicae* BEZD. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) were tested. With both strains, standardized experiments were conducted where the parasitoids had to localize and parasitize eggs of the silver Y moth.

*T. brassicae* strain I failed to display any parasitism activity under greenhouse and field experiments. In parallel, females *T. brassicae* strain II exhibited a 25 % mean parasitism rate resulting from 60 exposed silver Y moth eggs in a square meter experimental plot. In distances up to 26 cm to the release point of the *Trichogramma* females, a parasitism success of 100 % was reached. Moreover, under field conditions 15 silver Y moth eggs were exposed on two fields and data on two dates recorded in experimental plots of 100 m<sup>2</sup>. On the first date, a mean parasitism rate of 20 % was reached on both fields. On the second date, the mean parasitism rate was about 16 % at one of the experimental plots and 19 % at the other.

In all the conducted experiments, parasitoids were released in TrichoKugeln® at a density of two TrichoKugeln® per 100 m<sup>2</sup>. The released parasitoids remained active during the whole experimental period. A parasitism rate mounting up to 86 % was reached in the direct vicinity of the release point, whereas 6.5 m away from the release point, the parasitism rate decreased to 3 %.

*T. brassicae* strain II displayed limited dispersal ability. This disadvantage could have been compensated by the improvement of the application technique.

For planning and timing of insecticide treatments against the silver Y moth caterpillars, the use of specific pheromone traps as a forecasting tool was tested. The sex-pheromone for males of the silver Y moth is commercially available. This pheromone was tested at two doses and two change intervals

of the pheromone dispensers. Deltatraps and funnel traps were also examined.

The results of the field experiments show that most of the male moths were caught in funnel traps baited with low pheromone load and a change interval of the pheromone dispensers of 43 days.

Consequent to this result, the suitability of pheromone traps as a forecasting tool for the prediction of spinach infestations with caterpillars of the silver Y moth in the whole growing area was assessed.

Good correlations between the number of weekly trapped males and the caterpillar infestations on spinach fields were obtained. With the use of three pheromone traps per field, placed at the edge of each single field, a prediction the caterpillar infestation was possible ten days prior to harvest.

Decisive factors promoting infestation situations are the migration and dispersal behaviors of different arthropod pest species. Because most of the species were directly or indirectly affected by different habitat structures, the influence of landscape structures in a radius of 600 m and 1,200 m around spinach fields on the occurrence of selected pest and beneficial species was quantified with the geographic information system ArcView. General relations between landscape structures and infestations could form the basis of a regional management scheme for the spinach cultivation area.

Different multivariate statistical methods were used for the analysis.

In a radius of 600 m around 121 selected spinach fields, 85 different landscape elements were classified. The landscape consisted mainly of arable land, with maize as the dominant crop. However in a radius of 1,200 m around the spinach fields, on basis of the ATKIS dataset, 33 different landscape elements were classified. In this radius, the landscape was dominated by the landscape class arable land.

The landscape composition noticed in different radii surrounding the selected spinach fields also reflects the landscape composition in the three geographic growing regions where maize was also the most frequent crop culture with the largest area share of the whole landscape.

No clear prediction of a pest infestation situation on the basis of the area composition of the landscape in the vicinity of the selected spinach fields was

possible. The influence of different landscape elements and landscape classes, predominantly in the 600 m radius, was found on the colonization of spinach fields by aphids on coccinellids.

### **Conclusion**

To effectively control caterpillars of the silver Y moth on spinach fields, an integrated combination of *Trichogramma* egg parasitoids and the *B.t.*-preparation, XenTari® is recommended. Species specific pheromone traps provide useful tools for the prediction of a silver Y moth caterpillar infestation on spinach fields and the subsequent planning of bioinsecticide applications.

## 10. LITERATUR

- ABBOTT, W.S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18, 265-267.
- ACS, Z., MELIKA, G. & I. MIKO (2003) Using *Trichogramma* in biological control: facing taxonomic problems (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Novenyvedelem*, 39(12), 613-616.
- ALBAJES, R., LODOVICA, M.G., VAN LENTEREN, J.C. & Y. ELAD (1999) Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- ALTIERI, M.A. (1994) Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food Product Pests, New York.
- AMW Nützlinge GmbH (2000). Die Trichokarte. Idee & Druck.
- ANONYMUS (1991/2003) Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414/EWG); zuletzt geändert durch Richtlinie 2003/84/EG der Kommission vom 25. September 2003. Original URL:  
[http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2003/l\\_124/GGTSPU-styx.bba.de-16955-3469941-DAT/l\\_12420030520de00300032.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2003/l_124/GGTSPU-styx.bba.de-16955-3469941-DAT/l_12420030520de00300032.pdf)  
(Stand: August 2005)
- ANONYMUS (1998/2004) Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen, Pflanzenschutzgesetz. In der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1998 (BGBl. S. 971); zuletzt geändert durch den Artikel 3 des Gesetzes vom 19. August 2004 (BGBl. II S. 1154). Original URL:  
<http://www.bvl.bund.de/pflanzenschutz/Recht/PflSchG.pdf>  
(Stand: Juni 2005)
- ANONYMUS (2002a) ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK), Teil D: ATKIS-OK Basis DLM. Landesvermessungsamt, Nordrhein-Westfalen.
- ANONYMUS (2002b) Zahlen in Westfalen-Lippe (2000-2002). Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (LKW), Münster.

- ANONYMUS (2005) Exosex™ Auto-confusion. Original URL.:  
<http://www.exosect.com/solutions/products/documents/Auto-ConfusionBrochureV1.02Oct04.pdf>  
(Stand: August 2005)
- AUNG P.P. & H.-M. POEHLING (1997) Effects of NeemAzal-T/S on rose aphid *Metopolophium dirhodum* under laboratory conditions. In: KLEEBOG H. & C.P.W. ZEBITZ (eds.) Practice orientated results on use and production of Neem-ingredients and pheromones. Trifolio-M, Lahnau, Germany, 93-100.
- BABENDREIER, D., KUSKE, S. & F. BIGLER (2003a) Non-target host acceptance and parasitism by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the laboratory. *Biol. Control*, 26, 128-138.
- BABENDREIER, D., KUSKE, S. & F. BIGLER (2003b) Overwintering of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* in Northern Switzerland. *Biol. Control*, 48, 261-273.
- BABENDREIER, D., KUSKE, S. & F. BIGLER (2003c) Parasitism of non-target butterflies by *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under field cage and field condition. *Biol. Control*, 26, 139-145.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & R. WEIBER (2003) *Multivariate Analysemethoden*. 10. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg.
- BANKS, C.J. (1955) An ecological study of Coccinellidae (Col.) associated with *Aphis fabae* Scop. on *Vicia faba*. *Bull. Entomol. Res.*, 46, 561-587.
- BANKS, J.E. (1999) Differential response of two agroecosystem predators, *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) and *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), to habitat composition and fragmentation scale manipulations. *Can. Entomol.*, 131, 645-657.

- BASEDOW, T., OSSIEWATSCH, H.R., VEGA, J.A.B., KOLLMANN, S., EL-SHAFIE, H.A.F. & C.M.Y. NICOL (2002) Control of aphids and whiteflies (Homoptera: Aphididae and Aleyrodidae) with different neem preparations in laboratory, greenhouse and field: Effects and limitations. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenpathol. Pflanzenschutz*, 109(6), 612-623.
- BAUDRY, J., BUNCE, R.G.H. & BUREL, F. (2000) Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *J. Environ. Manage.*, 60(1), 7-22.
- BAY, TH., HOMMES, M. & H.P. PLATE (1993) Die Florfliege *Chrysoperla carnea* (Stephens): Überblick über Systematik, Verbreitung, Biologie, Zucht und Anwendung. Heft 288, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Paul Parey Verlag, Berlin: 1-157.
- BELLOWS, T.S. & T.W. FISHER (1999) Handbook of Biological Control. Academic Press, San Diego, 789-818.
- BERNHARD, K., JARRET, P., MEADOWS, M., BUTT, J., ELLIS, D.J., ROBERTS, G.M., PAULI, S., RODGERS, P. & H.D. BURGESS (1997) Natural isolates of *Bacillus thuringiensis*: Worldwide distribution, characterization, and activity against insect pests. *J. Invert. Pathol.*, 70, 59-68.
- BETZ, F.S., HAMMOND, B.G. & R.L. FUCHS (2000) Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 32, 156-173.
- BIEVER, K.D. (1972) Effect of temperature on the rate of search by *Trichogramma* and its potential application in field releases. *Environ. Entomol.*, 1(2), 194-197.
- BIGNAL, E.M. & D.I. MCCRACKEN (1996) Low-intensity farming systems in the conservation of the countryside. *J. Appl. Ecol.*, 33, 413-424.
- BINNS, M.R., NYROP, J.P. & W. VAN DER WERF (2000) Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides. CABI Publishing, New York, 281 pp.

- BLACKMAN, R.L. & V.F. EASTOP (2000) Aphids on world's crops. 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley, Chichester.
- BOHAN, D.A., BOHAN, A.C., GLEN, D.M., SYMONDSON, W.O.C., WILTHIRE, C.W. & L. HUGHES (2000) Spatial dynamics of predation by carabid beetles on slugs. *J. Anim. Ecol.*, 69, 367-379.
- BOLDT, P.E. (1974) Temperature, humidity, and host: effect on rate of search of *Trichogramma evanescens* and *T. minutum* auctt. (not Riley, 1871). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 67(4), 706-708.
- BOLLER, E.F., HÄNI, F. & H.M. POEHLING (2004) Ecological infrastructures: Ideabook on functional biodiversity at farm level. IOBC wprs Commission on Integrated Production Guidelines and Endorsement, Swiss Centre for for Agricultural Extension and Rural Development (LBL), Lindau, Switzerland.
- BOLLHADER, F. & M. ZUBER (1996) NeemAzal-T/S against *Myzus persicae*. In: KLEEBERG, H. & C.P.W. ZEBITZ (eds.) Practice orientated results on use and production of Neem-ingredients and pheromones. Trifolio-M, Lahnau, Germany, 141-147.
- BOO, K.S. & J.P. YANG (2000) Kairomones used by *Trichogramma chilonis* to find *Helicoverpa* assults eggs. *J. Chem. Ecol.* 26, 359-375.
- BOURDÔT, G.W. & D.M. SUCKLING (1996) Pesticide resistance: prevention and management. New Sealand Plant Protection Society.
- BRAUN, A. (1963) Schäden durch die Raupen der Gammaeule. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 15, 9-10.
- BREIMAN, L. (2001) Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.
- BREIMAN, L. (2002) Manual on setting up, using, and understanding random forests v3.1. Original URL.:  
[http://oz.berkeley.edu/users/breiman/Using\\_random\\_forests\\_V3.1.pdf](http://oz.berkeley.edu/users/breiman/Using_random_forests_V3.1.pdf)  
(Stand: August 2005)
- BREIMAN, L., FRIEDMAN, J.H., OLSHEN, R.A. & C.J. STONE (1998) Classification and regression trees. Chapman & Hall, Boca Raton.

- BREMER, H. & O. KAUFMANN (1931) Die Rübenfliege. Verlag Julius Springer, Berlin.
- BUCHHEIM, T. (2001) Zum Einfluss von NeemAzal™-T/S auf Nichtzielarthropoden unter besonderer Berücksichtigung der Florfliege *Chrysoperla carnea* Steph.. Diplomarbeit, Universität Hannover.
- BÜHL, A. & P. ZÖFEL (2000) SPSS Version 10: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 7. Auflage, Addison Wesley, München.
- BUHL, C. & F. SCHÜTTE (1971) Prognose wichtiger Pflanzenschädlinge in der Landwirtschaft. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BURDEL, F. & J. BAUDRY (1995) Farming landscapes and insects. In: GLEN, D.M., GREAVES, M.P. & E.G. ANDERSON (eds.) Ecology and integrated farming systems. John Wiley & Sons, Chichester, 203-220.
- BURGIO, G. & S. MAINI (1994) Phenylacetaldehyde trapping of *Ostrinia nubilalis* (Hb.), *Autographa gamma* (L.) and hoverflies: Trap design efficacy. Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 49, 1-14.
- CANDOLFI, M.P., BROWN, K., GRIMM, C., REBER, B. & H. SCHMIDLI (2004) A faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified *Bt*-corn on non-target arthropods under field conditions. Biocontrol Sci. Tech., 14(2), 129-170.
- CAPS (1996) Silver Y Moth. Cooperative Agricultural Pest Survey, Clemson University. Original URL.:  
<http://www.ceris.purdue.edu/napis/pests/misc/fexotic.txt>  
(Stand: August 2005)
- CERUTTI, F. & F. BIGLER (1995) Quality assessment of *Trichogramma brassicae* in the laboratory. Entomol. Exp. Appl., 75, 19-26.
- CHARNOV, E. L. (1976) Optimal foraging: the marginal value theorem. – Theor. Popul. Biol., 9, 129-136.
- CHIHHRANE, J. & G. LAUGÉ (1996) Loss of parasitization efficiency of *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae) under high-temperature conditions. Biol. Control, 7, 95-99.

- COLL, M. & D.G. BOTTRELL (1995): Predator-prey association in mono- and dicultures: effect of maize and bean vegetation. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 54, 115-125.
- COSTELLO, M.J. & M.A. ALTIERI (1995): Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 52, 187-196.
- CRAIK, J. (1979) Mark-and-recapture studies of ten moth species at a light trap. *Entomol. Gaz.*, 30, 115-124.
- CRÜGER, G., BACKHAUS, C. S., HOMMES, M., SMOLKA, S. & H.J. VETTEN (2000) Pflanzenschutz im Gemüsebau. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart. 82-87.
- DE BACH P. (1964 ) Success trends and future possibilities. In: DE BACH P. (ed.) *Biological control of insect pests and weeds*. Chapman, London, 429-455.
- DEML, R., MEISE, T. & K. DETTNER (1999) Effects of *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxins on food utilization, growth, and survival of selected phytophagous insects. *J. Appl. Ent.*, 123, 55-64.
- DEN BELDER, E., ELDERSON, J., SCHELLING, G. & W.J. VAN DEN BRINK (2003) Thrips densities in organic leek fields in relation to the surrounding landscapes. *Landscape Management for Functional Biodiversity*. IOBC/WPRS. Bull. Vol. 26(4), 31-36.
- DENHOLM, I., PICKETT J.A. & A.L. DEVONSHIRE (1999) *Insecticide resistance: from mechanism to management*. CABI Pub., New York.
- DENT, D.R. (1991) *Insect Pest Management*, CAB International, Wallingford, 604 pp.
- DOCHKOVA, B. (1972) Some biological and ecological studies on *Autographa gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae). *Plant Sci.*, 9, 141-149.
- DOERING, E. (1955) *Zur Morphologie der Schmetterlingseier*. Akademie Verlag, Berlin.

- DÖRING, T.F., KIRCHNER, S.M., KÜHNE, S. & H. SAUCKE (2004) Response of alate aphids to green targets on colored backgrounds. *Entomol. Exp. Appl.* 113, 53-61.
- DOUGLAS, A.E. (1997) Provenance, experience and plant utilization by the polyphagous aphid, *Aphis fabae*. *Entomol. Exp. Appl.*, 83, 161-170.
- DUNKELBLUM, E. & S. GOTHILF (1983) Sex pheromone components of the gamma moth *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Z. Naturforsch.*, 38c, 1011-1014.
- DUTTON, A., KLEIN, H., ROMEIS, J. & F. BIGLER. (2003) Prey-mediated effects of *Bacillus thuringiensis* spray on the predator *Chrysoperla carnea* in maize. *Biol. Control*, 26, 209-215.
- DYER, L.D. & D.A. LANDIS (1996) Effect of habitat, temperature, and sugar availability on longevity on *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environ. Entomol.*, 25, 1192-1201.
- EBBINGHAUS, D., LÖSEL, P.M., ROMEIS, J., CIANCIULLI-TELLER, M.G., LEUSCH, H., OLSZAK, R., PLUCIENNIK, Z. & J. SCHERKENBECK (2001) Appeal: efficacy and mode of action of attract and kill for codling moth control. *Pheromones for Insect Control in Orchards and Vineyards*, IOBC wprs Bull., Vol. 24(2), 95-99.
- EHLERS, R.-U., PETERS, A. (1998) Bekämpfung von Engerlingen auf Sportrasen. *Rasen Turf Gazon, Hortus Zeitschriften Cöllen und Bleck GbR*, Bonn: 1-7.
- ELKIE, P.C., REMPEL, R.S. & A.P. CARR (1999) Patch Analyst user's manual: A tool for quantifying landscape structure. Queen's, Ontario, Canada.
- ELLIOTT, N.C., KIECKHEFER, R.W., LEE, J.-H. & B.W. FRENCH (1998) Influence of within-field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. *Landsc. Ecol.*, 14, 239-252.
- FANKHÄNEL, H. (1963) Zu Fragen der Massenvermehrung und des Gesundheitszustandes der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.), in der DDR im Spätsommer 1962. *Beitr. Entomol.*, 13, 291-310.

- FELLER, C., BLEIHOLDER, C., BUHR, L., HACK, H., HESS, M., KLOSE, R., MEIER, U., STRAUSS, R., VAN DEN BOOM, T. & E. WEBER (1995) Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 47, 217-232.
- FISHER, K. (1938) Migrations of the silver-Y moth (*Plusia gamma*) in Great Britain. J. Anim. Ecol., 7, 230-247.
- FORSTER, W. & T.A. WOHLFAHRT (1959) Eulen (*Noctuidae*). Stuttgart.
- FOURNIER, V. & J. BRODEUR (2000) Dose-response susceptibility of pest aphids (Homoptera: Aphididae) and their control on hydroponically grown lettuce with the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*, azadirachtin, and insecticidal soap. Environ. Entomol., 29(3), 568-578.
- FRAMPTON, G.F. (1999) Spatial variation in non-target effects of the insecticides chlorpyrifos, cypermethrin and pirimicarb on Collembola in winter wheat. Pestic. Sci., 55, 875-886.
- FRY, G. (1995) Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: GLEN, D.M., GREAVES, M.P. & E.G. Anderson (eds.) Ecology and integrated farming systems. John Wiley & Sons, Chichester, 177-202.
- FURLANELLO, C., NETELER, M., MERLER, S., MENEGON, S., FONTANARI, S., DONINI, A., RIZZOLI, A. & C. CHEMINI (2003) GIS and the random forest predictor: Integration in R for tick-borne disease risk assessment. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing, Vienna, Austria.
- GARCIA, M.A. & M.A. ALTIERI (1992): Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behavior. Entomol. Exp. Appl., 62, 201-209.
- GHIZDAVU, I., HODOSAN, F., POPOVICI, N., BOTAR, A. & A. BARABAS (1979) A sex attractant for *Autographa (Plusia) gamma* L. moth. Rev. Roum. Biol., 1, 87-90.

- GINGRAS, D. & G. BOIVIN (2002) Effect of plant structure, host density and foraging duration on host finding by *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.*, 31(6), 1153-1157.
- GLEN, D.M. & P. BRAIN (1982) Pheromone-trap catch in relation the phenology of codling moth (*Cydia pomonella*). *Ann. Appl. Biol.*, 101, 429-440.
- GLIESSMANN, S.R. (1990): *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Springer-Verlag, New York.
- GOUDEGNON, A. E., KIRK, A. A., SCHIFFERS, B. & D. BORDAT (2000) Comparative effects of deltamethrin and neem kernel solution treatment of diamondback moth and *Cotesia plutella* (Hym., Braconidae) parasitoid populations in the Cotonou peri-urban area in Benin. *J. Appl. Ent.*, 124, 141-144.
- GREATTI, M. & P. ZANDIGIACOMO (1995) Postrelease dispersal of *Trichogramma brassicae* Bezdenko in corn fields. *J. Appl. Ent.*, 119, 671-675.
- GRIMA, H., RAO, M.R. & S. SITHANANTHAM (2000) Insect pests and beneficial arthropods populations under different hedgrow intercropping systems in semiarid Kenya. *Agrofor. Sys.*, 50, 279-292.
- GUERRY, A.D. & M.L. HUNTER (2002) Amphibian distributions in a landscape of forests and agriculture: an examination of landscape composition and configuration. *Conserv. Biol.*, 16(3), 745-754.
- GUITERREZ, N.L. (1997) Vergleich verschiedener Präparate zur Bekämpfung der Mehligen Kohlblattlaus an Kohlgemüse. In: KLEEBERG, H. & C.P.W. ZEBITZ (eds.) *Practice orientated results on use and production of Neem-ingredients and pheromones*. Trifolio-M, Lahnau, Germany, 75-77.
- GURR, G.M. & S.D. WRATTEN (1999): *Integrated biological control: a proposal for enhancing success in biological control*. *Int. J. Pest Manage.*, 45, 81-84.

- GURR, G.M., WRATTEN, S. & J.M. LUNA (2003) Multi-function agricultural biodiversity: Pest management and other benefits. *Basic Appl. Ecol.*, 4(2), 107-116.
- HÅGVAR, E.B. & T. HOFVANG (1991) Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. *Biocontrol News Info.*, 12(1), 13-41.
- HANNUNEN, S. & EKBOM, B. (2001) Host plant influence on movement patterns and subsequent distribution of the polyphagous herbivore *Lygus rugulipennis* (Heteroptera: Miridae). *Environ. Entomol.*, 30 (3), 517-523.
- HARAKLY, F.A. (1975) Biological studies on the loopers *Autographa gamma* (L.) and *Cornitoplusia circumflexa* (L.) (Lep., Noctuidae) infesting truck crops in Egypt. *Z. Angew. Entomol.*, 78, 285-290.
- HASSAN, S. A. & M.F. GUO (1991) Selection of effective strains of egg parasites of the genus *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) to control the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lep. Pyralidae). *J. Appl. Entomol.* 111, 335-341.
- HASSAN, S.A. (1993) The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: Achievements and outlook. *Pestic. Sci.*, 37, 387-391.
- HASSAN, S.A. (1994) Improved method for the production of the Angoumoisgrain moth *Sitotroga cerealella* (OLIVIER). Ed. INRA, Paris (1995) 73, 157-160.
- HAVERMANN, V. (2003) Besiedlung von Spinatkulturflächen durch Bodenarthropoden und der Einfluss von Pflanzenschutzmaßnahmen auf die Aktivitätsdichte. Diplomarbeit, Universität Hannover.
- HECHT-ROST, S. (2001) Nebenwirkungen von NeemAzal™-T/S auf den Parasitoiden *Aphidius colemani* (Hymenoptera, Aphidiidae). Diplomarbeit, Universität Hannover.
- HEIMBACH, U., EGGERS, C. & T. THIEME (2001) Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch. *Mitt. Deut. Ges. Allg. Angew. Entomol.*, 13, 289-292.

