Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege

Laufen/Salzach

Beiheft 3, Teil 2
zu den
Berichten

Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken

Beiheft 3, Teil 2
zu den Berichten der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege

Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken

von
Helmut Zwölfer
Gerhard Bauer
Gerd Heusinger
Dirk Stechmann
Lehrstuhl Tierökologie der Universität Bayreuth
Leiter: Prof. Dr. Helmut Zwölfer

Mit Beiträgen von Anne Stahl, Peter Hartmann, Monika Paintner, Peter Fischer, Roland Fischer, Horst Möller und Nikolaus Lange

Herausgeber:
Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
Postfach 1261 8229 Laufen/Salzach Telefon 08682/7097-7098

1984

ISSN 0720-9436
ISBN 3-924374-10-4

Seite

1 Ziele und Grundlagen der Arbeit . 7
1.1 Hecken in tierökologischer Sicht: Stand der Forschung 7
1.2 Fragestellungen unseres Forschungsprojekts 7
1.2.1 Untersuchungsgegenstand und Leistungsumfang 7
1.2.2 Schwerpunkte des Forschungsprojekts . 8
1.3 Beobachtungsareale und Arbeitsmethoden 8
1.3.1 Beobachtungsgebiete und Heckentypen 8
1.3.2 Untersuchungsmethoden 10
2 Wissenschaftliche Ergebnisse 12
2.1 Einführung: Hecken als ökologische Systeme 12
2.1.1 Kurze Charakterisierung des Systems »Hecke« 12
2.1.2 Untersuchungsschwerpunkte 13
2.2 Übersicht über die wissenschaftlichen Ergebnisse 13
2.2.1 Ökologisch-faunistische Bestandsaufnahme 13
2.2.2 Untersuchungen an einzelnen Gliedertiergruppen der Heckenfauna . 14
2.2.3 Untersuchungen an Vogel- und Säugerarten . 15
2.2.4 Untersuchungen an biozönotischen Komplexen . 16
2.2.5 Konsum von Blattbiomasse und Sekundärproduktion . 17
3 Schlußfolgerung für die Praxis der Landschaftspflege und für den Integrierten Pflanzenschutz . 17
3.1 Die tierökologische Bewertung von Hecken im Rahmen der Landschaftspflege und des Naturschutzes 17
3.1.1 Die ausgewählten Bewertungskriterien 18
3.1.2 Die untersuchten Parameter 19
3.1.2.1 Isolationsgrad der Gehölzarten 19
3.1.2.2 Alter der Gehölze . 19
3.1.2.3 Altersklassenmischung der Gehölze . 20
3.1.2.4 Umfang der Einzelhecken . 20
3.1.2.5 Flächendichte der Hecken . 21
3.1.2.6 Gehölzartenzahl: Hauptarten . 22
3.1.2.7 Gesamtgehölzartenzahl . 22
3.1.2.8 Heckenumland 23
3.1.2.9 Pflegezustand 24
3.1.3 Vergleichende Bewertung von Hecken und ähnlichen Vegetationsformen . 24
3.1.4 Entwurf eines Punktesystems zur »Schnellbewertung« von Hecken 24
3.1.4.1 Der Gehölzartenfaktor 25
3.1.4.2 Der Altersklassenfaktor . 26
3.1.4.3 Der Flächendichtefaktor 26
3.1.4.4 Anwendungsbeispiele 27
3.1.5 Ein tierökologisches Minimalprogramm zur Erfassung von Heckenökosystemen . 27
3.2 Die Bewertung von Hecken im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes . 28
3.2.1 Vorbemerkungen . 28
3.2.2 Grundsätzliches zur Rolle der Hecken im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes . 28
3.2.3 Hecken als Lebensraum von Nutzarthropoden 29
3.2.3.1 Parasitische Hymenopteren und Dipteren . 29
3.2.3.2 Marienkäfer (Coleoptera: Coccinellidae) 31
3.2.3.3 Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) . 32
3.2.3.4 Netzflügler (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae) 33
3.2.3.5 Wanzen (Heteroptera) 33
3.2.4 Hecken und Schadorganismen 34
3.2.5 Schlußfolgerungen 35
3.3 Zusammenfassung 36
4 Kontakte zu anderen Institutionen – Danksagungen – . 37

ANHANG 1

1 Methodik, Ergebnisse des Klopfproben-Programms (D. Stechmann) 38
1.1 Versuchsdurchführung 38
1.2 Aufschlüsselung der Fangergebnisse nach Arthropodengruppen 38
1.3 Entwicklung von Individuenzahl und Biomasse im Jahreslauf 39

2 Zur Phänologie ausgewählter Arthropodengruppen der Hecke . 41
2.1 Lepidopteren 41
2.2 Homoptera 42
2.3 Coleoptera: Curculionidae, Chrysomelidae 43
2.4 Tenthredinidae 44
2.5 Heteroptera: Anthocoridae, Miridae 44
2.6 Coleoptera: Coccinellidae, Cantharidae 44
2.7 Hymenoptera: Ichneumonidea und Chalcidoidea 45
2.8 Hymenoptera: Formicidae . 45
2.9 Dermaptera: Forficulidae 46
2.10 Arachnida 46
2.11 Dipteren 47

3 Die Erfassung von Lepidopteren – Larven an Schlehe und Weißdorn (W. Wolf) . 49

ANHANG 2

Einfluß des Alters und der räumlichen Verteilung von Weißdornbüschen auf Phytophage und ihre Parasiten (G. Bauer) 52

1 Fragestellung und Methode . 52

2 Ergebnisse 54

ANHANG 3

Einfluß von Alter und räumlicher Verteilung von Wildrosen auf den Wickler Notocelia roborana D. & S. und seine Parasiten (G. Bauer) 55

1 Fragestellung 55

2 Ergebnisse 55

ANHANG 4

Zur Populationsökologie einiger Insekten auf Wildrosen (G. Bauer) 58

1 Pardia tripunctana Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) 58
1.1 Biologie 58
1.2 Parasitenkomplex 58
1.3 Populationsdichte 58

2 Notocelia roborana Den. u. Schiff (Lepidoptera: Tortricidae) . 59
2.1 Biologie 59
2.2 Parasitenkomplex 59
2.3 Populationsdichte 60
2.4 Dichte der Parasiten . 60
2.5 Untersuchungen zur Dichteregulation von *Notocelia* 60
2.5.1 Mortalitätsfaktoren im Eistadium 60
2.5.2 Mortalitätsfaktoren im Larvenstadium . 60
2.5.3 Mortalitätsfaktoren im Puppen- und Imaginalstadium . 60

3 Platyptilia rhododactyla F. (Lepidoptera: Pterophoridae) . 62
3.1 Biologie 62
3.2 Parasitenkomplex 62
3.3 Parasitierungsgrad 63
3.4 Populationsdichte 63
3.5 Ausschlußversuche 63

4 Rhagoletis alternata Fall. (Diptera, Tephritidae) 64
4.1 Biologie 64
4.2 Parasitenkomplex 64
4.3 Populationsdichte 64
4.4 Intraspezifische Nahrungs- und Raumkonkurrenz 64

ANHANG 5

Untersuchungen zum Verhalten, zur Biologie und zur Populationsdynamik von Yponomeuta padellus (L.) auf der Schlehe (G. Heusinger, mit Beiträgen von R. Fischer)

1 Die Schlehe als Wirtspflanze von Y. padellus 67

1.1 Bedeutung der Schlehe für Hecken und Flurgehölze Nordbayerns . 67

1.2 Wirtspflanzenspezifität von *Y. padellus (L.)* 67

2 Besondere Verhaltensweisen, Bionomie und Phänologie von Y. padellus . 67

3 Untersuchungen zur Populationsdynamik der Gespinstmotte auf verschiedenen Standorten 69

3.1 Untersuchungsmethoden und Vergleichsstandorte . 69

3.2 Wirkung von Klimafaktoren auf *Y. padellus* 69

3.3 Bedeutung biotischer Faktoren 70

3.3.1 Prädatoren 70

3.3.2 Vögel . 71

3.3.3 Heteroptera 71

3.3.4 Formicidae 72

3.3.5 Weitere Prädatoren aus verschiedenen systematischen Gruppen 73

3.3.6 Parasiten und Krankheiten . 73

4 Der Parasitoidenkomplex von Y. padellus-Aufbau und Bedeutung des Gesamtkomplexes . 73

5 Untersuchungen an einzelnen Parasitoidenarten . 77

5.1 *Ageniaspis fuscicollis* Dahn. (Encyrtidae, Chalcidoidea) 77

5.2 *Diadegma armillatum* (Ichneumonidae) 77

5.3 *Eurysthaea scutellaris* (Diptera, Tachinidae) 80

5.4 *Tetrastichus evonymellae* (Chalcidoidea) 80

5.5 *Itoplectis maculator* 80

5.6 *Pimpla (Coccygomimus) turionellae* 80

5.7 *Herpestomus brunneicornis* 80

5.8 Die Hyperparasiten und ihr Einfluß auf die Puppenparasiten 81

6 Verbreitung und Wirksamkeit des Parasitoidkomplexes von Y. padellus im Untersuchungsgebiet . 82

7 Wechselwirkungen zwischen Y. padellus und ihrer Wirtspflanze . 83

ANHANG 6

Faunistisch-ökologische Analyse ausgewählter Arthropoden-Gruppen 85

1 Zur Ökologie der in den Hecken auftretenden Vertreter der Rüsselkäfergattungen Phyllobius und Polydrosus (A. Stahl) 85

1.1 Auswertung der Klopfproben . 85

1.2 Eklektorfänge am Weinberg 85

1.3 Fraßversuche 87

2 Ökologische Übersicht über die Wanzenfauna der Hecken (H. Zwölfer) 88

2.1 Die Artenliste (Gesamtfauna) 88

2.2 Wanzenarten an Schlehe, Weißdorn und Wildrose . 88

2.3 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung 91

3 Ökologische Übersicht über die Spinnen und Weberknechte der Hecke (P. Hartmann) 92

3.1 Das Artenspektrum 92

3.2 Dominanzgefüge 93

3.3 Zur Phänologie und Populationsdynamik der Spinnen . 94

3.4 Besiedlungspräferenzen der Spinnen auf verschiedenen Heckengehölzen 95

4 Untersuchungen an in Hecken und Obstgärten an Rosaceen lebenden Blattminierern (M. Paintner) 95

4.1 Artenspektrum 96

4.2 Phaenologie 97

4.3 Wirtsspezifität . 97

4.4 Habitatwahl 97

4.5 Ressourcennutzung und Populationsregelung 97

5 Untersuchungen an in Hecken und ihrem Umland lebenden Panorpa-Arten (Mecoptera) (P. Fischer) . 97

5.1 Artenspektrum 97

5.2 Habitatbindung und Nischenbreite 97

5.3 Nahrungsspektrum 98

6 Untersuchungen über die Ökologie von Forficuliden (Dermatera) in Feldhecken (H. Möller) 98
6.1 Arten, Habitatwahl und Phaenologie 98
6.2 Nahrungsspektrum 98
6.3 Bedeutung von F. auricularia für den Integrierten Pflanzenschutz . 98

ANHANG 7
Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete (G. Heusinger) 99
1 Vorbemerkungen 99
1.1 Vogelbestände als ökologische Kenngrößen 99
1.2 Bestandsaufnahmen 1977 – 1980 im Gebiet um Bayreuth 99
2 Zur Methodik 100
2.1 Untersuchungsareale (Kurzcharakterisierung) 102
3 Die Buschbrüterarten und ihre Beziehungen zu den Hecken . 102
3.1 Nistplatzpräferenzen 102
3.2 Einfluß des Nahrungsangebotes 108
4 Der Vogelbestand in Abhängigkeit von Heckentyp und Areal 108
4.1 Datenvergleich 1977 – 1980 für ein Untersuchungsareal . 108
4.2 Diversität und Evenness 109
4.3 Nestdichte und Biotopcharakter 112
5 Beobachtungen von weiteren Vogelarten in Heckengebieten . 114
6 Einfluß von Umland und Heckennutzung 116
6.1 Die Rolle des Umlandes 116
6.2 Heckennutzung und Brutvogelbestand . 116
7 Diskussion 118
7.1 Vergleich der Ergebnisse mit Literaturdaten . 118
7.2 Heckenmanagement und Vogelschutz 120
Zusammenfassung 121

ANHANG 8
Wildspurendichte und Wildverbiß im Heckenbereich (G. Heusinger und H. Zwölfer) . 123
1 Beobachtungsgebiete und beobachtete Arten . 123
2 Quantitative Auswertung: Spuren-Strecken-Kartierung 124
3 Quantitative Auswertung: Spurendichte . 124
3.1 Methodik 124
3.2 Ergebnisse 124
4 Quantitative Auswertung: Wildverbiß 125
4.1 Fragestellung und Methodik 125
4.2 Ergebnisse 125
5 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung . 126

ANHANG 9
Analyse des Blatt-Biomasse-Konsums an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen durch phytophage Insekten (N. Lange) . 127
1 Einführung 127
2 Untersuchungsgebiete und Methodik 127
3 Ergebnisse 128
3.1 Überblick über die wichtigsten Phyllophagen . 128
3.2 Das apparente Fraßbild . 128
3.3 Der relative Fraßanteil im Jahresverlauf 128
3.4 Korrektur des »Wachstumseffekts«, der reale Konsum 129
4 Erörterung der Ergebnisse 131
4.1 Vergleich mit Literaturangaben 131
4.2 Andere Konsumenten-Gruppen an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen . 131
4.3 Fraßbelastung durch phytophage Insekten an anderen Heckenpflanzen . 131

4.4 Auswirkungen auf die Pflanzen 131
4.5 Kritische Anmerkungen 131
4.6 Zum Energiefluß im Hecken-Ökosystem 133
4.7 Geltungsbereich 133
5 Diskussion 133

ANHANG 10
Begründung der Bewertungszahlen für Heckengehölzarten 134

ANHANG 11
Aus Kleinschmetterlingen in Hecken gezogene Parasitoidenarten (Tabellen) 136

ANHANG 12
Heckenpflanzen als Wirte landwirtschaftlicher Schadorganismen (Tabellen) 140

ANHANG 13
Liste der verwendeten Fachbegriffe 144
Summary 147
Literaturverzeichnis 150

1 Ziele und Grundlagen der Arbeit

In den folgenden Abschnitten sollen die Gesamtproblematik, der Kenntnisstand und die spezielle Fragestellung unseres Projekts behandelt werden. Außerdem wird ein Überblick über die Durchführung der Arbeiten gegeben.

1.1 Hecken in tierökologischer Sicht: Stand der Forschung

Die vor rund 30 Jahren in Gang gekommene, umfassende Strukturwandlung der mitteleuropäischen Landwirtschaft hat zu einem stetigen Rückgang von Flurhecken und Feldgehölzen geführt. Diese vom Menschen geschaffenen und vielfältig genutzten Vegetationsformen stellen heute in weiten Gebieten lediglich noch ein Relikt aus der Zeit der bäuerlichen Subsistenzwirtschaft dar, in anderen Gegenden sind sie fast völlig verschwunden. Damit hat sich nicht nur das Landschaftsbild tiefgreifend geändert. Vom Rückgang der Hecken ist auch das Mikroklima, der Boden, die Vegetation und die Tierwelt betroffen.

Der Umstand, daß Flurhecken den Lebensraum für eine außerordentlich vielfältige Tierwelt abgeben, und daß die Erhaltung von Hecken damit für den zoologischen Artenschutz wesentlich ist, hat in den letzten 25 Jahren zu einer reichhaltigen zoologisch-faunistisch-ökologischen Literatur geführt. Für Mitteleuropa geben ROTTER und KNEITZ (1977), TISCHLER (1980) und BORCHERT (1980) einen Überblick über dieses Schrifttum. Das Buch »Hedges« (POLLARD et al., 1974) bringt neben vielen anderen Aspekten der Hecke auch eine umfassende Darstellung der Heckenfauna in England. Im französischen Raum sind in dem von C.N.R.S. herausgegebenen Werk »Les Bocages« (LEFEUVRE et al, 1976) eine Fülle von tierökologischen Daten über die Heckenfauna zusammengestellt.

Ein Teil der sich mit Heckentieren befassenden Literatur enthält faunistische Bestandsaufnahmen. Am vollständigsten wurden diese von TISCHLER (1948, 1958) durchgeführt, der in Schleswig-Holstein etwa 1200 Tierarten in Feldhecken nachweisen konnte. Neben Artenaufzählungen befassen sich verschiedene Autoren mit der Biotop-Bindung und den Ursprungshabitaten von Heckentieren. In anderen Veröffentlichungen werden Teile der Heckenfauna als Glieder einer Lebensgemeinschaft beschrieben. Relativ zahlreich sind schließlich die Arbeiten, die sich mit jeweils einer bestimmten, in der Hecke auftretenden Tiergruppe befassen: Vögel, Kleinsäuger, Laufkäfer und Wanzen sollen hier als Beispiele genannt werden. Daneben wurden von manchen Autoren bestimmte ökologische Gruppen, etwa Blütenbesucher, Arten der Bodenfauna oder die mit Gelbschalen erfaßbaren fliegenden Insekten im Bereich der Hecke untersucht. Auch der Einfluß von Feldhecken auf die Verteilung fliegender Kleininsekten wird in mehreren Publikationen dargestellt.

Insgesamt liegt ein umfangreiches, aber heterogenes Beobachtungsmaterial vor. Dieses beschränkt sich auf bestimmte geographische Gebiete. So gibt es etwa für den süddeutschen Raum praktisch keine Untersuchungen über die Heckenfauna. Es erschien daher sinnvoll, auch in diesem geographischen Bereich die Tierwelt der Hecken ökologisch zu erfassen.

Schwerwiegender ist der Umstand, daß die bislang publizierten Arbeiten über die Tierwelt der Hecken wenig Information enthalten, die für eine quantitative Systemanalyse verwendbar ist. So liegen keine Daten zur Produktionsökologie der Hecke vor. Es gibt keine Publikationen über den Jahresgang der Primär- und Sekundärproduktion, über die Relationen zwischen Individuenzahl bzw. Biomasse von Primär- und Sekundärproduktion, über die Nutzung der Blattmasse der Hecke oder über die Mechanismen, die das Populationsniveau phytophager Insekten steuern. Da die Kenntnis solcher Größen und Prozesse für ein Verständnis der Struktur und Funktion des ökologischen Systems »Feldhecke« unerläßlich ist, besteht hier ein ausgesprochener Bedarf an zusätzlichem pflanzen- und tierökologischen Datenmaterial.

Eine weitere Wissenslücke betrifft vergleichende Untersuchungen über die tierökologische Bedeutung unterschiedlicher Heckentypen. Wie wirken sich Flächendichte, Umfang, Gehölzzusammensetzung und Altersaufbau einer Hecke auf die Fauna aus? Beeinflußt der Isolationsgrad von Heckengehölzarten und die Größe einer Hecke das Ausmaß, in dem Sekundärkonsumenten als Begrenzungsfaktor von Primärkonsumenten auftreten? Bestehen Beziehungen zwischen der Struktur einer Hecke und der Artenmannigfaltigkeit von Phytophagen-Entomophagen-Systemen? Welche Eigenschaften einer Hecke führen zu einer maximalen Vogelnest-Dichte? Die vorliegende Literatur über die Tierwelt der Feldhecken beantwortet diese Fragen nur sehr unzureichend. Damit fehlt es an einer Handhabe zur tierökologischen Bewertung einer gegebenen Hecke. Ein begründetes Bewertungssystem wäre aber einerseits als Entscheidungshilfe bei Eingriffen in die Landschaft – etwa im Rahmen von Flurbereinigungsmaßnahmen – wichtig und würde andererseits die Neuanlage ökologisch ausgewogener Hecken erleichtern.

1.2 Fragestellungen unseres Forschungsprojekts

1.2.1 Untersuchungsgegenstand und Leistungsumfang

Der mit dem Landesamt für Umweltschutz (München) geschlossene Vertrag (15. 6. 1978) sah folgendes Rahmenprogramm vor: »Durch Bestandesaufnahmen und z. T. experimentelle Freilanduntersuchungen, die vorwiegend an phytophagen und entomophagen Insekten durchgeführt werden, sollen Phytophagen-Entomophagen-Komplexe innerhalb der Heckenvegetation erstellt und die ökologischen Regulationsvorgänge analysiert werden. Darauf aufbauend sollen tierökologische Wechselbeziehungen zwischen Flurgehölzen und ihrem Umland untersucht und beschrieben werden. Darüber hinaus sollen im Rahmen der Untersuchung praktikable Methoden zur »Schnellbewertung« von Hecken entwickelt und Schwellenwerte ökologischer Funktionen unterschiedlicher Hecken in verschiedenen Naturräumen, wie z. B.: Kritische Flächengrößen, Struktureigenschaften, Grenzen der Isolierbarkeit bzw. erforderliche Dichte bestimmter Heckentypen, soweit möglich in Form sogenannter »harter Zahlen« ermittelt werden.«

Im einzelnen waren von uns folgende Leistungen zu erbringen:

a) Aufbau einer Literaturdokumentation.

b) Aufstellung von Artenlisten der Heckenfauna anhand der vorliegenden Literatur.

c) Zusammenstellung von Bestimmungsliteratur, Kontakte mit taxonomischen Spezialisten.

d) Methodische Vorbereitungsarbeiten, Entwicklung eines für das Heckenprojekt geeigneten Fotoeklektors sowie verschiedener Fallenfangmethoden.

e) Felduntersuchungen zur Erfassung des Brutvogelbestandes in Hecken (Aufnahme der Nestdichte von Singvögeln in verschiedenen Heckentypen).

f) Eine entomologisch-faunistische Bestandsaufnahme unter Anwendung verschiedenartiger Methoden.

g) Aufbau einer Belegsammlung (trocken präparierte Insekten, Alkoholmaterial, Fraßstücke, fotographische Dokumentation) zur späteren Nutzung als Bestimmungshilfe.

h) Erprobung verschiedener Markierungstechniken zur Erfassung von Aktivitätsarealen, Flugdistanzen und Ausbreitungsverhalten einzelner Insektenarten.

i) Untersuchung der wichtigsten trophischen Beziehungen der Insektenfauna in ausgesuchten Heckentypen. (Phytophagie, Entomophagie, Blütenbesuch, Produktion und Konsum von Honigtau, Saprophagie).

j) Analyse von je ein bis zwei Phytophagen-Entomophagen-Komplexen an Schlehe und Wildrose, um damit eine Grundlage für populationsdynamische Untersuchungen zu schaffen.

k) Besiedlungsexperimente in der Heckenbiozönose. Insektizidbehandlungen von Heckensegmenten, um Einblicke in die Belastungsfähigkeit des entsprechenden Systems zu gewinnen. Nutzung ökologischer Manipulationsmöglichkeiten wie Düngung, Beschneidung oder Ausdünnung.

l) Auswahl von Dauerbeobachtungsflächen an repräsentativ ausgesuchten Hecken (in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Pflanzenökologie der UBT) zur Durchführung langfristiger faunistischer und floristischer Untersuchungen.

m) In Zusammenarbeit mit dem Commonwealth Institute of Biological Control (Delémont, Schweiz): Erfassung von Nutz- und Schadinsekten im Heckenbereich.

1.2.2 Schwerpunkte des Forschungsprojekts

Unser Rahmenprogramm einer ökologischen Funktionsanalyse von Feldhecken weist drei Schwerpunkte auf:

a) Es sollte im oberfränkischen Raum, also in einem Gebiet, dessen Heckenfauna bislang unbekannt war, für bestimmte in der Hecke lebende Tiergruppen eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden, um damit den gegenwärtigen Kenntnisstand zu erweitern. Ein besonderes Gewicht wurde dabei auf entomophage Arthropoden gelegt, da hier viele Formen, die in der Hecke vertreten sind, auch eine Rolle im Integrierten Pflanzenschutz spielen. Weiterhin hielten wir es für wichtig, bei dieser Bestandsaufnahme einerseits unterschiedliche Heckentypen und andererseits den jeweiligen Jahresgang zu erfassen.

b) Um die bereits vorliegenden Untersuchungsergebnisse über die Tierwelt der Hecken zu ergänzen, wurde eine Reihe populationsökologischer und produktionsökologischer Detailuntersuchungen durchgeführt. Dabei ging es sowohl um die Beschreibung von durchschnittlichen Populationsdichten, Populationsdichte-Fluktuationen und dichtebegrenzenden Faktoren bei phytophagen Insekten wie auch um die Darstellung des Konsums von Blattbiomasse und der Biomasse-Verhältnisse bei phytophagen und entomophagen Arthropoden.

c) Durch vergleichende Untersuchungen über die tierökologische Bedeutung unterschiedlicher Heckentypen sollte ein Bewertungssystem für Feldhecken entwickelt werden. Sinn dieses Bewertungssystems ist es, Entscheidungshilfen bei landschaftsplanerischen Programmen zu bieten und Maßstäbe bei der Neuanlage von Hecken zu setzen.

1.3 Beobachtungsareale und Arbeitsmethoden

In diesem Abschnitt werden zunächst die Untersuchungsgebiete vorgestellt. Es schließt sich ein Überblick über die verschiedenen Arbeitsmethoden an, mit denen die Tierwelt der Hecke erfaßt und untersucht wurde.

1.3.1 Beobachtungsgebiete und Heckentypen

Als Großraum für die Durchführung unseres Projektes war Nordostbayern bzw. Oberfranken vorgesehen. Die Untersuchungen sollten für dieses Gebiet repräsentativ sein, und die Ergebnisse sollten sich außerdem auf weitere Bereiche anwenden lassen.

In Abb. 1 sind unsere wichtigsten Beobachtungs- und Probeentnahmeorte zusammengestellt. Dabei bedeuten Quadrate »Modellhecken«, die mit dem Lehrstuhl Pflanzenökologie (UBT) aufgrund pflanzensoziologischer, geologischer oder bodenkundlicher Verhältnisse als besonders repräsentativ ausgewählt und für ein noch nicht abgeschlossenes Langzeit- und Beobachtungsprogramm vorgesehen wurden. Schwarz ausgefüllte Kreise bezeichnen Lokalitäten, an denen in mehr oder minder regelmäßigen Intervallen Beobachtungen bzw. Aufsammlungen durchgeführt wurden. Offene Kreise geben Orte wieder, an denen gelegentlich Kontrollen oder einzelne Probeentnahmen erfolgten.

Die Ziffern bedeuten:

1 Bayreuth	15 Schlaifhausen
2 Bindlach	16 Seibelsdorf
3 Burgkunstadt	17 Stadtsteinach
4 Coburg	18 Staffelstein
5 Donndorf	19 Tannfeld
6 Effeltrich	20 Trebgast
7 Eschen	21 Trockau
8 Föllmar	22 Unterrodach (Kronach)
9 Haselbrunn	23 Untersteinach (Bayreuth)
10 Hohenmirsberg	24 Waischenfeld
11 Hollfeld	25 Wallenfels
12 Marktschorgast	26 Zeyern
13 Neunkirchen/Brand	27 Obernschreez (Autobahn)
14 Obernsees	

Die Beobachtungsareale waren so ausgewählt, daß die wichtigsten in unserem Gebiet vorkommenden Hekkentypen vertreten waren:

Typ I entspricht Hecken, mit denen ursprünglich Weideland bzw. Feldkulturen eingezäunt waren. Solche Hecken verschwanden weithin mit der Intensivierung der Landwirtschaft, sie sind heute nur noch als Reste vorhanden.

Typ II stellt Hecken auf Geländestufen beziehungsweise Lesesteinwällen im Muschelkalk und Weißjura dar. Solche Hecken haben sich vielfach von selbst

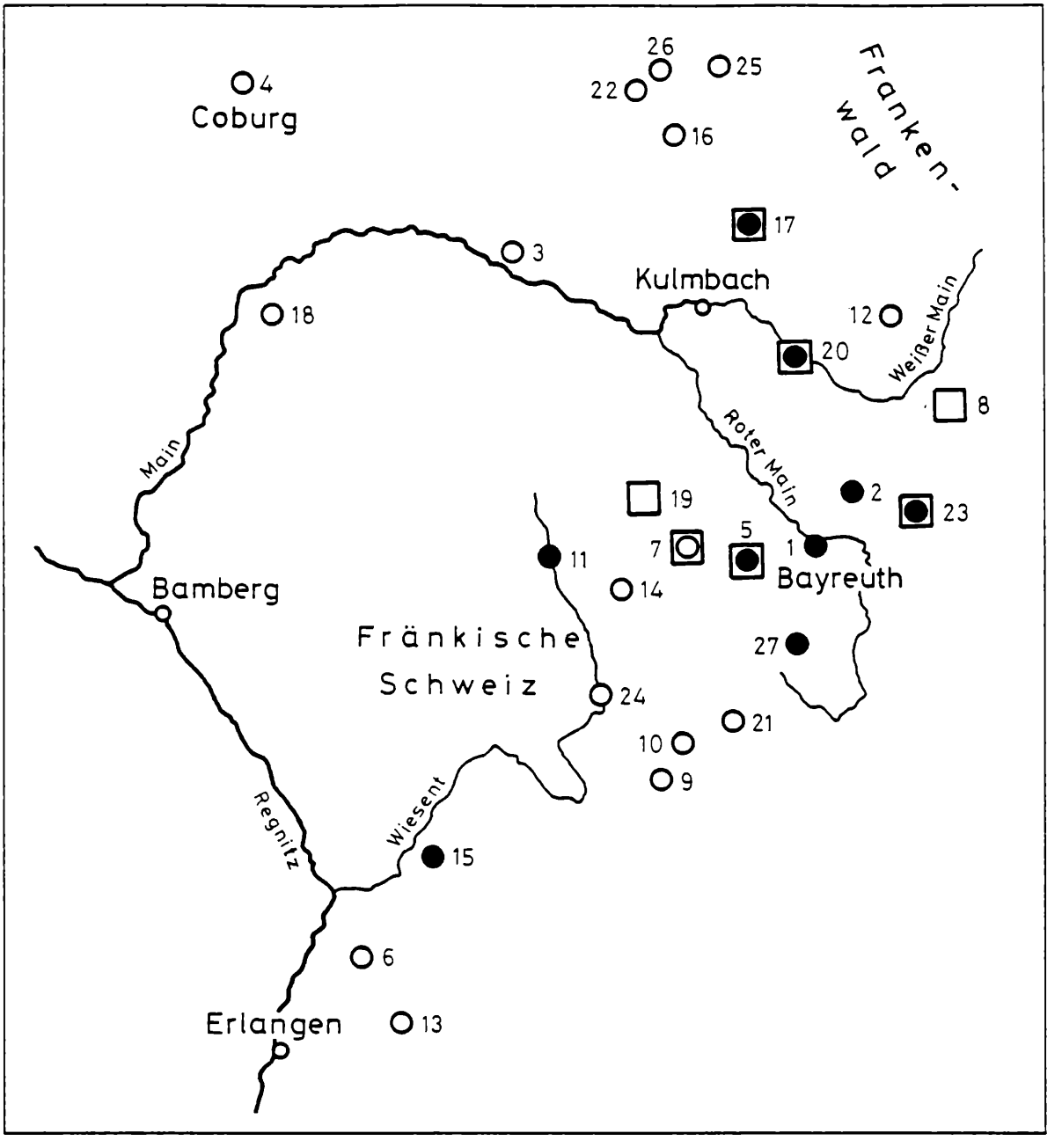


Abbildung 1:

Lage der wichtigsten Untersuchungsgebiete. Erläuterung der Ziffern und Symbole im Text (Abschnitt 1.3.1)

Figure 1

Geographic position of the main investigation areas. Symbols: squares = representative hedgerows (»Modell-Hecken«) included in a long-term research program; black circles = hedgerows where samples were taken at regular intervals; open circles = hedgerows where samples were taken occasionally. Figures refer to locality names given in section 1.3.1

gebildet, wurden aber dann zur Brennholzgewinnung benutzt. Sie haben sich relativ lange halten können. Da inzwischen die Landwirtschaft mit Zugmaschinen aber auch stärkere Hangneigungen bewirtschaften kann und im Rahmen der Flurbereinigung unter dem Einsatz von Großgeräten umfangreiche Erdbewegungen durchgeführt werden können, sind mittlerweile auch diese Hecken im Rückgang begriffen.

Entscheidend für das Schicksal der Hecken unseres Gebietes ist die Art der Landnutzung: Im Grünland konnten sich zumindest Heckenreste auch auf relativ ebenem Gelände halten. Ein Beispiel sind Einzelbuschgebiete (Lokalität 1 und 5). Im allgemeinen und speziell in Gebieten mit Ackerbau sind in unserem Arbeitsgebiet Hecken vor allem in Geländeteilen mit stärkerer Hangneigung zu finden. In den Arealen 2, 3, 4 und 8 wurde in den letzten Jahrzehnten die landwirtschaftliche Nutzung wegen starker Hangneigung auf Beweidung umgestellt bzw. ganz eingestellt. In diesen Gebieten haben sich Hecken und Gebüsche teilweise reichlich erhalten. Die natürliche Sukzession würde hier zu wärmeliebenden Buchenwaldgesellschaften bzw. Eichen-Hainbuchenwäldern führen.

Weitere Auswahlkriterien betrafen die Zusammensetzung der Heckenflora, das Vorkommen isoliert stehender Einzelbüsche, die Nutzung der Hecke durch den Menschen, die Exposition der Hecke, ihre Altersstruktur und die Art des Umlands. Dabei wurde zwischen an Grün- oder Ackerland angrenzenden Hecken (»Feldhecken«), an Straßen bzw. Autobahnen angrenzenden Hecken (»Weghecken«) und Waldrändern mit Hekkencharakter unterschieden. Schließlich wurde auch

landwirtschaftlich nicht mehr genutztes Gelände mit Wildaufwuchs von charakteristischen Heckenpflanzen erfaßt.

1.3.2 Untersuchungsmethoden

Die wichtigsten von uns erprobten und angewendeten Arbeitsmethoden sollen im folgenden etwas eingehender geschildert werden, um künftige Untersuchungen mit ähnlicher Fragestellung zu erleichtern.

a) Klopfmethode

Dieses Verfahren ist zur Ermittlung von Schadensschwellen von Obstbauschädlingen im Integrierten Pflanzenschutz eingeführt worden und hat sich dort bewährt (STEINER, 1975). Das dabei eingesetzte einfach zu handhabende Gerät besteht aus einem trichterförmigen, mit einem Sammelgefäß versehenen Auffangschirm aus Stoff und einem gepolsterten Klopfstock. Die Auffangfläche beträgt 40 x 62 cm (= $^1/_4$ qm). Der Fangtrichter wird durch ein Leistenkreuz offengehalten und ist zum Festhalten mit einem Handgriff versehen. Das am Trichtergrunde befestigte Fanggefäß läßt sich durch einen am Klopfschirm angebrachten Gewindering befestigen. Besonders bewährt hat sich die Verwendung von Plastikbeuteln, die mit Gummi-Ringen an der Trichterspitze festgemacht werden. Mit einer abgezählten Zahl von Stockschlägen werden die Zweige der untersuchten Pflanzen erschüttert, so daß die dort vorhandenen Tiere in den Fangschirm fallen. Es wurde ein Formblatt ausgearbeitet, mit dem für jede Klopfprobe die wesentlichen Begleitdaten (Fundort, Pflanze, Uhrzeit, Wetter, phänologische Situation usw.) festgehalten werden. Da das mit der Klopfmethode gefangene Material in vielen Fällen nicht sofort aufgearbeitet werden kann, hat es sich bewährt, die Beutel mit dem Fanggut verschlossen in einer Tiefkühltruhe zu lagern.

Für relative Abundanzschätzungen sehr unterschiedlicher Organismengruppen der Heckenfauna, für eine relativ einfache Gewinnung großer Arten- und Individuenzahlen, für phänologische und faunistische Aussagen, für das Erarbeiten von Gruppenspektren und für die Gewinnung von Material für Markierungsversuche stellt der Klopftrichter das beste uns bislang zur Verfügung stehende Werkzeug dar.

Grenzen der Klopfmethode liegen darin, daß natürlich nicht alle Formen der Heckenfauna damit erfaßt werden können. Gute Flieger (z. B. Schmetterlinge, auch viele Zweiflügler und Hautflügler), fest mit der Pflanze verbundene Tiere (z. B. Schildläuse) oder endophytisch lebende Insektenlarven gelangen nicht in den Klopfschirm.

b) Keschern mit dem Streifnetz

Dieses Verfahren wird im Bereich entomologischer Bestandsaufnahmen allgemein angewendet. Als Fanggerät dient üblicherweise ein Gaze- oder Nessel-Netzbeutel, der von einem Metallring (Durchmesser 30 cm) gehalten wird. Die Tiere werden mit schnellen, festen Schlägen eingefangen. Die Länge des Griffs bestimmt dabei den Aktionsradius. Die Methode ist besonders geeignet zum gezielten Einzelfang gut flugfähiger Tiere und kann hier die Klopfprobemethode günstig ergänzen. Allerdings ist bei Schlehen, Rosen und Weißdorn die Keschermethode nur begrenzt einsetzbar.

c) Saugexhaustor

Der Gebrauch von Exhaustoren, etwa der Saugflasche, die aus einem Flaschenkörper mit Verschluß sowie einem Sammel- und einem Ansaugschlauch besteht, hat sich für die Einzelaufsammlung von Tieren, die gezielt angegangen werden können, bewährt. Unentbehrlich sind Exhaustoren als Hilfsgerät beim Sortieren von Fängen, die mit dem Streifnetz, dem Klopfschirm, der UV-Lampe oder dem Fangzelt gewonnen wurden.

d) Fangzelt

Fangzelte stellen einseitig offene »Steilwandzelte« dar. Dabei ist die geschlossene Längsseite entweder aus durchscheinender Plastikfolie gearbeitet oder sie besitzt an der Oberkante einen schmalen Gazestreifen, der den Lichteinfall ermöglicht. Fangzelte dienen dem Fang aktiv fliegender Insekten. Hierbei werden insbesondere Dipteren und Hymenopteren, und vor allem auch Kleinformen erfaßt. Parasitische Kleinhymenopteren, teilweise nur von 1 mm Körpergröße, spielen als Ei- und Blattlausschmarotzer im ökologischen System der Hecke eine wichtige Rolle. Infolge ihrer geringen Körpergröße sind sie fast nur mit Hilfe von Fangzelten in einwandfreiem Zustand zu erhalten. Als günstigster Aufstellungsort für Fangzelte erwies sich ein Abstand von 1–2 m von der Hecke, wobei die offene Seite des Zeltes der Hecke zugewandt sein muß. Fangzelte in leichten Nylonausführungen haben sich bei uns auf Exkursionen bewährt, während für den Dauerbetrieb stabilere Konstruktionen notwendig sind. Ein besonderer Vorteil der Fangzelte besteht in der Begehbarkeit dieses Zeltes, das ja als eine große Lichtfalle wirkt, und in der bequemen Aufsammelmöglichkeit der Tiere.

e) Lichtfang

Lampen mit einem bestimmten Emissionsbereich (meist mit hohem UV-Anteil) sind ein Mittel zum Anlocken bestimmter nachtaktiver Flugtiere. Diese lassen sich in der Regel bald auf der beleuchteten Fläche eines ausgespannten Fangtuchs nieder und können hier registriert und aufgesammelt werden. Wir haben im Rahmen des Heckenprojekts diese Methode zum Nachweis bestimmter Klein- und Nachtschmetterlinge und zum Wiederfang von markierten Gespinstmotten eingesetzt, wobei sie sich bewährt hat.

f) Klebfallen

Gelbe Plastikklebfallen, die seit einigen Jahren von Schweizer Entomologen mit Erfolg bei ihren Untersuchungen über die Kirschfruchtfliege zum Einsatz gelangten, wurden aus Wädenswil (Schweiz) bezogen und in einigen unserer Beobachtungsgebiete ausgebracht. Der Klebstoff (»Tangle foot«) bleibt über sehr lange Zeiträume (in einigen Versuchen über eine Zeitspanne von einem Jahr) fängig. Daher können diese Fallen für Langzeitversuche eingesetzt werden. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß zur Bestimmung die meisten Arten mit Lösungsmitteln von der Klebfolie gelöst werden müssen, wobei Beschädigungen oft nicht zu vermeiden sind. Tiere, die im Freiland über längere Zeit hin sich auf den Klebfallen befanden, lassen sich oft nur noch gruppenweise bestimmen. Für den Nachweis leicht bestimmbarer Formen oder für das Wiederfinden markierter Tiere haben sich Klebefallen beschränkt bewährt. Neben den

kommerziell erwerblichen Klebfallen wurden durchsichtige Plastikfolien vom Format DIN-A-4 als Klebfalle benutzt. Diese Folien wurden mit Hilfe von Schnüren an bestimmten Stellen an Ränder oder in das Innere von Hecken eingebracht. Die mit Insektenleim bestrichene Fläche betrug 20 x 20 cm. Das Ziel, damit Kleinschmetterlinge in Rosengebüschen zu erfassen, wurde nicht erreicht, andererseits konnten bei diesen Versuchen bis zu 10 parasitische Hymenopteren pro Woche und Falle gesammelt werden.

g) Eklektorfallen

Die Eklektorfangmethode nutzt die positive Phototaxis von Insekten aus, die als Larve oder Puppe im Boden leben und nach dem Schlüpfen in den kegelförmigen Eklektorkörpern hochwandern, um sich dann in der durchsichtigen Fangdose auf der Eklektorspitze anzusammeln. Eklektoren mit einer Grundfläche von 0,18 qm haben wir benutzt, um Artenzusammensetzung und Populationsdichte von solchen Arten der Heckenfauna zu erfassen, die im Boden ein Puppenstadium durchlaufen. Als Fangflüssigkeit diente dabei verdünnte Pikrinsäure. Die mit den Eklektoren bei der Erfassung von Kleinschmetterlingen gewonnenen Daten wurden mit den Dichtewerten, die auf Grund der Untersuchung von Bodenproben und mit Hilfe von Auffangwannen gewonnen worden waren, verglichen, wobei sich in vielen Fällen gute Übereinstimmungen ergaben. Die Gefahr der Verpilzung und Verwachsung des Innenraums des Eklektors war bei denjenigen Fallen, die sich im Inneren der Hecke befanden, nicht gegeben. Auch der Einfluß der Sonnenbestrahlung auf das Innenklima im Eklektor war hier wegen der dämpfenden Wirkung der Äste und Blätter der Hecke nicht störend. Bei den Untersuchungen über die Rosenfauna konnte mit Eklektoren zwar nicht der Kleinschmetterling *Pardia,* wohl aber dessen Larvenparasiten erfaßt werden. Die mit Hilfe von Eklektoren gemessene Dichte von *Pardia*-Parasitoiden stimmt mit der Dichte parasitierter Wirte in den Auffangwannen überein, so daß offensichtlich keine Puppenmortalität bei den Parasitoiden gegeben war. Gute Ergebnisse lieferten die Eklektoren bei der Erfassung der Bohrfliege *Rhagoletis alternata,* da hier die Larven dort, wo sie den Erdboden erreichen, in das Puppenstadium übergehen. Insgesamt läßt sich sagen, daß sich die Eklektormethode für gezielte Fragestellungen phänologischer oder populationsdynamischer Art gut bewährt hat.

h) Auffangwannen

Bei der Untersuchung der Rosenfauna wurden Plastikwannen von $^1/_{10}$ qm Fläche 2 cm hoch mit verdünnter Pikrinsäure gefüllt und unter den untersuchten Rosenbüschen ausgebracht. Die sich zur Verpuppung abspinnenden Larven von Kleinschmetterlingen konnten auf diese Weise quantitativ aufgefangen werden und standen dann für Sektionen zur Erfassung des Parasitierungsgrades zur Verfügung. Auch bei Untersuchungen an der Fauna der Schlehe bewährten sich Auffangwannen zur Ermittlung der Larvendichte von denjenigen Kleinschmetterlings- oder Dipterenarten, die sich im Boden verpuppen. Als Alternative zur Fangflüssigkeit bot sich das Ausbringen von »Auskriechbarrieren« am Wannenrand an.

i) Gelbschalen

Gelbschalen (Fangfläche = 750 qcm) dienten hauptsächlich der Erfassung von anfliegenden Blattläusen. Sie waren innerhalb und außerhalb der Hecken in unterschiedlicher Bodenhöhe angebracht. Die Innenflächen sind zur Erhöhung der Fängigkeit mit einer speziellen Titanoxyd-Farbe gestrichen. Die Gelbschalenmethode eignet sich weniger für quantitative Aussagen als zur qualitativen Erfassung eines bestimmten Spektrums der Heckenfauna. Insbesondere können phänologische Daten damit relativ einfach beschafft werden.

j) Barberfallen

Als Barber- oder Becherfallen wurden Joghurtbecher bzw. Schraubdeckelgläser, die in einer PVC-Hülse in den Boden eingesetzt wurden und somit leicht zu wechseln waren, ausgebracht. Zur Angleichung der Oberkante des Gefäßes an die Bodenoberfläche war eine abschraubbare Halskrause vorhanden. Die Fallen wurden zum Dauerfang mit periodischer Leerung verwendet und enthielten daher Pikrinsäure bzw. Formalinlösung als Fang- bzw. Konservierungsmittel. Gelegentlich wurden Barberfallen auch zum Lebendfang von Bodenarthropoden im Heckenbereich verwendet. Um eine Überflutung durch Regen oder auch eine zu starke Sonnenbestrahlung zu vermeiden, wurden speziell gefertigte Blech- bzw. Glasscheiben-Abdeckungen über den Fallen ausgebracht. Zweck der Barberfallen-Methode war es vor allem, das Vorhandensein und die Aktivitätsdichte sowie die Aktivitätsperioden räuberischer Bodenarthropoden im Heckenbereich festzustellen. Die entsprechenden Daten sind vor allem im Zusammenhang mit der Ermittlung von Mortalitätsfaktoren bei denjenigen Kleinschmetterlingsarten, die sich im Boden verpuppen, wichtig.

k) Zweig- und Bodenproben

Bei verschiedenen Pflanzenarten der Hecke wurden 20 cm lange Zweigstücke visuell auf überwinternde Larvenstadien untersucht. Diese Methode erfordert zwar einen hohen Arbeitsaufwand, erlaubt aber beispielsweise bestimmte Aussagen über die Wintermortalität (leere Kokons oder tote Larven). In bestimmten Fällen konnten visuelle Zweiguntersuchungen direkt im Freiland durchgeführt werden. In der Regel war es aber notwendig, das Material ins Labor zu bringen und dort mit dem Binokular oder der Lupe zu kontrollieren. Bodenproben wurden zunächst durch eine Siebmaschine mit einem abgestuften Siebsatz in Fraktionen aufgetrennt und dann visuell auf Puppen kontrolliert.

Bei allen Probeentnahmetechniken wurde auf eine möglichst weitgehende Standardisierung Wert gelegt, die jeweils auf die Populationsdichten der Tiere und den Verteilungstyp auf der Pflanze abgestimmt war. Als Zweigproben dienten »Einheitszweige«, die statistisch ausgewertet wurden. Für entsprechende Vergleiche wurden Zweig- und Bodenproben von verschiedenen Standorten und von Buschteilen unterschiedlicher Exposition untersucht. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch die Anwendung der »Zeitsammelmethode«, bei welcher während einer bestimmten Sammelzeit gezielt nach bestimmten Stadien einer Insektenart auf einem Busch gesucht wurde. Diese Methode war besonders für das Einbrin-

gen umfangreichen Materials, das für die Sektionen (Parasitierungsanalysen) notwendig war, geeignet. In der Regel wurde bei der Zeitsammelmethode ein Zeitraum von 5 Minuten als Einheitszeit benutzt. Für einen schnellen Überblick und für einen groben Standortvergleich ist diese Methode sehr brauchbar.

l) Zuchtmethoden

Es sollen hier nur einige der von uns verwendeten Zuchtmethoden kurz aufgezählt werden. 20 cm lange Aststücke wurden im Spätwinter in verschlossenen Plastikbeuteln in einem warmen Raum gelagert und die schlüpfenden Larven ausgezählt. Diese Methode erlaubt es, überwinterndes Larvenmaterial für eine Parasitierungsanalyse durch Sektionen zu erhalten; sie liefert aber keinen Aufschluß über die Wintermortalität. Zur Zucht von Parasitoiden wurden die Larven phytophager Insekten kurz vor der Verpuppung gesammelt und in Plastikgefäßen (20 x 20 x 10 cm) gehalten. Die Fütterung von Kleinschmetterlingsraupen machte im allgemeinen keine Schwierigkeiten, problematisch war es aber, die Puppen bestimmter Ichneumonidenarten (die sich als gegen Austrocknung empfindlich erwiesen) bis zur Imago durchzuziehen. Hierfür wurden teilweise Behälter, deren Boden aus feucht gehaltenem Gips bestand, benutzt. Teilweise gelang es, polyphage Arten aus dem Parasitenkomplex von Rosenkleinschmetterlingen auf Mehlmottenlarven in Zucht zu nehmen *(Habrobracon brevicornis, Scambus annulatus)*, um mit ihnen Laborexperimente durchzuführen. Für die Weiterzucht von Kleinschmetterlingslarven wurden auch Versuche mit verschiedenen halbkünstlichen Futtermedien durchgeführt. Ziel war es hier, erwachsene Tiere für die Weiterzucht, für die Belegsammlung oder für Freilandversuche zu erhalten.

m) Sektionen (Parasitierungsanalysen)

Die Sektion von Wirtslarven läßt bei vielen Gruppen der Insektenfauna der Hecken eine schnelle Erfassung des jeweiligen Parasitierungsgrades zu. Mit Hilfe der Schlüsselfaktorenmethode (Berechnung von k-Werten) kann aus diesen Momentaufnahmen ein quantitatives Bild der Gesamtmortalität der entsprechenden Wirtspopulation in dem betreffenden Jahr erarbeitet werden. Wichtig ist, daß solche Sektionen systematisch zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen. Dadurch läßt sich der Verlauf der Parasitierung ermitteln. Daten, die für die Beurteilung der ökologischen Stabilität der jeweils untersuchten Wirt-Parasitoidsysteme wesentlich sind, lassen sich nur durch gewissenhaft durchgeführte und quantitativ ausgewertete Sektionen erzielen.

n) Markierungsmethoden

Markierungsmethoden wurden einerseits durchgeführt, um mit Hilfe der Berechnung des Lincoln-Index Abschätzungen über die Populationsdichte bestimmter Insektenarten im Heckenbereich durchzuführen. Andererseits liegt hier das einzige Verfahren vor, um Einblicke in Bewegungsabläufe bei Insektenarten innerhalb eines Heckensystems oder zwischen Hecke und Umland zu erhalten. Zur Markierung wurde bei erwachsenen Käfern Emmaillelack in verschiedenen Farben oder »Tipp-Ex flüssig« benutzt. Diese Farben wurden mit einem feinen Pinsel auf die Elytren getupft. Schmetterlinge und Larvenstadien wurden entweder mit Fluoreszensfarbstoff eingestäubt, oder es wurde in Aceton gelöster Farbstoff auf die Flügel getupft. In einigen Fällen erfolgte eine Markierung auch durch die Entfernung einer bestimmten Zahl von Fühlergliedern der betreffenden Insektenindividuen. Jedoch ist diese Methode nur sehr begrenzt anwendbar, da hier unter Umständen mit Verhaltensstörungen zu rechnen ist. Das für die Markierung benötigte Insektenmaterial wurde mit Klopftrichtern oder Käschern gefangen und dann in mit CO_2 gefüllten Glastuben betäubt, bevor der Farbstoff aufgetragen wurde.

o) Blattflächenmessung

Zur Erfassung der von phytophagen Insekten verwerteten Blattbiomasse wurde ein Flächenmeßgerät (Areameter) der Firma Walz (Effeltrich) eingesetzt. Dieses Instrument, daß sich sehr gut bewährt hat, konnte mit vom Landesamt für Umweltschutz zur Verfügung gestellten Mitteln erworben werden. Methodische Details der Messung des Blattfraßes sind in Abschnitt 2.7 behandelt.

2 Wissenschaftliche Ergebnisse

2.1 Einführung: Hecken als ökologische Systeme

Es erscheint sinnvoll, diesen Teil unseres Berichtes, der wissenschaftliche Ergebnisse des Forschungsprojekts bringen soll, mit einer kurzen Kennzeichnung der vom tierökologischen Standpunkt aus wesentlichen ökologischen Merkmale der Hecke zu beginnen. Es schließt sich ein Überblick über die Fragestellungen an, mit denen Struktur und Funktion der in der Hecke lebenden Tiergemeinschaften erfaßt werden sollte.

2.1.1 Kurze Charakterisierung des Systems »Hecke«

Es soll den folgenden Ausführungen die von ROTTER und KNEITZ (1977) gegebene Definition der »Hecke« zugrunde gelegt werden:

»Die Hecke besteht vorwiegend aus Sträuchern mit eingestreuten Bäumen, die meist nicht ihre volle Höhe erreichen. Darüber hinaus sind ihre Einzelglieder... meist bandartig angeordnet. Sie ist anthropogenen Ursprungs und verdankt ihre Entstehung

1. einer Duldung auf nicht mehr bewirtschafteten Flächen,
2. einer Förderung auf Ackerrainen, Lesesteinhaufen, Ödflächen und
3. der Anpflanzung zur Erfüllung bestimmter Funktionen, wie Abgrenzung, Windschutz, Vogelschutz.«

Neben typischen Hecken haben wir auch Einzelbüsche im Grünland sowie Strauch-Jungwuchs in der Sozialbrache in unsere Untersuchungen einbezogen, da hier viele ökologische Merkmale der Hecke ebenfalls gegeben sind.

Für eine tierökologische Analyse der Hecke sind insbesondere 6 ökologische Eigenschaften dieses Systems zu nennen:

a) Hecken stellen ein vom Menschen geschaffenes »unreifes« ökologisches System dar, das zwar wesentlich dauerhaftere Lebensbedingungen bietet als das landwirtschaftlich genutzte Umland, das aber andererseits durch anthropogene Eingriffe daran gehindert wird, in einen stabilen Endzustand, also etwa in einen Hainbuchen-Eichenwald, überzugehen. Die Hecke ist also eine Vegetationsform, die durch Pflegemaßnahmen in einem mittleren Sukzessionsstadium gehalten wird. Diese relative ökologische Stabilität der Hecken ist einer der Gründe für den hier zu findenden faunistischen und floristischen Artenreichtum, der einerseits von der verhältnismäßigen Seltenheit störender menschlicher Eingriffe und andererseits von der Ausschaltung der Konkurrenzkraft der im Wald dominierenden Baumarten begünstigt wird.

b) Hecken erhöhen die Strukturvielfalt der Landschaft. Dort, wo sie netzartig ausgeprägt sind, gliedern sie das Umland in Kompartimente. Sie beeinflussen nicht nur die abiotischen Verhältnisse des Umlands, sondern auch das Dispersionsvermögen von Tieren und Pflanzen.

c) Im Bereich der Hecke liegt eine mosaikartige Vielfalt von abiotischen Bedingungen vor, die insbesondere bei der Tierwelt zu komplexen räumlichen Verteilungsmustern führen kann.

d) Bei Hecken (und Einzelbüschen) sind im Verhältnis zum Volumen die den Kontakt mit dem Umland ermöglichenden Grenzflächen stark entwikkelt. Als Saumbiotope (= Ökotone) weisen Hecken einen besonders hohen Randeffekt (»Grenzlinienwirkung«) auf, der Austauschprozesse mit dem Umland begünstigt und den unterschiedlichen Lebenserfordernissen vieler Tierarten besonders gut entgegenkommt.

e) Für die Tierwelt stellen Hecken in der Regel markante räumliche Strukturen dar, die sehr unterschiedliche Funktionen erfüllen können. Beispiele für solche »*Strukturfunktionen*« sind das Gewähren von Überwinterungsplätzen, Deckung vor Freßfeinden, Balzplätzen, Aussichtswarten, Singwarten, Nistplätzen, Befestigungsmöglichkeiten von Spinnennetzen, usw.

f) Für die Tierwelt stellt die Hecke eine relativ stabile Primärproduktion bereit, bei der im Gegensatz zum landwirtschaftlichen Umland bei der Nutzung keine Konkurrenzsituation mit dem Menschen entsteht. Diese »*trophische Funktion*« der Hecke zeichnet sich durch eine auf kleinstem Raum konzentrierte Mannigfaltigkeit an potentiellen Nahrungssubstraten aus. Beispiele sind das Sproßsystem mit Knospen, Blättern und Holz, Blüten mit Nektar und Pollen, unterschiedlich strukturierte Früchte und der von Blattläusen und Blattflöhen produzierte Honigtau.