- HEIN, D.F. & H.E. HUMMEL (1997) Fraßabschreckung und Gesamtwirkungsgrad des Neeminhaltsstoffes Azadirachtin A: Standardtest mit *Epilachna varivestis* Muls. und Oblatentest mit *Spodoptera littoralis* Boisd. im Vergleich. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent., 11, 385-390.
- HEINZ, K. (1974) Leitfaden der Schädlingsbekämpfung. Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart: 139-152.
- HEITEFUSS, R., KÖNIG, K., OBST, A. & M. RESCHKE (1987) Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau. 2. Auflage, Verlagsunion Agrar, Frankfurt.
- HERMANN, P., ZEBITZ, C.P.W. & J. KIENZLE (1996) Effects of different Neem-Azal-formulations on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) in laboratory and semi-field. In: KLEEBERG H. & C.P.W. ZEBITZ (eds.) Practice orientated results on use and production of Neem-ingredients and pheromones. Trifolio-M, Lahnau, Germany, 183-188.
- HEUDORF, U. & J. ANGERER (2001) Metabolites and pyrethroid insecticides in Urine specimens: current exposure in an urban population in Germany. Environ. Health Perspect., 109(3), 213-217.
- HICKMAN, J.M. & D. WRATTEN (1996) Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. J. Econ. Entomol., 89, 832-840.
- HILL, J.K. & A.G. GATEHOUSE (1991) Phenotypic plasticity and geographical variation in the pre-reproductive period of *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae) and its implications for migration in this species. Ecol. Entomol., 18, 39-46.
- HILL, J.K. & A.G. GATEHOUSE (1992) Effects of temperature and photoperiod on development and pre-reproductive period of the silver Y moth *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Entomol. Res., 82, 335-341.

- HINDAYANA, D., MEYHÖFER, R., SCHOLZ, D. & H.-M. POEHLING (2001) Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer (Diptera: Syrphidae) and other aphidophagous predators. *Biol. Control*, 20, 236-246.
- HODEK, I. & A. HONĚK (1996) *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1-458.
- HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., POEHLING, H.M., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C. & H. WILBERT (2002) *Lehrbuch der Phytomedizin*. 3. Auflage, Blackwell, Berlin.
- HÖFTE, H. & H.R. WHITELEY, H.R. (1989) Insecticidal crystal proteins by *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.*, 53, 242-255.
- HOLLAND, J.M., WINDER, L. & J.N. PERRY (2000) The impact of dimethoate on spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Ann. appl. Biol.*, 136, 93-105.
- HOLOPAINEN, J.K. & VARIS, A.-L. (1991) Host plants of the European tarnished plant bug *Lygus rugulipennis* Poppius (Het. Miridae). *J. Appl. Ent.*, 111, 484-498.
- HOMMES, M. (1987) Schadschwellen im Gemüsebau. *Taspo-Magazin* 10, 32-33.
- HOMMES, M. (1992) Simple control thresholds for foliage pests of leek. *Bull. OILB/SROP* 15, 115-121.
- HONĚK, A. (1982) The distribution of overwintered *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae). *Z. Angew. Entomol.*, 94, 311-319.
- HOWSE, P., STEVENS, I. & O. JONES (1998) *Insect pheromones and their use in pest management*. Chapman & Hall, London.
- HOYT, S.C., LEEPER, J.R., BROWN, G.C. & B.A. CROFT (1983) Basic biology and management components for insect IPM, pp. 93-151. In: CROFT, B.A. & S.C. HOYT (eds.) *Integrated management of insect pests of pome and stone fruits*. Wiley, Toronto.

- HÜLBERT, D. (1990) Effektivere Schaderregerüberwachung im Feldbau durch den Einsatz von Pheromonfallen am Beispiel der Wintersaateule (*Agrotis segetum* Schiff. et Den.). Nachr.-Bl. Pflanzenschutz, 44(9), 204-206.
- HÜPPE, J. (1987) Zur Entwicklung der Ackerunkrautvegetation seit dem Neolithikum. Natur- Landschaftskd., 23, 25-33.
- INRA (2003) *Blitophaga opaca*. Institut National de la Recherche Agronomique, HYPPZ online. Original URL: <http://www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/RAVAGEUR/6actopa.htm> (Stand: August 2005)
- INRA (2004) *Autographa gamma* (L.). Institut National de la Recherche Agronomique, HYPPZ online. Original URL: <http://www.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/6autgam.htm> (Stand: August 2005)
- IVALDI-SENDER (1974) Techniques simples pour un élevage permanent de la tordeuse orientale, *Grapholita molesta* (Lep., Tortricidae) sur milieu artificiel. Ann. Zool. Ecol. Anim., 6, 337-343.
- JANSEN, J.P. (2000) A three-year field study on the short-term effects of insecticides used to control cereal aphids on plant dwelling predators in winter wheat. Pest Manag. Sci., 56, 533-539.
- JEPSON, P.C. & J.R.M. THAKER (1990) Analysis of the spatial component of pesticide side-effects on non-target invertebrate populations and its relevance for hazard analysis. Funct. Ecol., 4, 349-355.
- JONES, R.A.C. (1994) Effect of mulching with cereal straw and row spacing on spread of bean mosaic potyvirus into narrow-leafed lupins (*Lupinus angustifolius*). Ann. Appl. Biol., 124, 45-58.
- KAHNT, G. (1986) Biologischer Pflanzenbau. Möglichkeiten und Grenzen biologischer Anbausysteme. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KATSOYANNOS, B.I. (1992) Olive Pest Problems and their control in the Near East. FAO Plant Production and Protection Paper XXX, FAO, Rome.

- KIRCHNER, O. (1923) Die Krankheiten und Schädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart: 411-414.
- KLEEBERG, H. & E. HUMMEL (1998) Experiences with NeemAzal-T/S in 1994-1998. Med. Fac. Landbauw. Univ. Gent, 64(3a), 305-310.
- KLEEBERG, H. (1997) Neem-Produkte: Herstellung, Standardisierung und Qualitätssicherung. 4. BBA-DA Fachgespräch, unveröffentlicht.
- KLEEBERG, H. (1998) Chrysanthemen jetzt anders geschützt. Deutsch. Gartenb. 44, 11-12.
- KLEEBERG, H. (2000) NeemAzal-T/S – Ein neues Präparat für den ökologischen Landbau. Bioland, 4, 31.
- KLEINBAUM, D.G. (1996) Survival analysis. Springer-Verlag, New York, 324.
- KLINKOWSKI M. (1976) Phytopathologie und Pflanzenschutz. Band 3., Akademie Verlag, Berlin: 266-273.
- KLUG, T., GATHMANN, A., POEHLING, H.M. & R. MEYHÖFER (2003): Area-dependent effects of landscape structure on the colonisation of spinach cultures by the silver Y moth (*Autographa gamma* L., Lepidoptera: Noctuidae) in Western Germany. Landscape Management for Functional Biodiversity. IOBC/WPRS. Bull. Vol. 26 (4), 77-82.
- KNODEL, J. & A.M. AGNELLO (1990) Field comparison of nonsticky and sticky pheromone traps for monitoring fruit pests in Western New York. J. Econ. Entomol. 83(1), 197-204.
- KNOWLES, B. H. (1994) Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal  $\delta$ -endotoxins. Adv. Insect Physiol., 24, 276-308.
- KOGAN, M., GERLING, D. & J.V. MADDOX (1999) Enhancement of biological control in annual agricultural environments. In: BELLOWS, T.S. & T.W. FISHER (eds.) Handbook of Biological Control. Academic Press, San Diego, 789-818.

- KOGAN, M., HELM, J. & E. BREWER (1989) Distribution and Economic Importance of *Heliothis virescens* and *Heliothis zea* in North, Central and South America and of their natural enemies and host-plants. In: KING, E. G. & R.D., JACKSON (eds.) Proceedings of the Workshop on Biological Control of *Heliothis*: Increasing the Effectiveness of Natural Enemies. New Delhi, India, 241-297.
- KOLACZINSKI, J.H. & C.F. CURTIS (2004) Chronic illness as a result of low-level exposure to synthetic pyrethroid insecticides: a review of the debate. Food Chem. Toxicol., 42, 697-706.
- KÖLLIKER-OTT, U.M., BIGLER, F. & A.A. HOFFMANN (2004) Field dispersal and host location of *Trichogramma brassicae* is influenced by wing size but not wing shape. Biol. Control, 31, 1-10.
- KOT, J. (1994) Dispersion of *Trichogramma embryophagum* (Htg.) in an apple orchard. Ed. INRA, Paris, 73, 83-86.
- KRAUSE, G. (1985) Beobachtungen über Nebenfänge von Pheromonfallen im Obstbau. Anz. Schädlingkde. Pflanzenschutz Umweltschutz, 58, 68-70.
- KRING, J.B. (1972) Flight behavior of aphids. Annu. Rev. Entomol., 17, 461-492.
- KRUESS, A. & TSCHARNTKE, T. (2000) Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. Oecologia, 122, 129-137.
- KRUG, H. (1991) Gemüseproduktion. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin.
- KRÜGER E. (1997) Experiences with the application of NeemAzal-T/S and *Bacillus thuringiensis* products against common winter moth (*Operophtera brumanta*) and tortricid moth species in apple orchards. In: KLEEBERG, H. & C.P.W. ZEBITZ (eds.) Practice orientated results on use and production of Neem-ingredients and pheromones. Trifolio-M, Lahnau, Germany, 23-29.
- KRÜGER G. (1991) Pflanzenschutz im Gemüsebau. Eugen Ulmer: 81-88.

- KÜHNE, S. & B. FRIEDRICH (2002) Pflanzenschutz im ökologischen Landbau - Probleme und Lösungsansätze - Fünftes Fachgespräch am 30. Juli 2001 in Kleinmachnow, „Hinreichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau, Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau“, Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt, Heft 95, 2002, Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- KÜHNE, S., ENZIAN, S., JÜTTERSONKE, B., FREIER, B., FORSTER, R. & H. ROTHERT (2000) Beschaffenheit und Funktion von Saumstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Berücksichtigung im Zulassungsverfahren im Hinblick auf die Schonung von Nichtziel-Arthropoden. Parey Buchverlag, Berlin.
- KUSKE, S., BABENDREIER, D., EDWARDS, P.J., TURLINGS, T.C.J. & F. BIGLER, F. (2004) Parasitism of non-target lepidoptera by mass released *Trichogramma brassicae* and its implication for the larval parasitoid *Lydella thompsoni*. *BioControl*, 49, 1-19.
- LACEY, L. A., FRUTOS, R., KAYA, H. K. & P. VAIL (2001) Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biol. Control*, 47, 1-19.
- LAGERLÖF, J. & H. WALLIN (1993) The abundance of arthropods along two field margins with different types of vegetation composition: an experimental study. *Agric. Ecosys. Environ.*, 43, 141-154.
- LAING, J. (1938) Host finding by insect parasites II. The chance of *Trichogramma evanescens* finding its hosts. *J. Exptl. Biol.*, 15, 281-302.
- LAING, J.E. & J. HAMAI (1976): Biological control of insect pests and weeds by imported parasites, predators, and pathogens. In: HUFAKER C.B. & P.S. MESSENGER (eds.) *Theory and practice of biological control*. Academic Press, London, 42-80.
- LANDIS, D.A., WRATTEN, S.D. & G.M. GURR (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, 45, 175-201.

- LANGER, V. (1996) Insect-crop interactions in a diversified cropping system: parasitism by *Aleochara bilineata* and *Trybliographa rapae* of the cabbage root fly, *Delia radicum*, on cabbage in the presence of white clover. Entomol. Exp. Appl., 80, 365-374.
- LANGHOF, M. (2005) Insecticide drift from agricultural spraying into field margin habitats and its effects on non arthropods: residual toxicity, impact on populations and recolonisation processes. Dissertation, Universität Hannover.
- LEATEMIA, J. A., LAING, J. E. & J.E. CORRIGAN (1995) Production of only male progeny by mated, honey-fed *Trichogramma minutum* Riley (Hym., Trichogrammatidae). J. Appl. Entomol., 119, 561-566.
- LEGRAND, G. & A. WAUTERS (1997) Invasion of silver Y moth caterpillars during summer 1996. Betteravies-Bruxelles, 31(325), 45-46.
- LEMKE, A. (1999) Die Bedeutung von eingesäten Krautstreifen in intensiv geführten Winterweizenfeldern für die Populationsdynamik von Spinnen und Getreideblattläusen. Dissertation, Universität Hannover.
- LETOURNEAU, D.K. & M.A. ALTIERI (1999) Environmental Management to enhance biological control in agroecosystems. Handbook of Biological Control pp. 319-343.
- LEWIS, W.J., VAN LENTEREN, J.C., PHATAK, S.C. & J.H. TUMLINSON (1997) A total system approach to sustainable pest management. Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 94, 12243-12248.
- LIAW, A. & M. WIENER (2002) Classification and regression by randomForest. R News, 2(3), 18-22.
- LOTKA, A.J. (1925) Elements of Physical Biology. Williams & Wilkins Co., Baltimore.
- LUNA, J.M. & G.J. HOUSE (1990) Pest management in sustainable agricultural systems. In: EDWARDS, C.A., LAL, R., MADDEN, P., MILLER, R.H. & G.J. HOUSE (eds.) Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, 157-173.

- LUNDGREN, J. G., HEIMPEL, G. E. & S.A. BOMGREN (2002) Comparison of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) augmentation with synthetic pesticides for control of cruciferous Lepidoptera. *Biol. Control*, 31(6), 1231-1239.
- MAINI, S. & G. BURGIO (1990) Biological control of the European Corn Borer in protected pepper by *Trichogramma maidis* Pint & Voeg. and *Bacillus thuringiensis* Berl. subsp. *kurstaki*. *INRA*. 56, 213-219.
- MARINO, P.C. & D.A. LANDIS (1996) Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecol. Appl.*, 6(1), 276-284.
- MATSON, P.A., PARTON, W.J., POWER, A.G. & M.J. SWIFT (1997): Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277, 504-509.
- MATTER, M.M., EI SAYED, A.K. & M.M. Adel (1999) Susceptibility of *Autographa gamma* larvae to the entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* as assessed by a new method simulating field exposure. *Bull. NRC. Egypt*, 24(2), 211-220.
- MAZOR, M. & DUNKELBLUM, E. (1992) Role of sex pheromone components in behavioral reproductive isolation between *Autographa gamma* (L.) and either *Trichoplusia ni* (Hübner) or *Chrysodeixis chalcites* (Esp.) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). *J. Chem. Entomol.*, 18(12), 2373-2384.
- MCGARIGAL, K. & B.J. MARKS (1995) FRAGSTATS: Spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure. Forest Science Department, Oregon University, Oregon.
- MEYHÖFER, R. & D. HINDAYANA (2000) Effects of intraguild predation on aphid parasitoid survival. *Entomol. Exp. Appl.*, 97, 115-122.
- MEYHÖFER, R. (2001) Intraguild predation by aphidophagous predators on parasitised aphids: the use of multiple video cameras. *Entomol. Exp. Appl.*, 100, 77-87.

- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GILBERT, J., NELF, E., MUELLER-MING, H. & J.H. SCHULTZE (1962) Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.
- MILLS, N., PICKEL, C., MANSFIELD, S., McDOUGALL, S., BUCHNER, R., CAPRILE, J., EDSTROM, R., ELKINS, R., HASEY, J., KATHY, K., KRUEGER, B., OLSON, B. & R. STOCKER (2000) Mass releases of *Trichogramma* wasps can reduce damage from codling moth. Calif. Agric., 54(6), 22-25.
- MLADENOFF, D.J., SICKLEY, T.A. & A.P. WYDEVEN (1999) Predicting grey wolf landscape recolonization: logistic regression models vs. new field data. Ecol. Appl., 9, 37-44.
- MOREBY, S.J., SOUTHWAY, S., BARKER, A. & J.M. HOLLAND (2001) A comparison of the effect of new and established insecticides on nontarget invertebrates of winter wheat fields. Environ. Toxicol. Chem., 20(10), 2243-2254.
- MÜHLENBERG, M. (1993) Freilandökologie. 3. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.
- MUSABYIAMANA, T., SAXENA, R. C., KAIRU, E.W., OGOL, C. P. K. O. & KHAN, Z.R. (2001) Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordius* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol., 94(2), 449-454.
- NENTWIG, W. (1992) Die nützlingsfördernde Wirkung von Unkräutern in angesäten Unkrautstreifen. Z. Pflanzenkr. Pflanzenpathol. Pflanzenschutz, Sonderh., XIII, 33-40.
- NENTWIG, W. (1995) Sown weed strips - an excellent type of ecological compensation area in our agricultural landscape. 1, 1-10. First ENOF Workshop "Biodiversity and land use: The role of organic farming", Bonn.
- NICOLI, G., LIMONTA, L., CAVAZZUTI, C. & M. POZZATI (1995) Il ruolo delle siepi nell' ecologia del campo coltivato. I. Prime indagini sui Coccinellidi predatori di afidi. Inf. Fitopat., 58-64.

- NIEHOFF, B. & H.-M. POEHLING (1995) Population dynamics of aphids and syrphid larvae in winter wheat treated with different rates of pirimicarb. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 52, 51-55.
- NIEMANN, L. & V. HILBIG (2000) Die gesundheitliche Bewertung des Einsatzes von Naturstoffen im Pflanzenschutz am Beispiel von Neemextrakten. *Gesund. Pfl.*, 52, 135-141.
- NOLDUS, L.P.J.J. (1989) Chemical espionage by parasitic wasps. How *Trichogramma* exploit moth sex pheromone systems. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- NOLDUS, L.P.J.J., VAN LENTEREN, J.C. & W.J. LEWIS (1991) How *Trichogramma* parasitoids use sex pheromones as kairomones: Orientation behavior in a wind tunnel. *Physiol. Entomol.*, 16, 313-327.
- NORLUND, D.A., LEWIS, H.R. , GROSS, JR. & M. BEEVERS (1981) Kairomones and their use for management of entomophagous-insects. XII. The stimulatory effect of host-egg density to the effective use of *Trichogramma pretiosum*. Riley. *J. Chem. Entomol.*, 7, 909-917.
- NOVÁK, L. (1975) Critical numbers of *Autographa gamma* L. V. caterpillars (Lepidoptera, Noctuidae) on sugarbeet. *Ochr. Rostl. Cesk. Akad. Zemed. Ustav Vedeckotech. Inf.*, 11(4), 295-300.
- NYLIN, S. & N. JANZ (1999) The ecology and evolution of host plant range: butterflies as a model group. In: OLFF, H., BROWN, V.K. & R.H. DRENT (eds.) *Herbivores: between plants and predators*. Blackwell Science, Oxford, 31-55.
- O'NEILL, R.V., KRUMMEL, J.R., GARDNER, R.H., SUGIHARA, G., JACHSON, B., DEANGELIS, D.L., MILNE, B.T., TURNER, M.G., ZYGMUNT, B., CHRISTENSEN, S.W., DALE, V.H. & R.L. GRAHAM (1988) Indices of landscape pattern. *Landsc. Ecol.*, 2, 63-69.
- OLKOWSKI, W., DAAR, S. & H. OLKOWSKI (1991) *Common sense pest control*. Taunton, Newton.

- OSSIEWATSCH, H.R. (2000) Zur Wirkung von Samenkern-Wasserextrakten des Niembaumes *Azadirachta indica* (A. Juss) auf Blattläuse und ihre natürlichen Gegenspieler. Fachverlag Köhler, Gießen.
- PAK, G. A., BERKHOUT, H. & J. KLAPWIJK (1990) Do *Trichogramma* look for hosts? Ed. INRA, Paris 1991, 56, 77-80.
- PARELLA, M.P., HANSEN, L.S. & J. VAN LENTEREN (1999) Glasshouse environments. In: BELLOWS, T.S. & T.W. FISHER (eds.) Handbook of Biological Control. Academic Press, San Diego, 819-852.
- PAVLOVIĆ, P. (1996) Lebensräume und Landschaftselemente im Kreis Borken – Westmünsterland. Umwelt-Info, Untere Landschaftsbehörde, Kreis Borken.
- PERVEZ, O. & A. PERVEZ (2004) Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col. Coccinellidae). J. Appl. Ent., 128, 140-146.
- PETERS, A. (2004) Bekämpfung Scarabaeiden mit entomopathogenen Nematoden: Möglichkeiten und Grenzen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 56(5), 99-102.
- PFIFFNER, L. & H. LUKA (2002) Naturnahe Flächen mit Biolandbau kombinieren. Ökologie & Landbau, 122(2), 28-29.
- PFIFFNER, L., MERKELBACH, L. & H. LUKA (2003) Do sown wildflower strips enhance the parasitism of lepidopteran pests in cabbage crops? Landscape Management for Functional Biodiversity. IOBC/WPRS. Bull. Vol. 26(4), 111-116.
- PFIFFNER, L., LUKA, H. & C. SCHLATTER (2005) Funktionelle Biodiversität: Schädlingsregulation gezielt verbessern. Ökologie & Landbau, 134(2), 51-53.
- PIETRANTONIO, P.V. & J.H. BENEDICT (1999) Effect of new cotton insecticide chemistries, Tebufenozide, Spinosad and Chlorfenapyr on *Orius insidiosus* and two *Cotesia* species. Southwest Entomol., 24, 21-29.