2.1.2 Untersuchungsschwerpunkte

Eine vollständige faunistische Bestandsaufnahme der Hecken war im Rahmen unseres Projekts nicht durchführbar und erschien auch wenig sinnvoll, da sie im Verhältnis zum Arbeitsaufwand wenig ökologisch relevante Informationen erbracht hätte. Statt dessen haben wir uns auf verschiedene Tiergruppen konzentriert, die mit Standardverfahren (z. B. mit dem Klopfproben- und Astprobenprogramm (Anhang I und II) oder der Vogelnestsuche (Anhang VII)) erfaßt werden konnten. Wichtig erschien uns hier eine räumlich-zeitliche Analyse, d. h. ein Vergleich verschiedener Untersuchungsgebiete und eine Erfassung der Populationsentwicklung im Ablauf der Saison. Dargestellt werden sollten zunächst die Veränderungen in der Individuenzahl und Biomasse der phytophagen und entomophagen Populationen der Heckenfauna, um Anhaltspunkte über bestimmte Aspekte der Sekundärproduktion der Hecke zu gewinnen. Diesem Ziel dient insbesondere auch eine detaillierte Untersuchung des Blattkonsums der Phytophagen an den wichtigsten Heckengehölzen (Anhang IX).

Weiterhin kam es uns darauf an, für ausgewählte Tiergruppen der Hecke die Phaenologie (Anhang I) sowie die Verteilung auf die wichtigsten Gehölzarten (Anhang VI) zu erarbeiten.

Einen wesentlichen Block unseres Forschungsprojekts stellte die Untersuchung ausgewählter biozönotischer Komplexe an Heckengehölzen dar. Hier wurden Teilsysteme des Nahrungsnetzes der Hecke, insbesondere Phytophagen-Entomophagen-Komplexe, mit möglichster Genauigkeit erfaßt und auf diejenigen Prozesse hin geprüft, die zur Populationsregulierung bestimmter Primärkonsumenten beitragen (Anhang IV). Damit sollte versucht werden, Einblicke in Mechanismen, die der ökologischen Stabilität des Tierartengefüges der Hecke zugrunde liegen, zu gewinnen.

Während bei den untersuchten Arthropodengruppen viele Arten vorwiegend oder gar ausschließlich im Bereich der Hecke leben, kamen mit der Erfassung der Wildspurendichte und des Wüdverbisses (Anhang VIII) und der Vogelfauna (Anhang VII) zwei Tiergruppen zur Bearbeitung, für die das Umland der Hecke eine wesentliche Rolle spielt. Mit diesen Untersuchungen wurde der engere Rahmen der Einzelhecke verlassen.

Aus diesen Einzeluntersuchungen ergaben sich dann eine Reihe von tierökologischen Bewertungskriterien für bestimmte Heckenparameter (Abschn. 3.1), die die Erstellung eines Bewertungssystems (Abschn. 3.1.4) ermöglichten. Außerdem wurde eine Fülle von Daten zusammengetragen, die im Rahmen von Untersuchungen zur Integrierten Schädlingsbekämpfung von Bedeutung sein dürften (Abschn. 3.2).

2.2 Übersicht über die wissenschaftlichen Ergebnisse

Die Schwerpunkte unseres Forschungsprogramms sind in Abschnitt 2.1 umrissen worden. Die einzelnen Untersuchungsergebnisse sind im Anhang (Anhang I bis IX) dargestellt. Im folgenden soll ein zusammenfassender Überblick gegeben werden.

2.2.1 Ökologisch-faunistische Bestandsaufnahme

Mit Hilfe der im Integrierten Pflanzenschutz im Obstbau entwickelten Klopfprobenmethode wurden an einer Reihe ausgewählter Beobachtungshecken im Bayreuther Umland an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen in regelmäßigen Zeitabständen Stichproben entnommen. Das erbeutete Tiermaterial wurde so weit als möglich bestimmt und gezählt, überdies wurde die Biomasse (Frischgewicht) erfaßt.

Mit der Klopfprobenuntersuchung wurden für folgende Gruppen der Heckenfauna das jahreszeitliche Erscheinen im Heckenbereich und die relativen Häufigkeiten an den drei erfaßten Heckengehölzarten beschrieben: Schmetterlingslarven, Blattläuse, Blattflöhe, Rüsselkäfer, Blattkäfer, Blattwespen, Wanzen

(Anthocoridae, Miridae), Marienkäfer, Weichkäfer, Schlupfwespen, Erzwespen, Ameisen, Ohrwürmer, Spinnen und Weberknechte, Zweiflügler. Die entsprechenden Ergebnisse sind im Anhang I (STECHMANN) dargestellt. Es zeigen sich für die einzelnen Arthropodengruppen charakteristische Verteilungsbilder, bei manchen Arten – insbesondere bei den »mobilen Prädatoren« (räuberisch lebende, nicht ausschließlich an die Hecke gebundene Insekten-Arten) – allerdings auch beträchtliche Schwankungen in den einzelnen Beobachtungsgebieten und -jahren.

Die Gesamt-Individuenzahl und die Gesamtbiomasse der mit der Klopfprobe erbeuteten Gliedertiere erreicht im Mai/Juni ein ausgesprochenes Maximum und verzeichnet im August/September nochmals einen schwachen Anstieg (Abb. 2 und 3). Die Abbildungen 2, 3, 4 sind im Anhang I dargestellt. Gliedert man die Klopfprobenausbeute nach Pflanzenfressern (Phytophage) und Insektenfressern (Entomophage) auf, dann wird deutlich, daß der im Mai/Juni zu verzeichnende Biomasse- und Individuenanstieg in erster Linie durch die Phytophagen verursacht wird, die die im Frühjahr und Frühsommer liegende Hauptproduktionsphase der Heckengehölze ausnutzen (Abb. 4). Während Anfang Juli die Biomasse der Phytophagen im Heckenbereich steil sinkt, verändert sie sich bei den Entomophagen nur geringfügig oder steigt sogar deutlich an (Schlehe). Der Produktionsimpuls, der im Frühjahr bei den Gehölzarten einsetzt und auf die Phytophagen übergeht, wird hier, abgeschwächt und verzögert, bei den Entomophagen wirksam.

Eine eigene Untersuchung war den als Raupe an Schlehe und Weißdorn gefundenen Schmetterlingsarten (Anhang I,3 WOLF) sowie den in den Blättern von Schlehen, Weißdorn und Wildrosen vorkommenden minierenden Kleinschmetterlingen (Anhang VI, 4, PAINTNER) gewidmet. An Schlehe und Weißdorn konnten 76 Schmetterlingsarten nachgewiesen werden. Davon sind 17 % ausgesprochene Nahrungsspezialisten, 24 % kommen nur an Rosaceen vor und 59 % weisen einen über diese Pflanzenfamilie hinausgehenden Wirtspflanzenkreis auf.

Eine besondere Berücksichtigung erfuhren in unserer Arbeitsgruppe jene Insekten, die als natürliche Feinde von Schädlingen für den Integrierten Pflanzenschutz von Bedeutung sind. Hierzu gehören einmal Parasitoide (»Raubschmarotzer«), also Schlupfwespen, Brackwespen, Erzwespen und Raupenfliegen, deren Larven sich in anderen Insekten entwickeln. Allein aus einer Reihe von an Weißdorn, Schlehe und Wildrosen lebenden Kleinschmetterlingsarten wurden pro Strauchart je rund 20 polyphage Parasitoidenarten gezogen, die ihrerseits als Gegenspieler von über 40 Schadinsektenarten bekannt geworden sind (Anhang XI). Ferner wurden im Heckenbereich 5 Marienkäferarten, 3 Schwebfliegenarten, mehrere Netzflügler- und Raubwanzenarten sowie Kleinhymenopteren nachgewiesen, von denen bekannt ist, daß sie in landwirtschaftlichen Kulturen als Begrenzungsfaktoren von Schadinsekten auftreten. Es konnte gezeigt werden, daß bestimmte räuberisch lebende Nutzarthropoden aus dem Heckenbereich in das landwirtschaftlich genutzte Umland einwandern. Zu diesem »mobilen Prädatoren«, die sowohl in der Hecke wie auch im Umland Nahrung finden, gehören insbesondere Blattlausfeinde, etwa Marienkäferarten, Schwebfliegenarten, räuberisch lebende Wanzenarten, Netzflügler wie auch der Ohrwurm. Für manche dieser Arten ist die Hecke für die Fortpflanzung bedeutsam, außerdem liefert der Heckenbereich insbesondere im zeitigen Frühjahr ein wesentlich reichhaltigeres Nahrungsangebot als das landwirtschaftlich genutzte Umland. Und schließlich stellen Hecken für Nutzarthropoden ein Refugium dar, wenn im Umland durch Insektizidanwendung oder andere, das ökologische Gefüge beeinträchtigende Maßnahmen ein Überleben nicht mehr möglich ist.

2.2.2 Untersuchungen an einzelnen Gliedertiergruppen der Heckenfauna

Bei verschiedenen Insektengruppen (an Weißdorn überwinternde Insekten (Anhang II, BAUER), Insektenkomplexen an Wildrosen (Anhang III, BAUER), Gespinstmotten und ihren Feinden (Anhang VII, HEUSINGER/FISCHER) und an Blattminierern (Anhang VI, 4, PAINTNER)) wurde untersucht, ob zwischen dem Artenspektrum und der Befallshöhe bei Phytophagen und Entomophagen und dem Alter der Hecke bzw. dem Vorkommen des Wirtsstrauchs im Heckenverband oder als isolierter Einzelbusch im Grünland Beziehungen bestehen. In den meisten Fällen ergaben sich keine Unterschiede im Artenspektrum der Insektenfauna an alten, isolierten Einzelbüschen im Grünland und an alten (Alter über 10–15 Jahre) Hecken. Jedoch weisen junge Sträucher in neu gepflanzten Hecken eine deutlich verarmte und oft auch unausgeglichene Insektenfauna auf. Mit steigendem Alter und steigender Strukturvielfalt, aber auch mit steigender Strauchartenzahl wächst die Artenmannigfaltigkeit der Insekten- und Spinnenfauna an.

Bei einigen Insektengruppen wurde Wirtspflanzenwahl und Nahrungsspektrum eingehender untersucht, um Aufschlüsse über die ökologische Rolle der betreffenden Tiere im Heckenbereich zu erhalten. Bei den in der Hecke vorkommenden Rüsselkäferarten der Gattungen *Phyllobius* und *Polydrosus* (Anhang VI, 1, STAHL) ergab sich nach Habitat- und Futterpflanzenwahl der Imagines eine Einteilung in drei ökologische Gruppen: neben den typischen »Heckenarten« gibt es Formen, die ihren Schwerpunkt im Wald (»Waldarten«) bzw. in Obstgärten (»Obstgartenarten«) haben. Von den im Obstbau schädlichen Formen kommt lediglich *Phyllobius oblongus* im erwachsenen Stadium häufiger im Heckenbereich vor.

Eine faunistisch-ökologische Analyse der Wanzenfauna oberfränkischer Hecken (Anhang VI, 2, ZWÖLFER) zeigte, daß in der Häufigkeit der Individuen in den Klopfproben die rein entomophagen bzw. vorwiegend entomophagen Arten mit einem Anteil von etwa 80 % deutlich gegenüber den phytophagen Wanzen dominieren. Wichtig erscheint dabei vor allem, daß zwischen 60–70 % der im Heckenbereich vorkommenden Wanzen-Individuen zu Arten gehören, die im Integrierten Pflanzenschutz (Obstbau) als Nutzinsekten eine Rolle spielen. Demgegenüber sind lediglich 4 % der in der Hecke von uns gefundenen Wanzen Arten, die gelegentlich als (relativ unbedeutende) Landwirtschaftsschädlinge auftreten.

Charakteristisch für die Heckenfauna sind Skorpionsfliegen, insbesondere *Panorpa vulgaris*, daneben aber noch einige weitere Arten (Anhang VI, 5, P. FISCHER). Während sich die untersuchten *Panorpa*-Arten in den Erscheinungszeiten und der Habitatwahl von einander unterscheiden, stimmen sie in ihrem Nahrungsspektrum fast völlig überein: Sie sind ausgesprochene Generalisten, die das jeweilige Nahrungsan-

gebot nutzen und entsprechende Plätze in der Hecke und im Umland aktiv aufsuchen. Sie rauben tote Insekten aus Spinnennetzen, dringen in die Gespinste von Gespinstmottenlarven ein und fressen dort tote und geschädigte Larven und Puppen, werden auch sonst an toten Insekten gefunden und ernähren sich überdies von Nektar, Pollen, Honigtau und Pilzaufwuchs.

Nahrungsopportunisten sind auch die in der Hecke vorkommenden Ohrwurmarten (Anhang VI, 6, H. MÖLLER), insbesondere der Gemeine Ohrwurm *(Forficula auricularia)* und der Gebüschohrwurm *(Apterygida media)*, wobei die erstgenannte Art zwischen den Hecken und ihrem Umland – Wiesen, Ödland, Äcker – wandern kann. Der Anteil tierischer Nahrung wechselt mit der Jahreszeit und liegt im Durchschnitt beim Gemeinen Ohrwurm bei etwa 50 %, beim Gebüschohrwurm noch etwas höher. Bei entsprechendem Angebot ist der Gemeine Ohrwurm ein wichtiger Blattlausfeind und ein Prädator von Schmetterlingsraupen, der Gebüschohrwurm verzehrt, wie Magenuntersuchungen zeigten, überdies auch Spinnmilben. Pollen, Pilzhyphen, Algen, Beeren von Heckenstraucharten und beim Gemeinen Ohrwurm auch Blattgewebe sind Nahrungsressourcen, auf die die beiden Arten bei Nahrungsmangel ausweichen können.

Unter den entomophagen Arthropoden des Heckenbereichs stellen Spinnen und Weberknechte den höchsten Biomasse-Anteil (Anhang VI, 3, HARTMANN). Dabei wurde in allen von uns untersuchten Heckengebieten ein ähnliches Artenspektrum angetroffen, wobei stets die gleichen 7–9 Spinnenarten an erster Stelle standen. Die Fortpflanzungsphase der einzelnen Spinnenarten der Hecke verteilen sich über die Monate Mai bis September, dadurch kommt es zu einer deutlichen Differenzierung der jeweiligen ökologischen Nischen. Die untersuchten Spinnenarten nutzen nicht nur die im Heckenbereich produzierte Insektenbiomasse sondern auch aus dem Umland zufliegende Insekten, insbesondere kleine Dipterenarten und Blattläuse.

2.2.3 Untersuchungen an Vogel- und Säugerarten

Die in der Hecke beobachteten Vogel- und Säugerarten erlauben eine Beurteilung von Heckenkomplexen und ihrem Umland, da sich bei diesen Tiergruppen die Aktivität nie auf eine Einzelhecke beschränkt. Da insbesondere die Vogelfauna für ökologische Rückschlüsse geeignet ist, wurde in 8 Beobachtungsarealen auf Einzelbüschen und in Hecken von einer Gesamtlänge von 16740 m der Vogelbestand erfaßt, wobei der Schwerpunkt auf einer quantitativen Bestandsaufnahme singender Vogelmännchen und einer im Herbst und Winter durchgeführten Auszählung von Vogelnestern lag (Anhang VII, HEUSINGER). Insgesamt wurden 68 Vogelarten im Bereich von Hecken festgestellt (Tab. 37). Davon brüteten in den einzelnen Arealen zwischen 5 und 13 Arten in Hecken und Einzelbüschen, wobei im Mittel pro Areal 9 brütende Arten registriert wurden. 1980 lag die Nestdichte (ohne Bodenbrüter) zwischen 0.8 und 2.4 (Mittelwert 1.35) pro 100 m Hecke. Dieser Wert dürfte sich um 20–30 % erhöhen, wenn die im Bodenbereich der Hecke brütenden Arten mitberücksichtigt werden.

Zwischen der Heckengesamtlänge eines Areals und der Zahl der in der Hecke brütenden Vogelarten besteht eine Arten-Areal-Beziehung, die mit 12 Vogelarten (ohne Bodenbrüter) bei einer kontrollierten Heckenstrecke von 4000 m Länge das im Beobachtungsgebiet mögliche Maximum erreicht. Andererseits ist die Nestdichte (ohne Bodenbrüter) in Einzelhecken von 10–15 m Länge deutlich höher als in Einzelhecken von 100 m oder 200 m Länge. Bei Einzelbüschen im Grünland hängt die Nestdichte wesentlich vom Abstand zwischen den einzelnen Büschen ab, sie sinkt deutlich, wenn die Einzelbüsche mehr als 10 m von einander entfernt sind. Im Vergleich zu Einzelbüschen sind kleine 5–15 m lange Hecken für Heckenbrüter, aber auch für Rebhühner attraktiver. Für die Vogelwelt ideale Verhältnisse finden sich in Heckengebieten mit hoher mittlerer Flächendichte von Hecken (80 m Hecke pro ha), einer ausgewogenen Altersklassenmischung der Gehölze und einem hohen Gehölzartenreichtum. Darüber hinaus sollten statt langgezogener »Großhecken« zahlreiche »Kleinhecken« von 10–15 m Länge in möglichst geringem Abstand vorliegen.

Für die wichtigsten in der Hecke brütenden Arten werden die im Beobachtungsgebiet gefundenen Daten über die Niststrauchpräferenzen (Abb. 49), die Nesterverteilung auf Heckenaltersklassen (Abb. 45), die Häufigkeitsverteilung der mittleren Nesterdichte in Abhängigkeit von den jeweiligen Heckenaltersklassen (Abb. 46) und die mittlere Höhe der Nester über der Bodenoberfläche (Abb. 48) angegeben. Goldammer und Dorngrasmücke bevorzugen zur Nestanlage junge Sträucher; Mönchs-, Garten- und Zaungrasmücke, Neuntöter, Amsel und Bluthänfling nisten sowohl in jüngerem wie auch älterem Strauchwerk; Heckenbraunelle, Grünling, Turtel- und Türkentaube sowie Elstern bevorzugen eindeutig Strauchaltersklassen über 20 Jahre. Die höchsten Nestdichten (ohne Bodenbrüter) wurden in Strauchgruppen mit einem Alter bis zu 10 Jahren beobachtet (3.5 Nester pro 100 m Heckenlänge). In der Alterklasse 10–20 Jahre sank dieser Wert auf 1.7 Nester/100 m Heckenlänge und in der Altersklasse 20–50 Jahre erreicht er mit 0.6 Nestern/100 m Hecke ein Minimum. Obwohl die Nestdichte in Hecken mit 10–20jährigen Sträuchern tiefer liegt als in jüngeren Hecken, erreicht der Index der Artenmannigfaltigkeit in dieser Altersklasse sein Maximum.

Nesterdichte und Artenspektrum der Heckenvögel wird von der Nutzungsform des landwirtschaftlichen Umlands mitbestimmt. So fanden sich Nester des Sumpfrohrsängers vor allem in an Ackerland grenzenden Hecken, während Nester der Heckenbraunelle, der Garten-, Mönchs-, Zaun- und Dorngrasmücke und des Neuntöters vorwiegend oder ausschließlich in Hecken im Grünland beobachtet wurden. Goldammer und Amsel zeigten dagegen keine deutlichen Präferenzen. In straßenbegleitenden Hecken können mit 2.5 bis 3.4 Nestern pro 100 m Heckenlänge Nestdichten erreicht werden, die durchaus im Bereich der in reinen Feldhecken gefundenen Werte liegen.

Um die Bedeutung von Hecken für Säugetiere beurteilen zu können, wurde während des Winters die Wildspurendichte im Schnee im Heckenbereich und im Umland gemessen und das Ausmaß des Wildverbisses quantitativ erfaßt (Anhang VIII, HEUSINGER und ZWÖLFER). Die Kartierung von Schneespuren ergab, daß sich im Beobachtungsgebiet vor allem das Hermelin und das Mauswiesel im unmittelbaren Bereich von Flurhecken bewegen. Auch Marderspuren fanden sich bevorzugt im Randbereich von Hecken, dagegen

zeigten Fuchs, Iltis und Dachs keine besonderen Präferenzen für die Hecke. Das Rehwild bevorzugt Hecken am Waldrand, der Hase dagegen waldferne Hecken. Isolierte Einzelbüsche im Grünland waren für Rehwild und Hase nicht attraktiv, dagegen wurde hier und im Randbereich kleiner, isolierter Feldhecken die höchste Spurendichte des Rebhuhns gefunden. Eine Untersuchung des Wildverbisses ergab, daß der Weißdorn – im Gegensatz zur Schlehe – von Hase und Rehwild unterschiedlich genutzt wird. Die vom Hasen abgebissenen Zweigenden des Weißdorns sind durchschnittlich deutlich größer als vom Rehwild abgebissene Zweigspitzen. Starker Verbiß durch den Hasen kann beim Weißdorn im Lauf der Jahre zu einer charakteristischen Wuchsform dieser Heckengehölzart führen.

2.2.4 Untersuchungen an biozönotischen Komplexen

In einer Reihe von Untersuchungen haben wir die von phytophagen Insekten und ihren Freßfeinden, insbesondere den Parasitoiden, gebildeten Komplexe erfaßt. Diese Phytophagen-Entomophagen-Komplexe bilden Teilsysteme des in der Hecke vorliegenden Nahrungsnetzes. Ihre Analyse erlaubt Aussagen über die Bedeutung ökologischer Regulationsprozesse im Hekkenbereich.

HEUSINGER und R. FISCHER (Anhang V) führten eine eingehende populationsökologische Studie über die Schlehen-Gespinstmotte *(Yponomeuta padellus)* an oberfränkischen Heckenstandorten durch. Sie ergab einen reichhaltigen Vertilgerkomplex aus zumeist unspezialisierten Prädatoren und 19 Parasitoiden-Arten. Es zeigt sich, daß die Populationsdynamik von *Y.padellus* an Schlehen durch ein äußerst komplexes Zusammenspiel meteorologischer und mikroklimatischer Einflüsse, der räumlichen Verteilung und der Wuchsform der Schlehe, des Eiablageverhaltens der *Yponomeuta*-Weibchen und der natürlichen Feinde der Gespinstmotte bestimmt wird. Das mittlere Populationsniveau von *Y.padellus* ist auf Vorzugsstandorten so hoch, daß 90–100 % der Blattmasse der Schlehe konsumiert wird, wobei die regelmäßig wiederkehrende hohe Belastung des Strauchs durch die Gespinstmotte die Wuchsform deutlich beeinflußt. In jüngeren Hecken in klimatisch günstigen Lagen kann die Belastung der Schlehe durch *Yponomeuta*-Fraß 70–90 % betragen, in älteren Hecken mit einem meist nur geringen Schlehenanteil liegt dagegen der durchschnittliche Blattmasse-Verlust durch die Gespinstmotte lediglich bei 20–30 %. Unter den natürlichen Feinden der Gespinstmotte spielen Ameisen *(Formica pratensis)* eine besondere Rolle, da sie in der Lage sind, eine Vermehrung von *Y.padellus* auf Ödland-Standorten einzuschränken bzw. gänzlich zu verhindern. Die Besiedlung solcher für *Y.padellus* mikroklimatisch besonders günstigen Standorte erfolgt dann durch einen jährlichen Zuflug aus Hecken, in denen die Gespinstmotte dem Prädatoren-Druck weniger stark ausgesetzt ist. Die räuberisch an *Y.padellus* lebenden Wanzenarten wiesen starke jährliche und lokale Schwankungen im Auftreten und in ihrer Auswirkung auf. Unter den Primärparasitoiden spielt die hochspezialisierte Erzwespe *Ageniaspis fuscicollis* (Ei-Larven-Parasitoid) eine wichtige Rolle, da sie besonders gut mit ihrem Wirt synchronisiert ist. Insgesamt liegt im Beobachtungsgebiet die Parasitierung durch Larvenparasitoide *(Diadegma armillatum, Agrypon anxium, Eurysthaea scutellaris)* und Puppenparasitoide *(Herpestomus bruneicornis, Tetrastichus evonymellae, Itoplectis maculator, Pimpla turionellae)* relativ niedrig (unter 25 %). Von Bedeutung als Begrenzungsfaktor der Primärparasiten von *Y.padellus* sind Hyperparasitoide, deren Einfluß im Verlauf einer Gradation überproportional ansteigt. Diese Hyperparasitoide stellen ein Puffersystem dar, das die primären Puppenparasitoide auf einem Niveau stabilisiert, das weit unterhalb ihrer potentiellen Wirksamkeit liegt und damit den Wirt *Y.padellus* vor einer zu starken Belastung schützt.

Eine vergleichende Untersuchung des an Wildrosen vorkommenden Wicklers *Notocelia roborana* (Anhang III, BAUER) ergab, daß die Phytophagendichte mit zunehmender Isolation der Wirtspflanze aber auch mit zunehmendem Alter der Hecke ansteigt. Andererseits wird die Dichte des Kleinschmetterlings und das Ausmaß seiner Parasitierung nicht von der Flächendichte der Hecken bzw. dem Umfang des Gesamtheckengebiets beeinflußt. Eine Parasitoidenart von *N. roborana (Apanteles* sp.) war nicht in der Lage, ihren Wirt in Heckenneuanpflanzungen zu befallen, sofern diese sich nicht in unmittelbarer Nachbarschaft von Althecken befanden. An isolierten alten Einzelbüschen im Grünland war *Apanteles* unregelmäßiger vertreten als an Wildrosen im Heckenverband. Das Populationsniveau von *N.roborana* erreicht in Hecken maximal 14 %, im Durchschnitt aber nur 7 % der Kapazität der Wirtspflanze. Die Stabilisierung dieses Phytophagen bei einer Populationsdichte, die nur einen sehr geringen Anteil der insgesamt verfügbaren Nahrungsressource konsumiert, erfolgt während der im Boden durchlaufenden Puppenphase des Kleinschmetterlings. Freilandversuche und eine Modellberechnung ergeben, daß im Bodenbereich wirksame Prädatoren als ein exakt kompensierender Regulationsfaktor der *N.roborana*-Dichte auftreten. Unter den untersuchten Parasitoidenarten von *N.roborana* zeigt lediglich der Eiparasit *Trichogramma* die Tendenz einer positiven Dichteabhängigkeit, d. h. ein überproportionales Ansteigen der Parasitierung bei höheren Eidichten des Wirts.

Auch der an Wildrosen in Hecken lebende Wickler *Pardia tripunctana* ist auf einem Populationsniveau stabilisiert, durch das die Kapazität der Wirtspflanze bei weitem nicht ausgeschöpft wird. Maximal wurden 33 %, im Mittel aber nur 10 % der zur Verfügung stehenden Nahrungsressource konsumiert (Anhang IV, BAUER). Auch hier kommen die Parasitoiden als dichteregulierende Faktoren nicht in Betracht, da der Parasitierungsgrad mit steigender Wirtsdichte absinkt (inverse Dichteabhängigkeit). Ebenso wie bei *N.roborana* dürften Bodenprädatoren der entscheidende Regulationsfaktor sein.

Die Populationsentwicklung des an Wildrosen vorkommenden Kleinschmetterlings *Platyptilia rhododactyla* (Anhang IV, BAUER) wurde ebenfalls im Hinblick auf das Problem der Dichteregulation untersucht. Hier zeigt sich jeweils gegen Ende der Larvalperiode ein starker Populationsrückgang. Ansiedlungsexperimente im Freiland und Versuche, in denen Prädatoren durch Leimringe und Netze ausgeschlossen wurden, ergaben, daß die Larvenpopulation von *P.rhododactyla* im wesentlichen nicht durch Räuber oder Parasitoide sondern durch das jeweilige Nahrungsangebot (Blütenknospen der Wirtspflanze) gesteuert wird, denn auch bei Ausschluß der Freßfeinde ergab sich während der Larvenentwicklung ein Abfall der Populationsdichte.