- PIZZOL, J. & E. WAJNBERG (1994) Inter-population genetic variation in the walking behaviour of *Trichogramma brassicae* females. Ed. INRA, Paris, 73, 27-29.
- PLEPYS, D., IBARRA, F., FRANCKE, W., & C. LÖFSTEDT (2002) Odour mediated nectar foraging in the silver Y moth, *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae): behavioural and electrophysiological responses to floral volatiles. *Oikos*, 99, 75-88.
- POPOVA, O.A. (1991) *Aclypea opaca* - a pest of cruciferous crops. *Zashchita-Rastenii*, 1, 1-48.
- POWELL, W. (1986) Enhancing parasitoid activity in crops. In: WAAGE, J. & W. GEATHEAD (eds.) *Insect parasitoids*. Academic Press, London, 319-340.
- PRASAD, A.M., IVERSON, L.R. & A. LIAW (2005) Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. *Ecosyst.*, in press.
- PRESTELE, C. & N. Laun (1998) Kohl ökologisch: Raupen mit *Bacillus thuringiensis* bekämpfen. *Gemüse*, 3, 164-167.
- PRICE, P. W. in BOETHEL, D. J. & D. EIKENBARY (1986) Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects. *J. Chem. Entomol.*, 11-30.
- PRIESNER, E. (1980) Sensory encoding of pheromone signals and related stimuli in male moth. *Insect Neurobiol. Pest. Action*, 79, 359-366.
- PULLEN, A.J., JEPSON, P.C. & N.W. SOTHERTON (1992): Terrestrial non-target invertebrates and the autumn application of synthetic pyrethroids: experimental methodology and the trade-off between replication and plot size. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 23, 246-258.
- PUSZTAI, M., GRINGORTEN, L., LESSARD, T. & P.R. CAREY (1991) The mechanism of sunlight-mediated inactivation of *Bacillus thuringiensis* crystals. *Biochem. J.*, 273, 43-47.

- RAM, P., TSCHERNYSHEV, W.B., AFONINA, V.M. & S.M. GREENBERG (1995) Studies on the strains of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) collected from different hosts in Northern Maldiva. J. Appl. Ent., 119, 79-82.
- RAMOS, P., CAMPOS, M., RAMOS, J.M. & O.T. JONES (1989) Nine years of studies on the relationship between captures of male olive moth, *Prays oleae* Bern. (Lepidoptera: Hyponomeutidae) in sex pheromone baited traps and fruit infestation by subsequential larval generation (1979-1987). Tropical Pest Manage., 35, 201-204.
- RASHID, F.F., HAMMAD, S.M. & S.M. HASSAN (1972) The biology of *Autographa gamma* L. in Alexandria region. Bull. Soc. Entomol. Egypte, 55, 455-459.
- REA, J.H., WRATTEN, S.D., SEDCOLE, R., CAMERON, P.J., DAVIS, S.I. & R.B. CHAPMAN (2002) Trap cropping to manage green vegetable bug *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. Agric. For. Entomol., 4(2), 101-107.
- REDDY, G.V.P. & A. GUERRERO (2000) Pheromone-based integrated pest management to control the diamondback moth *Plutella xylostella* in cabbage fields. Pest Manag. Sci., 56, 882-888.
- REDDY, G.V.P. & A., GUERRERO (2001): Optimum timing of insecticide applications against diamondback moth *Plutella xylostella* in cole crops using threshold catches in sex pheromone traps. Pest. Manage. Sci., 57, 90-94.
- RICHERT, A. & D. HÜLBERT (1990) Auswertung fünfjähriger Lichtfallenfänge (1984-1988) auf der Phänobasis Hohenfinow (Kreis Eberswalde-Finow) für die Lepidopteren-Faunistik. Beitr. Ent., Berlin, 40, 529-542.
- RICHTER, E., HOMMES, M. & G.F. BACKHAUS (1998) Pflanzenschutz – Integrierter Gemüsebau im Freiland. Neue umweltschonende Wege zur gezielten Bekämpfung von Schaderregern. Praxisreport der Fördergemeinschaft Integrierter Pflanzenbau e.V., Bonn.

- RITTERSHAUS, C. (1927) Studien zur Morphologie und Biologie von *Phyllopertha horticola* L. und *Anomala aenea* GEER. (Coleopt.). Z. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere, 8, 271-402.
- ROMEIS, J., BABENDREIER, D., WÄCKERS, F.L. & T.G. SHANOWER (2005) Habitat and plant specificity of *Trichogramma* egg parasitoids – underlying mechanisms and implications. Basic Appl. Ecol., 6, 215-236.
- ROSTRUP, S. & M. THOMSON (1931) Die Gammaeule. Die tierischen Schädlinge des Ackerbaus. Verlag Paul Parey, Berlin: 223-237.
- ROUSH, R.T. & B.E. TABASHNIK (1990) Pesticide resistance in arthropods. Chapman Hall, New York.
- SACHIS, V., GOHAR, M., CHAUF AUX, J., ARANTES, O., MEIER, A., AGAISSE, H., CAYLEY, J. & D. LERECLUS (1999) Development and field performance of a broad-spectrum nonviable asporogenic recombinant strain of *Bacillus thuringiensis* with greater potency and UV resistance. Appl. Environ. Microbiol., 65(9), 4032-4039.
- SACHS L. (2002) Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. Springer Verlag, Berlin.
- SAKR, H. E. A., HASSAN, S. A. & C.P.W. ZEBITZ (2000) Eine neue Köder-Vorrichtung zur Erfassung des Vorkommens und Verhaltens von *Trichogramma* spp. Im Freiland. Mitt. Biol. Bundesanstalt. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, 376.
- SALMA, H.S. & F.N. ZAKI (1985) Biological effects of *Bacillus thuringiensis* on the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens*. Insect Sci. Applic., 6(2), 145-148.
- SAUCKE, H. & T.F. DÖRING (2004) Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. Ann. Appl. Biol., 144, 347-355.
- SCHILDKNECHT, K. (2003) Versuche zur biologischen Bekämpfung der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera, Noctuidae), an Spinat. Examensarbeit, Universität Hannover.

- SCHILDKNECHT, K., KLUG, T. & MEYHÖFER, R. (2003) Untersuchungen zur Eignung von Trichogrammatiden zur Bekämpfung der Gammaeule. DGaaE-Nachrichten, 15(1), 16-17.
- SCHMAEDICK, M.A. & A.M. SHELTON (2000) Arthropod predators in cabbage (Cruciferae) and their potential as naturally occurring biological control agents for *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). Can. Entomol., 132, 655-675.
- SCHMIDT, B., LINKER, H.M., ORR, D.B., KENNEDY, G.G. (2003) Variation in biological parameters of *Trichogramma* spp. purchased from commercial suppliers in the United States. BioControl, 48, 487-502.
- SCHMUTTERER, H. (1990) Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annu. Rev. Entomol., 35, 271-297.
- SCHMUTTERER, H. (1997) Side effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. J. Appl. Entomol., 121, 121-128.
- SCHMUTTERER, H. (2002) The neem tree. 2<sup>nd</sup> edition, Neem Foundation, Mumbai, India, 1-851.
- SCHMUTTERER, H. & J. HUBER (2005) Natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel. Ulmer Verlag.
- SCHOONHOVEN, L.M. (1982) Biological aspects of antifeedants. Entomol. Exp. Appl., 31, 57-69.
- SCHULTZ, A., KLENKE, R., LUTZE, G., VOSS, M., WIELAND, R. & B. WILKENING (2003) Habitat models to link situation evaluation and planning support in agricultural landscapes. In: BISSONETTE, J.A. & I. STORCH (eds.) Landscape ecology and resource management: linking theory with practice. Island Press, Washington, 261-281.
- SCIALABBA, N. & C. HATTAM (2002) Organic agriculture, environment and food security. Environment and Natural Resources. FAO Series No. 4.
- SHOONHOVEN, L.M., JERMY, T. & J.J.A. VAN LOON (1998) Insect-plant biology: from physiology to evolution. Chapman & Hall, London.

- SHREEVE, T.G. (1990) The behaviour of butterflies. In: KURDNA, O. (ed.) Butterflies of Europe. AULA-Verlag GmbH, Wiesbaden, 480-511.
- SIDOR, C. & M. MACELJSKI (1974) Krankheiten der Gammaeule, *Autographa gamma* (L.) in Jugoslawien. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 26, 102-105.
- SIEGEL, J. (2001) The mammalian safety of *Bacillus thuringiensis* based insecticides. J. Invertebr. Pathol., 77, 13-21.
- SIEGEL, S. & N.J. CASTELLAN (1988) Nonparametric statistics for the behavioural science. 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill book company, New York.
- SIMMONDS, M. & W.M. BLANEY (1985) Some neurophysiological effects of azadirachtin on lepidopterous larvae and their feeding response. In: SCHMUTTERER, H. & K.R.S. ASCHER (eds.) Natural pesticides from the Neem tree and other tropical plants. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Neem Conf. (Rauischholzhausen, Germany, 1983), 163-179.
- SMITH, H.A. & R. MCSORLEY (2000) Intercropping and pest management: A review of major concepts. Am. Nat., 46, 154-161.
- SMITH, S.M. (1996) Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use. Annu. Rev. Entomol., 41, 375-406.
- SMITS, P.H., WIEGERS, G.L. & H.J. VLUG (1994) Selection of insect parasitic nematodes for biological control of the garden chafer, *Phyllopertha horticola*. Entomol. Exp. Appl., 70, 77-82.
- SÖDERSTRÖM, B. & T. PÄRT (2000) Influence of landscape scale on farmland birds in seminatural pastures. Conserv. Biol., 14, 522-533.
- SOTHERTON, N.W. (1985) The distribution in and abundance of predatory Coleoptera overwintering in field boundaries. Ann. Appl. Biol. 106, 17-21.
- STAPEL, J.O., WATERS, D.J., RUBERSON, J.R. & W.J. LEWIS (1998) Development and behavior of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in choice tests with food substrates containing toxins of *Bacillus thuringiensis*. Biol. Control, 11, 29-37.

- STEFAN-DEWENTER, I., MÜNZENBERG, U., BÜRGER, C., THIES, C., & T. TSCHARNTKE (2002) Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83(5), 1421-1423.
- STEINER, A. (1997) Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. IV (Nachtfalter). Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- STEINHARDT, U., BLUMENSTEIN, O. & H. BARSCH (2005) Lehrbuch der Landschaftsökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- SULISTYANTO, D. & R.U. EHLERS (1996) Efficacy of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* for the control of grubs (*Phyllopertha horticola* and *Aphodius contaminatus*) on golf turf. *Biocontrol Sci. Tech.*, 6, 247-250.
- SULISTYANTO, D. (1997) Untersuchungen zum Wirkungspotential entomopathogener Nematoden (*Heterorhabditis* spp.) zur biologischen Bekämpfung von Engerlingen des Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola*). Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- SUVERKROPP, B. P. (1997) Host-finding behaviour of *Trichogramma brassicae* in maize. III. Thesis, Wageningen.
- SUVERKROPP, B.P., BIGLER, F. & J.C. VAN LENTEREN (2001) Temperature influences walking speed and walking activity of *Trichogramma brassicae* (Hym., Trichogrammatidae). *J. Appl. Ent.*, 125, 303-307.
- SZÖCS, G. & TÒTH, M. (1979) Daily rhythm and age dependence of female calling behaviour and male responsiveness to sex pheromone in the gamma moth, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.*, 14(3-4), 453-459.
- THIES, C. & T. TSCHARNTKE (1999) Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*, 285, 893-895.
- THIES, C., STEFAN-DEWENTER, I. & T. TSCHARNTKE (2003) Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 101, 18-25.

- THOMAS, C.F.G., HOL, E.H.A. & J.W. EVERTS (1990) Modelling the diffusion component of dispersal during recovery of a population of linyphiid spiders from exposure to an insecticide. *Funct. Ecol.*, 4, 357-368.
- THOMAS, M.B. & S.D. WRATTEN (1988): Manipulating the arable crop environment to enhance the activity of predatory insects. *Asp. Appl. Biol.*, 17, 57-66.
- TIPPING, P.W. & P.P. BURBUTIS (1983) Some effects of pesticide residues on *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.*, 76 (4), 892-896.
- TÓTH, M., SZÖCS, G., MAJOROS, B., BELLAS, T.E. & NOVÁK, L. (1983) Experiments with a two-component sex attractant of the silver y moth (*Autographa gamma* L.), and some evidence for the presence of both components in natural female sex pheromone. *J. Chem. Entomol.*, 9(9), 1317-1325.
- TRAIAN, R., FABRITIUS, K., NEGRU, G., SZABO, A., TUDOSE, M., GLAVAN, L. & M. CALIN (1994) Dynamics of egg parasite *Trichogramma evanescens* Westw. and possibilities to restore its natural ability to control the Noctuidae Lepidoptera in the cabbage crops. Ed. INRA, Paris, 73, 169-173.
- TRAMMEL, K.W., ROELOFS, W.L. & E.H. GLASS (1974) Sex pheromone trapping for control of redbanded leafroller in apple orchards. *J. Econ. Entomol.*, 67, 159-164.
- TSCHARNTKE, T. & B.A. HAWKINS (2002) Multitrophic level interaction: an introduction. In: TSCHARNTKE, T. & B.A. HAWKINS (eds.) *Multitrophic level interactions*. Cambridge University Press, Cambridge, 1-8.
- TSCHARNTKE, T. (2000) Parasitoid populations in agricultural landscape. In: HOCHBERG, M.E. & A.R. IVES (eds.) *Parasitoid Population Biology*. Princeton University Press, Princeton, 235-253.

- TSCHARNTKE, T., STEFFAN-DEWENTER, I., KRUESS, A. & C. THIES (2002) Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. *Ecol. Res.*, 17(2), 229-239.
- TURNER, M.G. (1989) Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 20, 171-197.
- ULRICHS, C., MEWIS, I. & W.H. SCHNITZLER (2001) Kombiniertes Einsatz von synthetischen Insektiziden und *Bacillus thuringiensis* sowie *Trichogramma evanescens* gegen ausgewählte Schädlinge an *Vigna sesquipedalis* und tropischen Tieflandbedingungen. *Anz. Schädlingskunde/ J. Pest Science*, 47, 117-120.
- UNILEVER (1999) Growing for the future I – Unilever and sustainable agriculture. Rotterdam, Netherlands.
- UNILEVER (2002) Growing for the future II – Unilever and sustainable agriculture. Rotterdam, Netherlands, 1-26. Auch online als pdf-Datei. Original-URL:  
[http://www.unilever.com/Images/Agriculture%20brochure%20growing%20for%20the%20future%20II\\_tcm13-5320.pdf](http://www.unilever.com/Images/Agriculture%20brochure%20growing%20for%20the%20future%20II_tcm13-5320.pdf)  
(Stand: August 2005)
- UNILEVER (2003a) Growing for the future – Spinach: For a sustainable future. Rotterdam, Netherlands, 1-12. Auch online als pdf-Datei. Original-URL:  
<http://www.growingforthefuture.com>  
unter „Results“ und „SA Guidelines“  
(Stand: August 2005)
- UNILEVER (2003b) Sustainable spinach – Good agricultural practice guidelines. Rotterdam, Netherlands, 1-25. Auch online als pdf-Datei. Original-URL:  
<http://www.growingforthefuture.com>  
unter „Results“ und „SA Guidelines“  
(Stand: August 2005)

- UNILEVER (2004) Unilever – Sustainability initiatives in agriculture, fish and water. Original-URL:  
<http://www.unilever.com/ourvalues/environmentandsociety/sustainability/>  
(Stand: August 2005)
- UNITED NATIONS (1992) Report of the United Nations conference on environment and development. Rio de Janeiro, 03-14. June 1992, A/CONF.151/26(Vol.I), 1-5. Original-URL:  
<http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>  
(Stand: August 2005)
- VAN ALPHEN, J. J. M. & M. A. JERVIS (1996) Foraging behaviour. In: JERVIS, M. & N. KIDD (eds.) *Insect Natural Enemies*. Chapman & Hall, London, 1-62.
- VAN DIJKEN, M., KOLE, M., VAN LENTEREN, J. C. & A.M. BRAND (1986) Host preference studies with *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) for *Mamestra brassicae*, *Pieris brassicae* and *Pieris rapae*. *J. Appl. Entomol.*, 101 (1), 64-85.
- VAN DRIESCHE, R.G. & T.S. BELLOWS (1996) *Biological control*. Chapman & Hall, New York, 522 pp.
- VAN HEININGEN, T. G., PAK, G. A., HASSAN, S. A. & J.C. VAN LENTEREN (1985) For years of experimental releases of *Trichogramma* egg parasites against Lepidopteran Pests in cabbage. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniversiteit Gent*, 50(2a), 379-388.
- VAN LENTEREN, J. C., GLAS, R.C.G. & P.H. SMITS (1982) Evaluation of control capabilities of *Trichogramma* and results of laboratory and field research on *Trichogramma* on the Netherlands. In: SMITH, S. M. (1996) (ed.) *Biological control with Trichogramma: Advances, successes, and potential of their use*. *Annu. Rev. Entomol.* 1996, 41, 375-406.
- VARIS, A.-L. (1972) The biology of *Lygus rugulipennis* POPP. (Het., Miridae) and the damage caused by this species to sugar beet. *Ann. Agric. Fenn.*, 11, 1-56.

- VENETTE, R.C., DAVIS, E.E., HEISLER, H. & M. LARSON (2003) Mini Risk Assessment: Silver Y moth, *Autographa gamma* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). Online. USDA Animal and Plant Health Inspection service.
- VIDAL, S. (1997) Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown brussel sprouts. Entomol. Res. Org. Agric., 5, 285-295.
- VOJNITS, A. (1969) Reproductive biological aspects of the migrations of the gamma moth (*Autographa gamma* (L.)). Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung., 4(2-3), 163-179.
- VOLKMAR, C., XYLANDER, E. & T. WETZEL (1998) Zur epigäischen Spinnenfauna im Mitteldeutschen Agrarraum, deren Beeinflussung durch unterschiedliche Pflanzenschutzmaßnahmen und ihre Bedeutung für den integrierten Pflanzenbau. Arch. Phytopath. Pflanz., 31, 349-361.
- VOLTERRA, V. (1926) Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem R. Accad. Naz. Dei Lincei Ser. VI, vol. 2.
- WAHMHOFF, W. (2000) Sustainability and its implementation as challenge to research. In: HÄRDITLEIN, M., KALTSCHMITT, M., LEWANDOWSKI, I. & H.N. WURL (eds.) Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1-4.
- WAJNBERG, E. & P. COLAZZA (1998) Genetic variability in the area searched by parasitic wasp: analysis from automatic video tracking of the walking path. J. Insect Physiol., 44, 437-444.
- WAJNBERG, E. & S. A. HASSAN (1994) Biological control with egg parasitoids. CAB International, OXON, UK, 1-286.
- WANG, J. & Z. LLIANGBING (1990) A study on host-seeking kairomone for *Trichogramma confusum* Viggiani. Ed. INRA, 56, 93-96.
- WEATHERSTON, I. (1990) Principles of design of controlled-release formulations. In: RIDGWAY, R.L., SILVERSTEIN, R.M. & M.N. INSCOE (eds.) Behaviour-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants. Marcel Dekker Inc., New York, 93-112.

- WEBER, A., HOMMES, M. & S. VIDAL (1997) Einfluss unterschiedlicher Kulturmaßnahmen im Porreeanbau auf die Populationsentwicklung des Zwiebelthrips (*Thrips tabaci* Lind.). Verh. Ges. allg. angew. Ent., 11, 271-275.
- WEIBULL, A.-C., ÖSTMAN, Ö. & Å. GRANQVIST (2003) Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. Biodiversity and Conservation, 12, 1335-1355.
- WETZEL TH., VOLKMAR CH., LÜBKE-AL HUSSEIN M., JANY D. & R. RICHTER (1997) Zahlreiche „Rote-Liste-Arten“ epigäischer Raubarthropoden auf großen Agrarflächen Mitteldeutschlands. Arch. Phytopath. Pflanz., 31, 165-183.
- WHITE, A.J., WRATTEN, S.D., BERRY, N.A. & U. WEIGMANN (1995) Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica* pests by hover flies. J. Econ. Entomol., 88, 1171-1176.
- WIEGAND, T., MOLONEY, K.A., NAVES, J. & F. KNAUER (1999) Finding the missing link between landscape structure and population dynamics: A spatially explicit perspective. Am. Nat., 154(6), 605-627.
- WILDINGS, N. & J. N. PERRY (1980) Studies on *Entomophtera* in populations of *Aphis fabae* on field beans. Ann. Appl. Biol., 94, 367-378.
- WILLIAMS, I.S., VAN DER WERF, W., DEWAR, A.M. & A.F.G. DIXON (1999) Factors affecting the relative abundance of two coexisting aphid species on sugar beet. Agric. For. Entomol., 1, 119-125.
- WRIGHT, M. G., KUHAR, T. P., HOFFMANN, M. P. & S.A. CHENUS (2002) Effect of Inoculative Releases of *Trichogramma ostrinae* on Populations of *Ostrinia nubilalis* and Damage to Sweet Corn und Field Corn. Biol. Control, 23, 149-155.
- WÜHRER, B. & O. ZIMMERMANN (2002) First results of the mechanical and aerial release of *Trichogramma* ith biodegradable capsule release units TrichoKugel® for commercial use in Germany. Egg Parasit. News 14, 25.