Auch bei einer vierten an der Wildrose vorkommenden Phytophagenart, der Hagebuttenfliege *Rhagoletis alternata,* sind nach den Untersuchungen von BAUER (Anhang IV) nicht räuberische Insekten oder Parasitoide die entscheidenden dichteregulierenden Faktoren. Hier erwiesen sich einerseits zwischenartliche Nahrungskonkurrenz mit Frostspannerlarven und andererseits ein antagonistisches Verhalten im frühen Larvenstadium als Schlüsselfaktoren. Die Eibelegung liegt meist deutlich über der Kapazität der Ressource (= eine *Rhagoletis*-Larve pro Hagebutte), die Anpassung des Larvenbesatzes erfolgt regelmäßig durch aggressive Konkurrenz.

Am auffälligsten ist die Stabilisierung auf einem tiefen Populationsniveau bei den von PAINTNER (Anhang VI, 4) erfaßten Blattminierern an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen. Bei 21 untersuchten Arten ergab die Messung der Fläche voll ausgebildeter Minen, daß im Durchschnitt nur 0.96 % der verfügbaren Blattmasse von den betreffenden Kleinschmetterlings- und Rüsselkäferlarven ausgenutzt wurde. Gleichzeitig wurden hohe Parasitierungswerte registriert. Diese Beobachtung und der Umstand, daß in Obstkulturen nach Ausschaltung der Parasitoiden durch Insektizidanwendung wiederholt Massenbefall durch Blattminierer festgestellt wurde, sprechen dafür, daß bei der Regulation von Blattminiererpopulationen parasitischen Hymenopteren eine Schlüsselstellung zukommt.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß für die phytophagen Insektenarten des Heckenbereichs in einem bestimmten Beobachtungsgebiet in der Regel die mittleren Populationsdichteniveaus und die mittlere Ressourcennutzung innerhalb eines gewissen Schwankungsbereichs festliegen. Die meisten von uns untersuchten Arten sind auf einem Niveau stabilisiert, das tief unterhalb der vom Wirtspflanzenangebot her möglichen Populationsdichte liegt. Dabei sind mannigfaltige Regulationsmechanismen im Spiel. Je nach der Phytophagenart kommt Freßfeinden im Bodenbereich (also der Puppenmortalität), Prädatoren, die Larven im Blattwerk der Hecke angreifen, Parasitoiden, stabilisierenden Verhaltensformen bei Larven und/oder Imagines und in einigen Fällen auch dem Ressourcenangebot eine Rolle als Schlüsselfaktoren zu.

2.2.5 Konsum von Blattbiomasse und Sekundärproduktion

Entscheidend für die Nahrungsnetze im Heckenbereich ist das Ausmaß an pflanzlicher Produktion (Primärproduktion), das von Pflanzenfressern konsumiert und damit für die übrigen Glieder der jeweiligen Nahrungsketten erschlossen wird. Da der Blattfraß relativ leicht quantitativ erfaßt werden kann, wurde er während der Vegetationsperiode an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen gemessen (Anhang IX, LANGE). Beim Blattfraß ist zwischen dem apparenten Blattbiomasseverlust, der sich aus der direkt erfaßbaren Größe der Fraßlöcher bzw. fehlenden Blattfläche ergibt, und dem realen Blattflächeverlust zu unterscheiden. Es wurde von LANGE eine spezielle Methode ausgearbeitet, um den realen Blattmassekonsum (bei dem nach dem Fraß stattfindende Wachstumsprozesse des Blatts berücksichtigt werden müssen) angeben zu können. Der reale (bzw. apparente) Blattflächenkonsum betrug an den Beobachtungshecken im oberfränkischen Untersuchungsgebiet im Durchschnitt bei Schlehe 18.5 % (41.1 %), an Wildrosen 12.1 % (15.3 %) und am Weißdorn 17.8 % (19.1 %). Der für den Konsum von Blattmasse ausschlaggebende Zeitpunkt liegt im Mai/Juni, er fällt also mit der Hauptproduktionsphase der Heckengehölze zusammen. Diese Werte zeigen, daß im Vergleich zu den meisten Waldökosystemen (Tab. 38) in der Hecke die Blattmasse von Primärkonsumenten überdurchschnittlich stark genutzt wird. Da auch die Gesamtblattproduktion pro Bodenfläche in den meisten Hecken höher liegt als im Wald, ergibt sich für den Heckenbereich pro Flächeneinheit eine Produktion an Biomasse blattfressender Insekten, die diejenige eines alten Buchenwaldes um das zehnfache übertreffen kann. Damit ist – im Gegensatz zu den meisten Waldökosystemen – die Blattproduktion der Hecke eine für den ökologischen Energiefluß wichtige Komponente. Es muß berücksichtigt werden, daß die Blattbiomasse nur ein Teil der für das Nahrungsnetz in der Hecke bedeutsamen Primärproduktion darstellt. Neben den Blättern werden Knospen, Stengel, Holz, Blüten mit Nektar und Pollen sowie die unterschiedlichen Fruchttypen der Heckengehölze genutzt. Eine andere Produktionsquelle haben die zahlreichen pflanzensaftsaugenden Insekten erschlossen. Sie geben einen Teil der pflanzlichen Assimilate in Form von Honigtau an das Nahrungsnetz weiter. Wenn neben dem Fraß von Blattbiomasse all diese anderen Formen einer Nutzung der Primärproduktion der Hecke berücksichtigt werden, dann wird deutlich, daß Hecken ökologische Systeme mit einer außerordentlich vielfältig auswertbaren und stark genutzten pflanzlichen Produktion darstellen. Neben der immer betonten Funktion von Hecken als wichtige räumliche Strukturen (»Strukturfunktion«) tritt die Funktion als reichhaltige und zuverlässige Nahrungsbasis für zahlreiche Tiergruppen (»trophische Funktion«).

3 Schlußfolgerung für die Praxis der Landschaftspflege und für den Integrierten Pflanzenschutz

Zum Aufgabenbereich des Projekts gehörte es, »praktikable Methoden zur Schnellbewertung« von Hecken zu entwickeln und »Schwellenwerte« ökologischer Funktionen unterschiedlicher Hecken in verschiedenen Naturräumen zu ermitteln. Die tierökologische Bewertung von Hecken soll im folgenden getrennt für die Belange der Landschaftspflege (einschließlich des Naturschutzes) und für den Bereich des Integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt werden.

3.1 Die tierökologische Bewertung von Hecken im Rahmen der Landschaftspflege und des Naturschutzes

Für die Bewertung von Hecken gibt es unterschiedliche Standpunkte, die davon abhängen, ob ihre Bedeutung für das Landschaftsbild, das Mikroklima, den Schutz des Bodens, die Landwirtschaft, die Pflanzenwelt oder die Tierwelt in den Vordergrund gestellt wird. Aus tier-

ökologischer Sicht steigt der Wert einer Hecke in dem Maße, in dem sie

a) zur Erhaltung einer möglichst großen Vielfalt an Tierarten in einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet beiträgt und

b) stabilisierende Wechselwirkungen, wie sie insbesondere innerhalb von Phytophagen-Entomophagen-Systemen gegeben sein können, gewährleistet.

Aufgrund unserer tierökologischen Analyse sollen hier zunächst verschiedene Bewertungskriterien und die untersuchten Hecken-Typen und -Parameter erörtert werden.

3.1.1 Die ausgewählten Bewertungskriterien

Stellvertretend für die Fülle von Tierformen, die die Hecke beleben, werden 4 verschiedene Gruppen herausgegriffen, für die die Hecke in jeweils anderer Weise als Lebensraum, Nahrungsreservoir, Refugium oder Brutplatz dient. Zu diesen unterschiedlichen ökologischen Funktionen tritt ein weiteres Beurteilungskriterium: Die Beeinflussung der Populationsdichte phytophager Insekten durch ihre Gegenspieler, d. h. die Wirksamkeit populationsdynamischer Regelungsprozesse in ausgewählten biozönotischen Komplexen.

Folgende Kriterien werden benützt:

a) Die Rolle der Hecke als *Lebensraum phytophager Insekten.* LANGE (Anhang IX) konnte im Rahmen unseres Projekts nachweisen, daß in der Hecke ein im Vergleich zu Waldökosystemen überdurchschnittlich hoher Anteil der Blattmasse von Phytophagen verwertet wird. Diese Blattfresser erschließen zusammen mit Pflanzensaftsaugern und weiteren phytophagen Lebensformen die pflanzliche Produktion der Hecke für ein außerordentlich komplexes Nahrungsnetz. Den Phytophagen kommt somit in der Hecke eine Schlüsselposition zu, die ihre Verwendung als Bewertungskriterium rechtfertigt. Erfaßt wurden die betreffenden Phytophagenarten sowohl durch Astproben wie auch durch Klopfproben (Anhang I).

b) Die Rolle der Hecke als *Nahrungsreservoir entomophager* Insekten und als Jagdrevier von Spinnen. Entomophage Arthropoden stellen in den Klopfproben sowohl in ihrer Individuenzahl wie auch in ihrer Biomasse einen hohen Anteil des Gesamtfangs (Anhang I), sie eignen sich daher gut zur Charakterisierung von Heckentypen. Die Tiergruppe ist auch an Austauschprozessen zwischen der Hecke und ihrem Umland wesentlich beteiligt, da hier einerseits räuberische Formen (z. B. Blattlausfresser) auftreten, deren Jagdbereich zeitweise außerhalb der Hecke liegt, und da andererseits ein Großteil der Spinnen als Fallensteller einen kontinuierlichen »Insektenimport« in die Hecke verwertet. Die Erfassung entomophager Arthropoden erfolgte bei räuberisch lebenden Arten in erster Linie über das Klopfprobenprogramm, während Parasitoide durch Zuchten und Sektionen ihrer Wirtstiere nachgewiesen wurden.

c) Die Rolle der Hecke als *Brutstätte von Vögeln.* Da der Großteil unserer Vogelarten in der Nahrungspyramide eines Ökosystems eine hohe Position einnimmt, eignen sich Vögel besonders gut als Indikatorarten. Da praktisch alle Heckenvögel überdies auch mannigfaltige Beziehungen zum Umland der Hecke zeigen, haben wir die Gruppe der Vögel in den Kriterienkatalog hineingenommen. Von den unterschiedlichen Funktionen, die die Hecke im Leben der heimischen Vogelarten ausübt, läßt sich die Benutzung als Brutstätte am zuverlässigsten quantitativ erfassen (Anhang VII). Daher soll die Vogelnestdichte zur Beurteilung unterschiedlicher Heckentypen und Heckenparameter benutzt werden, wobei allerdings nicht übersehen werden darf, daß damit nur ein Teil der Vogelarten, die eine Beziehung zu Hecken und Feldgehölzen zeigen, erfaßt werden kann. Die Bestandsaufnahme der Vogelnester erfolgte vorwiegend nach dem Laubfall, d. h. im Spätherbst und Winter.

d) Die Rolle der Hecke als *Refugium und Nahrungsreservoir von Wildarten.* Im Beobachtungsgebiet hatten Hecken vor allem während der Winterperiode eine bedeutende Anziehungskraft für verschiedene Wildarten, die hier Schutz bzw. Äsung suchten. Es wurde versucht, diese ökologische Funktion, die natürlich stark von der jeweiligen Wilddichte und dem Fehlen oder Vorhandensein anderer Gehölze abhängt, durch eine vergleichende Erfassung der Dichte von Schneespuren entlang der Hecke und in ihrem Umland zu messen (Anhang VIII) und für eine Beurteilung verschiedener Heckentypen zu verwenden.

Tabelle 1

Übersicht über die bei der tierökologischen Bewertung von Hecken benützten Parameter und Kriterien

Es bedeuten: ? = Es kann keine Aussage gemacht werden
0 = Es wurde kein Einfluß des betreffenden Parameters gefunden
\+ = Es liegt ein Einfluß des Parameters vor. Dieser kann positiv oder negativ sein oder einen Optimalbereich aufweisen.

Kriterien / Parameter	Phytophage	Entomophage	Brutvögel	Wild	Phytophagen-Entomophagen-Komplex
Isolationsgrad der Gehölzart	+	+	?	?	+
Alter der Gehölzart	+	+	+	+	+
Altersklassenmischung	+	+	+	+	+
Umfang der Gehölze	+	+	+	?	+
Flächendichte der Hecken	+	+	+	?	0
Gehölzartenzahl: Hauptarten	+	+	+	+	+
Gesamtgehölzartenzahl	+	+	+	?	+
Heckenumland:					
Grünland/Äcker	+	+	+	?	0
Pflegezustand der Hecken	+	+	+	?	+

e) Die Rolle der Hecke als *Biotop von Phytophagen-Entomophagen-Komplexen.* Ein wichtiges Kriterium dafür, wie weit Hecken eine Grundlage für ökologische Ausgleichsprozesse bilden können, ist das Ausmaß, in dem Phytophagen-Populationen durch ihre Freßfeinde stabilisiert werden. Dazu wurden für verschiedene Heckentypen vergleichend die Dichte ausgewählter Phytophagenarten, die jeweilige Belastung des Nahrungssubstrats (= Ausnützungsgrad der pflanzlichen Produktion) und die durch Entomophage verursachte Mortalität berechnet (Anhang II). Da hier nicht Tiergruppen sondern spezifische Wechselbeziehungen von eng aneinander gebundenen Organismenarten als Bewertungskriterien benützt werden, stellen solche biozönotischen Komplexe ein besonders empfindliches Indikatorsystem dar.

3.1.2 Die untersuchten Parameter

Im folgenden sollen für Hecken und ähnliche Vegetationsformen (Einzelbüsche im Grünland, Neupflanzungen, Strauchaufwuchs in der Sozialbrache) die einzelnen ökologischen Parameter, die in unseren Untersuchungen berücksichtigt werden konnten, aufgeführt werden.

3.1.2.1 Isolationsgrad der Gehölzart

Der Isolationsgrad einer Gehölzart ist proportional zur Distanz zum nächsten artgleichen Nachbarstrauch. Ein hoher Isolationsgrad (Distanz zum artgleichen Nachbarn 50–500 m) tritt einerseits bei Einzelbüschen (d. h. bei Sträuchern außerhalb eines Heckenverbandes) und andererseits bei nur vereinzelt in einer Hecke vorkommenden Arten auf. Ein niedriger Isolationsgrad (mittlere Distanz zum artgleichen Nachbarstrauch 10 m und weniger) liegt dort vor, wo eine bestimmte Strauchart gehäuft oder gar »bestandsbildend« wächst. Die tierökologische Auswirkung des hier definierten Isolationsgrades wurde insbesondere an Wildrosen (Anhang II) erfaßt, weitere Hinweise ergeben sich aus Untersuchungen über die überwinternde Fauna an Weißdorn.

a) Kriterium Phytophage: Selbst bei sehr hohem Isolationsgrad des Wirts (500 m Distanz zum Nachbarstrauch) ist der Großteil der untersuchten Phytophagenarten nachweisbar. Die Abundanzen vieler Phytophagen (z. B. Kleinschmetterlingsarten an Rose und Weißdorn, Wanzen und Rüsselkäfer in Klopfproben) liegen teilweise statistisch signifikant höher als bei niedrigem Isolationsgrad der betreffenden Pflanzenart (Anhang II). Insgesamt wirkt sich ein steigender Isolationsgrad der Wirtspflanze hinsichtlich der Phytophagendichte fördernd aus.

b) Kriterium Entomophage: Während bei Entomophagen mit breitem Nahrungsspektrum eine negative Beeinflussung mit steigendem Isolationsgrad nicht nachweisbar ist, zeigen spezialisierte Entomophage (z. B. Schlupfwespen als Parasiten von Rosenkleinschmetterlingen) einen deutlichen Rückgang, der bis zum völligen Ausfall bestimmter Arten führen kann (Anhang II).

c), d) Kriterien Brutvögel, Wild: Keine Aussage möglich.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplexe: Ein steigender Isolationsgrad der Gehölzart wirkt sich bei den untersuchten Systemen ausgesprochen negativ auf die Struktur und Effizienz von Parasitenkomplexen aus: Die Zusammensetzung der Parasitoidengilde wird »unregelmäßig«, d. h. nicht vorausberechenbar und der durchschnittliche Gesamtparasitierungsgrad sinkt. Gleichzeitig steigt das Populationsniveau bestimmter Phytophagenarten, wobei teilweise sogar die Kapazitätsgrenze (= Kahlfraß) erreicht wird (Anhang II). Damit erscheint der Schluß erlaubt, daß ein steigender Isolationsgrad (selbst dort, wo die betreffende Pflanze im Heckenverband wächst) das ökologische Abpufferungsvermögen von Entomophagen gegenüber ihren phytophagen Wirten abschwächt.

3.1.2.2 Alter der Gehölze

Je älter eine Hecke bzw. ein Einzelbusch ist, desto größer ist die *zeitliche Kontinuität* des betreffenden ökologischen Systems. Da gleichzeitig auch die Pflanzenbiomasse und die pflanzliche Artenvielfalt ansteigt, nehmen auch die trophischen Funktionen und die Strukturfunktionen der Hecke zu: Die Nahrungsbasis für die tierischen Konsumenten wird breiter und die Schutzwirkungen und weiteren Nutzungsmöglichkeiten der Hecke für Tiere wachsen. Dabei ist allerdings eine Voraussetzung, daß die Hecke daran gehindert wird, in einen Niederwald überzugehen. Zur Erfassung des Parameters »Alter der Gehölze« eignet sich eine Einteilung in Altersklassen (Anhang VII, Tab. 34).

Es bedeutet:

Altersklasse 0 = 0–1 Jahr
I = 1–5 Jahre
II = 6–10 Jahre
III = 11–20 Jahre
IV = 21–50 Jahre
V = über 50 Jahre

a) Kriterium Phytophage: Infolge zunehmender Biomasse und pflanzlicher Strukturvielfalt steigt die Artenzahl und Abundanz der Phytophagen zumindest bis zum Erreichen der Altersklassen III und IV. Dabei liegen die Werte in den Altersklassen O, I und teilweise noch II tief und der Phytophagen-Komplex erscheint unausgewogen (Anhang II), da beispielsweise ein Teil der zur Standardfauna von Hecken der Altersklassen III und IV zählenden Kleinschmetterlingsarten noch fehlen kann.

Entsprechend ergaben Untersuchungen an Phytophagen, die an Weißdornästen überwintern, bei Weißdorn-Sträuchern der Altersklasse III und IV Diversitätsindices zwischen 0.73 und 1.002, während in der Altersklasse I nur eine Diversität von 0.08 beobachtet wurde. Neuangepflanzte Büsche der Altersklasse II/III lagen mit einem Index von 0.29 zwischen diesen Werten (Anhang II).

b) Kriterium Entomophage: Grundsätzlich gilt hier das für die Phytophagen Gesagte. Da die Ausbreitungs- und Besiedlungskapazität spezialisierter Entomophager (z. B. bestimmter parasitisch lebender Kleinhymenopteren) teilweise ausgesprochen gering ist, kommt hier allerdings hinzu, daß bei Gehölzen der Altersklassen 0–II (also bei Neuanpflanzungen im Rahmen von Flurbereinigungsvorhaben) entscheidend sein kann, ob Ausgangspunkte für eine Neubesiedlung solcher Gehölze in genügend geringer Distanz vorhanden sind. So gelang es etwa der Brackwespe Apanteles sp., einer der beiden Hauptparasitenarten des Kleinschmetterlings Notocelia roborana, offensichtlich innerhalb von 8 Jahren nicht, Flurbereinigungshecken mit Wildrosen wieder zu besiedeln, da dieses Gebiet zuvor vollständig ausgeräumt worden

war. Andererseits konnte die Art bereits in Neuanpflanzungen der Altersklasse I dort nachgewiesen werden, wo eine alte Hecke (Altersklasse III/IV) in 20–30 m Entfernung als Besiedlungsreservoir zur Verfügung stand (Anhang II).

c) Kriterium Brutvögel: Hier liegen, je nachdem ob die *Nest-Dichte* (= Zahl der Nester pro 100 m) oder der *Mannigfaltigkeitsindex* (= Diversitätsindex der brütenden Arten) berücksichtigt werden, etwas unterschiedliche Trends vor:

Die Nestdichte liegt in Klasse I und II mit 3.5 bzw. 3.6 etwa gleich hoch, sie sinkt in Klasse III auf 1.7 und in Klasse IV auf 0.6. Die Artenmannigfaltigkeit steigt von Klasse I (0.72) über Klasse II (1.19) auf ein Maximum in Klasse III (1.77), um dann wieder geringfügig abzusinken. Kombiniert man beide Werte, so erhält man ein Optimum im Bereich der Altersklassen II und III (Anhang VII).

d) Kriterium Wild: Maximalwerte für die Spurendichte im Schnee lagen hier im Bereich der Altersklassen II–IV, Verbiß wurde vor allem an Sträuchern der Altersklassen I–III, bei entsprechender Wuchsform (z. B. Schlehe und Weißdorn) aber auch noch an Altersklasse IV festgestellt. Kombiniert ergibt sich ein Optimum bei Altersklasse III und IV (Anhang VIII).

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplex: Die Untersuchungen an Rose und Weißdorn weisen darauf hin, daß sowohl bei Einzelbüschen wie auch bei Sträuchern im Heckenverband bei Altersklassen III und IV ein Optimum hinsichtlich der Strukturvielfalt dieser ökologischen Kleinsysteme vorliegt. Das gilt auch für den Komplex an Mortalitätsfaktoren, der die Pflanzenfresser auf einem Niveau unterhalb der Kahlfraßschwelle stabilisiert.

3.1.2.3 Altersklassenmischung der Gehölze

Der Grad der Altersklassenmischung kann mit Hilfe der Anzahl der in einer Hecke vorhandenen Gehölz-Altersklassen (= 1 bis 6) gemessen werden. Mit zunehmender Altersklassenmischung steigt die Strukturvielfalt der Hecke und damit ein grundlegend positiver tierökologischer Aspekt. In Bezug auf die trophischen Funktionen (= Hecke als Basis eines Nahrungsnetzes) dürften Hecken mittleren Alters (Altersklasse II bis IV) und einer mittleren Altersklassenmischung (= 3 Altersklassen nebeneinander) ein Optimum darstellen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei den einzelnen Gehölzarten der optimale Altersklassenbereich unterschiedlich sein kann. Dieser liegt bei der Schlehe etwa im Bereich der Altersklassen II bis III, beim Weißdorn aber erst bei III bis IV. Altersklasse V wurde nur in Einzelfällen in unsere Untersuchungen mit einbezogen, hier können keine definitiven Aussagen gemacht werden.

a) Kriterium Phytophage: Hinsichtlich der Vielfalt der Phytophagenarten dürfte ein gleichzeitiges Vorhandensein der Altersklassen 0 bis III ein Optimum darstellen, da dann einerseits unterschiedliche Nahrungssubstrate zur Verfügung stehen und andererseits die Gefahr einer allmählich zustande kommenden Überalterung der Hecke (= Erreichen der Niederwaldphase) geringer als beim Vorliegen hoher Altersklassen (IV und V) ist.

b) Kriterium Entomophage: Hier kann die gleiche Situation wie bei den Phytophagen angenommen werden.

c) Kriterium Brutvögel: Da die untersuchten Vogelarten für ihre Nistplatzwahl jeweils unterschiedliche Gehölzaltersklassen bevorzugen, steigt mit der Vielfalt der in einem Heckenareal vertretenen Strauchaltersklassen auch der Mannigfaltigkeitsindex der brütenden Vogelarten. Andererseits tragen die Altersklassen III und IV nur sehr wenig zur Erhöhung der Nestdichte bei. Hecken, die ausschließlich aus den Altersklassen I–III aufgebaut sind, zeigen eine doppelt so hohe Vogelnestdichte, wie Hecken, die nur zur Hälfte aus diesen 3 Altersklassen bestehen (Anhang VII).

d) Kriterium Wild: Pionierpflanzen (Altersklasse 0 und I), die nicht im Heckenverband standen, wurden zwar gelegentlich verbissen, schienen aber infolge mangelnder Schutzwirkung weniger attraktiv als Hecken der Altersklassen II und IV (Anhang VIII), die sowohl Äsung wie auch ausreichenden Schutz bieten. Die Auswirkung der Altersklasse V konnte in unseren Untersuchungen nicht geprüft werden. Die vorhandenen Beobachtungen lassen den Schluß zu, daß ein mittlerer Mischungsgrad von Altersklassen besonders günstig sein dürfte.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplex: Hier gilt ebenfalls, was für die Phytophagen und Entomophagen bereits ausgeführt wurde.

3.1.2.4 Umfang der Einzelhecken

Mit diesem Parameter soll die Größe einer Einzelhecke erfaßt werden. Dabei stellt der isoliert stehende Einzelbusch das eine Extrem eines Gradienten dar, dessen anderes Extrem die mehrere hundert Meter lange »Großhecke« bildet. Als Kennwert für den Hekkenumfang verwenden wir die Länge einer Hecke, da diese – zumindest bei den typischen linear gestalteten Hecken – in einem direkten Verhältnis zur Größe der für die Austauschprozesse mit dem Umland maßgebenden Grenzfläche (= Heckenoberfläche) steht. Die Frage, welche Rolle eine unterschiedliche Heckenbreite spielt, konnte im Rahmen unserer Untersuchungen nicht berücksichtigt werden, da für einen Breitenvergleich nicht genügend unterschiedliche Untersuchungsobjekte zur Verfügung standen. Da unsere Standardhecken eine mittlere Breite von 4 ± 1 m aufweisen, gelten die folgenden Angaben für diesen Durchschnittswert.

a) Kriterium Phytophage: Grundsätzlich steigt, wie die Klopfproben ergeben (Anhang I), die Individuenzahl und Biomasse der Phytophagen einer Hecke proportional mit der Heckenlänge. Was die Artenzahl betrifft, so ist hervorzuheben, daß bereits isolierte Einzelbüsche im Grünland bei entsprechendem Alter (Klasse III bzw. IV) und einem Umfang von zumindest 6–10 m eine reichhaltige autochthone (d. h. sich von der betreffenden Strauchart ernährende) Phytophagenfauna beherbergen können. Überdies wird bei solchen Einzelsträuchern die ökologische Strukturfunktion wirksam: sie werden in hohem Grade von Phytophagen und anderen »Zuwanderern« aus dem Umland aufgesucht. Auch bei der Erfassung der an Weißdorn-Ästen überwinternden Insekten lag die Phytophagendiversität mit einem H_S-Wert von 1.002 an Einzelbüschen im Grünland sogar über dem an gleichaltrigen Weißdornbüschen im Heckenverband gefundenen Wert (= H_S = 0.73). Andererseits nimmt die Gesamt-Phytophagenfauna wegen der höheren Gehölzartenzahlen bei ansteigendem Heckenumfang natürlich zu.

b) Kriterium Entomophage: Hier gilt – mit der im Abschnitt 3.1.2.1 für spezialisierte Entomophage gemachten Einschränkung – die gleiche Aussage wie für Phytophage: Bereits isolierte Einzelbüsche bieten bei entsprechendem Alter (Klasse III bzw. IV) einer reichhaltigen Fauna nicht-spezialisierter entomophager Arthropoden Lebensmöglichkeiten. Insgesamt wächst die Entomophagenfauna einer Hecke, was die Individuenzahlen und die Biomasse angeht, ebenfalls mit wachsendem Heckenumfang.

c) Kriterium Brutvögel: Hier liegen, je nachdem, ob die absolute Artenzahl brütender Vögel oder die Nestdichte pro 100 m Hecke geprüft werden, gegensätzliche Beziehungen vor:

Mit dem Umfang einer Hecke steigt die Zahl der in der Hecke als Brutvögel nachweisbaren Arten, was in Anhang VII erörtert wurde. Andererseits sinkt bei Hecken der Altersklasse III die relative Nestdichte (nur Buschbrüter, Bodenbrüter nicht berücksichtigt) signifikant mit zunehmender Heckenlänge. Sofern diese bei 10–15 m liegt, wurde ein Nestdichte-Index zwischen 1.4 und 3.5 gefunden, bei Heckenlängen von 100–150 m fällt dieser Index auf 0.8–1.5 und bei einer Heckenlänge über 200 m sinkt der Wert unter 0.7. Für die Brutdichte wirkt sich also eine größere Zahl kleiner Hecken günstiger aus als einige wenige sehr umfangreiche Hecken. Einzelbüsche werden dann als Nistplätze angenommen, wenn der Abstand zum Nachbarbusch gering ist. Bei Distanzen von mehr als 10 m sinkt die Vogelnestdichte rapide ab. Einzelbüsche mit einem Abstand von 40 m und mehr zum nächsten Gehölz zeigen eine zwanzigfach geringere Nestdichte als nah benachbarte Einzelbüsche (Distanz 5 m und weniger) (Anhang VII). Im Vergleich zu Einzelbüschen sind kleine, 5–15 m lange Hecken mit jüngeren und älteren Sträuchern als Brutsubstrat für bestimmte Vogelarten (z. B. Dorngrasmücke, Bluthänfling) attraktiver, wobei vermutlich die im Gegensatz zu Einzelbüschen größere Strukturvielfalt (= Altersklassenmischung und Gehölzartenmischung) ausschlaggebend ist.

d) Kriterium Wild: Es liegt nicht genügend Beobachtungsmaterial für eine klare Ausage vor. Wichtiger als der Heckenumfang ist hier offensichtlich die Beschaffenheit des Umlands, insbesondere die Distanz zum Wald. Beobachtungen an Rebhühnern ergaben allerdings, daß hier, vor allem während des Winters, vorwiegend Gehölze geringen Umfangs aufgesucht wurden. Dies gilt insbesondere für 5–15 m lange Kleinhecken, die bei entsprechender Altersklassenmischung offensichtlich einen optimalen Schutz bieten. Umfangreiche Großhecken schienen in unserem Untersuchungsgebiet für Rebhühner nicht besonders attraktiv zu sein.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplex: Auf Einzelbüschen sind nicht nur Parasitenkomplexe unausgeglichener (3.1.2.1), sondern auch die im Bodenbereich wirkenden Mortalitätsfaktoren. Untersuchungen an Kleinschmetterlingspopulationen an Rose (Anhang III) zeigen, daß hier die für die Dichteregulierung des Phytophagen entscheidende Mortalität in der Bodenstreu durch Kleinsäuger nur im Heckenverband, nicht aber bei Einzelbüschen populationsregelnd wirkt.