- WÜHRER, B. & S.A. HASSAN (1993) Selection of effective species/strains of *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lep.: Plutellidae). J. Appl. Entomol., 116, 80-89.
- WÜHRER, B. (1996) Auswahl wirksamer *Trichogramma*-Stämme (Hym., Trichogrammatidae) zur Bekämpfung von Schadlepidopteren im tropischen Gemüsebau. Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt.
- YASUDA, H. & H. ISHIKAWA (1999) Effects of prey density and spatial distribution on prey consumption of the adult predatory ladybird beetle. J. Appl. Ent., 123, 585-589.
- ZANATY, E., SHENISHEN, Z., BADR, M. & M. SALEM (1984) Survey and seasonal activity of Lepidopterous moth at Kafr El-Sheikh region as indicated by a light trap. Bull. Soc. Entomol. Egypte, 65, 351-357.
- ZAR, J.H. (1984) Biostatistical Analysis. 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall International, New Jersey.
- ZHANG, G., ZIMMERMANN, O. & S.A. HASSAN (2004) Pollen as a source of food for egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biocontrol Sci. Tech., 14(2), 201-209.
- ZIMERMANN, O. (2004) Der Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen in Deutschland. Gesunde Pfl., 56, 157-166.

## 11. DATENANHANG

Tab. A1 Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse für den gesamten Untersuchungszeitraum (Woche 19 bis Woche 37) (siehe Kapitel 5). Untersucht wurden die Zusammenhänge zwischen männlichen Faltern aus Pheromonfallen und der Anzahl an Eiern (Ei), Raupen (Larvalstadium L1 bis L3) und frischen Fraßschäden (fr.Fr.) der Gammaeule. Es wurden die Anzahl (2002), kumulative Anzahlen (2002 bis 2004), Maxima (2003 und 2004), Mittelwerte (2003 und 2004) und Summen (2003 und 2004) aus definierten Zeiträumen (W.v.B. = Woche vor Bonitur, 0 = Boniturwoche, 1 = eine Woche vor Bonitur, 2 = zwei Wochen vor Bonitur, 3 = drei Wochen vor Bonitur, 4 = vier Wochen vor Bonitur, 5 = fünf Wochen vor Bonitur) in Bezug zu den Boniturdaten gesetzt. Es wurden Regressionen für alle Stadien der Gammaeule und die Fraßschäden (Ei+L1/L2/L3+fr.Fr.) sowie für jedes der einzelnen Stadien (Ei bis L3) berechnet. Sowohl die Pheromonfallendaten, als auch die Boniturdaten wurden vor der Analyse transformiert [ $\log_{10}(y+1)$  und  $\log_{10}(x+1)$ ]. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) und die Ergebnisse der Varianzanalyse (ANOVA) werden angegeben.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	$R^2$	F	df	p
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,634 + 0,163 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,021	1,709	82	0,195
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,664 + 0,168 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,019	1,502	77	0,224
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,670 + 0,175 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,020	1,483	73	0,227
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,665 + 0,214 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,031	2,106	66	0,152
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,704 + 0,199 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,023	1,442	61	0,234
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,153 + 0,702 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,307	25,732	59	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = -0,066 + 0,832 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,405	38,827	58	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = -0,095 + 0,835 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,368	30,329	53	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = -0,055 + 0,825 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,356	27,048	50	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,141 + 0,712 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,208	11,579	45	0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,397 + 0,471 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,165	27,814	142	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,301 + 0,553 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,212	36,399	136	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,324 + 0,536 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,201	31,655	127	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,339 + 0,548 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,215	31,835	117	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,419 + 0,508 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,180	23,342	107	<0,001
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,616 + 0,165 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,160	2118	82	0,149
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,624 + 0,178 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,030	2350	77	0,129
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,648 + 0,159 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,024	1,749	73	0,190
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,646 + 0,179 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,031	2,058	66	0,156
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,670 + 0,175 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,026	1,601	61	0,211
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,070 + 0,688 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,323	27,252	58	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = -0,111 + 0,739 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,333	25,908	53	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = -0,171 + 0,748 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,370	28,821	50	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,016 + 0,639 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,238	14,055	46	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = -0,088 + 0,684 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,262	15,251	44	<0,001
2002	Ei	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,121 + 0,001 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,001	85	0,981
2002	Ei	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,159 + (-0,054) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,011	0,875	82	0,352
2002	Ei	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,197 + (-0,114) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,035	2,775	77	0,100
2002	Ei	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = -0,080 + 0,161 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,017	1,249	73	0,268
2002	Ei	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,101 + (-0,012) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,038	66	0,846
2002	Ei	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,075 + (-0,002) \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,001	61	0,970
2002	L1	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,071 + (-<0,001) \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	<0,001	85	0,999
2002	L1	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,079 + (-0,009) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,045	82	0,832
2002	L1	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,113 + (-0,062) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,022	1,705	77	0,196
2002	L1	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,085 + (-0,012) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,049	73	0,825

Tab. A1 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2002	L1	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,112 + (-0,046) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,008	0,542	66	0,464
2002	L1	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,100 + (-0,012) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,037	61	0,848
2002	L2	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,123 + 0,037 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,005	0,415	85	0,521
2002	L2	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,138 + 0,022 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,002	0,141	82	0,708
2002	L2	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,202 + (-0,073) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,014	1,094	77	0,299
2002	L2	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,164 + 0,013 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,027	73	0,870
2002	L2	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,267 + (-0,151) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,042	2,859	66	0,096
2002	L2	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,249 + (-0,099) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,020	1,215	61	0,275
2002	L3	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,206 + 0,131 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,280	2,406	85	0,125
2002	L3	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,216 + 0,139 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,031	2,587	82	0,112
2002	L3	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,215 + 0,193 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,046	3,672	77	0,059
2002	L3	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,282 + 0,110 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,013	0,964	73	0,330
2002	L3	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,241 + 0,234 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,050	3,404	66	0,070
2002	L3	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,355 + 0,064 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,004	0,251	61	0,618
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,565 + 0,269 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,063	5,624	85	0,020
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,686 + 0,132 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,016	1,300	82	0,258
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,711 + 0,191 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,029	2,250	77	0,138
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,748 + 0,171 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,021	1,543	73	0,218
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,770 + 0,192 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,024	1,582	66	0,213
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,872 + 0,071 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,004	0,213	61	0,633
2003+2004	Ei	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,069 + 0,326 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,156	10,757	59	0,002
2003+2004	Ei	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,019 + 0,397 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,251	19,123	58	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,086 + 0,350 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,216	14,324	53	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,078 + 0,392 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,239	15,421	50	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,171 + 0,348 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,123	6,309	46	0,016
2003+2004	Ei	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,328 + 0,204 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,043	1,909	44	0,174
2003+2004	L1	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,262 + 0,265 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,076	4,772	59	0,033
2003+2004	L1	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,194 + 0,353 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,147	9,819	58	0,003
2003+2004	L1	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,239 + 0,342 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,155	9,569	53	0,003
2003+2004	L1	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,262 + 0,361 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,156	9,077	50	0,004
2003+2004	L1	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,363 + 0,322 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,083	4,091	46	0,049
2003+2004	L1	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,289 + 0,404 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,136	6,744	44	0,013
2003+2004	L2	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,104 + 0,407 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,214	15,820	59	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,080 + 0,456 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,295	23,829	58	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,119 + 0,444 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,320	24,498	53	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,148 + 0,459 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,312	22,233	50	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,170 + 0,501 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,256	15,445	46	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,206 + 0,469 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,235	13,216	44	0,001
2003+2004	L3	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,105 + 0,413 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,315	26,637	59	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,122 + 0,451 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,408	39,315	58	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,061 + 0,401 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,349	27,885	53	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,036 + 0,406 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,313	22,277	50	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,009 + 0,402 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,195	10,924	46	0,002
2003+2004	L3	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,170 + 0,240 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,068	3,137	44	0,084
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,314 + 0,628 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,243	18,626	59	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,224 + 0,760 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,394	37,049	58	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,364 + 0,677 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,387	32,792	53	<0,001

Tab. A1 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,402 + 0,716 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,424	36,003	50	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,560 + 0,672 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,298	19,124	46	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,542 + 0,699 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,365	24,753	44	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,051 + 0,232 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,111	18,059	145	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,055 + 0,246 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,128	20,624	141	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,073 + 0,254 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,136	20,426	131	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,042 + 0,308 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,180	26,934	124	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,012 + 0,351 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,176	23,884	113	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,036 + 0,318 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,164	20,542	106	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,052 + 0,260 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,106	17,059	145	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,038 + 0,299 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,143	23,424	141	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,034 + 0,340 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,184	29,264	131	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,019 + 0,394 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,219	34,397	124	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,030 + 0,413 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,170	22,937	113	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,011 + 0,467 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,245	33,983	106	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,049 + 0,312 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,168	29,109	145	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,052 + 0,334 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,198	34,560	141	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,070 + 0,351 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,221	36,851	131	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,059 + 0,405 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,264	44,140	124	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,095 + 0,394 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,180	24,618	113	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,116 + 0,398 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,210	27,896	106	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,102 + 0,249 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,122	19,921	145	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,098 + 0,277 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,393	25,586	141	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,130 + 0,274 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,154	23,610	131	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,177 + 0,245 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,111	15,350	124	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,186 + 0,273 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,100	12,478	113	0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,307 + 0,129 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,026	2,775	106	0,099
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,456 + 0,465 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,171	29,635	145	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,490 + 0,473 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,189	32,580	141	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,551 + 0,491 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,231	39,005	131	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,583 + 0,518 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,245	39,924	124	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,636 + 0,525 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,207	29,318	113	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,714 + 0,474 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,209	27,744	106	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,106 + 0,368 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,162	11,202	59	0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,071 + 0,433 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,239	17,868	58	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,122 + 0,391 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,213	14,088	53	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,131 + 0,425 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,218	13,679	50	0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,245 + 0,351 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,112	5,693	46	0,021
2003+2004	Ei	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,350 + 0,224 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,040	1,771	44	0,190
2003+2004	L1	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,283 + 0,310 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,084	5,352	59	0,024
2003+2004	L1	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,225 + 0,405 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,254	10,365	58	0,002
2003+2004	L1	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,296 + 0,357 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,134	8,013	53	0,007
2003+2004	L1	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,327 + 0,372 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,129	7,228	50	0,010
2003+2004	L1	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,418 + 0,341 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,084	4,141	46	0,048
2003+2004	L1	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,402 + 0,364 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,085	3,978	44	0,052
2003+2004	L2	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,153 + 0,454 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,217	16,114	59	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,127 + 0,513 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,297	24,138	58	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,171 + 0,489 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,307	23,012	53	<0,001

Tab. A1 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	L2	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,214 + 0,493 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,279	18,966	50	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,255 + 0,513 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,259	15,717	46	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,270 + 0,498 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,205	11,070	44	0,002
2003+2004	L2	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,068 + 0,476 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,341	30,039	59	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,073 + 0,505 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,407	39,145	58	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,044 + 0,477 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,391	33,333	53	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,010 + 0,475 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,332	24,372	50	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,073 + 0,432 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,203	11,450	46	0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,174 + 0,289 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,076	3,529	44	0,067
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,389 + 0,702 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,248	19,082	59	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,302 + 0,856 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,398	37,758	58	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,437 + 0,752 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,377	31,441	53	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,495 + 0,782 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,391	31,452	50	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,677 + 0,708 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,546	19,156	46	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,642 + 0,738 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,314	19,667	44	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,045 + 0,304 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,165	11,488	59	0,001
2003+2004	Ei	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,003 + 0,357 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,247	18,714	58	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,061 + 0,326 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,229	15,478	53	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,057 + 0,356 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,233	14,868	50	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,176 + 0,296 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,122	6,255	46	0,016
2003+2004	Ei	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,300 + 0,194 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,051	2,289	44	0,138
2003+2004	L1	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,231 + 0,257 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,087	5,524	59	0,022
2003+2004	L1	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,150 + 0,344 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,170	11,644	58	0,001
2003+2004	L1	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,245 + 0,293 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,140	8,467	53	0,005
2003+2004	L1	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,240 + 0,331 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,154	8,893	50	0,004
2003+2004	L1	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,350 + 0,290 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,092	4,579	46	0,038
2003+2004	L1	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,302 + 0,332 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,119	5,818	44	0,020
2003+2004	L2	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,075 + 0,379 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,226	16,896	59	<0,001
2003+2004	L2	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,040 + 0,429 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,317	26,515	58	<0,001
2003+2004	L2	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,102 + 0,402 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,321	24,582	53	<0,001
2003+2004	L2	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,117 + 0,423 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,311	22,159	50	<0,001
2003+2004	L2	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,143 + 0,455 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,289	18,297	46	<0,001
2003+2004	L2	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,177 + 0,419 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,245	13,991	44	0,001
2003+2004	L3	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,135 + 0,385 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,333	28,898	59	<0,001
2003+2004	L3	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,133 + 0,401 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,391	36,569	58	<0,001
2003+2004	L3	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,095 + 0,378 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,380	31,880	53	<0,001
2003+2004	L3	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,076 + 0,384 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,330	24,090	50	<0,001
2003+2004	L3	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,002 + 0,353 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,207	11,722	46	0,001
2003+2004	L3	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,116 + 0,247 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,093	4,425	44	0,041
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,271 + 0,583 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,504	19,801	59	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,153 + 0,719 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,429	42,818	58	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,323 + 0,624 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,403	35,131	53	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,330 + 0,679 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,447	39,662	50	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,532 + 0,604 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,330	22,202	46	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,501 + 0,623 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,380	26,355	44	<0,001

**Tab. A2** Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse für den ersten Untersuchungszeitraum (Woche 19 bis Woche 25) (siehe Kapitel 5). Untersucht wurden die Zusammenhänge zwischen männlichen Faltern aus Pheromonfallen und der Anzahl an Eiern (Ei), Raupen (Larvalstadium L1 bis L3) und frischen Fraßschäden (fr.Fr.) der Gammaeule. Es wurden die Anzahl (2002), kumulative Anzahlen (2002 bis 2004), Maxima (2003 und 2004), Mittelwerte (2003 und 2004) und Summen (2003 und 2004) aus definierten Zeiträumen (W.v.B. = Woche vor Bonitur, 0 = Boniturwoche, 1 = eine Woche vor Bonitur, 2 = zwei Wochen vor Bonitur, 3 = drei Wochen vor Bonitur, 4 = vier Wochen vor Bonitur, 5 = fünf Wochen vor Bonitur) in Bezug zu den Boniturdaten gesetzt. Es wurden Regressionen für alle Stadien der Gammaeule und die Fraßschäden (Ei+L1/L2/L3+fr.Fr.) sowie für jedes der einzelnen Stadien (Ei bis L3) berechnet. Sowohl die Pheromonfallendaten, als auch die Boniturdaten wurden vor der Analyse transformiert [ $\log_{10}(y+1)$  und  $\log_{10}(x+1)$ ]. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) und die Ergebnisse der Varianzanalyse (ANOVA) werden angegeben.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W. v. B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,160 + 0,459 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,119	4,190	32	0,049
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,397 + 0,259 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,039	1,057	27	0,313
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,471 + 0,199 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,020	0,451	23	0,509
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,473 + 0,277 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,046	0,715	16	0,411
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,299 + 0,554 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,161	1,925	11	0,195
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = -0,411 + 0,849 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,473	19,735	23	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = -0,501 + 0,903 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,531	23,763	22	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = -0,772 + 1,091 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,547	19,304	17	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = -0,939 + 1,258 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,617	20,966	14	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = -1,711 + 1,751 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,628	13,494	9	0,006
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,340 + 0,471 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,167	25,228	127	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,270 + 0,537 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,197	29,367	121	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,285 + 0,527 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,192	26,334	112	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,297 + 0,542 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,207	26,418	102	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,399 + 0,489 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,165	18,027	92	<0,001
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,115 + 0,453 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,140	5,039	32	0,032
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,351 + 0,261 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,055	1,507	27	0,231
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,474 + 0,156 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,016	0,366	23	0,551
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,520 + 0,170 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,022	0,342	16	0,567
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,422 + 0,320 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,065	0,701	11	0,422
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = -0,516 + 0,833 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,511	21,973	22	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = -0,914 + 1,016 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,610	25,024	17	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = -1,051 + 1,105 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,663	25,579	14	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = -1,851 + 1,507 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,712	22,261	10	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = -1,850 + 1,516 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,725	18,408	8	0,004
2002	Ei	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,176 + 0,007 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,003	35	0,958
2002	Ei	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,219 + (-0,038) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,002	0,075	32	0,786
2002	Ei	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,292 + (-0,130) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,015	0,409	27	0,528
2002	Ei	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,243 + (-0,094) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,007	0,165	23	0,688
2002	Ei	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,158 + (-0,039) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,002	0,032	16	0,860
2002	Ei	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,060 + (-0,053) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,009	0,094	11	0,766
2002	L1	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,058 + (-0,017) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,003	0,100	35	0,753
2002	L1	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,104 + (-0,088) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,070	2,342	32	0,136
2002	L1	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,148 + (-0,189) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,169	5,290	27	0,030
2002	L1	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,158 + (-0,236) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,232	6,629	23	0,017
2002	L1	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,130 + (-0,095) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,022	0,345	16	0,566

Tab. A2 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2002	L1	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,108 + 0,037 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,013	11	0,910
2002	L2	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = -0,017 + 0,169 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,120	4,625	35	0,039
2002	L2	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,049 + 0,084 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,028	0,896	32	0,351
2002	L2	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,101 + 0,034 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,002	0,063	27	0,804
2002	L2	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,071 + 0,154 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,041	0,943	23	0,342
2002	L2	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,236 + (-0,117) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,015	0,232	16	0,637
2002	L2	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,221 + 0,139 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,009	0,092	11	0,768
2002	L3	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = -0,014 + 0,237 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,160	6,464	35	0,016
2002	L3	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,076 + 0,165 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,056	1,846	32	0,184
2002	L3	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,133 + 0,160 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,029	0,766	27	0,389
2002	L3	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,192 + 0,116 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,013	0,286	23	0,598
2002	L3	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,142 + 0,355 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,082	1,345	16	0,264
2002	L3	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,403 + (-0,045) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,007	11	0,935
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,175 + 0,486 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,181	7,496	35	0,010
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,375 + 0,257 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,052	1,712	32	0,200
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,567 + 0,127 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,008	0,214	27	0,647
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,672 + (-0,035) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,012	23	0,916
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,656 + 0,152 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,008	0,123	16	0,730
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,905 + (-0,313) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,018	0,183	11	0,678
2003+2004	Ei	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,213 + 0,537 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,368	12,837	23	0,002
2003+2004	Ei	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,215 + 0,667 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,624	34,915	22	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,156 + 0,665 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,695	36,536	17	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,196 + 1,110 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,811	55,906	14	<0,001
2003+2004	Ei	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,196 + 1,233 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,625	14,987	10	0,004
2003+2004	Ei	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,048 + 1,191 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,884	53,233	8	<0,001
2003+2004	L1	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,207 + 0,521 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,367	12,738	23	0,002
2003+2004	L1	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,212 + 0,652 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,630	35,743	22	<0,001
2003+2004	L1	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,156 + 0,652 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,704	37,991	17	<0,001
2003+2004	L1	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,196 + 1,087 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,820	59,080	14	<0,001
2003+2004	L1	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,189 + 1,193 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,615	14,378	10	0,004
2003+2004	L1	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,050 + 1,159 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,880	51,329	8	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,170 + 0,426 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,360	12,358	23	0,002
2003+2004	L2	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,177 + 0,537 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,791	35,123	22	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,132 + 0,538 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,700	37,384	17	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,163 + 0,891 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,805	53,648	14	<0,001
2003+2004	L2	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,165 + 0,990 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,616	14,435	10	0,004
2003+2004	L2	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,043 + 0,948 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,849	39,456	8	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,188 + 0,485 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,390	14,084	23	0,001
2003+2004	L3	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,184 + 0,593 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,641	37,494	22	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,122 + 0,581 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,692	36,026	17	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,123 + 0,909 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,714	32,530	14	<0,001
2003+2004	L3	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,141 + 1,065 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,625	14,970	10	0,004
2003+2004	L3	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,025 + 1,002 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,792	26,674	8	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,301 + 0,771 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,390	14,084	23	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,303 + 0,956 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,658	40,491	22	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,214 + 0,949 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,730	43,296	17	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,245 + 1,535 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,805	53,763	14	<0,001

Tab. A2 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,233 + 1,701 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,627	15,136	10	<0,004
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,064 + 1,662 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,875	48,989	8	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,006 + 0,286 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,123	8,160	59	0,006
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,018 + 0,361 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,199	13,390	55	0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,013 + 0,444 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,270	16,265	45	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,017 + 0,611 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,267	13,490	38	0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,097 + 0,701 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,256	8,941	27	0,006
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,087 + 1,080 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,743	54,968	20	0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,090 + 0,288 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,182	12,870	59	0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,092 + 0,339 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,253	18,269	55	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,099 + 0,450 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,388	27,847	45	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,083 + 0,553 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,290	15,122	38	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,114 + 0,658 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,243	8,355	27	0,008
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,041 + 1,031 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,707	45,780	20	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,096 + 0,311 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,256	19,995	59	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,084 + 0,343 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,315	24,873	55	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,061 + 0,407 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,391	28,237	45	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,076 + 0,590 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,414	26,180	38	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,019 + 0,521 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,198	6,408	27	0,018
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,075 + 0,780 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,555	23,655	20	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,092 + 0,382 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,277	22,245	59	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,066 + 0,408 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,320	25,377	55	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = -0,20 + 0,461 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,368	25,582	45	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,013 + 0,578 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,299	15,752	38	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,031 + 0,762 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,338	13,297	27	0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,191 + 0,742 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,419	13,682	20	0,002
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,001 + 0,593 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,249	19,236	59	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,048 + 0,638 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,299	22,985	55	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,187 + 0,660 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,309	19,698	45	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,218 + 0,848 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,270	13,692	38	0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,183 + 1,020 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,272	9,723	27	0,004
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,464 + 1,093 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,405	12,915	20	0,002
2003+2004	Ei	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,178 + 0,643 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,418	15,809	23	0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,147 + 0,760 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,629	35,588	22	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,116 + 0,765 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,732	43,609	17	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,134 + 1,330 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,813	56,480	14	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,022 + 1,277 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,575	12,192	10	0,007
2003+2004	Ei	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = -0,034 + 1,371 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,882	52,195	8	<0,001
2003+2004	L1	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,170 + 0,619 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,408	15,182	23	0,001
2003+2004	L1	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,144 + 0,740 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,629	35,617	22	<0,001
2003+2004	L1	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,115 + 0,747 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,735	44,290	17	<0,001
2003+2004	L1	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,134 + 1,299 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,817	57,931	14	<0,001
2003+2004	L1	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,028 + 1,218 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,551	11,035	10	0,009
2003+2004	L1	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = -0,034 + 1,331 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,872	47,708	8	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,137 + 0,501 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,393	14,228	23	0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,120 + 0,607 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,619	34,166	22	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,096 + 0,613 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,724	42,049	17	<0,001