3.1.2.5 Flächendichte der Hecken

Neben dem Umfang der Einzelhecke ist die Dichte von Hecken pro Flächeneinheit ökologisch von Bedeutung. Als Kriterium für die Flächendichte von Hecken in einer Heckenlandschaft wurde die mittlere Heckenlänge in einem Mindestareal von 25 ha (= 0,25 km^2) gewählt. Es wird geprüft, wieviel Meter Hecke sich auf einer Fläche von 25 ha befinden. Daraus wird dann die mittlere Heckenlänge/ha berechnet.

a) Kriterium Phytophage: Grundsätzlich wächst mit steigender Flächendichte der Hecken die durchschnittliche Populationsgröße spezialisierter Phytophager proportional an, da die Heckenvegetation für diese Lebensformen die Nahrungsbasis bildet. Abweichende Verhältnisse wurden allerdings bei den nicht spezifisch an Hecken gebundenen phytophagen Insekten gefunden: Dort, wo Hecken oder Einzelbüsche im Grünland wachsen, kann es bei geringer Heckendichte zur Konzentration zufliegender oder zuwandernder Phytophagenindividuen und damit zu relativ hohen Insektendichten auf den betreffenden Sträuchern kommen. In unserem Untersuchungsgebiet »Hummelgau« mit sehr geringer Heckendichte wurden am Weißdorn pro Klopfprobeneinheit 4 mal so viel Wanzenindividuen, 5,8 mal so viel Dipterenindividuen und 2,4 mal so viel Käferindividuen festgestellt wie im Durchschnitt in den übrigen, durch eine hohe Heckendichte ausgestatteten Gebieten (Anhang I).

b) Kriterium Entomophage: Auch hier gilt die Feststellung, daß die Populationsgröße spezialisierter Arten mit steigender Heckendichte zunimmt, daß bei nicht-spezialisierten Arten (z. B. Coccinelliden) durch lokale Konzentration aber auch in Gebieten geringer Heckendichte relativ hohe Entomophagendichten gefunden werden können.

c) Kriterium Brutvögel: Wie in Anhang VII erörtert wurde, steigt die Artenmannigfaltigkeit der in der Hecke brütenden Vogelfauna mit steigender Heckendichte signifikant an. Die im Beobachtungsgebiet gefundenen Werte möchten wir so interpretieren, daß im offenen Gelände erst bei einer mittleren Heckendichte von mehr als 40–50 m Hecke/ha mit einer höheren, im Mittel bei einem Diversitätsindex (H_S-Wert) von etwa 2 liegenden Artenmannigfaltigkeit von Brutvögeln zu rechnen ist. (Dabei sind nur die im Gesträuch, nicht aber die am Boden brütenden Arten berücksichtigt). Eine Artenmannigfaltigkeit mit H_s-Werten über 2 ergab sich bei den Heckenbrütern unseres Beobachtungsgebietes erst bei einer mittleren Heckendichte von 80–90 m/ha. Bei einer durchschnittlichen Heckenbreite von 4 m bedeuten die angegebenen Heckendichten einen Flächenbedarf von 2 % bzw. 3–4 % des jeweiligen Areals. Auch die Untersuchungen über die Zahl nistender Vogelarten bezogen auf die Länge der kontrollierten Gesamtheckenstrecke (Anhang VII, Abb. 61) weisen auf die Bedeutung der Heckendichte pro Fläche für die Artenvielfalt der Vogelwelt hin: Solange in einem Beobachtungsareal die Gesamtheckenlänge bei oder unter 1200 m lag, konnten maximal 7 brütende Vogelarten festgestellt werden. In Arealen mit einer Heckengesamtlänge zwischen 1200 und 3200 m stieg die Zahl der brütenden Vogelarten auf 8–10, und bei einer Heckengesamtlänge von 4600 m pro Beobachtungsareal lag dieser Wert sogar bei 12 brütenden Vogelarten.

d) Kriterium Wild: Es erfolgten keine speziellen Untersuchungen, jedoch ist offensichtlich, daß im offenen (und speziell im waldferneren) Gelände sich eine zunehmende Heckendichte positiv auf den Wildbestand auswirkt. In erster Linie gilt dies für das Niederwild.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplex: Wie in Anhang II ausgeführt wurde, ist, sofern nicht ein Einzelbusch sondern Wirtspflanzen im Heckenverband vorliegen, zumindest in den untersuchten Wirt-Parasit-Systemen kein Einfluß der Heckendichte auf den Parasitierungsgrad nachweisbar. So bleibt etwa die durchschnittliche Parasitierung von Notocelia-Larven durch die Brackwespe Apanteles bzw. die Schlupfwespe Diadegma an Wildrosen unverändert, wenn Gebiete mit mittleren Heckendichten von 13 m Hecke/ha bis 70 m Hecke/ha verglichen werden (Anhang III, Tab. 12). Da eine ähnliche Situation auch bei entsprechenden Parasitenkomplexen an der Schlehe gefunden wurde, ist die Schlußfolgerung erlaubt, daß auch in Gebieten mit geringer Flächendichte von Hecken ausgewogene Phytophagen-Entomophagen-Systeme bestehen können.

3.1.2.6 Gehölzartenzahl: Hauptarten

Als Hauptgehölzarten der Heckenvegetation sollen hier Weißdorn, Wildrosen und Schlehe gelten, wobei für eine tierökologisch orientierte Bewertung nicht zwischen den zahlreichen Rosa- und Crataegus-Arten unterschieden werden muß, sofern er sich um einheimische Formen handelt. Hier handelt es sich nicht nur um typische Arten »natürlich« entstandener Hecken (beispielsweise auf Lesesteinwällen), sondern auch um Gehölze, die von der Tierwelt in sehr vielfältiger Weise genutzt werden können.

a) Kriterium Phytophage: Die Pflanzengattungen Crataegus, Rosa und die Art Prunus spinosa bieten in besonders hohem Maße (Anhang X und VI) blattfressenden, saugenden, blütenbesuchenden und fruchtfressenden Insektenarten Existenzmöglichkeiten. Je vollständiger diese »Hauptarten« in einer Hecke vertreten sind, desto höher ist die Hecke aus tierökologischer Sicht zu bewerten.

b) Kriterium Entomophage: Für entomophage Insekten sind Weißdorn, Rose und Schlehe einerseits als spezifische Wirtspflanzen von Wirts- und Beuteinsekten wichtig, andererseits liefern insbesondere die Blüten von Weißdorn und Schlehe Pollen und Nektar, und schließlich sind die genannten »Hauptarten« infolge der auf ihnen teilweise massenhaft lebenden Homopterenpopulationen als Honigtauspender wesentlich. Dabei ist von Bedeutung, daß bei diesen Gehölzen die Produktion von Nektar sowie von Honigtau zeitlich gestaffelt erfolgt, so daß etwa für Schlupfwespen- und Schwebfliegen-Imagines beim Vorhandensein aller drei »Hauptgehölzarten« in einer Hecke ein längerfristig gesichertes Angebot von kohlehydratreicher Zusatznahrung besteht, die bei vielen Parasitoiden und Blattlausfeinden für Lebensdauer, Flugleistung, Wirtssuche und Eiproduktion eine Rolle spielen. Daher ist auch für die Entomophagen eine Hecke besonders hoch zu bewerten, wenn sowohl Weißdorn als auch Schlehe und Wildrose vorhanden sind (Anhang I).

c) Kriterium Brutvögel: Zwar hat keine der von uns untersuchten Heckenvogelarten (Anhang VII) sich bei der Nistplatzwahl auf eine einzige Gehölzart beschränkt, jedoch zeigten Amsel, Neuntöter, Raubwürger und Grünling eine deutliche Präferenz für Weißdornarten, während Goldammer, Heckenbraunelle und 4 Grasmückenarten bevorzugt auf Schlehe brüteten. Damit erweisen sich die »Hauptgehölzarten« Weißdorn und Schlehe als besonders günstiges Brutsubstrat für jeweils bestimmte Gruppen von Vogelarten, während Wildrosen in dieser Hinsicht keine hohe Bewertung verdienen.

d) Kriterium Wild: Auch hier gilt, daß nur die »Hauptgehölzarten« Weißdorn und Schlehe, nicht aber die Wildrosen, für die Attraktivität von Hecken wichtig sind, da sie Äsung und Schutz bieten. Für Hasen und Rebhühner war in dieser Hinsicht im Untersuchungsgebiet vor allem der Weißdorn wichtig.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplexe: Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß jede der »Hauptgehölzarten« sich durch eine Reihe spezifisch zusammengesetzter biozönotischer Komplexe auszeichnet, die jeweils eng an die betreffende Pflanzenart gebunden sind. Eine Aussage, ob im Hinblick auf biozönotische Komplexe die »Hauptgehölzarten« höher zu bewerten sind als die anderen in der Hecke vorkommenden Gehölze, ist derzeit nicht möglich. Aber der Umstand, daß Kleinschmetterlinge, Blattwespen und Homopteren bei Weißdorn bzw. Rose oder Schlehe besonders artenreich auftreten, legt die Schlußfolgerung nahe, daß hier auch die Vielfalt von mit diesen Primärproduzenten verbundenen Nahrungsnetzen besonders hoch ist.

3.1.2.7 Gesamtgehölzartenzahl

Wenn exotische Gehölzarten außer acht gelassen werden, so kann man mit dem Vorkommen von rund 25 einheimischen Strauch- und Baumarten in der Hecke rechnen. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, daß mit der Gehölzartenmischung auch die faunistische Vielfalt der Hecke steigt.

a) Kriterium Phytophage: Wie in Anhang X ausgeführt wurde, besteht bei 4 für eine Analyse ausgewählten Phytophagen-Taxa kein linearer Zusammenhang zwischen der Gehölzartenzahl einer Hecke und der Artenzahl der dort auf Grund der jeweiligen Wirtspflanzenwahl zu erwartenden Phytophagen. Da der Großteil der Phytophagen auf mehreren Straucharten vorkommen kann, erhöht sich die jeweilige Phytophagen-Gesamtartenzahl mit wachsender Gehölzartenzahl in zunehmend geringerem Grade. Es läßt sich für diese Beispiele, aber auch für eigenes Datenmaterial (Anhang X) zeigen, daß die Gesamtartenzahl von Phytophagen proportional dem Logarithmus der Gehölzartenzahl ansteigt. Das bedeutet, daß für eine Bewertung der Eignung einer Hecke als Lebensraum von Phytophagen die Gehölzartenzahl logarithmisch transformiert werden muß.

b) Kriterium Entomophage: Soweit entomophage Insekten an in der Hecke lebende Wirtsinsekten gebunden sind, dürfte auch hier die Gesamtzahl an Entomophagen-Arten eine logarithmische Funktion der Gehölzartenzahl der Hecke sein. Bei den Spinnen der Hecke, die großenteils als Fallensteller die Heckenvegetation als Gerüst für den Netzbau benutzen und weitgehend aus dem Umland in die Hecke einfliegende Beute fangen, spielt die Gehölzartenzahl offensichtlich höchstens eine untergeordnete Rolle (Anhang VI).

c) Kriterium Brutvögel: Mit steigender Gehölzartenzahl wächst das in einer Hecke vorliegende Spektrum an Nistmöglichkeiten, wobei eine steigende Zahl von Vogelarten ihre spezifischen Bedürfnisse hinsichtlich Nestsubstrat und Nesthöhe (Anhang VII, Abb. 46, 48) befriedigen kann. Besonders wichtig sind hier offensichtlich niedrig wachsende Sträucher wie Brom-

beere oder Wildstachelbeere. Aussagen über die Art der Abhängigkeit der Vogelartenzahl von der Gehölzartenzahl können nicht gemacht werden, jedoch liegt keinesfalls ein proportionales Verhältnis vor.

d) Kriterium Wild: Hier erlauben unsere Daten keine Aussage.

e) Phytophagen-Entomophagen-Komplexe: Da biozönotische Komplexe nur an den drei »Hauptgehölzarten« untersucht wurden, können keine Angaben über die Art der Beziehung zwischen solchen Komplexen und der Gesamtgehölzartenzahl gemacht werden. Jedoch steht zweifelsfrei fest, daß eine positive Korrelation vorliegt.

3.1.2.8 Heckenumland

Bei unseren Untersuchungen wurde lediglich zwischen Hecken und Einzelbüschen im Grünland und solchen, die an Ackerland angrenzen, unterschieden. In beiden Fällen verlaufen die Austauschprozesse mit dem Umland unterschiedlich. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß nach den gründlichen Untersuchungen, die LEWIS (1969) in England über die Artenvielfalt der Insektenfauna in der Hecke und in benachbarten Feldern durchgeführt hat, für fliegende Insekten von der Hecke aus ein passiver Ferntransport häufiger ist als ein Landen auf unmittelbar benachbartem Land: »...insects originating in the hedge are more likely to be blown elsewhere and to increase the diversity of the fauna generally over a considerable area, than to form extensive concentrations extending far into adjacent fields«.

Aus tierökologischer Sicht sind Hecken in reinen Feldbaugebieten höher zu bewerten als Grünlandhecken, da sie im erstgenannten Fall in einem faunistisch stark verarmten und infolge wechselnder pflanzlicher Monokulturen einseitigen Gebiet ein Element ökologischer Kontinuität und trophischer und struktureller Vielfalt darstellen. Mögliche schädliche Nebenwirkungen auf Feldkulturen lassen sich notfalls durch die Elimination bestimmter Gehölzarten beheben.

a) Kriterium Phytophage: Bei Einzelbüschen und Hecken im Grünland erscheint auf Grund unserer Klopfproben der Artenaustausch intensiver als bei Ackerlandhecken. Das betrifft insbesondere Dipteren und Coleopteren, vor allem Rüsselkäfer. Auf den signifikant höheren Dipterenzuflug bei Einzelbüschen im Grünland wurde bereits hin gewiesen (3.1.2.4). Zu erwähnen wäre auch das zeitweilige Zuwandern von an Kleearten im Grünland lebenden Vertretern der Rüsselkäfergattung Apion auf Weißdorn und Schlehe in an Grünland angrenzenden Hecken. Soweit der Hartriegel in den Hecken vorkommt, erfolgt im Frühjahr und Herbst ein intensives Ab- und Zurückwandern geflügelter Vertreter der Blattlausgattung Anoecia, deren Zwischenwirtsgeneration an Graswurzeln leben.

Eine Reihe weiterer Blattlausarten, so die schwarze Rübenblattlaus (*Aphis fabae* Scop. Hauptwirt: *Evonymus* und *Viburnum opulus*), die Haferblattlaus (*Rhopalosiphum padi* L., Hauptwirt *Prunus padus*) und zwei weitere Getreideblattlausarten (*Metopolophium dirhodum* Walk., *Macrosiphum fragariae* Walk., Hauptwirte beider Arten: Wildrosen) wurden im Beobachtungsgebiet (STECHMANN, in Vorbereitung) als Phytophagenarten festgestellt, die von ihren oft in Hecken vorkommenden Hauptwirten zu ihren Nebenwirtspflanzen in Hackfrucht- und Getreidefeldern und von dort im Herbst wieder zu den Hauptwirten zurückwandern. Da die Geflügelten dieser Blattläuse als »Luftplankton« über große Distanzen passiv verdriftet werden können und da die Nebenwirtsgenerationen sich aus einzelnen zugeflogenen Pionierindividuen in kürzester Frist aufbauen können, kommt es auch bei heckenfernen Feldkulturen regelmäßig zum Befall durch diese Blattlausarten. Zumindest bei den drei Getreideblattlausarten, deren wirtschaftliche Schadensschwelle relativ hoch liegt, dürfte der partielle negative Effekt dieses Austauschprozesses zwischen Heckengehölzen und landwirtschaftlichen Kulturen durch die Bedeutung der Hecken für eine frühzeitig einsetzende Populationsentwicklung der wichtigsten Blattlausfeinde (STECHMANN, in Vorbereitung) ausgeglichen werden.

b) Kriterium Entomophage: Im Verlauf unseres Klopfprobenprogramms (Anhang I) und im Verlauf der Untersuchungen, die STECHMANN (in Vorbereitung) über die Beziehungen von Getreideblattläusen und ihren Freßfeinden in Feldhecken und im landwirtschaftlich genutzten Umland durchgeführt hat, ergab sich, daß eine beträchtliche Reihe aphidophager Raubinsekten und Parasitoiden (insbesondere Marienkäferarten, bestimmte Schwebfliegen, räuberische Wanzen, Florfliegen und als Blattlausparasiten auftretende Kleinhymenopteren) im Frühjahr zunächst an Blattlaus- und Blattflohkolonien in der Hecke und später in Getreide- und Maisfeldern und in der Wiese nachgewiesen werden können. Die Bedeutung der Hecken liegt hier darin, daß sie zu einem Zeitpunkt, zu dem sich im Umland für Blattlausfresser noch keine Beute findet, eine breite Nahrungsbasis bietet, auf deren Grundlagen aphidophage Räuber und Parasiten ihre Population aufbauen können. Daß auch für entomophage Arten, die im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes als Nutzarthropoden im Obst- und Gemüsebau eine Rolle spielen, die Hecken ein reiches Reservoir bilden, ergab etwa unsere Analyse der Wanzenfauna der Hecken (Anhang VI) oder die Untersuchung von Parasitenkomplexen von Hecken-Kleinschmetterlingen (Anhang XI).

c) Kriterium Brutvögel: Unsere Untersuchungen (Anhang VII) zeigten, daß das Artenspektrum und die Nestdichte der Heckenvögel durch die Nutzungsform des landwirtschaftlichen Umlands mitbestimmt wird. Gegenüber einigen wenigen Arten, die Hecken mit angrenzendem Ackerland bevorzugten oder tolerierten, zeigte die Mehrzahl der untersuchten Arten eine deutliche Präferenz für Hecken mit angrenzendem Grünland. Bei diesen Hecken ist auch im Gegensatz zu Hecken im Ackerland (etwa mit angrenzenden Rapsanbauflächen) die Gefahr einer Beeinträchtigung der Brut durch Insektizidbehandlung von Kulturpflanzen gering.

d) Kriterium Wild: Eine Aussage ist hier nicht möglich, da unsere Erhebungen nur an Grünlandhecken durchgeführt werden konnten.

e) Phytophagen-Entomophagen-Komplexe: Sofern die übrigen Parameter, insbesondere ein nicht zu hoher Isolationsgrad und ein nicht zu geringes Gehölzalter, günstig liegen, scheinen biozönotische Komplexe sowohl bei Hecken im Grünland wie auch im Ackerland in vollständiger Ausprägung auftreten zu können. Aus den eingangs angeführten Gründen erscheint ihr ökologischer Wert als Baustein tierischer Artenvielfalt in den faunistisch verarmten Ackergebieten höher einzuschätzen zu sein.

3.1.2.9 Pflegezustand

Sofern Hecken nicht gelegentlich zur Holznutzung dienen, d. h. zurückgeschnitten oder auf Stock gesetzt werden, entwickeln sie sich im Lauf der Zeit in ein Niederwaldstadium, das faunistisch durchaus reichhaltig sein kann, aber nicht mehr die spezifischen ökologischen Heckeneigenschaften aufweist, die ja nicht zuletzt gerade auf dem Umstand beruhen, daß Hecken zwar kontinuierlich vorhandene aber doch künstlich in einem »Unreifestadium« gehaltene Systeme darstellen. Insofern ist ein Minimum an Heckenpflege notwendig. Werden Hecken auf Stock gesetzt, so ist es offensichtlich vom tierökologischen Standpunkt aus günstig, wenn dies nur abschnittsweise geschieht, d. h. wenn eine Verjüngung nicht in großem Maßstab sondern in einer Weise, die genügend Wiederbesiedlungszentren bestehen läßt, vor sich geht.

a), b) Kriterien Phytophage, Entomophage: Sofern Pflegemaßnahmen nicht zu radikal, d. h. zu großflächig, ausfallen, sind sie günstig zu bewerten, da sie einer Überalterung der Hecke entgegenwirken und die Strukturvielfalt steigern. Die bereits erwähnte (3.1.2.2) Bedeutung einer richtigen Altersklassenmischung der Gehölze ist nicht zuletzt durch entsprechende Pflegemaßnahmen zu erreichen.

c) Kriterium Brutvögel: In auf Stock gesetzten Heckenbereichen kann bereits nach einigen Jahren die Nestdichte steigen (insbesondere durch ein stärkeres Auftreten der Goldammer), während die Artenzahl der Heckenbrüter zunächst sinkt. Erfolgen die Pflegemaßnahmen in einem zeitlichen Abstand, der den Hecken einen entsprechend hohen Anteil von Sträuchern in den Altersklassen von 10–20 Jahren sichert, so stellt dies für die typischen Heckenvögelarten zweifellos ein Optimum dar. Andererseits wirkt es sich auch günstig aus, wenn bei der Nutzung der Hecke einzelne Jungbäume als Überhälter stehen bleiben, da hier Ansitzplätze und Singwarten für Arten wie Goldammer, Heckenbraunelle, Baumpieper und Würger entstehen.

d) Kriterium Wild: Über den Einfluß des Pflegezustandes der Hecke auf die Attraktivität für Wild liegen uns keine eigenen Beobachtungen vor.

e) Kriterium Phytophagen-Entomophagen-Komplexe: Grundsätzlich gilt hier, was für Phytophage und Entomophage ausgeführt wurde.

3.1.3 Vergleichende Bewertung von Hecken und ähnlichen Vegetationsformen

Aus den vorhergehenden Ausführungen folgt, daß Heckengebiete dann besonders hoch zu bewerten sind, wenn

a) die »Hauptarten« Weißdorn, Schlehe, Wildrose in größerer Zahl vorkommen,

b) wenn darüber hinaus möglichst viele weiteren Gehölzarten an der Hecke beteiligt sind,

c) wenn die Altersklassen I bis IV vorhanden sind, wobei die Altersklassen II und III dominieren sollten,

d) wenn in größeren zeitlichen Abständen zur Verjüngung der Hecke Pflegemaßnahmen durchgeführt werden,

e) wenn bei hoher mittlerer Flächendichte (80 m Hecke/ha) statt langgezogener »Großhecken« zahlreiche »Kleinhecken« von 10–15 m Länge in möglichst geringem Abstand vorliegen.

Derartige Heckengebiete zeichnen sich durch hohe Insekten- und Vogelnestdichte, hohen Wildbesuch, hohe faunistische Artenmannigfaltigkeit und hohe Regulationsfähigkeit hinsichtlich der Populationsdynamik phytophager Arten aus.

Sinkt die Flächendichte der Hecken, so nimmt die Vielfalt der dort brütenden Vogelarten ab. Ebenso wirkt sich eine Überalterung der Hecke aus (= Vorherrschen der Altersklassen IV und V). Die Vogelnestdichte und die Zahl der in der Hecke brütenden Vogelarten sind damit besonders empfindliche Kenngrößen.

Im Gegensatz zu den Brutvögeln erweisen sich Phytophagen-Entomophagen-Komplexe von der Flächendichte der Hecken unabhängig, solange mehrere Sträucher der gleichen Art in einem Heckenverband auftreten. Auch kleine Hecken bieten eine ausreichende Existenzgrundlage für ausgewogene Wirt-Parasit-Systeme. Eine kritische Schwelle wird hier erst beim Übergang von kleinen Hecken zu isolierten Einzelbüschen erreicht.

Sinkt die Zahl der Gehölzarten einer Hecke, so wirkt sich dies infolge der unterschiedlichen Nistplatzansprüche ebenfalls auf die Vogelartenzahl, aber darüber hinaus auch auf die Artenmannigfaltigkeit spezialisierter Phytophager (insbesondere Kleinschmetterlinge und Blattläuse) sowie ihrer spezialisierten entomophagen Freßfeinde aus. Allerdings sind die Gehölzarten in dieser Hinsicht sehr unterschiedlich zu bewerten. Besonders schwerwiegend ist hier ein Ausfall der tierökologisch durch die Vielfalt ihrer Nahrungsressourcen ausgezeichneten »Hauptgehölzarten« (Weißdorn, Schlehe, Wildrosen). Auch die Arten wie die Salweide oder der Hasel können hier eine wichtige Rolle spielen, während exotische Gehölze aus tierökologischer Sicht nicht hoch zu bewerten sind.

Einzelbüsche sind bei entsprechendem Alter (Altersklasse III oder IV) im Hinblick auf phytophage und nicht spezialisierte entomophage Insekten insofern wertvoll, als sie die faunistische Artenvielfalt steigern, zumal wenn sie in einer biologisch verarmten Umgebung wachsen. Allerdings sind die Phytophagen-Entomophagen-Komplexe hier weniger ausgeglichen als im Heckenverband. Auch hinsichtlich der Vogelfauna verdienen Einzelbüsche keine hohe Einstufung, da sie nur in geringem Umfang als Nitzplatz genutzt werden.

Jungwuchs und Neupflanzungen sind in den ersten 5–10 Jahren für Vögel und Wild wenig attraktiv, da sie noch nicht genügend Deckung bieten. Was ihre Phytophagen- und Entomophagen-Fauna anbelangt, bestehen deutliche Unterschiede in der Besiedlungsrate, je nachdem ob Althecken als Besiedlungsquelle in Reichweite (d. h. in Distanzen von 50 m oder weniger) zur Verfügung stehen oder ob die jungen Gehölze völlig isoliert heranwachsen. Im letztgenannten Fall kann, wie unsere Untersuchungen an Flurbereinigungshecken (Anhang II) zeigten, die Insektenfauna noch nach einem Zeitraum von 8 oder mehr Jahren im Vergleich mit Hecken der Altersklassen III und IV unausgewogen sein.

3.1.4 Entwurf eines Punktesystems zur »Schnellbewertung« von Hecken

Da die gründliche faunistische Untersuchung eines Heckengebietes sehr viel Zeit beansprucht, möchten wir hier auf der Basis unserer Untersuchungen ein »Schnellbewertungsverfahren« für Hecken vorschlagen. Eine »Bewertungsziffer« soll darüber Auskunft

geben, in welchem Ausmaß in einem gegebenen Heckengebiet faunistische Vielfalt und ökologische Selbstregulierung erwartet werden kann.