Tab. A2 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W.v.B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	L2	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,112 + 1,066 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,807	53,317	14	<0,001
2003+2004	L2	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,019 + 1,002 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,541	10,628	10	0,010
2003+2004	L2	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = -0,029 + 1,085 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,838	36,247	8	0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,162 + 0,590 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,455	18,356	23	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,127 + 0,685 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,662	41,044	22	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,089 + 0,673 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,738	45,065	17	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,079 + 1,106 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,739	36,897	14	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,048 + 1,103 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,575	12,153	10	0,007
2003+2004	L3	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = -0,013 + 1,151 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,787	25,897	8	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,253 + 0,927 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,445	17,672	23	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,209 + 1,096 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,671	42,922	22	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = -0,157 + 1,093 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,771	53,919	17	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,162 + 1,847 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,815	57,175	14	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,076 + 1,740 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,563	11,603	10	0,008
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = -0,043 + 1,910 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,869	46,604	8	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,221 + 0,471 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,368	12,838	23	0,002
2003+2004	Ei	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,188 + 0,552 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,56	26,735	22	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,156 + 0,577 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,676	33,395	17	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,195 + 0,918 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,758	40,669	14	<0,001
2003+2004	Ei	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,136 + 1,005 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,61	14,064	10	0,005
2003+2004	Ei	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = -0,052 + 0,934 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,863	43,927	8	<0,001
2003+2004	L1	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,211 + 0,454 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,361	12,408	23	0,002
2003+2004	L1	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,184 + 0,538 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,559	26,656	22	<0,001
2003+2004	L1	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,154 + 0,563 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,677	33,574	17	<0,001
2003+2004	L1	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,192 + 0,895 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,759	40,909	14	<0,001
2003+2004	L1	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,124 + 0,961 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,586	12,731	10	0,006
2003+2004	L1	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = -0,051 + 0,906 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,852	40,445	8	<0,001
2003+2004	L2	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,171 + 0,368 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,347	11,707	23	0,002
2003+2004	L2	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,151 + 0,440 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,549	25,595	22	<0,001
2003+2004	L2	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,128 + 0,461 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,666	31,864	17	<0,001
2003+2004	L2	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,159 + 0,733 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,744	37,781	14	<0,001
2003+2004	L2	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,105 + 0,789 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,574	12,138	10	0,007
2003+2004	L2	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = -0,042 + 0,739 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,818	31,503	8	0,001
2003+2004	L3	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,201 + 0,432 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,402	14,772	23	0,001
2003+2004	L3	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,165 + 0,500 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,594	30,700	22	<0,001
2003+2004	L3	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,127 + 0,512 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,693	36,095	17	<0,001
2003+2004	L3	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,136 + 0,774 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,709	31,631	14	<0,001
2003+2004	L3	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,092 + 0,873 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,616	14,411	10	0,004
2003+2004	L3	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = -0,032 + 0,790 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,781	25,003	8	0,002
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,316 + 0,680 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,394	14,294	23	0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,268 + 0,789 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,6	31,501	22	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,217 + 0,828 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,717	40,565	17	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,251 + 1,282 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,768	42,950	14	<0,001
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,144 + 1,377 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,604	13,719	10	0,005
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = -0,069 + 1,303 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,853	40,488	8	<0,001

**Tab. A3** Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse für den zweiten Untersuchungszeitraum (Woche 26 bis Woche 32) (siehe Kapitel 5). Untersucht wurden die Zusammenhänge zwischen männlichen Faltern aus Pheromonfallen und der Anzahl an Eiern (Ei), Raupen (Larvalstadium L1 bis L3) und frischen Fraßschäden (fr.Fr.) der Gammaeule. Es wurden die Anzahl (2002), kumulative Anzahlen (2002 bis 2004), Maxima (2003 und 2004), Mittelwerte (2003 und 2004) und Summen (2003 und 2004) aus definierten Zeiträumen (W.v.B. = Woche vor Bonitur, 0 = Boniturwoche, 1 = eine Woche vor Bonitur, 2 = zwei Wochen vor Bonitur, 3 = drei Wochen vor Bonitur, 4 = vier Wochen vor Bonitur, 5 = fünf Wochen vor Bonitur) in Bezug zu den Boniturdaten gesetzt. Es wurden Regressionen für alle Stadien der Gammaeule und die Fraßschäden (Ei+L1/L2/L3+fr.Fr.) sowie für jedes der einzelnen Stadien (Ei bis L3) berechnet. Sowohl die Pheromonfallendaten, als auch die Boniturdaten wurden vor der Analyse transformiert [ $\log_{10}(y+1)$  und  $\log_{10}(x+1)$ ]. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) und die Ergebnisse der Varianzanalyse (ANOVA) werden angegeben.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W. v. B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,756 + 0,106 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,028	1076	39	0,306
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,659 + 0,204 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,034	1320	39	0,258
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,647 + 0,223 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,044	1749	39	0,194
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,686 + 0,190 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,035	1367	39	0,250
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,738 + 0,147 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,008	0,295	39	0,590
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 1,312 + 0,164 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,094	2,377	24	0,137
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 1,238 + 0,200 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,117	3,056	24	0,094
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 1,094 + 0,284 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,487	7,156	24	0,014
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 1,074 + 0,293 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,230	6,867	24	0,015
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 1,003 + 0,327 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,194	5,549	24	0,027
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,747 + 0,360 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,145	10,661	64	0,002
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,595 + 0,462 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,202	15,957	64	0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,500 + 0,521 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,267	22,960	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,476 + 0,528 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,257	21,798	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,422 + 0,554 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,242	20,089	64	<0,001
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 0,712 + 0,161 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,040	1,575	39	0,217
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 0,635 + 0,207 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,056	2,257	39	0,141
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 0,581 + 0,234 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,070	2,880	39	0,098
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 0,592 + 0,210 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,053	2,128	39	0,153
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,616 + 0,180 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,032	1,254	39	0,270
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 1	$\log_{10}(y+1) = 1,312 + 0,143 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,082	2,045	24	0,166
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 2	$\log_{10}(y+1) = 1,206 + 0,187 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,111	2,877	24	0,103
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 3	$\log_{10}(y+1) = 1,082 + 0,239 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,180	5,044	24	0,035
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 4	$\log_{10}(y+1) = 1,046 + 0,247 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,174	4,853	24	0,038
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	kumulativ	0 bis 5	$\log_{10}(y+1) = 0,922 + 0,298 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,185	5,214	24	0,032
2002	Ei	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,086 + 0,008 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,023	39	0,880
2002	Ei	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,128 + (-0,560) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,032	1,260	39	0,269
2002	Ei	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,138 + (-0,077) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,048	1,932	39	0,173
2002	Ei	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,113 + (-0,037) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,009	0,328	39	0,570
2002	Ei	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,100 + (-0,015) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,052	39	0,821
2002	Ei	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,105 + (-0,023) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,003	0,100	39	0,753
2002	L1	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,073 + 0,023 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,004	0,145	39	0,705
2002	L1	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,075 + 0,021 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,004	0,139	39	0,712
2002	L1	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,115 + (-0,043) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,012	0,471	39	0,497
2002	L1	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,094 + (-0,010) \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,018	39	0,893
2002	L1	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,096 + (-0,013) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,030	39	0,863
2002	L1	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,058 + 0,051 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,010	0,400	39	0,531

Tab. A3 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W. v. B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2002	L2	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,204 + -0,021 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,056	39	0,814
2002	L2	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,189 + 0,001 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	<0,001	39	0,991
2002	L2	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,262 + (-0,122) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,043	1,728	39	0,197
2002	L2	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,234 + (-0,079) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,014	0,540	39	0,467
2002	L2	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,303 + (-0,202) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,084	3,469	39	0,070
2002	L2	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,264 + (-0,125) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,029	1,119	39	0,297
2002	L3	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,229 + 0,158 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,042	1,684	39	0,202
2002	L3	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,226 + 0,175 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,057	2,298	39	0,138
2002	L3	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,233 + 0,180 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,049	1,942	39	0,172
2002	L3	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,294 + 0,081 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,008	0,291	39	0,592
2002	L3	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,248 + 0,163 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,028	1,088	39	0,304
2002	L3	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,239 + 0,169 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,027	1,042	39	0,314
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	0	$\log_{10}(y+1) = 0,680 + 0,268 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,101	4,262	39	0,046
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	1	$\log_{10}(y+1) = 0,791 + 0,117 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,021	0,820	39	0,371
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	2	$\log_{10}(y+1) = 0,786 + 0,137 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,023	0,897	39	0,350
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	3	$\log_{10}(y+1) = 0,773 + 0,169 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,027	1,057	39	0,311
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	4	$\log_{10}(y+1) = 0,819 + 0,087 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,007	0,250	39	0,620
2002	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl	5	$\log_{10}(y+1) = 0,782 + 0,143 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,016	0,608	39	0,440
2003+2004	Ei	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,416 + 0,151 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,030	0,713	24	0,407
2003+2004	Ei	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,366 + 0,201 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,050	1,204	24	0,284
2003+2004	Ei	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,503 + 0,078 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,009	0,213	24	0,649
2003+2004	Ei	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,260 + 0,281 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,113	2,942	24	0,100
2003+2004	Ei	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,292 + 0,272 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,070	1,740	24	0,200
2003+2004	Ei	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,588 + 0,005 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	<0,001	24	0,985
2003+2004	L1	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 1,223 + -0,231 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,079	1,981	24	0,173
2003+2004	L1	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 1,073 + (-0,109) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,016	0,382	24	0,543
2003+2004	L1	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,910 + 0,035 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,002	0,048	24	0,828
2003+2004	L1	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,794 + 0,132 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,028	0,657	24	0,426
2003+2004	L1	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,805 + 0,132 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,018	0,432	24	0,517
2003+2004	L1	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,487 + 0,417 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,136	3,628	24	0,069
2003+2004	L2	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,503 + 0,315 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,175	4,895	24	0,037
2003+2004	L2	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,577 + 0,263 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,114	2,965	24	0,099
2003+2004	L2	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,459 + 0,360 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,263	8,198	24	0,009
2003+2004	L2	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,425 + 0,379 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,275	8,723	24	0,007
2003+2004	L2	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,350 + 0,474 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,286	9,191	24	0,006
2003+2004	L2	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,394 + 0,432 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,175	4,889	24	0,037
2003+2004	L3	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = -0,189 + 0,471 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,306	10,134	24	0,004
2003+2004	L3	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = -0,039 + 0,359 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,164	4,526	24	0,044
2003+2004	L3	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,035 + 0,287 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,130	3,432	24	0,077
2003+2004	L3	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = -0,240 + 0,511 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,389	14,659	24	0,001
2003+2004	L3	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = -0,152 + 0,469 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,217	6,385	24	0,019
2003+2004	L3	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,351 + 0,013 \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	0,003	24	0,957
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 1,371 + 0,127 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,065	1,586	24	0,221
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 1,358 + 0,144 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,076	1,905	24	0,181
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 1,362 + 0,138 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,086	2,173	24	0,154
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 1,233 + 0,243 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,253	7,805	24	0,010
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 1,260 + 0,236 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,159	4,351	24	0,048

Tab. A3 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W. v. B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 1,195 + 0,293 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,181	5,094	24	0,034
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,077 + 0,234 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,113	8,031	64	0,006
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,114 + 0,204 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,088	6,079	64	0,016
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,125 + 0,197 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,084	5,761	64	0,019
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,022 + 0,327 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,216	17,404	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,018 + 0,345 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,187	14,465	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,050 + 0,294 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,115	8,210	64	0,006
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,197 + 0,253 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,075	5,120	64	0,027
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,182 + 0,286 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,099	6,888	64	0,011
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,142 + 0,343 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,145	10,695	64	0,002
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,051 + 0,459 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,243	20,274	64	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,035 + 0,498 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,223	18,099	64	<0,001
2002+2003+2004	L1	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = -0,097 + 0,648 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,321	29,813	64	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,154 + 0,338 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,165	12,475	64	0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,187 + 0,318 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,150	11,150	64	0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,169 + 0,349 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,185	14,312	64	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,103 + 0,435 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,269	23,288	64	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,123 + 0,426 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,201	15,822	64	<0,001
2002+2003+2004	L2	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,078 + 0,469 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,207	16,481	64	<0,001
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,139 + 0,239 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,107	7,580	64	0,008
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,177 + 0,207 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,083	5,692	64	0,020
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,199 + 0,187 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,069	4,662	64	0,035
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,175 + 0,219 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,088	6,115	64	0,016
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,180 + 0,220 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,070	4,718	64	0,034
2002+2003+2004	L3	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,277 + 0,092 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,010	0,663	64	0,418
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	0	$\log_{10}(y+1) = 0,752 + 0,415 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,224	18,170	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	1	$\log_{10}(y+1) = 0,838 + 0,336 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,151	11,179	64	0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	2	$\log_{10}(y+1) = 0,818 + 0,371 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,187	14,530	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	3	$\log_{10}(y+1) = 0,750 + 0,460 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,269	23,220	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	4	$\log_{10}(y+1) = 0,765 + 0,458 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,208	16,546	64	<0,001
2002+2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Anzahl + Maxima	5	$\log_{10}(y+1) = 0,696 + 0,531 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,238	19,642	64	<0,001
2003+2004	Ei	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,440 + 0,165 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,030	0,710	24	0,408
2003+2004	Ei	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,372 + 0,244 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,055	1,333	24	0,260
2003+2004	Ei	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,508 + 0,094 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,010	0,234	24	0,627
2003+2004	Ei	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,318 + 0,293 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,101	2,581	24	0,122
2003+2004	Ei	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,342 + 0,285 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,073	1,802	24	0,193
2003+2004	Ei	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,596 + (-0,003) \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	<0,001	24	0,992
2003+2004	L1	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 1,113 + (-0,176) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,038	0,911	24	0,350
2003+2004	L1	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 1,001 + (-0,055) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,003	0,073	24	0,790
2003+2004	L1	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,932 + 0,021 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,013	24	0,911
2003+2004	L1	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,827 + 0,132 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,023	0,538	24	0,471
2003+2004	L1	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,802 + 0,169 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,028	0,674	24	0,420
2003+2004	L1	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,702 + 0,278 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,053	1,279	24	0,270
2003+2004	L2	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 0,509 + 0,393 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,229	6,821	24	0,016
2003+2004	L2	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 0,569 + 0,336 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,139	3,708	24	0,067
2003+2004	L2	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,500 + 0,413 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,270	8,513	24	0,008
2003+2004	L2	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 0,499 + 0,399 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,251	7,704	24	0,011

Tab. A3 Fortsetzung.

Jahr(e)	Boniturdaten	Falterfänge	W. v. B.	Regressionsgleichung	R <sup>2</sup>	F	df	p
2003+2004	L2	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 0,443 + 0,488 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,286	9,207	24	0,006
2003+2004	L2	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,511 + 0,405 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,134	3,559	24	0,072
2003+2004	L3	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = -0,125 + 0,529 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,321	10,882	24	0,003
2003+2004	L3	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = -0,017 + 0,423 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,171	4,729	24	0,040
2003+2004	L3	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 0,032 + 0,368 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,167	4,599	24	0,043
2003+2004	L3	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = -0,193 + 0,595 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,433	17,591	24	<0,001
2003+2004	L3	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = -0,083 + 0,509 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,241	7,312	24	0,013
2003+2004	L3	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 0,309 + 0,064 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,033	0,060	24	0,809
2003+2004	L3	Mittelwerte	0	$\log_{10}(y+1) = 1,361 + 0,172 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,098	2,510	24	0,127
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	1	$\log_{10}(y+1) = 1,339 + 0,201 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,112	2,890	24	0,103
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	2	$\log_{10}(y+1) = 1,361 + 0,176 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,111	2,858	24	0,104
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	3	$\log_{10}(y+1) = 1,268 + 0,270 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,257	7,951	24	0,010
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	4	$\log_{10}(y+1) = 1,270 + 0,284 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,218	6,401	24	0,019
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Mittelwerte	5	$\log_{10}(y+1) = 1,280 + 0,269 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,133	3,518	24	0,073
2003+2004	Ei	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,394 + 0,150 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,036	0,850	24	0,366
2003+2004	Ei	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,304 + 0,219 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,057	1,392	24	0,250
2003+2004	Ei	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,451 + 0,109 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,020	0,470	24	0,500
2003+2004	Ei	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,254 + 0,252 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,095	2,428	24	0,133
2003+2004	Ei	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,286 + 0,239 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,074	1,839	24	0,188
2003+2004	Ei	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,634 + (-0,031) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,001	0,021	24	0,886
2003+2004	L1	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 1,154 + (-0,153) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,042	0,999	24	0,328
2003+2004	L1	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 1,038 + (-0,066) \cdot \log_{10}(x+1)$	0,006	0,134	24	0,718
2003+2004	L1	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,951 + (-0,001) \cdot \log_{10}(x+1)$	<0,001	<0,001	24	0,997
2003+2004	L1	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,795 + 0,115 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,022	0,523	24	0,477
2003+2004	L1	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,788 + 0,126 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,023	0,543	24	0,469
2003+2004	L1	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,589 + 0,276 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,078	1,949	24	0,176
2003+2004	L2	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 0,437 + 0,329 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,230	6,851	24	0,015
2003+2004	L2	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 0,471 + 0,306 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,148	3,994	24	0,058
2003+2004	L2	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 0,421 + 0,348 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,523	8,651	24	0,007
2003+2004	L2	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 0,388 + 0,360 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,262	8,157	24	0,009
2003+2004	L2	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 0,322 + 0,429 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,320	10,814	24	0,003
2003+2004	L2	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,382 + 0,375 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,172	4,793	24	0,039
2003+2004	L3	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = -0,208 + 0,432 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,307	10,173	24	0,004
2003+2004	L3	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = -0,123 + 0,371 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,169	4,686	24	0,041
2003+2004	L3	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = -0,040 + 0,311 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,170	4,711	24	0,041
2003+2004	L3	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = -0,324 + 0,512 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,410	15,994	24	0,001
2003+2004	L3	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = -0,164 + 0,412 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,229	6,837	24	0,015
2003+2004	L3	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 0,260 + 0,081 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,079	0,145	24	0,706
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	0	$\log_{10}(y+1) = 1,331 + 0,143 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,097	2,477	24	0,129
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	1	$\log_{10}(y+1) = 1,290 + 0,175 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,109	2,821	24	0,107
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	2	$\log_{10}(y+1) = 1,326 + 0,149 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,113	2,919	24	0,101
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	3	$\log_{10}(y+1) = 1,195 + 0,241 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,263	8,214	24	0,009
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	4	$\log_{10}(y+1) = 1,222 + 0,232 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,210	6,125	24	0,021
2003+2004	Ei+L1/L2/L3+fr. Fr.	Summen	5	$\log_{10}(y+1) = 1,205 + 0,241 \cdot \log_{10}(x+1)$	0,160	4,373	24	0,048

**Tab. A4** Flächenanteile [ha] einer groben Zusammenfassung der Landschaftselemente zu Landschaftselement-Klassen, im Radius 600 m (113 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.1, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

<b>Zusammenfassung 1: grob</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>Häufigkeit</b>
Nutzfläche	78,57	14,99	41,99	102,52	121
Wald	17,97	14,77	0,69	60,01	121
Linienhafte Vegetationsstrukturen	10,75	2,84	3,65	21,24	121
Siedlung	5,07	6,05	0,13	37,96	121

**Tab. A5** Flächenanteile [ha] einer detaillierten Zusammenfassung der Landschaftselemente zu Landschaftselement-Klassen, im Radius 600 m (113 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.1, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

<b>Zusammenfassung 2: detailliert</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>Häufigkeit</b>
Ackerland	63,72	15,83	14,08	97,33	121
Wald/Forst	16,36	15,28	0,06	58,99	103
Grünland	14,46	8,61	<0,01	42,20	121
Verkehrswege	9,42	2,23	3,65	15,38	121
Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	4,85	5,89	0,13	36,93	121
Bäume/Büsche/Hecke	2,24	1,54	0,09	7,17	118
Gehölz	1,94	1,79	0,14	8,36	116
Fließgewässer/Stillgewässer	1,55	1,98	0,02	12,19	92
Randstreifen	0,66	0,98	0,16	5,46	28
Gartenland	0,59	0,91	0,02	4,03	78
Einzelgebäude	0,31	0,50	0,02	3,09	87

**Tab. A6** Flächenanteile [ha] definierter Landschaftselemente innerhalb der Landschaftselement-Klasse Nutzfläche im Radius 600 m (113 ha) um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.1, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

<b>Zusammenfassung 3: Nutzfläche</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>Häufigkeit</b>
Mais	23,86	11,22	0,16	57,59	120
Gemüse	18,23	10,67	3,09	46,07	121
Getreide	14,75	10,95	0,48	63,79	107
Weide	10,98	6,98	<0,01	32,94	121
Hackfrüchte	7,13	4,60	0,05	21,58	88
Kräuter	6,52	6,45	0,11	24,61	39
Golfplatz + Sportplatz + Wiese	4,34	4,14	0,04	20,36	97
Beerenfrüchte	4,13	2,94	0,72	10,39	10
Ölfrüchte	3,35	4,54	0,08	20,27	42
Friedhof + Grünanlage	1,02	1,29	0,12	3,73	7
Obstgarten + Ziergarten + Gärtnerei	0,52	0,82	0,02	4,03	75

**Tab. A7** Flächenanteile [ha] aller Landschaftselemente, im Radius 600 m (113 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.1, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

Originaldaten	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Mais	23,65	11,34	0,16	57,59	120
Nadelwald	12,69	14,01	0,03	51,45	77
Weide	10,98	6,98	<0,01	32,94	121
Spinat	9,92	5,04	1,99	29,83	121
frisch umgebrochene Gemüsefläche	8,57	7,02	1,14	33,79	44
Mais (gemäht)	8,57	9,99	2,05	20,07	3
Gerste	8,43	8,73	0,04	43,79	77
Strasse	7,70	2,55	1,69	14,00	121
Gerste (gemäht)	7,10	5,61	0,89	26,66	34
Weizen	6,96	7,12	0,10	25,11	26
Mischwald	6,88	6,28	0,01	28,90	79
Kartoffeln	6,66	4,47	0,05	21,58	74
Karotte	6,06	4,12	1,01	11,93	9
Schnittlauch	5,99	3,75	1,11	12,31	10
Zwischenfrucht (Getreide)	5,94	4,41	2,14	12,07	4
Industrie-/Gewerbefläche	5,93	7,17	0,14	20,76	11
Roggen	5,62	4,92	<0,01	23,97	67
Zwischenfrucht (Senf)	5,53	3,58	2,95	12,53	6
Schwarzwurzel	5,50	1,21	2,77	6,35	9
Bohnen	5,42	5,15	0,01	11,46	6
frische Aussaat	5,30	7,64	0,42	36,78	31
Wohnfläche	5,18	8,78	0,00	35,75	35
Petersilie	4,61	3,24	0,11	12,29	22
Thymian	4,53	4,14	<0,01	11,74	8
Tagebau/Grube/Steinbruch	4,47	<0,01	4,47	4,47	2
Weizen (gemäht)	4,29	4,16	0,36	10,98	6
Basilikum	4,21	5,25	0,48	15,6	7
Grünkohl	4,13	4,48	0,16	14,54	14
Erdbeeren	4,13	2,94	0,72	10,39	10
Zwischenfrucht (Örettich)	4,12	2,37	1,39	5,66	3
Wiese	4,09	4,36	0,04	20,36	79
Kartoffeln (gerodet)	4,07	3,11	0,06	9,77	12
Rucola	3,37	3,14	1,15	5,60	2
Vegetationslose Fläche	3,32	<0,01	3,32	3,32	2
Sumpf/Ried	3,20	3,43	0,66	7,09	3
Mahtwiese (gemäht)	3,16	2,11	0,54	7,63	19
Salat	3,13	0,90	1,80	3,67	4
Laubwald	2,97	2,22	<0,01	7,74	32
Rotkohl	2,97	1,95	0,12	6,32	32
Roggen (gemäht)	2,97	2,13	0,25	7,26	17
Hafer	2,96	1,68	0,59	6,76	10
Hofanlage	2,83	1,75	0,13	8,94	120
Randstreifen (gemäht)	2,82	3,72	0,19	5,46	2

Tab. A7 Fortsetzung.

Originaldaten	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Baumschule	2,78	2,09	0,86	6,05	5
Porree	2,76	2,03	0,15	8,18	30
Betarüben	2,75	2,48	0,22	9,61	31
Zwischenfrucht (Raps)	2,68	1,33	1,29	3,93	3
Gärtnerei	2,62	1,22	0,75	3,64	6
Förderanlage	2,55	0,56	2,23	3,19	3
Raps	2,54	2,72	0,70	8,15	11
Raps (geerntet)	2,54	0,65	2,08	3,00	2
NadelwaldMono	2,51	3,72	<0,01	14,58	27
Bahnstrecke	2,28	0,34	1,58	2,63	11
Spargel	2,10	2,13	0,08	5,87	9
Wirsing	2,02	1,40	0,19	3,34	8
Grünbrache	1,93	3,25	0,08	12,94	28
Weg	1,92	1,78	0,03	5,89	95
Erbsen	1,84	1,51	0,97	3,57	3
standortgerechtes Gebüsch	1,77	1,60	0,10	5,94	47
Sportplatz	1,50	1,13	0,01	3,59	22
Freizeitanlage	1,42	<0,01	1,42	1,42	2
Dill	1,41	1,28	0,19	4,48	10
Gehölz (Misch)	1,39	1,58	0,03	6,88	95
Bach	1,32	0,94	0,19	3,93	41
Baum-/Strauchhecke	1,29	0,88	0,07	4,78	107
Oregano	1,18	0,72	0,40	1,71	5
Friedhof	1,12	1,38	0,12	3,73	6
Kohlrabi	1,05	1,19	0,21	1,89	2
Kopfsalat	0,86	0,47	0,18	1,60	15
Binnensee/Stausee/Teich	0,79	1,79	0,02	9,67	63
Campingplatz	0,78	1,20	0,05	2,56	4
Gehölz (Laub)	0,76	0,56	<0,01	2,55	57
Gehölz (Nadel)	0,75	0,61	0,09	2,56	48
Graben	0,67	0,67	0,02	3,79	57
Baumreihe	0,58	0,53	0,05	2,03	53
Randstreifen (Weidelgras)	0,47	0,29	0,14	0,88	10
Randstreifen (Blümmischung)	0,42	0,28	0,10	0,98	19
Veränderliches Ufer	0,38	<0,01	0,38	0,38	2
Gebäude	0,31	0,50	0,02	3,09	87
Gartenland (Obst)	0,29	0,21	0,08	0,98	45
Baumhecke	0,28	0,19	0,03	0,80	45
Fläche besonderer Funktion	0,25	<0,01	0,25	0,25	2
Gartenland (Ziergarten)	0,23	0,29	0,02	1,79	46
Kürbis	--	--	12,84	12,84	1
Golfplatz	--	--	5,04	5,04	1
Thymian (geerntet)	--	--	4,03	4,03	1
Petersilie (geerntet)	--	--	3,14	3,14	1

Tab. A7 Fortsetzung.

Originaldaten	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Wirsing (geerntet)	--	--	2,06	2,06	1
Melde	--	--	1,23	1,23	1
Porree (geerntet)	--	--	0,95	0,95	1
Kläranlage/Klärwerk	--	--	0,86	0,86	1
Laubwald (Mono)	--	--	0,82	0,82	1
Hafer (gemäht)	--	--	0,59	0,59	1
Grünanlage	--	--	0,46	0,46	1
Baum	--	--	0,20	0,20	1
Platz	--	--	0,12	0,12	1

Tab. A8 Flächenanteile [ha] einer groben Zusammenfassung der Landschaftselemente zu Landschaftselement-Klassen, im Radius 1.200 m (452 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.2, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

Zusammenfassung 1: grob	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Nutzfläche	326,07	60,14	137,93	413,85	121
Wald	83,28	62,22	9,13	298,69	121
Siedlung	38,82	30,43	5,93	140,25	121
Linienhafte Vegetationsstrukturen	2,23	3,97	<0,01	19,51	91

Tab. A9 Flächenanteile [ha] einer detaillierten Zusammenfassung der Landschaftselemente zu Landschaftselement-Klassen im Radius 1.200 m (452 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.2, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

Zusammenfassung 2: detailliert	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Ackerland	260,17	58,26	117,51	355,36	121
Wald/Forst	78,98	62,50	6,56	298,26	121
Grünland	63,51	28,84	13,82	135,27	121
Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	38,80	30,43	5,93	140,25	121
Gehölz	4,41	3,58	0,03	16,02	118
Gartenland	4,19	8,59	0,01	47,05	69
Fließgewässer/Stillgewässer	2,23	3,97	<0,01	19,51	91
Einzelgebäude	0,40	0,26	0,14	0,73	5

**Tab. A10** Flächenanteile [ha] aller Landschaftselemente, im Radius 1.200 m (452 ha), um die einzelnen Spinatflächen (Tab. 7.2, Kapitel 7). Insgesamt wurde die umgebende Landschaft von 121 Spinatanbauflächen aus drei Anbaujahren (2001 bis 2003) quantifiziert.

Originaldaten	Mittelwert	SD	MIN	MAX	Häufigkeit
Ackerland	259,59	58,20	117,51	355,36	121
Forst / Wald	78,98	62,50	6,56	298,26	121
Grünland	62,75	28,61	13,82	135,27	121
Fläche gemischter Nutzung	18,33	6,92	3,26	37,22	121
Wohnbaufläche	14,85	23,76	0,12	106,75	112
Golfplatz	12,79	7,30	6,47	19,12	4
Grünanlage	9,46	16,09	0,02	46,16	16
Bergbaubetrieb	8,14	4,18	4,10	12,73	11
Industrie-/Gewerbefläche	5,77	7,62	0,08	28,35	91
Fläche besonderer Funktion	4,98	10,64	0,03	55,91	58
Gehölz	4,41	3,58	0,03	16,02	118
Campingplatz	4,25	3,92	1,37	12,11	8
Freifläche	2,70	1,17	1,05	3,84	5
Moor/Moos	2,53	1,89	0,16	4,41	8
Sonderkultur	2,52	2,49	0,44	12,52	28
Fluß/Bach/Strom	2,47	1,32	0,95	3,66	6
Kläranlage/Klärwerk	2,23	1,45	0,42	4,81	7
Binnensee/Stausee/Teich	2,09	3,90	<0,01	18,55	90
Bahnhofsanlage	1,94	1,66	0,17	4,35	9
Gärtnerei	1,66	1,26	0,28	6,62	50
Schwimmbad/Freibad	1,61	0,60	1,34	2,96	7
Heide	1,57	0,94	0,10	2,87	18
Gartenland	1,31	0,95	0,01	2,82	24
Friedhof	1,16	0,96	0,06	4,23	20
Sportplatz	1,05	1,05	0,03	4,19	39
Wasserwerk	0,96	0,41	0,48	1,20	3
Fläche z.Z. unbestimmbar	0,90	0,93	0,08	3,21	42
Platz	0,51	0,64	0,02	2,18	24
Umspannstation	0,40	0,26	0,14	0,73	5
Brücke/Überführung/Unterführung	0,30	0,15	0,19	0,41	2
Freilichttheater	0,25	--	--	0,25	1
Schießstand	0,21	0,12	0,14	0,34	3
Schwimmbecken	0,07	0,03	0,04	0,11	7

**Tab. A11** Ergebnisse der binären (*cutpoints*: Tab. 7.3), logistischen Regressionsanalyse für die Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit den verschiedenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa in Abhängigkeit von Landschaftselement-Klassen der ersten Zusammenfassung (grob, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die untersuchten Spinatfelder [Pseudo-R<sup>2</sup> = Pseudo-Regressionskoeffizient nach Nagelkerke; Likelihood-Ratio-Test ( $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Landschaftselement-Klasse	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AG	Wald + Nutzfläche + Siedlung + Linienhafte Strukturen	10	0,237	0,375	15	16,116
		20	0,205	0,512	15	14,183
		30	0,287	0,231	15	18,633
		40	0,229	0,618	15	12,791
		50	0,345	0,289	15	17,516
		60	0,787	0,006	15	32,214
AFKOLO	Wald + Nutzfläche + Siedlung + Linienhafte Strukturen	1	0,225	0,279	15	17,698
		2	0,197	0,433	15	15,256
		3	0,177	0,568	15	13,446
		4	0,211	0,406	15	15,64
		5	0,233	0,371	15	16,165
		6	0,255	0,281	15	17,655
BLLGESKOLO	Wald + Nutzfläche + Siedlung + Linienhafte Strukturen	10	0,258	0,206	15	19,166
		20	0,365	0,150	15	20,604
		30	0,491	0,035	15	26,255
		40	0,563	0,016	15	29,04
		50	0,719	0,004	15	33,229
		60	0,781	0,051	15	24,937
CS	Wald + Nutzfläche + Siedlung + Linienhafte Strukturen	1	0,173	0,605	15	12,962
		2	0,185	0,559	15	13,559
		3	0,151	0,701	15	10,449
		4	0,410	0,015	15	29,215
		5	0,403	0,043	15	25,571
		6	0,403	0,043	15	25,571
COCCGES	Wald + Nutzfläche + Siedlung + Linienhafte Strukturen	1	0,163	0,646	15	12,438
		2	0,241	0,244	15	18,363
		3	0,151	0,791	15	10,449
		4	0,410	0,015	15	29,215
		5	0,442	0,012	15	30,01
		6	0,448	0,013	15	29,683

**Tab. A12** Ergebnisse der binären (*cutpoints*: Tab. 7.3), logistischen Regressionsanalyse für die Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit den verschiedenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa, in Abhängigkeit von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen der zweiten Zusammenfassung (detailliert, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die untersuchten Spinatfelder [Pseudo-R<sup>2</sup> = Pseudo-Regressionskoeffizient nach Nagelkerke; Likelihood-Ratio-Test ( $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AG	Bäume/Büsche/Hecke + Gehölz + Wald/Forst	10	0,064	0,771	7	4,078
		20	0,099	0,480	7	6,520
		30	0,137	0,298	7	8,411
		40	0,218	0,096	7	12,147
		50	0,223	0,142	7	10,933
		60	0,245	0,267	7	8,799
	Ackerland + Gartenland + Grünland	10	0,124	0,329	7	8,035
		20	0,127	0,292	7	8,482
		30	0,199	0,085	7	12,501
		40	0,306	0,014	7	17,562
		50	0,237	0,112	7	11,673
		60	0,193	0,445	7	6,846
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche+ Wohnfläche+Hoffläche)	10	0,023	0,693	3	1,455
		20	0,038	0,487	3	2,438
		30	0,053	0,366	3	3,170
		40	0,064	0,333	3	3,404
		50	0,089	0,240	3	4,202
		60	0,053	0,610	3	1,820
	Verkehrswege + Fließgewässer/Stillgewässer + Randstreifen	10	0,114	0,39	7	7,382
		20	0,023	0,984	7	1,448
		30	0,092	0,596	7	5,526
		40	0,088	0,696	7	4,705
		50	0,189	0,241	7	9,172
		60	0,257	0,236	7	9,244
AG	Gesamt (nur Haupteffekte)	10	0,072	0,949	11	4,600
		20	0,098	0,840	11	6,473
		30	0,148	0,614	11	9,091
		40	0,180	0,54	11	9,891
		50	0,299	0,183	11	14,993
		60	0,324	0,376	11	11,840

Tab. A12 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AFKOLO	Bäume/Büsche/Hecke + Gehölz + Wald/Forst	1	0,031	0,945	7	2,242
		2	0,040	0,892	7	2,924
		3	0,041	0,888	7	2,965
		4	0,049	0,848	7	3,381
		5	0,047	0,868	7	3,174
		6	0,055	0,833	7	3,521
	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,136	0,171	7	10,323
		2	0,107	0,335	7	7,969
		3	0,135	0,185	7	10,059
		4	0,151	0,141	7	10,937
		5	0,163	0,116	7	11,565
		6	0,156	0,167	7	10,409
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche+ Wohnfläche+Hoffläche)	1	0,079	0,119	3	5,857
		2	0,063	0,2	3	4,636
		3	0,064	0,199	3	4,653
		4	0,039	0,437	3	2,72
		5	0,035	0,502	3	2,356
		6	0,028	0,623	3	1,765
	Verkehrswege + Fließgewässer/Stillgewässer + Randstreifen	1	0,199	0,031	7	15,45
		2	0,103	0,363	7	7,663
		3	0,093	0,451	7	6,788
		4	0,133	0,218	7	9,516
		5	0,177	0,083	7	12,584
		6	0,212	0,044	7	14,43
Gesamt (nur Haupteffekte)	1	0,101	0,753	11	7,545	
	2	0,075	0,902	11	5,537	
	3	0,073	0,917	11	5,270	
	4	0,074	0,922	11	5,174	
	5	0,068	0,946	11	4,667	
	6	0,098	0,844	11	6,417	

Tab. A12 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
BLLGESKOLO	Bäume/Büsche/Hecke + Gehölz + Wald/Forst	10	0,037	0,926	7	2,510
		20	0,167	0,262	7	8,877
		30	0,139	0,460	7	6,712
		40	0,128	0,556	7	5,859
		50	0,262	0,147	7	10,817
		60	0,322	0,219	7	9,491
	Ackerland + Gartenland + Grünland	10	0,15	0,153	7	10,676
		20	0,11	0,567	7	5,766
		30	0,067	0,868	7	3,178
		40	0,060	0,91	7	2,721
		50	0,079	0,872	7	3,139
		60	0,170	0,671	7	4,907
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche+ Wohnfläche+Hoffläche)	10	0,029	0,580	3	1,964
		20	0,016	0,839	3	0,842
		30	0,022	0,793	3	1,033
		40	0,037	0,642	3	1,679
		50	0,06	0,497	3	2,38
		60	0,042	0,753	3	1,199
	Verkehrswege + Fließgewässer/Stillgewässer + Randstreifen	10	0,108	0,376	7	7,525
		20	0,255	0,052	7	13,939
		30	0,334	0,017	7	17,055
		40	0,387	0,008	7	18,979
		50	0,451	0,007	7	19,452
		60	0,449	0,060	7	13,534
	Gesamt (nur Haupteffekte)	10	0,085	0,882	11	5,873
		20	0,26	0,223	11	14,187
		30	0,299	0,176	11	15,133
		40	0,301	0,212	11	14,396
		50	0,364	0,165	11	15,398
		60	0,473	0,216	11	14,324
CS	Bäume/Büsche/Hecke + Gehölz + Wald/Forst	1	0,053	0,806	7	3,77
		2	0,096	0,452	7	6,777
		3	0,067	0,719	7	4,517
		4	0,123	0,345	7	7,862
		5	0,056	0,870	7	3,154
		6	0,056	0,870	7	3,154

Tab. A12 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
CS	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,200	0,034	7	15,149
		2	0,152	0,138	7	11,006
		3	0,101	0,441	7	6,887
		4	0,136	0,271	7	8,746
		5	0,165	0,208	7	9,673
		6	0,165	0,208	7	9,673
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche+ Wohnfläche+Hoffläche)	1	0,133	0,041	3	8,259
		2	0,048	0,343	3	3,335
		3	0,018	0,750	3	1,212
		4	0,029	0,618	3	1,784
		5	0,054	0,385	3	3,044
		6	0,054	0,385	3	3,044
	Verkehrswege + Fließgewässer/Stillgewässer + Randstreifen	1	0,085	0,522	7	6,149
		2	0,059	0,767	7	4,106
		3	0,064	0,746	7	4,288
		4	0,088	0,59	7	5,577
		5	0,110	0,503	7	6,323
		6	0,110	0,503	7	6,323
	Gesamt (nur Haupteffekte)	1	0,109	0,714	11	7,997
		2	0,102	0,780	11	7,232
		3	0,111	0,750	11	7,586
		4	0,158	0,511	11	10,219
		5	0,205	0,355	11	12,120
		6	0,205	0,355	11	12,120
COCCGES	Bäume/Büsche/Hecke + Gehölz + Wald/Forst	1	0,053	0,791	7	3,899
		2	0,073	0,634	7	5,209
		3	0,067	0,719	7	4,517
		4	0,123	0,345	7	7,862
		5	0,070	0,758	7	4,184
		6	0,082	0,682	7	4,819
	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,243	0,008	7	19,194
		2	0,244	0,017	7	17,023
		3	0,101	0,441	7	6,887
		4	0,136	0,271	7	8,746
		5	0,151	0,238	7	9,215
		6	0,139	0,310	7	8,259

Tab. A12 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche+ Wohnfläche+Hoffläche)					
		1	0,096	0,068	3	7,109
		2	0,016	0,768	3	1,137
		3	0,018	0,75	3	1,212
		4	0,029	0,618	3	1,784
		5	0,047	0,426	3	2,787
		6	0,046	0,444	3	2,681
	Verkehrswege + Fließgewässer/Stillgewässer + Randstreifen					
		1	0,112	0,304	7	8,337
		2	0,103	0,385	7	7,435
		3	0,064	0,746	7	4,288
		4	0,088	0,59	7	5,577
		5	0,093	0,587	7	5,598
		6	0,107	0,503	7	6,324
	Gesamt (nur Haupteffekte)					
		1	0,145	0,446	11	10,969
		2	0,144	0,481	11	10,553
		3	0,111	0,75	11	7,586
		4	0,158	0,511	11	10,219
		5	0,157	0,564	11	9,635
		6	0,172	0,501	11	10,325

**Tab. A13** Ergebnisse der binären (*cutpoints*: Tab. 7.3), logistischen Regressionsanalyse für die Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit den verschiedenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa, in Abhängigkeit von Landschaftselementen und Landschaftselement-Klassen der dritten Zusammenfassung (Nutzfläche, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die untersuchten Spinatfelder [Pseudo-R<sup>2</sup> = Pseudo-Regressionskoeffizient nach Nagelkerke; Likelihood-Ratio-Test ( $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AG	(Friedhof + Grünanlage) + (Ziergarten + Obstgarten)	10	0,067	0,234	3	4,269
		20	0,139	0,025	3	9,333
		30	0,047	0,427	3	2,777
		40	0,202	0,011	3	11,206
		50	0,144	0,076	3	6,889
		60	0,081	0,420	3	2,821
	Weide + (Wiese + Golfplatz + Sportplatz)	10	0,014	0,827	3	0,894
		20	0,028	0,617	3	1,790
		30	0,081	0,18	3	4,889
		40	0,151	0,042	3	8,228
		50	0,120	0,128	3	5,568
		60	0,093	0,355	3	3,251
	Getreide + Beerenfrüchte + Ölfrüchte + Hackfrüchte + Gemüse + Kräuter + Mais (nur Haupteffekte)	10	0,186	0,089	7	12,380
		20	0,068	0,729	7	4,430
		30	0,103	0,513	7	6,231
		40	0,080	0,747	7	4,283
		50	0,061	0,897	7	2,869
		60	0,093	0,862	7	3,242
	Gesamt (nur Haupteffekte)	10	0,253	0,099	11	17,329
		20	0,171	0,388	11	11,687
		30	0,216	0,252	11	13,665
40		0,413	0,01	11	24,679	
50		0,280	0,236	11	13,941	
60		0,235	0,676	11	8,411	
AFKOLO	(Friedhof + Grünanlage) + (Ziergarten + Obstgarten)	1	0,002	0,986	3	0,142
		2	0,008	0,901	3	0,578
		3	0,006	0,935	3	0,426
		4	0,006	0,941	3	0,399
		5	0,009	0,891	3	0,622
		6	0,035	0,521	3	2,255