Die Ausarbeitung einer praktikablen Methode zur »Schnellbewertung« von Hecken gehörte zum Aufgabenbereich unseres Projektes. Wir möchten hierzu aber drei Vorbehalte machen: Einmal ist das hier vorgeschlagene Bewertungssystem nur für Hecken im landläufigen Sinne, nicht aber für isolierte Einzelbüsche, Gehölze in der Sozialbrache oder andere Vegetationsformen anwendbar. Solche Vegetationsformen würden nach unserem Bewertungssystem eine Punktezahl erhalten, durch die ihre faunistische Rolle zumeist stark unterbewertet würde.

Der zweite Vorbehalt bezieht sich auf die Gefahr, daß ein einfach zu handhabendes, lediglich allgemeine botanische Kriterien benutzendes Bewertungsverfahren als Alibi verwendet werden könnte, um faunistisch-tierökologische Untersuchungen bei landschaftsgestalterischen Maßnahmen auszuschalten. Die faunistische Verarmung unserer ehemals reichen bäuerlichen Kulturlandschaft ist inzwischen soweit fortgeschritten, daß soweit als irgend möglich stets auch entsprechend ausgebildete Zoologen zugezogen werden sollten, wenn Eingriffe in die Landschaftsstruktur geplant werden. Das hier vorgestellte »Schnellbewertungsverfahren« kann die Stellungnahme eines tierökologisch ausgebildeten Zoologen keineswegs ersetzen.

Drittens muß darauf hingewiesen werden, daß das von uns vorgeschlagene Bewertungssystem sich vorwiegend auf den tierökologischen Aspekt von Hecken der Rhamno-Cornetum-Assoziation und der Prunus spinosa-Prunetalia Gesellschaft stützt. Das bedeutet, daß es zunächst vor allem für Heckenlandschaften in den süddeutschen Muschelkalk-, Keuper- und Jura-Gebieten anwendbar ist. Ein Vergleich mit dem botanischen Heckenbewertungs-System von SCHULZE und REIF (1984), das auch die Heckentypen weiterer geologischer Standorte (z. B. Urgestein im Fichtelgebirge) mit einbezieht, zeigt, daß pflanzenökologisch hochwertige Hecken nicht unbedingt auch im tierökologischen Sinne hochwertig sein müssen. Umgekehrt können auch Hecken, die aus tierökologischer Sicht eine hohe Punktzahl erhalten, vom botanischen Standpunkt aus relativ uninteressant sein. Es erscheint daher sinnvoll, bei einer ökologischen Gesamtbewertung von Hecken jeweils die tierökologischen und pflanzenökologischen Bewertungsziffern gleichberechtigt nebeneinander anzugeben, die Bonitierung also gewissermaßen »zweidimensional«, nämlich entlang einer tierökologischen und einer pflanzenökologischen Werteskala vorzunehmen.

Dem Bewertungsverfahren liegt die einfache Formel

»Bewertungsziffer = Gehölzartenfaktor mal Altersklassenfaktor mal Flächendichtefaktor«

zugrunde.

Es muß betont werden, daß dieser Index einige für die endgültige Bewertung wichtige Fakten nicht berücksichtigt. Es ist dies insbesondere die Beschaffenheit des Umlandes und der Häufigkeits- bzw. »Seltenheits«-Grad von Hecken in dem betreffenden Gesamtgebiet. Hier könnten Überlegungen, wie sie SEIBERT (1980) angestellt hat, weiterhelfen.

3.1.4.1 Der Gehölzartenfaktor

Um die Zusammensetzung der Gehölzarten einer Hecke im Hinblick auf ihre faunistische Bedeutung durch einen Index wiederzugeben, werden in Tab. 2 Bewertungspunkte für die einzelnen Gehölzarten vorgeschlagen.

Tabelle 2

Bewertungszahlen für Heckengehölzarten

Gehölzart	Bewertungspunkte
Crataegus spp.	3
Prunus spinosa	3
Rosa spp.	3
Salix caprea	2
Corylus avellana	2
Rubus spp.	1
Acer campestre	1
Sorbus aucuparia	1
ein bis 5 weitere Gehölzarten je	0,5
jede zusätzliche Gehölzart je	0,2

Anwendungsbeispiel: Eine aus Weißdorn, Schlehe, Hasel, Brombeeren, Feldahorn und 7 weiteren Gehölzarten bestehende Hecke erhält folgenden Bewertungs-Index (= Gehölzartenfaktor)

Gehölzart	Einzel-Bewertung	Punktsumme
Weißdorn	3	3
Schlehe	3	6
Hasel	2	8
Brombeere	1	9
Feldahorn	1	10
5 weitere Gehölzarten	5 x 0,5	12,5
2 zusätzl. Gehölzarten	2 x 0,2	12,9

Hecke mit 12 Gehölzarten, Gesamtindex (= Gehölzartenfaktor) = 12,9.

Begründung: Für die hier vorgeschlagene Bewertungs-Skala sind zwei Überlegungen ausschlaggebend:

a) Wie in Abb. 68 und Tab. 39 dargestellt ist, nimmt die Artenzahl der in einer Hecke vorkommenden Insekten nicht proportional mit der Gehölzartenzahl zu. Dagegen besteht zwischen der Insektenartenzahl und dem Logarithmus der Gehölzartenzahl eine weitgehend lineare Beziehung, wobei die Steigung der Regressionsgeraden ein Maß für die relative Häufigkeit spezialisierter Phytophagenarten in der jeweilig untersuchten taxonomischen Gruppe ist (Anhang X).

Unsere Bewertungspunkte für Gehölzarten waren also so auszuwählen, daß bei steigender Gehölzartenzahl diese logarithmische Funktion realisiert ist. Weitere Einzelheiten finden sich im Anhang X.

b) Für die Bewertungstabelle war weiterhin maßgebend, daß die einzelnen Gehölzarten ihrer tierökologischen Bedeutung nach gewichtet wurden. Die drei »Hauptgehölzarten« unserer Hecken (Abschn. 3.1.2.6) bekamen wegen ihrer reichhaltigen Insektenfauna und ihrer vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten durch Tiere jeweils einen besonders hohen Rang. Salweide und Hasel weisen ebenfalls eine sehr reichhaltige Phytophagenfauna auf (Anhang X, Tab. 39). Diese beiden Gehölzarten wurden aber um einen Punkt niedriger

Tabelle 3

Bewertung der Altersklassen
(I = 1–5 Jahre; II = 6–10 Jahre; III = 11–20 Jahre; IV = 21–50 Jahre; V = über 50 Jahre)

In der Hecke vorhandene Altersklassen	Altersspanne der einzelnen Gehölze	Altersklassen-faktor
I, II, III, IV	unter 6 bis über 20 Jahre	2 x
I, II, III	unter 6 bis über 10 Jahre	1 x
III, IV	über 10 bis über 20 Jahre	1 x
I, II	unter 6 bis zu 10 Jahre	0,5 x
I	unter 6 Jahre	0,25 x

eingestuft, da sie in unserem Gebiet keine so typischen Heckenpflanzen wie Weißdorn, Wildrosen oder Schlehen sind. Die Bewertung von Vogelbeere, Feldahorn und Rubus-Arten mit je einem Punkt erfolgte auf Grund der wesentlich geringeren Phytophagen-Artenzahlen, die von diesen Gehölzarten in der Literatur angegeben werden (Tab. 39). Da alle übrigen Gehölzarten der Hecke eine noch geringere Artenvielfalt an Phytophagen aufweisen, wurden ihnen nur Werte von 0,5 bzw. 0,2 Punkten zugeteilt.

3.1.4.2 Der Altersklassenfaktor

Der faunistische Wert einer Hecke steigt mit der »Zeit-Stabilität«, d. h. mit der zeitlichen Kontinuität des von ihr gebildeten ökologischen Systems und mit ihrer Strukturvielfalt. Beide Merkmale sollen mit Hilfe des »Altersklassenfaktors« bewertet werden.

Begründung: Kommen in einer Hecke die Altersklassen I bis IV nebeneinander vor, dann bestehen für die Tierwelt optimale Bedingungen, da sowohl eine zeitliche Kontinuität wie auch eine hohe Strukturvielfalt gegeben sind. Diese günstige Altersklassenzusammensetzung wird in der Regel nur dann erreicht, wenn an der Hecke gelegentlich abschnittsweise erfolgende Pflegemaßnahmen durchgeführt werden. Da diese optimale Altersklassenmischung den ökologischen Wert einer gegebenen Gehölzartenkombination erhöht, wird sie mit dem »Altersklassenfaktor« 2 bewertet.

Gehölze der Altersklassenkombination I bis III unterliegen zwar nicht der Gefahr einer Überalterung, besitzen aber auch noch nicht die zeitliche Kontinuität des Systems, die durch das Vorhandensein der Altersklasse IV angezeigt wird. Gehölze der Altersklassen III und IV haben zwar eine hohe zeitliche Kontinuität, unterliegen aber der Gefahr einer Überalterung und zeigen wegen des Fehlens jüngerer Sträucher eine geringere Strukturvielfalt. Beide Gehölztypen erhalten den »Altersklassenfaktor« 1.

Gehölze, in denen ausschließlich die Altersklassen I und II vertreten sind, also Hecken mit einem Alter bis zu 10 Jahren, sind nach unseren Untersuchungen faunistisch weniger reichhaltig als Hecken mit älteren Gehölzarten. Sie werden deshalb mit dem »Altersklassenfaktor« 0,5 bewertet.

Gehölze der Altersklasse I sind entweder frisch angelegte Hecken oder Pionierwuchs, wie er etwa in der Sozialbrache auftritt. Der aktuelle faunistische Wert dieser Gehölze ist im Vergleich zu älteren Hecken so gering, daß eine Einstufung auf dem Niveau des »Altersklassenfaktors« 0,25 gerechtfertigt erscheint.

Es muß betont werden, daß der »Altersklassenfaktor« jeweils nur den gegenwärtigen faunistischen Wert einer Hecke berücksichtigt. Im Lauf der Zeit kann er, insbesondere wenn geeignete Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, steigen und schließlich ein Maximum erreichen.

3.1.4.3 Der Flächendichtefaktor

Unsere Untersuchungen an der Vogelfauna der Hecken haben gezeigt, daß der mittleren Heckendichte eines Gebietes eine große Bedeutung im Hinblick auf die Vogelartenvielfalt zukommt. Daher soll in dem hier vorgeschlagenen Schnellbewertungssystem die »mittlere Heckendichte« eines Gebietes ebenfalls berücksichtigt werden, da sie insbesondere Schlüsse auf den ornitho-ökologischen Wert eines Heckengebietes zuläßt. Definiert wird die »mittlere Heckendichte« als Heckenlänge pro ha, wobei der Mittelwert einer Fläche von 25 ha zugrunde gelegt wird.

Begründung: Heckengebiete mit einer mittleren Hekkendichte unter 25 m/ha (= unter 625 m pro 25 ha) unterscheiden sich hinsichtlich der Artenvielfalt bei Nicht-Wirbeltieren nach unseren Untersuchungen nicht wesentlich von Gebieten mit höherer Heckendichte, sofern die übrigen Bedingungen vergleichbar sind. Dagegen liegt die Artenvielfalt der Vögel hier tief. Diese Flächendichte wird daher mit dem Faktor 1 bewertet.

Da bei mittlerer Heckendichte von 80 m/ha und mehr die in unserem Untersuchungsgebiet zu erwartenden Vogelartenzahlen doppelt so hoch liegen wie bei Dichten von 25 m/ha und weniger, werden solche Gebiete mit dem Faktor 2 bewertet.

Mittlere Heckendichten zwischen 25 und 80 m/ha erhalten mit dem Faktor 1,5 eine der zu erwartenden Vogelartenvielfalt entsprechende Zwischenstellung.

Tabelle 4

Bewertung der Flächendichte von Hecken

Heckendichte	Flächendichtefaktor
mittlere Heckendichte (bezogen auf 25 ha) über 80 m/ha (= Heckengesamtlänge 2000 m/25 ha)	2 x
mittlere Heckendichte zwischen 25 und 80 m/ha (Heckengesamtlänge/25 ha = 625–2000 m/25 ha)	1,5 x
mittlere Heckendichte unter 25 m/ha	1 x

Es erscheint zweckmäßig, die jeweils errechneten Bewertungsziffern wie folgt zu klassifizieren:

0–14 Punkte:	ökologisch nicht besonders wertvoll
15–29 Punkte:	von mittlerem ökologischen Wert
30–44 Punkte:	ökologisch wertvoll
45 und mehr Punkte:	ökologisch hochwertig

3.1.4.4 Anwendungsbeispiele

Beispiel 1 Heckengebiet bei Stadtsteinach:
Feldhecke über 20 Jahre alt = Altersklassenfaktor 2 (mit Randschleppe: Akl. I–IV)
Gehölzarten: Rose, Schlehe, Weißdorn, Cornus, Sambucus, Hasel, Kirsche, Brombeere, Himbeere, Feldahorn, Schneeball, Pfaffenhütchen, Stachelbeere, Kreuzdorn = Gehölzartenfaktor 16,1
Heckendichte im Gebiet: 84,8/ha = Flächendichtefaktor 2
Bewertungsziffer: 2 x 2 x 16,1 = 64,4 (ökologisch hochwertig«)

Beispiel 2 Heckenneupflanzung
Die Anpflanzung ist 3 Jahre alt = Altersklassenfaktor 0,25
Die Heckendichte (bezogen auf 25 ha) liegt unter 25 m/ha = Flächenfaktor 1

Als Gehölzarten wurden Rosen, Feldahorn und 6 weitere, nicht in Tab. 32 namentlich angeführte Arten verwendet = Gehölzartenfaktor 6,7 (3 + 1 + 2,5 + 0,2)
Bewertungsziffer: 0,25 x 1 x 6,7 = 1,7 (»ökologisch nicht besonders wertvoll«)

Diese Punktezahl bezieht sich auf die gegenwärtige Situation. Nach 3 Jahren steigt die Bewertungsziffer auf 0,5 x 1 x 6,7 = 3,4. Bei entsprechenden Pflegemaßnahmen kann sich die Bewertungsziffer nach weiteren 5 Jahren auf *6,7* und nach insgesamt 18 Jahren auf den Maximalwert von *13,4* steigern.

3.1.5 Ein tierökologisches Minimalprogramm zur Erfassung von Heckenökosystemen

Da unsere Untersuchungen nur im oberfränkischen Raum, also einem zwar vielfältig strukturierten aber flächenmäßig begrenzten Gebiet, durchgeführt werden konnten, wäre es wünschbar, unsere Befunde und Schlußfolgerungen an Hand von Freilanddaten aus klimatisch, pflanzengeographisch und tiergeographisch abweichenden Räumen zu überprüfen. Dabei könnte ein hier vorgeschlagenes Minimalprogramm hilfreich sein.

Ziel eines solchen tierökologischen Minimalprogramms wäre es, mit einem vertretbaren Arbeitsaufwand Informationen über Besiedlung und Benutzung der betreffenden Gehölzvegetation durch unterschiedliche Tiergruppen zu erhalten. Ein solches Untersuchungsprogramm bietet natürlich einen weitaus besseren Einblick als das im vorigen Kapitel vorgeschlagene »Schnellbewertungs«-Verfahren.

Schließlich könnten Teile eines solchen Programms auch im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes, etwa zur Prognose der Entwicklung von Nutz- bzw. Schadarthropoden verwendet werden. (STECHMANN, in Vorbereitung)

Grundsätzlich sollten bei der Durchführung des Minimalprogramms der Gehölzartenbestand, die Altersklassenzusammensetzung und die Flächendichte der Hecke (Heckenlänge pro ha) festgestellt werden.

Ein wesentlicher Bestandteil des Minimalprogramms sollte sodann eine Erfassung der Entomofauna von Schlehe, Wildrose und Weißdorn mit Hilfe der »Klopfprobenmethode« sein. Die Anwendung dieser Methode, die bei relativ geringem Zeitaufwand eine beträchtliche Informationsmenge über die phytophagen und entomophagen Arthropoden auf Heckenpflanzen bringt, (STECHMANN et al., 1981) wurde in Abschn. 1.3.2 erläutert. Eine Beschränkung der Klopfprobenfänge auf die drei erwähnten Gehölzarten bzw. -gattungen erscheint sinnvoll, da vor allem hier mit einer hohen Artenvielfalt zu rechnen ist und da unsere Untersuchungen entsprechende Vergleichswerte verfügbar machen. Es erscheint durchaus vertretbar, die Erhebungen auf eine Zeitspanne von ca. 4 Wochen zu begrenzen. Dabei ist die durch den Beginn der Schlehenblüte und das Einsetzen der Rosenblüte gekennzeichnete phaenologische Phase (in unserem Arbeitsgebiet etwa Mitte Mai – Ende Juni) besonders empfehlenswert, da hier die höchsten Individuenzahlen zu erwarten sind und auch die meisten Arthropodengruppen gut oder wenigstens einigermaßen gut gefangen werden können. Es sollte ein Klopfschirm mit einer Fangfläche von 0,25 m^2 Verwendung finden. Pro Probe sollte an einer Pflanzenart eines Standorts an 10 verschiedenen Positionen in der Peripherie des Gehölzes mit jeweils 3–5 kräftigen Schlägen gesammelt werden. Drei bis vier in etwa 10tägigen Abständen jeweils an Weißdorn, Wildrosen und Schlehen gewonnene Proben können unter Normalverhältnissen einen für Vergleichszwecke hinreichenden Einblick in den Frühjahrs- bzw. Frühsommer-Aspekt der betreffenden Entomofauna geben. Genauere Aussagen werden möglich, wenn mehrere Proben (an jeweils 10 Positionen) gleichzeitig eingebracht und analysiert werden.

Das in den Klopfproben eingesammelte Material sollte in möglichst frischem Zustand aufgearbeitet werden.

Da bei vielen Arthropoden eine Bestimmung bis zur Art zeitraubend ist und teilweise nur vom Spezialisten bewerkstelligt werden kann, wird man sich in der Regel mit einer gruppenweisen Klassifizierung der Heckenarthropoden begnügen müssen. Bestimmte Kategorien der Entomophagen (Coccinelliden, Chrysopiden, Anthocoriden, weitere entomophage Heteropteren, Formiciden, gegebenenfalls auch Syrphiden) sollten allerdings nach Möglichkeit genauer, d. h. auf Gattungs- oder Artniveau identifiziert werden. Dort, wo das technisch möglich ist, sollten auch für Phytophage (z. B. Schmetterlings- Larven und Rüsselkäfer) und für Entomophage die jeweiligen Biomassen erfaßt werden, da dies Einblicke in die Produktionsverhältnisse der Hecke ermöglicht.

Günstiger als die Beschränkung auf den Frühjahrs- und Frühsommer-Aspekt ist natürlich ein sich über die gesamte Saison, also von Ende April/Mai bis September/Oktober erstreckendes Klopfprobenprogramm, da dann ein vollständiges Zeitprofil erarbeitet werden kann.

Das faunistische Minimalprogramm sollte, sofern ein entsprechend ausgebildeter Bearbeiter zur Verfügung steht, auch eine Bestandsaufnahme der in den betreffenden Hecken brütenden Vogelarten einbeziehen. Dabei erweist sich eine Kombination der Erfassung singender Vogelmännchen im Frühjahr oder Frühsommer und eine Erfassung der Vogelnester nach dem Blattfall nach unseren Erfahrungen (Anhang VII) als besonders günstig.

Dort, wo im Winter entprechende Schneeverhältnisse vorliegen, empfiehlt sich eine Analyse der Vertreilung und Dichte von Wildspuren im Heckenbereich und gegebenenfalls auch eine Registrierung des Wildverbisses. Auf diese Weise kann Aufschluß darüber erhalten werden, in welchem Ausmaß die betreffenden Hecken im Winter von Wildarten aufgesucht und für die »Äsung« benutzt werden.

Dort, wo sich Hecken in der Nachbarschaft von Obstgärten befinden bzw. wo integrierte Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden, kann es sinnvoll sein, in das hier skizzierte Minimalprogramm auch Zweigproben-Untersuchungen zum Erfassen überwinternder Insekten einzubauen. Für solche Untersuchungen steht der Zeitraum von November bis Februar zur Verfügung. Es können dabei nicht nur quantitativ auswertbare Daten über die Populationsgrößen bestimmter Phytophagen-Arten anfallen, sondern es besteht auch die Möglichkeit, durch die Sektion überwinternder Lepidopterenlarven Informationen über den Parasitierungsgrund der betreffenden Stadien zu erhalten. Details können Anhang II entnommen werden. Für solche Zweigprobenuntersuchungen eignen sich nach unseren Erfahrungen vor allem Weißdorn und Schlehe.

Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen können natürlich kein vollständiges Tierarten-Inventar erbringen. (Dazu wären insbesondere noch Erhebungen über die Bodenfauna, über die epigäische Fauna, über Kleinsäuger und Kriechtiere sowie eine wesentlich intensivere Erfassung der Heckenarthropoden notwendig). Aber das skizzierte »Minimalprogramm« dürfte ausreichend sein, um die tierökologisch-faunistische Bedeutung eines Heckengebietes abzuschätzen und um Vergleiche mit unseren Befunden in Oberfranken zu ermöglichen.

3.2 Die Bewertung von Hecken im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes

3.2.1 Vorbemerkungen

Es muß betont werden, daß das primäre Ziel unserer Untersuchungen in einer tierökologischen Analyse bestimmter Bereiche des ökologischen Systems »Hecke« lag. Dabei sollte die Frage, inwieweit Hecken Reservoire von landwirtschaftlichen »Nützlingen« und »Schädlingen« darstellen, durchaus mitberücksichtigt werden. Jedoch mußte sich dieser Teil unserer Untersuchungen auf eine Bestandsaufnahme beschränken. Eingehendere angewandt-ökologische Arbeiten über die Rolle von Hecken im Rahmen des Pflanzenschutzes hätten sich auf bestimmte Fragenkomplexe konzentrieren müssen und wären auch nur in Zusammenarbeit mit den zuständigen Pflanzenschutzorganisationen unter Berücksichtigung der lokalen standörtlichen Verhältnisse, Betriebsformen und Kulturen sinnvoll gewesen. Ein Teilnehmer unserer Arbeitsgruppe (Dr. D. Stechmann) führt im Rahmen eines DFG-Projekts eine solche Untersuchung über Getreideblattläuse und ihre Gegenspieler durch.

Es sollen im folgenden einige grundsätzliche Probleme kurz diskutiert werden. Sodann soll dargestellt werden, in welchem Grade Heckenpflanzen, insbesondere Schlehen, Weißdorn und Wildrosen einen Lebensraum von Nutzarthropoden darstellen. Während wir uns in diesem Abschnitt vor allem auf unsere eigenen Untersuchungen stützen, mußten wir bei dem Abschnitt »Hecken und Schadorganismen« weitgehend auf Literaturangaben zurückgreifen. In einem abschließenden Abschnitt werden die sich ergebenden Schlußfolgerungen gezogen.

3.2.2 Grundsätzliches zur Rolle der Hecken im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes

Ziel des Integrierten Pflanzenschutzes ist es, wie etwa FRANZ und KRIEG (1976) ausführen, die der landwirtschaftlichen Produktion dienenden Maßnahmen und Verfahren so aufeinander abzustimmen, daß einerseits die im ökologischen System vorhandenen Abwehrkräfte gegen Pflanzenschädlinge sich maximal auswirken können, und andererseits die Wirkungsmöglichkeiten von Pflanzenschädlingen und Krankheiten so weit wie möglich eingeschränkt werden. Demgemäß lautet die in der Internationalen Organisation für Biologische Bekämpfung entwickelte Definition: Integrierter Pflanzenschutz ist »ein Verfahren, bei dem alle wirtschaftlich, ökologisch und toxikologisch vertretbaren Methoden verwendet werden, um Schadorganismen unter die wirtschaftliche Schadensschwelle[1] zu bringen, wobei die bewußte Ausnützung aller natürlichen Begrenzungsfaktoren im Vordergrund steht.

Das Ziel des Integrierten Pflanzenschutzes, nämlich das Minimieren der Wirkungsmöglichkeiten von Pflanzenschädlingen und das gleichzeitige Maximieren natürlicher Begrenzungsfaktoren, setzt eine Einsicht in die Funktionen unserer ökologischen Systeme voraus, die wir erst sehr bruchstückweise besitzen. Dies beginnt bei der vielfach sehr unvollständigen Kenntnis der wirtschaftlichen Schadensschwellen von Pflanzenschädlingen und diese Unkenntnis nimmt zu, wenn nach der ökologischen Vernetzung zwischen landwirtschaftlichen Kulturen und ihrem Umland gefragt wird. Da Feldhecken und ähnliche Vegetationsformen einen wichtigen Strukturteil im Umland landwirtschaftlicher Strukturen darstellen, ist die Frage nach den hier ablaufenden Austauschprozessen und ihrer Bedeutung für den Integrierten Pflanzenschutz immer wieder gestellt worden. So erörtern ROTTER und KNEITZ (1977) in ihrer zusammenfassenden Arbeit über die Heckenfauna die Schädlings- und die Nützlingsfrage, TISCHLER (1980) geht in seinem Buch über die »Biologie der Kulturlandschaft« auf sie ein, ebenso POLLARD et al. (1977) in ihrer Monographie »Hedges« und LEFEUVRE et al. (1976) in ihrer umfangreichen Untersuchung »Les Bocages«. Im Gegensatz zu vereinfachenden Darstellungen der populär gehaltenen Umweltschutzliteratur, die etwas einseitig den Hecken im Hinblick auf Pflanzenschutzprobleme eine durchweg positive Rolle zuschreibt, differenzieren die genannten Autoren ihre jeweiligen Aussagen. Während TISCHLER und POLLARD den Standpunkt vertreten, daß die Rolle der Hecke als Reservoir von Nützlingen und Schädlingen stark überschätzt wird, neigen ROTTER und KNEITZ sowie LEFEUVRE und seine Mitautoren trotz einer gewissen Vorsicht und Zurückhaltung zur Ansicht, daß die Rolle der Feldhecken im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes positiv zu beurteilen ist: die hier Refugien findenden natürlichen Feinde fielen stärker ins Gewicht als die relativ wenigen Schadorganismen aus dem Heckenbereich.

[1] Als wirtschaftliche Schadensschwelle geben FRANZ und KRIEG (1976) eine Populationsdichte des Schädlings an, bei der die von ihm verursachten Ertragsverluste doppelt so hoch wie die Bekämfungskosten sind.

Die Schwierigkeit einer generellen Beurteilung der »Hecke« im Hinblick auf den landwirtschaftlichen Pflanzenschutz hängt offensichtlich damit zusammen, daß einerseits Hecken in floristischer, faunistischer und struktureller Hinsicht sehr unterschiedliche ökologische Systeme darstellen, und daß andererseits das landwirtschaftliche Umland mit seinen verschiedenen Nutzungsweisen (Grünland, Feldbau, Obstgärten usw.) sehr unterschiedliche Beziehungen zur Fauna der Hecke aufweist. Insofern scheint es aus ökologischer Sicht wenig sinnvoll, verallgemeinernd von der Rolle »der Hecke« gegenüber dem »Umland« schlechthin zu sprechen. Statt dessen sollte jeweils gezielt gefragt werden, wie sich bestimmte Pflanzenarten der Hecke mit ihrer jeweiligen Fauna in Hinblick auf ein konkretes Pflanzenschutzproblem verhalten.

Um in diesem Sinn Hecken und ähnliche Vegetationsformen im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes optimal gestalten und nutzen zu können, ist es zunächst einmal unerläßlich, ein möglichst umfangreiches Datenmaterial über die an bestimmten Pflanzenarten der Hecke lebenden und für den Pflanzenschutz relevanten Entomophagen und Phytophagen zusammenzubringen.