Tab. A13 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat	
AFKOLO	Weide + (Wiese + Golfplatz + Sportplatz)	1	0,012	0,835	3	0,861	
		2	0,004	0,962	3	0,288	
		3	0,014	0,802	3	0,995	
		4	0,021	0,697	3	1,436	
		5	0,033	0,527	3	2,223	
		6	0,034	0,535	3	2,185	
	Getreide + Beerenfrüchte + Ölfrüchte + Hackfrüchte + Gemüse + Kräuter + Mais (nur Haupteffekte)	1	0,032	0,938	7	2,355	
		2	0,069	0,65	7	5,082	
		3	0,040	0,895	7	2,893	
		4	0,041	0,898	7	2,855	
		5	0,033	0,946	7	2,236	
		6	0,010	0,999	7	0,614	
	Gesamt (nur Haupteffekte)	1	0,045	0,986	11	3,298	
		2	0,084	0,857	11	6,243	
		3	0,061	0,957	11	4,389	
		4	0,092	0,840	11	6,476	
		5	0,078	0,913	11	5,350	
		6	0,030	0,999	11	1,902	
	BLLGESKOLO (Friedhof + Grünanlage) + (Ziergarten + Obstgarten)		10	0,030	0,561	3	2,055
			20	0,033	0,635	3	1,708
			30	0,029	0,718	3	1,346
			40	0,033	0,687	3	1,481
			50	0,027	0,791	3	1,043
			60	0,019	0,913	3	0,528
Weide + (Wiese + Golfplatz + Sportplatz)		10	0,025	0,643	3	1,673	
		20	0,089	0,203	3	4,612	
		30	0,076	0,305	3	3,628	
		40	0,076	0,331	3	3,424	
		50	0,096	0,282	3	3,820	
		60	0,080	0,516	3	2,284	
Getreide + Beerenfrüchte + Ölfrüchte + Hackfrüchte + Gemüse + Kräuter + Mais (nur Haupteffekte)		10	0,081	0,586	7	5,612	
		20	0,143	0,373	7	7,564	
		30	0,167	0,319	7	8,160	
		40	0,167	0,359	7	7,713	
		50	0,183	0,388	7	7,409	
		60	0,169	0,675	7	4,873	

Tab. A13 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
BLLGESKOLO Gesamt (nur Haupteffekte)		10	0,098	0,814	11	6,814
		20	0,200	0,463	11	10,765
		30	0,213	0,485	11	10,510
		40	0,226	0,478	11	10,594
		50	0,228	0,592	11	9,326
		60	0,298	0,643	11	8,776
CS	(Friedhof + Grünanlage) + (Ziergarten + Obstgarten)	1	0,044	0,375	3	3,109
		2	0,042	0,408	3	2,894
		3	0,037	0,484	3	2,453
		4	0,023	0,698	3	1,431
		5	0,019	0,786	3	1,065
		6	0,019	0,786	3	1,065
	Weide + (Wiese + Golfplatz + Sportplatz)	1	0,035	0,475	3	2,504
		2	0,019	0,731	3	1,293
		3	0,052	0,326	3	3,459
		4	0,143	0,027	3	9,214
		5	0,191	0,01	3	11,292
		6	0,191	0,01	3	11,292
	Getreide + Beerenfrüchte + Ölfrüchte + Hackfrüchte + Gemüse + Kräuter + Mais (nur Haupteffekte)	1	0,069	0,666	7	4,948
		2	0,086	0,537	7	6,026
		3	0,118	0,327	7	8,069
		4	0,098	0,513	7	6,236
		5	0,172	0,184	7	10,083
		6	0,172	0,184	7	10,083
	Gesamt (nur Haupteffekte)	1	0,108	0,722	11	7,898
		2	0,121	0,658	11	8,608
		3	0,158	0,447	11	10,957
		4	0,201	0,279	11	13,221
		5	0,305	0,067	11	18,685
		6	0,305	0,067	11	18,685
COCCGES	(Friedhof + Grünanlage) + (Ziergarten + Obstgarten)	1	0,011	0,853	3	0,787
		2	0,019	0,716	3	1,355
		3	0,037	0,484	3	2,453
		4	0,023	0,698	3	1,431
		5	0,021	0,743	3	1,243
		6	0,020	0,760	3	1,170

Tab. A13 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
COCCGES	Weide + (Wiese + Golfplatz + Sportplatz)	1	0,049	0,315	3	3,548
		2	0,030	0,545	3	2,133
		3	0,052	0,326	3	3,459
		4	0,143	0,027	3	9,214
		5	0,184	0,010	3	11,395
		6	0,172	0,016	3	10,327
	Getreide + Beerenfrüchte + Ölfrüchte + Hackfrüchte + Gemüse + Kräuter + Mais (nur Haupteffekte)	1	0,115	0,285	7	8,571
		2	0,066	0,693	7	4,727
		3	0,118	0,327	7	8,069
		4	0,098	0,513	7	6,236
		5	0,101	0,529	7	6,091
		6	0,107	0,506	7	6,294
	Gesamt (nur Haupteffekte)	1	0,139	0,484	11	10,522
		2	0,118	0,662	11	8,568
		3	0,158	0,447	11	10,957
		4	0,201	0,279	11	13,221
		5	0,227	0,221	11	14,227
		6	0,234	0,213	11	14,366

**Tab. A14** Ergebnisse der binären (*cutpoints*: Tab. 7.3), logistischen Regressionsanalyse für die Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit den verschiedenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa, in Abhängigkeit von Landschaftselement-Klassen und Landschaftselement-Klassen der ersten Zusammenfassung (grob, Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius um die untersuchten Spinatfelder [Pseudo-R<sup>2</sup> = Pseudo-Regressionskoeffizient nach Nagelkerke; Likelihood-Ratio-Test (p < 0,05)] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AG	Nutzfläche + Linienhafte Vegetationsstrukturen + Siedlung + Wald	10	0,358	0,216	15	18,953
		20	0,407	0,059	15	24,365
		30	0,376	0,134	15	21,075
		40	0,357	0,272	15	17,823
		50	0,389	0,292	15	17,469
		60	0,623	0,048	15	25,183
AFKOLO	Nutzfläche + Linienhafte Vegetationsstrukturen + Siedlung + Wald	1	0,259	0,414	15	15,535
		2	0,249	0,433	15	15,263
		3	0,245	0,45	15	15,014
		4	0,176	0,802	15	10,275
		5	0,205	0,682	15	11,960
		6	0,215	0,678	15	12,012
BLLGESKOLO	Nutzfläche + Linienhafte Vegetationsstrukturen + Siedlung + Wald	10	0,189	0,755	15	10,968
		20	0,518	0,040	15	25,816
		30	0,625	0,015	15	29,307
		40	0,638	0,021	15	28,173
		50	0,583	0,076	15	23,402
		60	0,807	0,065	15	24,017
CS	Nutzfläche + Linienhafte Vegetationsstrukturen + Siedlung + Wald	1	0,358	0,084	15	23,001
		2	0,362	0,084	15	23,014
		3	0,300	0,260	15	18,058
		4	0,313	0,263	15	17,995
		5	0,349	0,235	15	18,556
		6	0,349	0,235	15	18,556
COCCGES	Nutzfläche + Linienhafte Vegetationsstrukturen + Siedlung + Wald	1	0,344	0,106	15	22,086
		2	0,338	0,123	15	21,463
		3	0,300	0,260	15	18,058
		4	0,313	0,263	15	17,995
		5	0,347	0,204	15	19,221
		6	0,370	0,160	15	20,313

**Tab. A15** Ergebnisse der binären (*cutpoints*: Tab. 7.3), logistischen Regressionsanalyse für die Vorhersage einer Besiedlung der Spinatfelder mit den verschiedenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa (Kapitel 2.1.2), in Abhängigkeit von Landschaftselement-Klassen und Landschaftselement-Klassen der zweiten Zusammenfassung (detailliert, Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius um die untersuchten Spinatfelder [Pseudo-R<sup>2</sup> = Pseudo-Regressionskoeffizient nach Nagelkerke; Likelihood-Ratio-Test (p < 0,05)] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AG	Ackerland + Gartenland + Grünland	10	0,022	0,994	7	1,040
		20	0,067	0,839	7	3,468
		30	0,124	0,513	7	6,233
		40	0,127	0,559	7	5,840
		50	0,219	0,233	7	9,284
		60	0,255	0,315	7	8,207
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche)	10	0,052	0,486	3	2,439
		20	0,131	0,075	3	6,911
		30	0,143	0,064	3	7,270
		40	0,140	0,091	3	6,465
		50	0,057	0,516	3	2,281
		60	0,022	0,883	3	0,660
	Wald/Forst + Gehölz	10	0,095	0,210	3	4,520
		20	0,028	0,705	3	1,403
		30	0,025	0,746	3	1,230
		40	0,057	0,465	3	2,559
		50	0,028	0,774	3	1,114
		60	0,159	0,172	3	4,993
	Fließgewässer/Stillgewässer	10	0,012	0,460	1	0,547
		20	0,002	0,730	1	0,119
		30	0,025	0,270	1	1,216
		40	0,007	0,566	1	0,330
		50	0,008	0,578	1	0,309
		60	0,140	0,036	1	4,402
Gesamt (Haupteffekte)	10	0,086	0,850	8	4,080	
	20	0,085	0,819	8	4,402	
	30	0,190	0,278	8	9,825	
	40	0,288	0,082	8	14,003	
	50	0,144	0,654	8	5,938	
	60	0,399	0,10	8	13,356	
AFKOLO	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,039	0,952	7	2,141
		2	0,049	0,906	7	2,765
		3	0,054	0,879	7	3,068
		4	0,054	0,879	7	3,068
		5	0,040	0,945	7	2,245
		6	0,029	0,979	7	1,594

Tab. A15 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
AFKOLO	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche)	10	0,038	0,551	3	2,103
		20	0,081	0,202	3	4,615
		30	0,073	0,246	3	4,151
		40	0,069	0,273	3	3,894
		50	0,070	0,276	3	3,867
		60	0,055	0,411	3	2,875
	Wald/Forst + Gehölz	10	0,046	0,471	3	2,526
		20	0,049	0,428	3	2,771
		30	0,061	0,322	3	3,493
		40	0,052	0,410	3	2,883
		50	0,072	0,265	3	3,966
		60	0,068	0,306	3	3,617
	Fließgewässer/Stillgewässer	10	0,036	0,162	1	1,960
		20	0,025	0,237	1	1,396
		30	0,002	0,715	1	0,133
		40	<0,001	0,912	1	0,012
		50	0,005	0,621	1	0,244
		60	0,001	0,812	1	0,057
	Gesamt (Haupteffekte)	10	0,119	0,566	8	6,732
		20	0,074	0,839	8	4,193
		30	0,038	0,977	8	2,117
		40	0,029	0,991	8	1,617
		50	0,036	0,982	8	1,978
		60	0,108	0,668	8	5,811
BLLGESKOLO	Ackerland + Gartenland + Grünland	10	0,026	0,985	7	1,422
		20	0,087	0,808	7	3,748
		30	0,089	0,883	7	3,521
		40	0,092	0,839	7	3,466
		50	0,288	0,156	7	10,632
		60	0,599	0,017	7	17,04
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche)	10	0,032	0,630	3	1,731
		20	0,026	0,773	3	1,116
		30	0,025	0,804	3	0,990
		40	0,024	0,832	3	0,873
		50	0,030	0,792	3	1,040
		60	0,013	0,952	3	0,341
	Wald/Forst + Gehölz	10	0,045	0,476	3	2,494
		20	0,103	0,215	3	4,467
		30	0,116	0,200	3	4,641
		40	0,161	0,104	3	6,161
		50	0,155	0,137	3	5,521
		60	0,248	0,087	3	6,575

Tab. A15 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
BLLGESKOLO	Fließgewässer/Stillgewässer	10	0,067	0,053	1	3,728
		20	0,004	0,678	1	0,172
		30	0,008	0,574	1	0,317
		40	0,007	0,613	1	0,256
		50	<0,001	0,950	1	0,004
		60	<0,001	0,935	1	0,007
	Gesamt (Haupteffekte)	10	0,130	0,498	8	7,360
		20	0,214	0,294	8	9,605
		30	0,207	0,390	8	8,462
		40	0,293	0,169	8	11,625
		50	0,282	0,238	8	10,402
		60	0,208	0,705	8	5,482
	CS	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,056	0,870	7
2			0,119	0,450	7	6,795
3			0,078	0,746	7	4,292
4			0,110	0,561	7	5,820
5			0,149	0,393	7	7,357
6			0,149	0,393	7	7,357
Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche)		1	0,109	0,100	3	6,263
		2	0,142	0,042	3	8,201
		3	0,136	0,054	3	7,662
		4	0,167	0,029	3	9,017
		5	0,142	0,071	3	7,013
		6	0,142	0,071	3	7,013
Wald/Forst + Gehölz		1	0,075	0,235	3	4,258
		2	0,063	0,316	3	3,538
		3	0,006	0,953	3	0,335
		4	0,005	0,969	3	0,250
		5	0,022	0,786	3	1,062
		6	0,022	0,786	3	1,062
Fließgewässer/Stillgewässer		1	0,035	0,160	1	1,977
		2	0,010	0,459	1	0,549
		3	<0,001	0,871	1	0,026
		4	0,005	0,597	1	0,280
		5	<0,001	0,927	1	0,008
		6	<0,001	0,927	1	0,008
Gesamt (Haupteffekte)	1	0,202	0,145	8	12,137	
	2	0,257	0,050	8	15,528	
	3	0,194	0,193	8	11,159	
	4	0,232	0,115	8	12,903	
	5	0,212	0,220	8	10,692	
	6	0,212	0,220	8	10,692	

Tab. A15 Fortsetzung.

Taxon	Landschaftselement-Klassen	Cutpoint	Pseudo-R <sup>2</sup>	p	df	Chi-Quadrat
COCCGES	Ackerland + Gartenland + Grünland	1	0,086	0,667	7	4,943
		2	0,119	0,441	7	6,880
		3	0,078	0,746	7	4,292
		4	0,110	0,561	7	5,820
		5	0,176	0,242	7	9,148
		6	0,178	0,246	7	9,092
	Einzelgebäude + (Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche)	1	0,086	0,177	3	4,936
		2	0,125	0,065	3	7,217
		3	0,136	0,054	3	7,662
		4	0,167	0,029	3	9,017
		5	0,129	0,087	3	6,578
		6	0,135	0,080	3	6,769
	Wald/Forst + Gehölz	1	0,038	0,539	3	2,163
		2	0,056	0,369	3	3,154
		3	0,006	0,953	3	0,335
		4	0,005	0,969	3	0,250
		5	0,020	0,810	3	0,964
		6	0,034	0,654	3	1,626
	Fließgewässer/Stillgewässer	1	0,044	0,117	1	2,455
		2	0,021	0,283	1	1,153
		3	<0,001	0,871	1	0,026
		4	0,005	0,597	1	0,280
		5	<0,001	0,905	1	0,014
		6	<0,001	0,896	1	0,017
Gesamt (Haupteffekte)	1	0,218	0,105	8	13,215	
	2	0,268	0,036	8	16,487	
	3	0,194	0,193	8	11,159	
	4	0,232	0,115	8	12,903	
	5	0,201	0,229	8	10,55	
	6	0,222	0,177	8	11,466	

**Tab. A16** Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode für die Ermittlung der Bedeutung unterschiedlicher Landschaftselement-Klassen (erste Zusammenfassung = grob, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die Spinatfelder für die nachgewiesenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) für das Gesamtmodell (Modell 1) und für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell (Modell 4) aufgelistet [Beta = standardisierter Regressionskoeffizient; p = Absicherung des Beta-Regressionskoeffizienten gegen Null ( $p < 0,05$ ); Korr.  $R^2$  = korrigiertes R-Quadrat;  $R^2$  = unkorrigiertes R-Quadrat;  $p^*$  = Ergebnis der Varianzanalyse (ANOVA) für das Gesamtmodell (Signifikanz bei  $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korr. $R^2$	$R^2$	df	F	$p^*$
AG	2001-										
	2003	1	Nutzfläche	-0,22	-1,01	0,31	-0,03	0,02	85	0,36	0,84
			Linienhafte Vegetationsstrukturen	0,01	0,08	0,94					
			Siedlung	-0,1	-0,73	0,47					
			Wald	-0,16	-0,75	0,46					
		4	Nutzfläche	-0,09	-0,83	0,41	<0,01	0,01	85	0,69	0,41
AFKOLO	2001-										
	2003	1	Nutzfläche	-0,16	-0,85	0,4	-0,02	0,02	95	0,49	0,75
			Linienhafte Vegetationsstrukturen	-0,12	-0,98	0,33					
			Siedlung	-0,02	-0,16	0,87					
			Wald	-0,22	-1,09	0,28					
		4	Wald	-0,08	-0,76	0,45	0	0,01	95	0,58	0,45
BLLGES	2001-										
	2003	1	Nutzfläche	-0,29	-1,54	0,13	-0,01	0,03	95	0,68	0,61
			Linienhafte Vegetationsstrukturen	-0,06	-0,46	0,64					
			Siedlung	-0,04	-0,31	0,76					
			Wald	-0,29	-1,43	0,16					
		4	Nutzfläche	-0,06	-0,62	0,54	-0,01	<0,01	95	0,38	0,54
CS	2001-										
	2003	1	Nutzfläche	-0,13	-0,72	0,47	0,03	0,07	95	1,68	0,16
			Linienhafte Vegetationsstrukturen	-0,06	-0,49	0,63					
			Siedlung	0,23	1,72	0,09					
			Wald	-0,1	-0,53	0,6					
		4	Siedlung	0,25	2,5	0,01	0,05	0,06	95	6,24	0,01
COCCGES	2001-										
	2003	1	Nutzfläche	-0,13	-0,72	0,47	0,02	0,06	95	1,47	0,22
			Linienhafte Vegetationsstrukturen	-0,07	-0,56	0,57					
			Siedlung	0,22	1,6	0,11					
			Wald	-0,11	-0,55	0,58					
		4	Siedlung	0,23	2,31	0,02	0,04	0,05	95	5,32	0,02

Tab. A17 Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode für die Ermittlung der Bedeutung unterschiedlicher Landschaftselement-Klassen (zweite Zusammenfassung = detailliert, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die Spinatfelder für die nachgewiesenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) für das Gesamtmodell (Modell 1) und für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell (Modell 4) aufgelistet [Beta = standardisierter Regressionskoeffizient; p = Absicherung des Beta-Regressionskoeffizienten gegen Null ( $p < 0,05$ ); Korr.  $R^2$  = korrigiertes R-Quadrat;  $R^2$  = unkorrigiertes R-Quadrat;  $p^*$  = Ergebnis der Varianzanalyse (ANOVA) für das Gesamtmodell (Signifikanz bei  $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korr. $R^2$	$R^2$	df	F	p
AG	2001- 2003	1	Ackerland	-0,01	-0,05	0,96	-0,07	0,07	85	0,52	0,88
			Bäume/Büsche/Hecke	0,01	0,07	0,94					
			Gartenland	0,01	0,07	0,95					
			Gehölz	-0,04	-0,35	0,73					
			Grünland	-0,10	-0,73	0,46					
			Wald/Forst	-0,02	-0,12	0,91					
			Einzelgebäude	0,14	1,14	0,26					
			Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	-0,13	-0,90	0,37					
			Randstreifen	0,06	0,49	0,62					
			Verkehrswege	0,10	0,64	0,52					
			Fließgewässer/Stillgewässer	-0,04	-0,33	0,74					
			11 Einzelgebäude	0,17	1,62	0,11	0,02	0,03	85	2,62	0,11
			BLLGESKOLO	2001- 2003	1	Ackerland	-0,28	-1,52	0,13	0,03	0,14
Bäume/Büsche/Hecke	-0,08	-0,72				0,47					
Gartenland	-0,01	-0,12				0,91					
Gehölz	-0,14	-1,33				0,19					
Grünland	0,02	0,13				0,89					
Wald/Forst	-0,20	-1,09				0,28					
Einzelgebäude	-0,02	-0,15				0,88					
Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	-0,02	-0,14				0,89					
Randstreifen	0,28	2,58				0,01					
Verkehrswege	-0,17	-1,27				0,21					
Fließgewässer/Stillgewässer	0,00	-0,01				0,99					
11 Randstreifen	0,28	2,81				0,01	0,07	0,08	95	7,89	0,01
AFKOLO	2001- 2003	1				Ackerland	-0,15	-0,81	0,42	-0,08	0,05
			Bäume/Büsche/Hecke	-0,05	-0,41	0,68					
			Gartenland	-0,02	-0,22	0,83					
			Gehölz	0,03	0,27	0,79					
			Grünland	-0,05	-0,35	0,72					
			Wald/Forst	-0,13	-0,65	0,51					
			Einzelgebäude	-0,10	-0,85	0,40					

Tab. A17 Fortsetzung.

AFKOLO		Industrie-/Gewerbefläche +										
		Wohnfläche + Hoffläche		0,07	0,46	0,65						
		Randstreifen		0,07	0,58	0,56						
		Verkehrswege		-0,15	-1,06	0,29						
		Fließgewässer/Stillgewässer		-0,02	-0,17	0,86						
		11	Verkehrswege	-0,09	-0,87	0,39	0,00	0,01	95	0,75	0,39	
CS		2001-										
		2003	1	Ackerland	-0,06	-0,30	0,76	-0,03	0,09	95	0,76	0,68
				Bäume/Büsche/Hecke	0,00	0,01	0,99					
				Gartenland	0,09	0,82	0,41					
				Gehölz	-0,06	-0,54	0,59					
				Grünland	0,03	0,26	0,79					
				Wald/Forst	0,00	0,02	0,98					
				Einzelgebäude	0,09	0,74	0,46					
				Industrie-/Gewerbefläche+								
				Wohnfläche+Hoffläche	0,22	1,50	0,14					
				Randstreifen	0,03	0,30	0,76					
				Verkehrswege	-0,05	-0,34	0,73					
				Fließgewässer/Stillgewässer	-0,07	-0,59	0,56					
				Industrie-/Gewerbefläche+								
		11	Wohnfläche+Hoffläche	0,23	2,31	0,01	0,05	0,07	95	6,31	0,01	
COCCGES		2001-										
		2003	1	Ackerland	-0,04	-0,22	0,83	-0,03	0,08	95	0,71	0,73
				Bäume/Büsche/Hecke	0,00	-0,02	0,99					
				Gartenland	0,11	0,97	0,34					
				Gehölz	-0,06	-0,57	0,57					
				Grünland	0,02	0,19	0,85					
				Wald/Forst	0,01	0,06	0,95					
				Einzelgebäude	0,09	0,75	0,46					
				Industrie-/Gewerbefläche+								
				Wohnfläche+Hoffläche	0,20	1,38	0,17					
				Randstreifen	0,03	0,28	0,78					
				Verkehrswege	-0,04	-0,29	0,78					
				Fließgewässer/Stillgewässer	-0,08	-0,70	0,48					
				Industrie-/Gewerbefläche+								
		11	Wohnfläche+Hoffläche	0,23	2,31	0,02	0,04	0,06	95	5,35	0,02	

**Tab. A18** Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode für die Ermittlung der Bedeutung unterschiedlicher Landschaftselement-Klassen (dritte Zusammenfassung = Nutzfläche, Tab. 7.1) im 600 m Radius um die Spinatfelder für die nachgewiesenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) für das Gesamtmodell (Modell 1) und für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell (Modell 4) aufgelistet [Beta = standardisierter Regressionskoeffizient; p = Absicherung des Beta-Regressionskoeffizienten gegen Null ( $p < 0,05$ ); Korri.  $R^2$  = korrigiertes R-Quadrat;  $R^2$  = unkorrigiertes R-Quadrat;  $p^*$  = Ergebnis der Varianzanalyse (ANOVA) für das Gesamtmodell (Signifikanz bei  $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korri. $R^2$	$R^2$	df	F	p
AG	2001-	1									
	2003	1	Beerenfrüchte	0,07	0,54	0,59	-0,02	0,11	85	0,87	0,57
			Friedhof + Grünanlage	0,12	1,02	0,31					
			Gemüse	0,02	0,15	0,88					
			Getreide	0,09	0,64	0,52					
			Hackfrüchte	0,11	0,78	0,44					
			Kräuter	0,02	0,18	0,86					
			Mais	0,07	0,62	0,53					
			Obstgarten + Ziergarten + Gärtnerei	-0,10	-0,84	0,40					
			Ölfrüchte	-0,11	-0,95	0,34					
			Weide	-0,17	-1,48	0,14					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	0,15	1,10	0,27					
	11	Weide	-0,21	-2,01	0,05	0,03	0,06	85	4,05	0,05	
AFKOLO	2001-	1									
	2003	1	Beerenfrüchte	-0,05	-0,36	0,72	-0,08	0,05	95	0,38	0,96
			Friedhof + Grünanlage	-0,04	-0,30	0,76					
			Gemüse	-0,04	-0,32	0,75					
			Getreide	-0,01	-0,05	0,96					
			Hackfrüchte	0,13	1,00	0,32					
			Kräuter	-0,09	-0,76	0,45					
			Mais	0,04	0,32	0,75					
			Obstgarten + Ziergarten + Gärtnerei	0,06	0,52	0,61					
			Ölfrüchte	-0,02	-0,16	0,87					
			Weide	-0,06	-0,48	0,63					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	0,18	1,44	0,15					
	11	Wiese + Golfplatz + Sportplatz	0,12	1,19	0,24	0,00	0,01	95	1,42	0,24	
BLLGESKOLO	2001-	1									
	2003	1	Beerenfrüchte	0,06	0,49	0,62	-0,08	0,05	95	0,38	0,96
			Friedhof + Grünanlage	0,00	0,03	0,97					
			Gemüse	-0,03	-0,25	0,81					
			Getreide	-0,09	-0,69	0,49					
Hackfrüchte	0,09	0,68	0,50								
Kräuter	-0,14	-1,21	0,23								

Tab. A18 Fortsetzung.

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korri. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	df	F	p
BLLGESKOLO			Mais	-0,01	-0,07	0,94					
			Obstgarten + Ziergarten +								
			Gärtnerei	0,02	0,14	0,89					
			Ölfrüchte	0,05	0,44	0,66					
			Weide	0,06	0,55	0,58					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	0,08	0,65	0,52					
		11	Kräuter	-0,13	-1,29	0,20	0,01	0,02	95	1,67	0,20
CS	2001-										
	2003	1	Beerenfrüchte	0,09	0,76	0,45	0,03	0,14	95	1,29	0,25
			Friedhof + Grünanlage	0,17	1,51	0,14					
			Gemüse	-0,03	-0,24	0,81					
			Getreide	-0,10	-0,77	0,45					
			Hackfrüchte	-0,20	-1,64	0,11					
			Kräuter	0,14	1,29	0,20					
			Mais	-0,08	-0,72	0,48					
			Obstgarten + Ziergarten +								
			Gärtnerei	-0,04	-0,35	0,72					
			Ölfrüchte	-0,08	-0,72	0,47					
			Weide	0,13	1,20	0,23					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	-0,24	-1,96	0,05					
			9	Friedhof + Grünanlage	0,24	2,40	0,02				
			Hackfrüchte	-0,17	-1,68	0,10					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	-0,21	-2,01	0,05	0,07	0,11	95	3,28	0,02
COCCGES	2001-										
	2003	1	Beerenfrüchte	0,08	0,71	0,48	0,03	0,14	95	1,26	0,26
			Friedhof + Grünanlage	0,18	1,51	0,13					
			Gemüse	-0,03	-0,23	0,82					
			Getreide	-0,08	-0,63	0,53					
			Hackfrüchte	-0,19	-1,55	0,12					
			Kräuter	0,14	1,30	0,20					
			Mais	-0,09	-0,81	0,42					
			Obstgarten + Ziergarten +								
			Gärtnerei	-0,02	-0,20	0,84					
			Ölfrüchte	-0,08	-0,75	0,46					
			Weide	0,12	1,10	0,27					
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	-0,24	-2,02	0,05					
			10	Friedhof + Grünanlage	0,23	2,30	0,02				
			Wiese + Golfplatz + Sportplatz	-0,18	-1,74	0,08	0,10	0,07	95	3,63	0,03

Tab. A19 Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode für die Ermittlung der Bedeutung unterschiedlicher Landschaftselement-Klassen (erste Zusammenfassung = grob, Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder für die nachgewiesenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) für das Gesamtmodell (Modell 1) und für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell (Modell 4) aufgelistet [Beta = standardisierter Regressionskoeffizient; p = Absicherung des Beta-Regressionskoeffizienten gegen Null ( $p < 0,05$ ); Korr.  $R^2$  = korrigiertes R-Quadrat;  $R^2$  = unkorrigiertes R-Quadrat;  $p^*$  = Ergebnis der Varianzanalyse (ANOVA) für das Gesamtmodell (Signifikanz bei  $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korr. $R^2$	$R^2$	df	F	p
AG	2001- 2003	1	Nutzfläche	-0,03	-0,16	0,88	<0,01	0,06	66	1,04	0,39
			Linienhafte								
				Vegetationsstrukturen	-0,14	-1,06	0,30				
				Siedlung	0,24	1,54	0,13				
				Wald	0,11	0,49	0,62				
			4	Siedlung	0,18	1,44	0,16	0,02	0,03	66	2,06
AFKOLO	2001- 2003	1	Nutzfläche	-0,25	-1,24	0,22	-0,01	0,05	73	0,87	0,48
			Linienhafte								
				Vegetationsstrukturen	0,16	1,34	0,18				
				Siedlung	-0,23	-1,51	0,14				
				Wald	-0,29	-1,33	0,19				
			4	Linienhafte							
			Vegetationsstrukturen	0,12	0,99	0,33	0,00	0,01	73	0,97	0,33
BLLGESKOLO	2001- 2003	1	Nutzfläche	-0,38	-1,89	0,06	0,02	0,08	73	1,45	0,23
			Linienhafte								
				Vegetationsstrukturen	0,17	1,42	0,16				
				Siedlung	-0,27	-1,74	0,09				
				Wald	-0,46	-2,16	0,03				
			4	Wald	-0,09	-0,78	0,44	-0,01	0,01	73	0,61
CS	2001- 2003	1	Nutzfläche	0,03	0,12	0,90	-0,04	0,01	73	0,25	0,91
			Linienhafte								
				Vegetationsstrukturen	0,02	0,20	0,84				
				Siedlung	0,13	0,81	0,42				
				Wald	0,04	0,19	0,85				
			4	Siedlung	0,11	0,98	0,33	<0,01	0,01	73	0,96
COCCGES	2001- 2003	1	Nutzfläche	0,05	0,22	0,83	-0,04	0,01	73	0,23	0,92
			Linienhafte								
				Vegetationsstrukturen	0,01	0,09	0,93				
				Siedlung	0,13	0,82	0,41				
				Wald	0,05	0,22	0,83				
			4	Siedlung	0,11	0,94	0,35	<0,01	0,01	73	0,88

**Tab. A20** Ergebnisse der multiplen Regression nach der Rückwärts-Methode für die Ermittlung der Bedeutung unterschiedlicher Landschaftselement-Klassen (zweite Zusammenfassung = detailliert, Tab. 7.2) im 1.200 m-Radius um die Spinatfelder für die nachgewiesenen Schad- und Nutzarthropoden-Taxa. Es werden die auf den jeweiligen Wertebereich standardisierten Regressionskoeffizienten (Beta) für das Gesamtmodell (Modell 1) und für die wichtigste unabhängige Variable im besten Modell (Modell 4) aufgelistet [Beta = standardisierter Regressionskoeffizient; p = Absicherung des Beta-Regressionskoeffizienten gegen Null ( $p < 0,05$ ); Korr.  $R^2$  = korrigiertes R-Quadrat;  $R^2$  = unkorrigiertes R-Quadrat;  $p^*$  = Ergebnis der Varianzanalyse (ANOVA) für das Gesamtmodell (Signifikanz bei  $p < 0,05$ )] (zur Erläuterung der Abkürzungen siehe Kapitel 7, Seite 206).

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korri. $R^2$	$R^2$	df	F	p	
AG	2001- 2003	1	Ackerland	-0,07	-0,38	0,70	-0,04	0,09	66	0,68	0,71	
			Einzelgebäude	-0,16	-1,15	0,25						
				Fließgewässer/Stillgewässer	-0,18	-1,23	0,22					
				Gartenland	0,02	0,15	0,88					
				Gehölz	0,02	0,14	0,89					
				Grünland	0,02	0,13	0,90					
				Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,25	1,55	0,13					
				Wald/Forst	0,12	0,54	0,59					
			8	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,18	1,44	0,16	0,02	0,03	66	2,07	0,16
	AFKOLO	2001- 2003	1	Ackerland	-0,20	-1,01	0,32	-0,06	0,05	73	0,46	0,88
Einzelgebäude				-0,07	-0,55	0,58						
				Fließgewässer + Stillgewässer	0,18	1,31	0,19					
				Gartenland	-0,10	-0,67	0,51					
				Gehölz	-0,04	-0,31	0,76					
				Grünland	-0,06	-0,44	0,66					
				Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	-0,17	-1,02	0,31					
				Wald/Forst	-0,25	-1,06	0,29					
			8	Fließgewässer/Stillgewässer	0,12	0,99	0,33	<0,01	0,01	73	0,97	0,33
BLLGESKOLO		2001- 2003	1	Ackerland	-0,29	-1,49	0,14	-0,01	0,10	73	0,87	0,55
	Einzelgebäude			0,03	0,24	0,81						
				Fließgewässer/Stillgewässer	0,25	1,82	0,07					
				Gartenland	-0,16	-1,14	0,26					
				Gehölz	-0,12	-0,88	0,38					
				Grünland	-0,16	-1,13	0,26					
				Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	-0,19	-1,13	0,26					
				Wald/Forst	-0,44	-1,96	0,05					
			8	Fließgewässer/Stillgewässer	0,11	0,93	0,35	<0,01	0,01	73	0,87	0,35

Tab. A20 Fortsetzung.

Taxon	Jahr	Model	Landschaftselement-Klassen	Beta	T	p	Korr. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	df	F	p	
CS	2001- 2003	1	Ackerland	0,09	0,43	0,67	-0,07	0,04	73	0,31	0,96	
			Einzelgebäude	0,12	0,87	0,39						
				Fließgewässer/Stillgewässer	0,07	0,50	0,62					
				Gartenland	-0,03	-0,17	0,86					
				Gehölz	-0,09	-0,64	0,53					
				Grünland	0,00	0,03	0,98					
				Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,17	0,97	0,34					
				Wald/Forst	0,08	0,33	0,75					
			8	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,11	0,98	0,33	<0,01	0,01	73	0,96	0,33
	COCCGES	2001- 2003	1	Ackerland	0,11	0,58	0,57	-0,08	0,04	73	0,30	0,96
Einzelgebäude				0,12	0,89	0,38						
				Fließgewässer/Stillgewässer	0,06	0,41	0,68					
				Gartenland	-0,03	-0,17	0,86					
				Gehölz	-0,07	-0,54	0,59					
				Grünland	-0,02	-0,14	0,89					
				Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,17	0,97	0,34					
				Wald/Forst	0,08	0,33	0,75					
			8	Industrie-/Gewerbefläche + Wohnfläche + Hoffläche	0,11	0,94	0,35	<0,01	0,01	73	0,88	0,35

## **DANKSAGUNG**

Für die Überlassung des Themas, die hervorragenden Arbeitsbedingungen am Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz und wertvolle Diskussionen danke ich Prof. Dr. Hans-Michael Poehling.

Mein besonderer Dank gilt Dr. Rainer Meyhöfer für die hervorragende Betreuung, seine stete Diskussions- und Hilfsbereitschaft, die große Geduld und Freundschaft.

Herrn Dr. Volker Schick, Herrn Hansjörg Komnik, Herrn Bernd Schröder, Herrn Oliver Wiegand und Frau Claudia Gülke der Sourcing Unit Reken (Unilever) danke ich für die hervorragenden Arbeitsbedingungen, die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre und Hilfsbereitschaft sowie für die vielen wertvollen Diskussionen.

Mein Dank gilt auch den Spinatanbauern im westlichen Münsterland für ihre große Kooperationsbereitschaft und das gezeigte Interesse an meiner Arbeit.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, insbesondere Oliver Berndt, Jürgen Wiethoff, Peter Hondelmann, Maren Langhof, Gunda Thöming und Andreas Olsowski, danke ich für ihre Freundschaft, Gesprächs- und Hilfsbereitschaft.

Herrn Uwe Manzke danke ich für das Korrekturlesen und die wertvollen Kommentare.

Allen Freunden, die bisher noch nicht namentlich genannt wurden, danke ich für ihre Geduld und Unterstützung in allen Lebenslagen.

Ganz besonders möchte ich mich bei Ilka Ottleben für ihre große Geduld sowie ihre seelische und praktische Unterstützung bedanken.

Meinen Eltern danke ich für ihre Unterstützung während aller Stationen meines Lebens.

## PUBLIKATIONEN

MEYHÖFER, R. & T. KLUG (2002) Intraguild predation on the aphid parasitoid *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym., Aphidiidae): Mortality risks and behavioral decisions made under the risk of predation. *Biol. Control*, 25, 239-248.

KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2003) Schadinsekten in Spinatkulturen: Strategien für einen nachhaltigen Pflanzenschutz. *Gemüse*, 3, 20-22.

KLUG, T., GATHMANN, A., POEHLING, H.-M. & R. MEYHÖFER (2003) Area-dependent effects of landscape structure on the colonisation of spinach cultures by the silver Y moth (*Autographa gamma* (L.)), Lepidoptera: Noctuidae) in Western Germany. *Landscape Management for Functional Biodiversity, IOBC/WPRS Bull. Vol. 26(4)*, 77-82.

## TAGUNGSBEITRÄGE

### Vorträge

SCHILDNECHT, K., KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2002): Untersuchungen zur Eignung von Trichogrammatiden zur Bekämpfung der Gammaeule. - 21. Tagung des Arbeitskreises Nutzarthropoden und entomopathogene Nematoden (DPG) in Veitshöchheim.

KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2002): Sind Pheromonfallen geeignet für eine Befallsprognose von *Autographa gamma*? 53. Deutsche Pflanzenschutz-Tagung in Bonn.

SCHILDKNECHT, K., KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2003): Untersuchungen zur Eignung von Trichogrammatiden zur Bekämpfung der Gammaeule an Spinat. XVII. Entomologentagung in Halle (DgaaE).

KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2003): Die Gammaeule (*Autographa gamma* (L.); Lepidoptera: Noctuidae) in der Agrarlandschaft: Besiedlung von Spinatkulturen. XVII. Entomologentagung in Halle (DgaaE).

KLUG, T., GATHMANN, A., POEHLING, H.-M. & R. MEYHÖFER (2003): Area-dependent effects of landscape structures on colonisation of spinach fields by *Autographa gamma* (L.). GfÖ Annual Conference, Biodiversity - from pattern to processes, Halle (Germany).

KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2003): Aus der Biologie für die Bekämpfung lernen – am Beispiel der Gammaeule als Spinatschädling. Ahlemer Gemüsebautag, Hannover.

KLUG, T., MEYHÖFER, R. & H.-M. POEHLING (2003): Einsatz von Trichogrammatiden zur Bekämpfung der Gammaeule im Spinat – Erfahrungen aus dem Freiland. 22. Tagung des Arbeitskreises Nutzarthropoden und entomopathogene Nematoden (DPG) in Hannover.

KLUG, T., POEHLING, H.-M. & R. MEYHÖFER (2005) Einsatz von Trichogrammatiden zur Bekämpfung der Gammaeule im Spinat – Erfahrungen aus Gewächshaus- und Freilandversuchen. XVIII. Entomologentagung in Dresden (DgaaE).

### **Posterdemonstrationen**

KLUG, T., MEYHÖFER, R. & H.-M. POEHLING (2001): Intraguild predation im System Blattlaus – Prädator – Parasitoid: Einfluss von Alternativbeute auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Parasitoide. XVI. Entomologentagung in Düsseldorf (DgaaE).

KLUG, T. & R. MEYHÖFER (2002): Schadinsekten in Spinatkulturen - Strategien für einen nachhaltigen Pflanzenschutz. 53. Deutsche Pflanzenschutztagung in Bonn.

KLUG, T., GATHMANN, A., POEHLING, H.-M. & R. MEYHÖFER (2003): Area-dependent effects of landscape structure on the colonisation of spinach cultures by the silver Y moth (*Autographa gamma* (L.), Lepidoptera: Noctuidae) in Western Germany. IOBC study group Landscape management for functional biodiversity Bologna (Italy).

KLUG, T., GATHMANN, A., POEHLING, H.-M. & R. MEYHÖFER (2004): Neue Pflanzenschutzstrategien auf Basis von Geographischen Informationssystemen (GIS). 54. Deutsche Pflanzenschutztagung in Hamburg.

## LEBENS LAUF

Name: Thomas Klug  
Geburtsdatum: 20.01.1974  
Geburtsort: Hameln  
Familienstand: ledig, keine Kinder

### Schulbildung

1980 – 1984 Grundschule Krähenwinkel  
1984 – 1986 Orientierungsstufe Brinker Schule  
1986 – 1993 Gymnasium Langenhagen,  
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

### Zivildienst

September 1993 –  
Oktober 1994 Niedersächsischen Landesamt für Ökologie (NLÖ),  
Abteilung: Naturschutz, Dezernat: Tierartenschutz

### Hochschulbildung

Oktober 1994 –  
Februar 2001 Diplomstudiengang Biologie an der Universität  
Hannover

Studienschwerpunkte: Zoologie (Entomologie), Ökologie, Hydrobiologie,  
Biophysik

Diplomarbeit: „Untersuchungen zur Auswirkung von Prädatoren  
als Mortalitätsfaktor für die Parasitoide *Aphidius  
colemani* und *Aphidius ervi* (Hymenoptera,  
Braconidae)“, am Institut für Pflanzenkrankheiten  
und Pflanzenschutz der Universität Hannover

### Berufstätigkeit

April 2001 –  
Januar 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter (Doktorand) am  
Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz  
der Universität Hannover

April 2005 – wissenschaftlicher Angestellter am Institut für  
Pflanzenschutz im Gartenbau der Biologischen  
Bundesanstalt Braunschweig

Juni 2005 – wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für  
Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der  
Universität Hannover

**Auslandsaufenthalt**

September 1998 –  
Juli 1999

Studium der „Tropischen Biologie“ im Rahmen des vom Deutschen Akademischen Auslandsdienstes (DAAD) geförderten Integrierten Auslandsstudiums an der Universidad Nacional in Heredia, Costa Rica