3.2.3 Hecken als Lebensraum von Nutzarthropoden

3.2.3.1 Parasitische Hymenopteren und Dipteren

Schlupfwespen (Ichneumonidae), Brackwespen (Braconidae), Erzwespen (Chalcidoidea) und Raupenfliegen (Tachinidae) gehören als sogenannte Parasitoide (= Raubschmarotzer) zu den wichtigen natürlichen Feinden vieler phytophager Insektengruppen, wobei Schmetterlings- und Blattwespenarten obenan stehen. Für diese Insektenparasiten spielen Hecken und Gesträuche in mehrfacher Weise eine Rolle:

a) Hecken werden als Strukturen, die Schutz bieten, angeflogen. Die Imagines vieler Parasitenarten scheinen dort die Nacht zu verbringen. Bei manchen Arten liegen Hinweise vor, daß Hecken und Einzelbüsche zum Auffinden der Geschlechtspartner und zur Paarung aufgesucht werden. Der Ichneumonidenspezialist Dr. R. BAUER (mdl. Mitteilung) schätzt auf Grund langjähriger Sammelerfahrung, daß rund 90 % der mitteleuropäischen Schlupfwespenarten irgendwann in ihrem Imaginalleben im Heckenbereich oder in ähnlichen Vegetationsformen angetroffen werden können.

b) In den Hecken finden die Parasiten-Imagines Nahrungsquellen, die für ihre Fruchtbarkeit, Lebensdauer und Aktivität entscheidend sein können. Es sind dies insbesondere Blütennektar, Pollen und der von Blattläusen, Schildläusen und Blattflöhen erzeugte Honigtau, aber auch Wirtsinsekten, deren Hämolymphe auf dem Weg des sogenannten »host feeding« aufgenommen wird.

c) Eine große Zahl von Parasitenarten findet in den Hecken geeignete Wirte, in oder an denen sich die Larvalentwicklung vollziehen kann. Das gilt nicht nur für spezialisierte Formen, sondern auch für Arten mit einem ausgedehnten Wirtskreis. Da an den Hecken-Straucharten eine beträchtliche Anzahl von Phytophagen, insbesondere von Kleinschmetterlingsarten, als Larven überwintert, bieten Hecken polyphagen, wirtswechselnden Parasitenarten eine Möglichkeit, den »Winter-Engpaß« in einem Wechselwirt zu überbrücken. Ein bekanntes Beispiel sind Arten der Schlupfwespengattung *Diadegma*, die potentiell wirksame Feinde der Kohlschabe *(Plutella maculipennis* Curt.) darstellen. Da dieser Schädling im Puppenstadium, das für *Diadegma* nicht angreifbar ist, den Winter verbringt, können sich die Populationen der Schlupfwespen nur in solchen Ökosystemen halten, wo während des Winters ein Ausweichen auf andere Wirtsarten möglich ist. Als solche wurde in England die auf dem Weißdorn in Hecken lebende *Swammerdamia lutarea* Haw. nachgewiesen (VAN EMDEN und WILLIAMS (1974)). Daß sich im Parasitenbesuch die drei Hauptarten der Heckengehölze, Wildrose, Schlehe und Weißdorn, unterscheiden, zeigt Abb. 13 (Anhang I): Zwar stieg in unseren Klopfproben bei allen drei Straucharten vom Mai zum Juli die Durchschnittszahl gefangener Imagines stetig an, aber während nach dem Frühsommergipfel die Fangzahl bei Wildrosen bis zum Jahresende wieder absank, legen die für Schlehe und Weißdorn erhaltenen Werte die Interpretation nahe, daß hier im September noch ein zweiter Gipfel des Parasiten-Besuchs liegt. (Daß die Imagines der mitteleuropäischen Schlupfwespen zwei ganz ähnlich gelagerte Gipfel in ihrer Flugzeit aufweisen, ist den mit dieser Gruppe arbeitenden Entomologen gut bekannt). Insgesamt liegen in unseren Klopfproben die Mittelwerte des Parasitenbesuchs bei Weißdorn am höchsten, bei den Wildrosen am tiefsten. Einer der Gründe hierfür liegt vermutlich in der bei Weißdorn infolge starken Besatzes mit Blattflöhen besonders starken Honigtauproduktion (Anhang I).

Tabelle 5

Wirte und Parasiten (in Klammern = Zahl der untersuchten Populationen)		Dichte pro 20 cm – Zweig (Mittelwert und VB)	Parasitierungs % (Mittelwert und VB)	Mittlere Minimal- und Maximaldichte parasitierter Wirte pro Quadratmeter Heckengrundfläche
Notocelia roborana				
Eier (Wirt)	(14)	0,33 ± 0,05		
Trichogramma sp.			39 % ± 14 %	6,1 – 21 / m^2
Larven (Wirt)	(51)	0,33 ± 0,02		
Diadegma praerogator			8 % ± 2 %	0,3 – 2,3 / m^2
Apanteles sp.			16 % ± 3 %	2,7 – 5,7 / m^2
Pardia tripunctana				
Larven (Wirt)	(26)	0,08 ± 0,0085		
Campoplex difformis	(19)		10 % ± 1,4 %	2,1 – 2,4 / m^2

Tabelle 6

Von uns aus Kleinschmetterlingen der Hecke gezogene Parasitenarten (Anhang 2)	Eingeführt nach:	Zur Biologischen Bekämpfung von:
Campoplex difformis G.	USA	*Rhyacionia buolina* S.
Diadegma fenestrale H.	Australien	*Plutella xylostella* L.
Itoplectis maculator F.	Kanada	*Choristoneura fumiferana* C.
Pimpla instigator F.	USA	*Lymantria dispar* L.
Pimpla turrionellae L.	Kanada	*Operophtera brumata* L.
	USA	*Malacosoma* sp.
	Kanada	*Hemerocampa* sp.
	Kanada	*Rhyacionia buolina* S.
	USA	*Rhyacionia buolina* S.
	Kanada	*Choristoneura fumiferana* L.
Pristomerus vulnerator P.	Zypern	*Phtorimaea operculella* Z.
	Kanada	*Carpocapsa pomonella* L.
	USA	*Rhyacionia buolina* S.
	USA	*Grapholita molesta* B.
Ascogaster quadridentata W.	Kanada	*Carpocapsa pomonella* L.
	USA	*Carpocapsa pomonella* L.
	Südafrika	*Carpocapsa pomonella* L.
	Neuseeland	*Carpocapsa pomonella* L.
	USA	*Grapholita molesta* B.
	Argentinien	*Grapholita molesta* B.
	Kanada	*Grapholita molesta* B.
	Kanada	*Laspeyresia nigricana* B.
Habrobracon brevicornis W.	USA	*Diatraea saccharalis* F.
	USA	*Pectinophora gossypiella* S.
	Mexiko	*Pectinophora gossypiella* S.
	USA	*Ostrinia nubilalis* H.
	Kanada	*Ostrinia nubilalis* H.
Macrocentrus thoracicus W.	USA	*Grapholita molesta* B.

Um eine Vorstellung der Größenordnung zu vermitteln, in der Hecken Individuen parasitischer Hymenopteren zu »produzieren« vermögen, wurden für Ei- und Larvenparasiten zweier an Wildrose lebender Kleinschmetterlinge die mittleren Dichten pro Quadratmeter Heckengrundfläche errechnet. Es handelt sich dabei um polyphage, auf Wirtswechsel angewiesene Parasitenarten. Grundlage für die Berechnung waren einmal die Daten umfangreicher Zweigproben, bei denen Wirtsdichte und Parasitierung jeweils pro 20 cm lange Rosenzweigstücke erfaßt wurden und andererseits die Ergebnisse von Fangwannenversuchen, mit deren Hilfe die Anzahl der sich pro Quadratmeter Heckengrundfläche abspinnenden Kleinschmetterlingslarven gemessen wurde. Dabei ergaben sich folgende Beziehungen:

Notocelia roborana: $y = 0{,}0088\,x + 0{,}016$ ($P<0{,}001$)
Pardia tripunctana: $y = 0{,}0134\,x - 0{,}0214$ ($P<0{,}001$)
wobei y = Larvendichte pro 20 cm-Zweigstück
x = Larvendichte pro Quadratmeter Grundfläche.

Es wurden jeweils eine mittlere Minimal- und eine mittlere Maximaldichte pro Quadratmeter berechnet, der die untere beziehungsweise obere Vertrauensbereichsgrenze der Zweigproben zugrunde liegt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Da diese Werte auf der Analyse einer relativ großen Zahl von einzelnen Wirtspopulationen beruhen, dürfen die errechneten mittleren Minimal- und Maximal-Flächendichten für das Beobachtungsgebiet und den Beobachtungszeitraum (1977–80) als repräsentativ gelten.

Daß eine beträchtliche Zahl der von uns aus Kleinschmetterlingen an Heckengehölzen gezogenen Parasitenarten als Gegenspieler von Schadinsekten für so bedeutend gehalten wurden, daß sie im Zuge der Biologischen Bekämpfung zur Einbürgerung in überseeische Länder eingeführt wurden, zeigt die Tabelle 6, für die Daten aus CLAUSEN (1978) benutzt wurden. Im Anhang XI wurden in einer Liste die von uns im Rahmen des Forschungsprojekts aus Kleinschmetterlingsarten an Rosen, Schlehen und Weißdorn gezogenen Parasitenarten zusammengestellt. Dabei haben wir für die jeweilige Parasitenart aus dem Parasit-Wirt-Katalog von THOMPSON auch die für den betreffenden Parasiten in der Literatur genannten weiteren Wirtsarten aufgeführt. Es wurden nur solche Alternativ-Wirte berücksichtigt, die in dem Werk über »Die tierischen Schädlinge Mitteleuropas« (KEILBACH, 1966) als Schadarten genannt werden. Da der benützte Parasitenkatalog sich auf die Auswertung der verfügbaren Literaturangaben, in denen teilweise Fehlbestimmungen publiziert sind, stützt, enthält er neben zutreffenden auch unrichtige Angaben. Das muß im Einzelfall, d. h. bei der Untersuchung eines bestimmten Parasitenkreises, berücksichtigt werden, kann aber bei dieser Untersuchung, in der es nur darum geht, die potentiell mögliche Verflechtung zwischen bestimmten Heckenpflanzen, ihrer Kleinschmetterlingsfauna und phythophagen Landwirtschafts- und Forstschädlingen aufzuzeigen, vernachlässigt werden.

In der nachfolgenden Tabelle sind die im Anhang II gegebenen Daten nochmals zusammengefaßt:

Straucharten der Hecke	Gesamtzahl an Schmetterlingsarten, aus denen Parasiten gezogen	Gesamtzahl der gezogenen Parasitenarten	Gesamtzahl der von THOMPSON erwähnten, wirtschaftl. wichtigen Alternativ-Wirte
Weißdorn	6	15	38
Wildrosen	7	18	42
Schlehe	14	24	43

Im Durchschnitt sind also allein mit den in unserem Gebiet wichtigsten Kleinschmetterlingsarten der drei Hauptgehölzarten der Hecke pro Strauchart rund 20 polyphage Parasitenarten vergesellschaftet. Dadurch können pro Heckenstrauchart potentielle Beziehungen zu den Vertilgerkomplexen von mindestens 40 Schädlingsarten entstehen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß wir bei weitem nicht alle im Heckenbereich vorkommenden Kleinschmetterlingsarten auf ihre Parasiten hin prüfen konnten. Dieser Beziehungszusammenhang zwischen den Gehölzarten der Hecke und den Parasitenkreisen von Landwirtschafts- und Forstschädlingen wird noch vielgestaltiger, wenn neben den Kleinschmetterlingen der Hecke weitere Phytophagen-Taxa, etwa Blattwespen, Käfer, Zweiflügler oder Wanzen berücksichtigt werden.

Es muß allerdings betont werden, daß die Artenzahl eines Parasitenkomplexes noch keine Aussage über die Wirksamkeit hinsichtlich der Wirtspopulationen zuläßt. Artenarme Parasitenkomplexe können ihre Wirte sehr effektiv auf einem niedrigen Populationsniveau stabilisieren, wenn sie an diese hochgradig angepaßt sind (ZWÖLFER, 1963), während artenreiche Parasitenkomplexe oft gerade im Gefolge von Wirtsarten mit hohen Populationsdichten auftreten. Wichtiger als der Umstand, daß das Vorhandensein von Hecken einer großen Zahl von polyphagen, auch an Schädlingen auftretenden Parasitenarten eine Existenzgrundlage bietet, dürften im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes spezifische ökologische Funktionen der Hecke sein, die sich jeweils gegenüber ganz bestimmten Schädlingssituationen auswirken.

Als Beispiel wurde hier bereits erwähnt, daß ein auf dem Weißdorn lebender Kleinschmetterling einen potentiell bedeutsamen Parasiten eines Kohlschädlings im Ökosystem erhält, da er ihm das Überstehen der Winterperiode ermöglicht. Ein weiteres Beispiel sind von uns an den Blattläusen von Wildrosen beobachtete Kleinhymenopteren der Familie Aphidiidae. Arten der Gattung *Aphidius* und *Praon* parasitieren im Frühjahr im Heckenbereich Rosenblattläuse, während sie später im Jahr in Getreidefelder einwandern und dort Getreideblattläuse dezimieren (STECHMANN, in Vorbereitung). Da Blattlauswirte zum Populationsaufbau solcher Kleinschlupfwespen im Jahresablauf zunächst nur an Gehölzen in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen – der Großteil der Blattläuse an krautartigen Pflanzen beginnt erst später in der Saison mit dem Populationswachstum – bilden Hecken mit ihrer Blattlausfauna gewissermaßen eine Plattform, die bestimmten natürlichen Feinden der Blattläuse von Kulturpflanzen einen früheren Start und damit einen populationsdynamischen Vorsprung verschafft.

Die wichtigste ökologische Funktion von Heckengehölzen in Bezug auf die Parasiten von Schädlingen dürfte allerdings der Refugiumscharakter dieser Vegetationsform darstellen. Während im landwirtschaftlich genützten Kulturland parasitische Hymenopteren und Dipteren von Zeit zu Zeit entweder direkt durch Insektizidbehandlungen oder indirekt durch Engpaß-Situationen bei ihren Wirten aussterben, bieten Hecken und Flurgehölze Schutz vor Bekämpfungsmaßnahmen und eine relative stabile Nahrungsbasis. In günstigen Fällen kann mit ihrer Hilfe eine Parasitenart im ökologischen System erhalten werden und damit im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes als potentieller natürlicher Begrenzungsfaktor eines Schädlings zu Verfügung stehen.

3.2.3.2 Marienkäfer (Coleoptera: Coccinellidae)

Die 1979 mit Hilfe der Klopfproben gefundene Phaenologie der Coccinelliden an Wildrosen, Schlehen und Weißdorn ist in Abb. 10 (Anhang I) dargestellt. Die mittlere Dichte der Arten (Imagines) war hier auf den drei Hauptgehölzen der Hecke unterschiedlich verteilt. Auf den Wildrosen blieb sie vom Mai bis zum Oktober unter 2 Individuen/Probe, was auch für 1980 gilt. Bei der Schlehe stieg die mittlere Coccinellidendichte im August und September 1979 auf 2 Individuen/Probe an, 1980 lagen die betreffenden Werte bei 3 (August) und 5 (September). Auf dem Weißdorn lag 1979 die maximale mittlere Dichte mit 3 Individuen/Probe im Mai, 1980 aber im September. In den von Busch zu Busch und von Gehölzart zu Gehölzart stark wechselnden Daten zeichnet sich offenbar die hohe Mobilität der Marienkäfer ab, die einer aus unserer Gruppe (STECHMANN, in Vorbereitung) auch direkt duch Markierungsversuche nachweisen konnte. Diese von allen Autoren, die sich mit der Populationsökologie von Coccinelliden befaßten, gefundene hohe Mobilität (FRAZER und GILBERT, 1976) ist einer der Gründe, daß ein gezielter Einsatz dieser Entomophagengruppe gegen schädliche Blattläuse und Spinnmilben bislang nicht möglich war (IPERTI, 1976).

Die von uns im Heckenbereich festgestellten Marienkäfer lassen sich hinsichtlich ihres Fortpflanzungsverhaltens 2 biologischen Gruppen zuordnen. Die erste Gruppe tritt sowohl im erwachsenen wie auch in den Larvenstadien in der Hecke auf, die zweite Gruppe wird nur als Imago im Heckenbereich gefunden. (STECHMANN, in Vorbereitung)

Zur ersten Gruppe gehören:

Calvia quatuordecimguttata L. Larven und Imagines wurden vor allem auf Weißdorn-Einzelbüschen im Kulturland aber auch auf Wildrosen gefunden. Bevorzugte Beute sind Psylliden-Larven an *Crataegus*-Arten *(Psylla peregrina* Frst. und *P. melanoneura* Frst.) Die bei uns univoltine Art wandert nicht auf krautige Pflanzen (Feldkulturen) über, tritt aber in Obstgärten (Apfelanlagen) als Blattlausfeind auf.

Adalia bipunctata L. Larven und Imagines wurden im Heckenbereich auf Wildrosen, Weißdorn und Schlehe gefunden. Die Eiablage der ersten Generation erfolgt im Untersuchungsgebiet in den Hecken ab Mitte Mai, Larven der ersten Generation wurden hier von Ende Mai bis Ende Juni nachgewiesen. Larven der zweiten

Generation wurden in der Hecke lediglich an Wildrosen festgestellt. Die Art ist ein wichtiger Feind von Blattläusen in Apfelanlagen (IPERTI, 1976). STECHMANN (in Vorbereitung) hat im Untersuchungsgebiet im Umland der Hecken ein Überwandern in Getreidefelder und Maisäcker nachgewiesen, wo Imagines und Larven Getreideblattläusen nachstellen. Im Untersuchungsgebiet war *A. bipunctata* die einzige Marienkäferart, bei der die Fortpflanzung sowohl auf Sträuchern wie auch auf nicht verholzten Pflanzen stattfindet.

Adalia decempunctata L. Im Heckenbereich wurde die Art gelegentlich gefunden. Die Art tritt in Obstgärten als Blattlausfeind auf (IPERTI, 1976), ein Überwandern auf krautartige Pflanzen findet nicht statt.

Zur zweiten Gruppe zählen:

Coccinella septempunctata L. Zwar findet die Fortpflanzung dieser häufigsten Marienkäferart ausschließlich auf nicht verholzten Pflanzen statt, aber die Imagines erscheinen nach der Überwinterung bereits von Anfang Mai ab in der Hecke auf Weißdorn, Schlehe, Wildrosen und anderen Gehölzarten und stellen dort Blattläusen nach. Im Umland der Hecke wurden von dort aus ab Ende Mai Wiesen und Kleeäcker und ab Mitte Juni Winter-, und Sommergetreide und Mais aufgesucht (STECHMANN, in Vorbereitung). Die Art hat im Untersuchtungsgebiet nur eine Generation. Sie ist, wie etwa SUTER und KELLER (1977) zeigen konnten, ein potentiell bedeutsamer Gegenspieler feldbaulich wichtiger Blattlausarten.

Propylaea quatuordecimpunctata L. Imagines dieser Art waren von Ende Mai an im Heckenbereich auf Wildrosen zu beobachten. Zum gleichen Zeitpunkt traten sie auch schon in Kleewiesen auf. Vom Juni ab wurden die Tiere in Wiesen und Getreidefeldern beobachtet. Während im Untersuchungsgebiet *P. quatuordecimpunctata* in Getreidefeldern stets seltener als *C. septempunctata* war, traten die beiden Arten in Maisäckern in gleicher Häufigkeit auf. Die Fortpflanzung erfolgt lediglich auf nicht verholzten Gewächsen.

Unser Klopfprobenprogramm konnte also zeigen, daß zumindest im Frühjahr auch solche Marienkäferarten in der Hecke auftreten, die später ihren Jagdbereich vorwiegend oder ausschließlich in Wiesen und Feldern haben und die nur an nicht-verholzender Vegetation zur Fortpflanzung schreiten. Dies hängt offensichtlich mit dem Umstand zusammen, daß im Frühjahr der Heckenbereich auch für die Feldarten unter den Marienkäfern eine günstige Nahrungsbasis bildet. Damit wird das gelegentlich vorgebrachte Argument, daß Hecken für den Integrierten Pflanzenschutz im Feldbau belanglos seien, da die betreffenden Nutzarthropoden an die nicht-verholzte Vegetationsschicht gebunden seien, hinfällig.

Unser Klopfprobenprogramm konnte ferner nachweisen, daß ein Teil der im Integrierten Pflanzenschutz im Obstbau wichtigen Arten (IPERTI, 1976) auch in den Heckensträuchern vorkommt und dort ein Refugium besitzt, das Schutz vor Insektizideinwirkungen gewährt und eine relativ stabile Nahrungsgrundlage bietet. Dies erscheint wichtig, da die im Obstbau und in den Feldkulturen auftretenden Marienkäfer eine Gruppe von Nutzarthropoden darstellen, die in allen ihren Lebensstadien durch Insektizide ganz besonders geschädigt werden und die sowohl im Larval- wie auch im Imaginalstadium auf Beuteinsekten angewiesen sind.

Darüber hinaus stellt sich für die ausnahmslos im erwachsenen Stadium überwinternden Marienkäfer das Problem geeigneter Überwinterungsorte. IPERTI (1976) weist darauf hin, daß Gebüsche und Hecken in der freien Landschaft solche Überwinterungsmöglichkeiten bieten und damit eine weitere ökologische Funktion für die Coccinelliden ausüben.

3.2.3.3 Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae)

Die Phaenologie der Schwebfliegen im Heckenbereich konnte lediglich durch direkte Beobachtungen und mit Hilfe von Zweigproben verfolgt werden. Auch bei dieser Entomophagengruppe traten die Populationen in den Hecken früher als im Umland auf: Von der zweiten Aprilhälfte an bis Ende Mai wurden Eier bzw. Larven von *Epistrophe balteata* Deg. an der Traubenkirsche als Räuber von Blattlauskolonien *(Rhopalosiphon padi)* beobachtet, wobei hohe Dichten (Mittelwerte bis zu 7 Eiern bzw. Larven pro 20 cm-Zweigabschnitt) auftraten. *Syrphus ribesii* L. erschien an der gleichen Gehölzart erst Mitte Mai und erreichte eine mittlere Dichte von 3 Eiern bzw. Larven pro 20-cm Zweig. Die beiden Schwebfliegenarten konnten *R. padi* am Winterwirt Traubenkirsche infolge der entwicklungsbedingten Zeitverzögerung im Auftreten von Räuber und Beute zwar nicht kontrollieren, aber sie waren in der Lage an dieser Gehölzart hohe eigene Populationen aufzubauen. Eine ähnliche Entwicklung zeigte *E. balteata* an Wildrosen, wo die ersten Eiablagen bereits Ende März nachgewiesen werden konnten. Hier erlaubte die Hauptwirtsgeneration der Blattlausarten *Metopolophium dirhodum* und *Macrosiphum fragariae* den Schwebfliegen einen Populationsaufbau, der bereits Mitte April mittlere Ei- bzw. Larvendichten bis zu 4/20 cm-Zweigabschnitt erreichte. *E. balteata*-Larven wurden auch an Schlehe und Weißdorn nachgewiesen. Die Schwebfliegenart *Syrphus torvus* Osten-Sacken wurde ebenfalls am Weißdorn, die Arten *Melanostoma mellinum* L. an Schlehe und Traubenkirsche und *M. scalare* F. am Pfaffenhütchen festgestellt.

Erst gegen Ende Juni fand STECHMANN (in Vorbereitung) Schwebfliegen-Imagines in größerer Zahl in Wiesen und Getreidefeldern. Er konnte ein Überwandern in landwirtschaftliche Kulturen bei *E. balteata* (Getreide, Mais), *Syrphus torvus* (Raps) und *Melanostoma mellinum* (Getreide, Mais) nachweisen, wobei Eier bzw. Larven hier erst im Laufe des Juli regelmäßig auftraten.

Die Untersuchungen belegen, daß zumindest 2 der von SUTER und KELLER (1977) als potentiell wichtige Blattlausfeinde im Feldbau *(E. balteata, S. ribesii)* festgestellten Arten mit Hilfe von Frühjahrswirten im Heckenbereich einen frühzeitigen Populationsanstieg erzielen können. Die sehr polyphage und euryöke *E. balteata* und *S. ribesii* und *S. torvus*, drei Arten, die mehrere Generationen im Jahr durchlaufen können, spielen in der Integrierten Schädlingsbekämpfung im Obstbau als Feinde von Blattläusen (insbesondere der Apfelgraslaus, der Mehligen Apfelblattlaus, der Grünen Apfelblattlaus und der Blutlaus) infolge ihres frühen Eingreifens, der großen Beweglichkeit der Imagines, der guten Synchronisation mit ihrer Beute, dem hohen Vermehrungskoeffizienten und der großen Gefräßigkeit der Larven eine wichtige Rolle (die Weibchen der betreffenden Schwebfliegenarten legen 500–1000 Eier, im Verlauf der 8–15 Tage dauernden Larvalentwicklung werden pro Larve etwa 400 Blattlausindividuen gefressen) (LYON und GÖLDLIN DE TIEFENAU, 1977).

Es muß betont werden, daß die ökologische Rolle der Hecken sich keineswegs auf die Stellung eines Beutereservoirs für Schwebfliegenlarven beschränkt. Genauso wichtig dürfte das in Form von Nektar, Pollen und Honigtau gewährte Nahrungsangebot für Schwebfliegenimagines sein, da dies ja die Grundlage für die Aktivität und insbesondere für die Mobilität der erwachsenen Tiere darstellt. Untersuchungen von CLAUSSEN (1980) ergaben bei Wildrosen 15, bei Schlehe 22 und bei Weißdorn 10 Schwebfliegenarten als Blütenbesucher, darunter gerade auch wirtschaftlich wichtige Formen wie *E. balteata, Syrphus* spp. oder *Melanostoma* spp.. Von den im Heckenbereich vorkommenden Gehölzen weisen auch *Rubus* (27 Schwebfliegenarten) und *Salix* (12 Schwebfliegenarten) nach CLAUSSEN einen hohen Blütenbesuch auf. In unserem Untersuchungsgebiet waren im Juli infolge starken Honigtaus bestimmte Schlehenhecken geradezu umschwärmt von *E. balteata* – Imagines.

Man muß bei der Diskussion der potentiellen Rolle der Hecken und der Schwebfliegen im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes allerdings auch die gründlichen Freilandversuche von POLLARD (1971) erwähnen. Hier ergab sich, daß die typischen Waldarten unter den Schwebfliegen Blattläuse an krautigen Wirtspflanzen auch in unmittelbarer Nachbarschaft der Gehölze nicht angreifen und daß bei den sehr mobilen, im Feldbau auftretenden Arten wie *E. balteata* oder *Platychirus peltatus* Meig., die Vegetation der unmittelbaren Nachbarschaft der Äcker die Befallsrate bei experimentell ausgebrachten Kohlblattlauskolonien nicht beeinflußte: Infolge des großen Aktionsradius und der gut entwickelten Wirtssuchfähigkeit dieser Schwebfliegenarten war hier die Eiablagehäufigkeit in einer vorwiegend Ackerland aufweisenden Lokalität ebenso hoch wie in einer Lokalität, wo Laubwald, Nadelholzdickungen und Wiesen an das Ackerland grenzten. POLLARD weist allerdings daraufhin, daß seine Freilandexperimente nur eine Aussage über den fehlenden Einfluß der unmittelbar an Feldkulturen grenzenden Vegetationsvielfalt auf das Auftreten von Schwebfliegen in den Kulturfeldern zuläßt, da das Langstrecken-Flugvermögen der betreffenden Arten auch Besiedlungen über größere Distanzen zuläßt. Er betont, daß bei einer großräumigeren Betrachtung durchaus die Vegetationsvielfalt einen für die Populationsdichte der untersuchten Schwebfliegen wichtigen Faktor darstellen könnte.

3.2.3.4 Netzflügler (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae)

Die Klopfproben ergaben, daß die Florfliegenarten *Chrysopa carnea* Steff. sich sowohl auf Weißdorn, wie auch auf Wildrosen, Schlehen und Traubenkirschen fortzupflanzen vermag, während die Art *Chrysopa perla* L. nur sehr vereinzelt auf Schlehe gefunden wurde. Vertreter der Gattung *Hemerobius* wurden ebenfalls auf Weißdorn, Wildrosen und Schlehen nachgewiesen, ein Vertreter der Gattung *Boriomyia* trat vereinzelt auf dem Weißdorn auf.

Eine Überwanderung auf Felder konnte in unseren Untersuchungen nur bei *Ch. carnea* beobachtet werden. Diese unter den Netzflüglern der Heckenfauna deutlich dominierende Art ist nach SUTER und KELLER (1977) einer der potentiellen Begrenzungsfaktoren bei Schadblattläusen im Feldbau.

PRINCIPI und CANARD (1976) nennen *Ch. carnea* als häufigste Neuropterenart in Apfelanlagen und betonen ihre Bedeutung für den Integrierten Pflanzenschutz im Obstbau. Wichtig ist hier neben der hohen Reproduktionskapazität (ein Weibchen kann bei günstiger Ernährung in 28 Tagen bis zu 800 Eier produzieren) und Gefräßigkeit der Larven (Vertilgung von 200 bis 500 Blattläusen während der 8–18 Tage dauernden Larvalperiode) die große Beweglichkeit der Imagines, ihre relativ hohe Unabhängigkeit von einem bestimmten Vegetationstyp, die gute Synchronisation mit der Beute und das relativ breite Nahrungsspektrum der Larven (Blattläuse, kleine Schmetterlingslarven, Spinnmilben). In den Vereinigten Staaten wird seit Jahrzehnten *Ch. carnea* großtechnisch gezüchtet und auf dem Wege der »Überschwemmungsmethode« erfolgreich bei der biologischen Bekämpfung von Obstbau-, Gewächshaus- und Baumwollschädlingen eingesetzt. Da alle *Chrysopa-Arten* gegen Insektizide empfindlich sind, können Gebüsche und Hecken, die auch die Nahrungsbasis für die Imagines (Nektar, Pollen, Honigtau) und Larven (Blattläuse und andere Kleininsekten) bieten, als ein Refugium angesehen werden, das bei chemischer Behandlung von Obstbäumen und Feldkulturen ein Überleben dieser Nützlinge im Agro-Ökosystem auch bei chemischem Pflanzenschutz gewährleistet.

Auch *Ch. perla* sowie Vertreter der Gattungen *Hemerobius* und *Boriomyia* gehören zu den Nutzinsekten, die im Obstbau im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes berücksichtigt werden (PRINCIPI und CANARD, 1976).

3.2.3.5 Wanzen (Heteroptera)

Im Rahmen des Klopfprobenprogramms wurden in unserem Untersuchungsgebiet im Heckenbereich insgesamt 52 Wanzenarten festgestellt (Anhang VI). Dabei verteilen sich die gesammelten Individuen wie folgt:

	Nützlinge im Obstbau (Integrierter Pflanzenschutz)	**Weitere entomophage Arten**	**Landwirtschaftlicher Gelegenheits-Schädling**	**Weitere phytophage Arten**
Weißdorn (169 Indiv.)	73,4 %	16,6 %	4,1 %	5,9 %
Schlehe (147 Indiv.)	65,3 %	7,5 %	3,4 %	23,8 %
Wildrosen (80 Indiv.)	58,8 %	18,8 %	6,3 %	16,3 %
Gesamtmaterial (396 Indiv.)	*67,4 %*	*13,6 %*	*4,3 %*	*14,7 %*

Als Nützling wurden die bei FAUVEL (1976) in dem von der OILB herausgegebenen Standardbuch »Nützlinge in Apfelanlagen« genannten Arten, die im Integrierten Pflanzenschutz als Begrenzungsfaktor von schädlichen Blattläusen, Spinnmilben und weiteren Kleinarthropoden betrachtet werden, angeführt. Wanzen-Arten, die bei KEILBACH, SOUTHWOOD oder WAGNER als Verursacher gelegentlicher Pflanzenschäden erwähnt werden, führen wir als »Landwirtschaftliche Gelegenheitsschädlinge«. Landwirtschaftliche Großschädlinge befanden sich nicht in dem von uns im Klopfprobenprogramm im Heckenbereich erfaßten Wanzenmaterial. Die Zusammenstellung zeigt, daß einerseits weit über die Hälfte der an den Heckengehölzen auftretenden Wanzenindividuen zu Arten gehört, die im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes im Obstbau als Gegenspieler von Schadarthropoden gefördert werden, und daß andererseits weniger als 5 % der »Hecken-Wanzen« zu Arten gehören, die als Landwirtschaftsschädlinge bekannt geworden sind. Besonders günstig schneidet in dieser Hinsicht die Wanzenfauna des Weißdorn ab.

Abb. 8 und 9 (Anhang I) zeigen die Phaenologie der Anthocoriden (Blumenwanzen) und der entomophagen Miriden, wie sie sich aus dem Klopfprobenprogramm (1979) ergibt. Die Daten deuten darauf hin, daß bei den Anthocoriden jeweils im Juni auf Wildrosen, Schlehen und Weißdorn ein Maximum des Auftretens vorliegt. Dabei ist der Juni-Mittelwert an Schlehe besonders herausgehoben, während an Weißdorn auch noch im September ein relativ hoher Mittelwert vorliegt. Bei entomophagen Miriden (darunter ausgesprochene Nützlingsarten wie *Deraeocoris ruber* oder *Atractotomus mali)* läßt sich an Schlehe und Weißdorn ebenfalls ein ausgesprochener Juni-Gipfel des Auftretens feststellen. Wildrosen waren von dieser Gruppe durchwegs wenig stark aufgesucht. Im Mai und vom August ab fehlten entomophage Miriden in den Klopfproben praktisch vollständig.

Anthocoris nemorum, eine Art die mehr als ein Viertel der gesamten, von uns im Heckenbereich gefangenen Individuen stellt, kann nicht nur als wichtigste »Heckenwanze« angesehen werden, sie ist gleichzeitig auch eine sehr euryöke Art, die in unserem Projekt an insgesamt 10 Strauch- und Baumarten, aber auch in Hafer- und Gerstenfeldern nachgewiesen wurde. Die Art hat jährlich zwei bis drei Generationen und scheint unter anderem in der Bodenstreu der Hecken zu überwintern. Das Beutespektrum dieser Blumenwanze umfaßt Blattläuse, Blattflöhe, weitere Kleininsekten und Spinnmilden. *A. nemorum* ist als Räuber nicht an eine bestimmte Vegetationsschicht gebunden, sie vermag zwischen Gehölzen und krautigen Pflanzen hin- und herzuwechseln (SOUTHWOOD und LESTON, 1959). Unter den weiteren, einerseits von uns im Heckenbereich nachgewiesenen und andererseits als Nützlingsarten im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes eine Rolle spielenden räuberischen Wanzen sind *Orius* sp., *Deraeocoris ruber, Psallus* spp. und *Atractotomus mali* zu nennen. Die letztgenannte Art greift neben saugenden Pflanzenschädlingen auch Kleinschmetterlingsraupen, etwa die Larven des Apfelwicklers oder der Apfelgespinstmotte, an.

Für alle diese räuberischen Wanzenarten können Hecken, insbesondere Weißdorn und Schlehe, als ein bedeutendes Reservoir und Refugium gelten, von dem aus eine Wiederbesiedlung des Umlands möglich ist, wenn dort durch landwirtschaftliche Maßnahmen die Nützlingspopulationen zurückgegangen oder erloschen sind.

3.2.4 Hecken und Schadorganismen

Im Anhang XII wurden für die wichtigsten Gehölzarten der Hecke die dort nachgewiesenen Landwirtschaftsschädlinge zusammengestellt, wobei das Buch »Die tierischen Schädlinge Mitteleuropas« (KEILBACH, 1966) als Referenzwerk benutzt wurde. Arten, wie bestimmte Floh- und Rüsselkäfer, die unter anderen Überwinterungsplätzen auch den Heckenbereich aufsuchen können, wurden in der Übersichtsliste (Anhang XII) nicht berücksichtigt, da zu wenig konkrete Informationen vorliegen.

Zwar gibt es, wie in Abschn. 3.2.2. erörtert wurde, eine Reihe von monographischen Arbeiten über die Hecke, in denen das Schädlingsproblem in allgemeiner Weise diskutiert wird, doch scheinen exakte Untersuchungen, in denen konkret eine deutlich schädigende Wirkung von Hecken auf das landwirtschaftlich genutzte Umland nachgewiesen wird, weitgehend zu fehlen. Der Nachweis eines Landwirtschaftsschädlings im Heckenbereich bedeutet ja noch keineswegs, daß dadurch auch das angrenzende Agro-Ökosystem in wirtschaftlich nachweisbarem Grad belastet würde.

Überdies liegen in manchen Fällen solchen Schädlingslisten Unkenntnisse über die Ökologie und Wirtspflanzenwahl der betreffenden Arten vor, die dann ein falsches Bild ergeben. So führt KEILBACH neben der Apfelbaumgespinstmotte *(Yponomeuta malinellus* Zell.), die auch vom Weißdorn angegeben wird, die Pflaumengespinstmotte *(Y. padellus* L., angeführte Wirte aus dem Heckenbereich: Weißdorn, Schlehe, Eberesche) und zwei weitere *Yponomeuta*-Arten *(Y. cognatellus* Hb., angeführte Wirte aus dem Heckenbereich: Pfaffenhütchen, Eberesche; *Y. evonymellus* L., angeführte Wirte aus dem Heckenbereich: Traubenkirsche, Eberesche) als Obstbaumschädlinge auf. Da Gespinstmotten an Heckensträuchern öfters einen auffälligen Kahlfraß verursachen, liegt dann die Schlußfolgerung nahe, daß hier in großer Dichte Obstbauschädlinge vorkommen und daß bei der Anlage von Hecken grundsätzlich nur Gehölzarten, die keinen Gespinstmottenbefall zeigen, gewählt werden sollten. Neue Untersuchungen einer holländischen Arbeitsgruppe (HERREBOUT, Leiden) ergeben ein ganz anderes Bild: Die Apfelgespinstmotte *(Y. malinellus)* kommt nur am Apfelbaum und nicht an Heckensträuchern vor. Bei *Y. padellus* gibt es zumindest drei deutlich getrennte Rassen, darunter die Pflaumengespinstmotte als Schädling an Pflaume und Zwetschge, eine Schlehenrasse mit deutlicher Präferenz für Schlehe und eine Weißdornrasse, mit deutlicher Präferenz für Weißdorn. Die *Yponomeuta-Arten* auf Traubenkirsche *(Y. evonymellus)* und auf Pfaffenhütchen *(Y. cognatellus)* greifen Obstbäume nicht an. Damit zeigen die im Obstbau schädlichen Gespinstmottenarten keine Beziehung zu den Gehölzarten der Hecke, wenn man einmal davon absieht, daß die Schlehenrasse von *Y. padellus* als einen nicht bevorzugten Wirt auch gelegentlich *Prunus domestica* befallen kann. Umgekehrt unterhalten aber die *Yponomeuta*-Arten auf Heckenpflanzen infolge ihres häufigen Vorkommens beträchtliche Parasitenpopulationen, wobei eine Reihe von Parasitenarten (insbesondere *Ageniaspis fuscicollis* Dalm.) eine Rolle bei der Integrierten Schädlingsbekämpfung von Obst-Gespinstmottenarten spielen.

Grundsätzlich können die in Anhang XII aufgezählten Schadorganismen in verschiedenen Kategorien eingeteilt werden:

A) Phytopathogene Mikroorganismen und Pilze, bei denen Gehölzarten der Hecke eine potentielle Infektionsquelle darstellen können. Hierher gehört der Virus, der die »Scharka-Krankheit« an Steinobst verursacht, *Erwinia amylovora,* eine Bakterienart, die an Kernobst den gefürchteten »Feuerbrand« verursacht, und verschiedene Rostpilzarten, die in einem Wirtswechsel zwischen der Berberitze bzw. dem Kreuzdorn und Getreidearten stehen.

B) Tierische Schädlinge:

B1) Blattlausarten, für die bestimmte Gehölze der Hecke (Wildrose, Schlehe, Traubenkirsche, Pfaffenhütchen) Winterwirte darstellen.

Die auf krautartige Sommerwirte überwandernden »Emigrantes alatae« dieser Blattlausarten werden regelmäßig als Luftplankton über große Distanzen hin verfrachtet, so daß auch in heckenlosen Intensivlandwirtschaftsgebieten ein Befall von Kulturpflanzen stattfindet (POLLARD et al., 1977).

B2) Polyphage Pflanzenfresser, die einerseits auf Wirtspflanzen im Heckenbereich und andererseits in Landwirtschaftskulturen vorkommen. Hierher zählen etwa bestimmte Kleinschmetterlingsarten, Wanzen und einige Rüsselkäfer.

Um die Bedeutung der Schädlingsarten dieser verschiedenen Kategorien abzuschätzen, sind jeweils eingehende Kenntnisse der betreffenden ökologischen Situation notwendig. Beispielsweise wäre zu prüfen, ob eine bestimmte Art der Kategorie B2 tatsächlich von der Hecke aus Kulturpflanzen in einer das Schadensniveau in wirtschaftlich erheblicher Weise steigernden Art befällt. Es wäre zu prüfen, ob das Vorhandensein eines Refugiums in der Hecke bei der Anwendung chemischer Bekämpfungsmaßnahmen in landwirtschaftlichen Kulturen die Resistenzentwicklung eines Schädlings zu fördern vermag. Es wären weiterhin bei Schädlingen der Kategorien B1 und B2 von Art zu Art eine Bilanz zwischen der zu erwartenden Schadwirkung und dem möglichen Nutzen zu ziehen, der für den Integrierten Pflanzenschutz dadurch entstehen kann, daß durch Hecken und ähnliche, die ökologische Strukturvielfalt begünstigenden Vegetationsformen gleichzeitig mit einem Schädling auch sein Vertilgerkomplex im System erhalten bleibt.

Ein weiterer Punkt ist hier zu erwähnen. Moderne Verfahren der Biologischen Schädlingsbekämpfung (FRANZ und KRIEG, 1976), etwa die großtechnische Vermehrung und der Einsatz des Eiparasiten *Trichogramma* oder die mikrobiologische Schädlingsbekämpfung mit Hilfe von Viren und Bakterien, beziehungsweise die Verwendung von insektenpathogenen Pilzen, Protozoen oder Nematoden, setzen voraus, daß auf Infektionsmaterial mit einer entsprechenden großen genetischen Variabilität zurückgegriffen werden kann. Solches Material ist nur dort verfügbar, wo auch die entsprechenden Wirtsinsekten vorhanden sind. In diesem Sinne stellen Hecken und ähnliche Vegetationstypen ein wertvolles genetisches Reservoir dar.

3.2.5 Schlußfolgerungen

Der Integrierte Pflanzenschutz hat mit komplexen ökologischen Beziehungsgefügen zu arbeiten, die einstweilen kaum verallgemeinernde Aussagen erlauben oder einfache Standardkonzepte, wie sie etwa in den Behandlungsplänen des chemischen Pflanzenschutzes zur Anwendung kommen, möglich machen. Dies ergibt sich schon daraus, daß die Populationsbegrenzung eines Schadarthropoden durch ein Zusammenwirkung unterschiedlicher Mortalitätsfaktoren zustande kommt. So haben etwa SUTER und KELLER (1977) bei ihren langjährigen Untersuchungen der Populationsdynamik von im Feldbau schädlichen Blattlausarten ein Zusammenspiel von Prädatoren, Parasiten und Mykosen als entscheidenden Kontrollfaktor erkannt.

Die Feststellung, daß bestimmte potentielle Nutzarthropoden-Arten zu bestimmten Zeiten in bestimmten Populationsdichten in Hecken und Feldgehölzen auftreten (Abschn. 3.2.3), ist zwar sicher ein wichtiger Schritt zum Verständnis der Ökologie von Nutzarthropoden, aber sie reicht nicht aus, um Voraussagen über die Wirkungsweise solcher Arten im Vertilgerkomplex von Landwirtschaftsschädlingen zu machen. Dazu wären wesentlich detailliertere Einzeluntersuchungen notwendig. Das gleiche gilt für phytophage Heckeninsekten, die als Landwirtschaftsschädlinge bekannt geworden sind. Auch hier wäre jeweils für ein konkretes Einzelsystem zu prüfen, ob die Gegenwart eines Pflanzenschädlings in Hecken mit landwirtschaftlich genutztem Umland im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes negativ oder positiv zu bewerten ist. Die erstgenannte Situation könnte bei Schädlingen mit sehr tiefer wirtschaftlicher Schadensschwelle (etwa bei Überträgern von Viruskrankheiten) oder bei Arten, die in jedem Fall chemisch bekämpft werden müssen und bei denen das Vorhandensein von Refugien die Gefahr einer Entwicklung resistenter Stämme vergrößert, gegeben sein. Andererseits kann bei vielen Schädlingen mit hoher Schadensschwelle oder bei Gelegenheitsschädlingen der Umstand, daß Hecken durch die Existenz stabiler Phytophagen-Populationen auch ein stetig vorhandenes und stabilisierendes Reservoir spezialisierter natürlicher Feinde und Krankheitserreger gewährleisten, durchaus wünschenswert sein.

In dem Konflikt, der für den Integrierten Pflanzenschutz dadurch entsteht, daß er gleichzeitig eine Förderung der Nützlinge und eine Schwächung der Wirkungsweise von Schädlingen anstrebt, gibt es kein generelles Patentrezept für eine Lösung. Dies gilt auch für die Bewertung der Hecken. Für den Integrierten Pflanzenschutz gibt es keine schlechthin optimale Hecke, sondern es sind die jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten und die jeweiligen Nutzungsformen des Umlands der Hecke (Grünland, Obstgärten, Getreideäcker, Hackfrüchte, Gemüsekulturen, Siedlungen, usw.) zu berücksichtigen.

Außerdem darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Hecke neben ihren Funktionen im Hinblick auf das landwirtschaftlich genutzte Umland auch im Zusammenhang mit dem Natur- und Artenschutz, der Landschaftsgestaltung und anderen Gesichtspunkten gesehen werden muß. Daher sollten folgende Richtlinien beachtet werden:

A) Eingriffe in bestehende Hecken zur Verhinderung von Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen sollten nur dort stattfinden, wo ein konkretes und entsprechend hohes (an den jeweiligen ökonomischen Schadensschwellen gemessenes) Schadensrisiko vorliegt etwa durch Auftreten des Feuerbrands an Kernobst. Ein vorbeugendes generelles Ausschalten »ver-

femter Holzarten« (etwa Berberitze, Weißdorn, Pfaffenhütchen, Heckenkirsche, Traubenkirsche, Schlehe, Schwarzdorn, Schneeball), wie es mancherorts empfohlen wurde, ist auf jeden Fall abzulehnen (KRAUSE und LOHMEYER, 1980), da es zu einer nicht zu verantwortenden Verarmung unserer Hecken und Heckenlandschaften führen würde.

B) Dort wo Gesichtspunkte des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes vernachlässigt werden können (etwa in Grünlandgebieten oder in Park- und Gartenanlagen) sollten Hecken möglichst »naturnah« und vielgestaltig belassen bzw. neu angelegt werden, wobei das von uns vorgeschlagene Bewertungssystem (Abschn. 3.1.4) als Maßstab benützt werden könnte.

C) Dort, wo gezielte Maßnahmen des Integrierten Pflanzenschutzes angestrebt werden, kann es sinnvoll sein, »Hecken nach Maß« aufzubauen und zu unterhalten, wobei hier auch die Verwendung exotischer Gehölzarten gerechtfertigt sein kann. Solche, im Dienst der Ausnützung natürlicher Begrenzungsfaktoren von Schadinsekten angelegten Hecken haben sich etwa seit vielen Jahren in südjapanischen Zitrus-Kulturen bewährt. Ähnliche Versuche laufen derzeit in Baden-Württemberg (STEINER, Stuttgart, mündliche Mitteilung). Sie setzen ein hohes Maß an Einsichten in die Strukturen und Funktionen der jeweiligen Agro-Ökosysteme voraus.

3.3 Zusammenfassung (Teil 3)

Nachdem in Abschnitt 2.2 eine zusammenfassende Übersicht über die wissenschaftlichen Ergebnisse des Projekts gegeben wurde, soll hier ein Überblick über die in Teil 3 gezogenen praktischen Schlußfolgerung gebracht werden.

Um ein Bewertungssystem von Hecken zu entwickeln, wurden folgende Kriterien benutzt:

a) Die Rolle der Hecke als Lebensraum phytophager Insekten.

b) Die Rolle der Hecke als Nahrungsreservoir entomophager Arthropoden.

c) Die Rolle der Hecke als Brutstätte von Vögeln.

d) Die Rolle der Hecke als Refugium und Nahrungsreservoir von Wildarten.

e) Die Rolle der Hecke als Habitat von Phytophagen-Entomophagen-Komplexen.

Es wurde untersucht (Abschn. 3.1.2), wie die Kriterien durch folgende Parameter beeinflußt werden: Isolationsgrad einer Gehölzart, Alter einer Gehölzart, Altersklassenmischung, Umfang der Gehölze, Flächendichte der Hecken, Gehölzartenzahl (Hauptarten), Gesamtgehölzartenzahl, Heckenumland (Grünland/Ackerland), Pflegezustand der Hecken. Dabei ergibt sich (Abschn. 3.1.3), daß Heckengebiete aus tierökologischer Sicht vor allem dann hoch zu bewerten sind, wenn:

a) die »Hauptarten« Weißdorn, Schlehe, Wildrosen vorkommen,

b) wenn darüber hinaus möglichst viele weitere Gehölzarten an der Hecke beteiligt sind,

c) wenn die Gehölz-Altersklassen I bis IV vorhanden sind, wobei die Klassen II und III dominieren sollten,

d) wenn zur Verjüngung der Hecke gelegentliche Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, und

e) wenn bei hoher mittlerer Flächendichte (80 m Hecke/ha) statt lang gestreckter »Großhecken« zahlreiche »Kleinhecken« von 10–15 m Länge in möglichst geringem Abstand vorliegen.

Zur »Schnellbewertung« von Hecken wird eine Bonitierungsziffer vorgeschlagen, die die Gehölzartenzusammensetzung, das Alter, die Altersklassenmischung und die Flächendichte berücksichtigt (Abschn. 3.1.4). In aus tierökologischer Sicht optimalen Heckengebieten kann diese Bewertungsziffer bei über 60 Punkten liegen und damit ein Maximum erreichen.

Um die in Oberfranken gewonnenen Ergebnisse in anderen geographischen Gebieten anwenden zu können, sollten dort weitere tierökologische Untersuchungen im Heckenbereich durchgeführt werden. Ein entsprechendes tierökologisches »Minimalprogramm« wird in Abschn. 3.1.5 vorgeschlagen.

Um die Rolle von Hecken im Rahmen von Integrierten Pflanzenschutzprojekten beurteilen zu können, werden in Abschn. 3.2.3 und Anhang XI die von uns im Heckenbereich beobachteten Nutzarthropoden (parasitische Hymenopteren, Marienkäfer, Schwebfliegen, Netzflügler, entomophage Wanzen) aufgeführt. Es wird die Bedeutung der Hecken für ausgewählte Arten erörtert. In Abschnitt 3.2.4 und Anhang XII wird ein Überblick über die im Heckenbereich nachgewiesenen Schadorganismen gegeben. Aus diesen beiden Bestandsaufnahmen ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

a) Eingriffe in bestehende Hecken zur Verhinderung von Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen sind nur dort gerechtfertigt, wo ein konkretes und – an den jeweiligen ökonomischen Schadensschwellen gemessen – hohes Schadensrisiko vorliegt. Ein vorbeugendes generelles Ausschalten »verfemter Holzarten« ist strikt abzulehnen, da diese Maßnahmen zu einer nicht verantwortbaren Verarmung von Hecken und Heckenlandschaften führen würde.

b) Dort, wo Gesichtspunkte des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes keine Rolle spielen, also z. B. in Grünlandgebieten, Park- und Gartenanlagen, sollten bestehende Hecken möglichst »naturnah« und vielgestaltig belassen werden. Bei Neuanlagen von Hecken könnte das von uns vorgeschlagene Bewertungssystem (Abschn. 3.1.4) benutzt werden.

c) Dort, wo im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes spezifische Schädlingsprobleme zu lösen sind, kann es sinnvoll sein, »Hecken nach Maß« aufzubauen und zu unterhalten.

4 Kontakte zu anderen Institutionen – Danksagungen –

Während der Vorbereitung und Planung des Projekts kam es zu einem Gedankenaustausch mit Dr. E. Boller (Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, Schweiz), Prof. Dr. J. Franz (Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Darmstadt), Dr. H. Steiner (Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart) und Prof. Dr. W. Tischler (Zoologisches Institut, Universität Kiel). Den genannten Kollegen sind wir für vielfache Auskünfte und Ratschläge zu großem Dank verpflichtet.

Im Verlauf unserer Arbeiten haben wir mehrfach die Hilfe der European Station des Commenwealth Institute of Biological Control (Delemont, Schweiz) in Anspruch genommen. Dem ehemaligen Leiter, Herrn Prof. Dr. Pschorn-Walcher (jetzt Universität Kiel), und dem jetzigen Leiter, Herrn Dr. K. Carl sowie Herrn Dr. D. Schröder danken wir herzlich für die gewährte Gastfreundschaft und Unterstützung.

Unsere Arbeiten wurden in fortwährendem Kontakt mit der Hecken-Arbeitsgruppe des Lehrstuhls für Pflanzenökologie der Universität Bayreuth (Leiter Prof. Dr. E. D. Schulze) durchgeführt. Ebenso pflegten wir den Kontakt mit Herrn Prof. Dr. M. Mühlenberg und seiner Arbeitsgruppe (Ökologische Außenstation Fabrikschleichach der Universität Würzburg). Herrn Kollegen Schulze und Mühlenberg sowie ihren Mitarbeitern möchten wir für viele anregende Diskussionen und wertvolle Auskünfte unseren Dank aussprechen. Zwischenberichte unseres Projekts bekam Herr Prof. Dr. W. Haber (TU München LS Landschaftsökologie, Weihenstephan).

Folgende Entomologen haben uns bei der Determination von Tiermaterial beigestanden: Herr Dr. E. Bauer (Nürnberg): Ichneumonidae; Herr Dr. St. Boucek (Britisches Museum, London): Chalcidoidea; Herr Dr. M. Capek (Banska Stiavnica, CSR): Braconidae; Herr Dr. O. Fischer (Naturkundemuseum Wien): Braconidae; Herr Dr. I. Hasenfuß (Universität Erlangen): Kleinschmetterlinge; Herr Dr. B. Herting (Staatliches Naturkundemuseum Stuttgart/Ludwigsburg): Tachinidae; Herr Dr. habil. K. Horstmann (Universität Würzburg): Ichneumonidae. Den hier genannten Spezialisten sind wir für die Bereitwilligkeit, mit der sie die oft mühsame Bestimmungsarbeit auf sich genommen haben, sehr dankbar.

Dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (München) danken wir für die Ermöglichung dieses Forschungsprojekts und für die entgegenkommende und verständnisvolle Unterstützung.

Anhang I

1 Ergebnisse des Klopfproben-Programms

Dirk Stechmann

1 Methodik

1.1 Versuchsdurchführung

Wie STECHMANN et al. (1981) gezeigt haben, ist das im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes entwickelte Klopfproben-Verfahren (STEINER et al., 1970) ein geeignetes Mittel, um bei relativ geringem Arbeitsaufwand einen großen Teil der in Heckensträuchern sich aufhaltenden Arthropoden zu erfassen. Da die Fängigkeit der einzelnen Arthropodengruppen unterschiedlich ist, sind quantitative Auswertungen von Klopfprobenfängen nur mit Vorbehalt durchführbar. Vergleichende Aufsammlungen von Heckenarthropoden mit Klopfprobenfängen einerseits und einer Begiftung von Zweigen und dem Abfang der getöteten Individuen in Fangtrichtern andererseits ergaben aber, daß beide Verfahren zu ähnlichen relativen Häufigkeitswerten bei den eingesammelten Arthropoden führten. Insbesondere eignet sich das Klopfprobenverfahren für phänologische Untersuchungen und für Vergleiche von Straucharten, Heckentypen und Standorten.

Bei Klopffängen und Abtötung in der Gefriertruhe bleiben auch empfindliche Formen wie Hymenopteren, Lepidopteren und Dipteren meist in einem einwandfreien Zustand erhalten. Da dieses für eine genaue Bestimmung in der Regel Voraussetzung ist, sollte für faunistische Bestandsaufnahmen mit Belegsammlungen den Klopffängen und vergleichbaren Methoden der Vorzug gegenüber Flüssigkeits- und Klebefallen gegeben werden.

Die Klopfproben erfolgten nach den von der OILB (Internationale Organisation für biologische Bekämpfung schädlicher Tiere und Pflanzen) herausgegebenen Richtlinien (BRADER, 1975) mit im Handel erhältlichen Klopftrichtern mit einer Fangfläche von 0,25 m^2 (Bezugsquelle: Firma Ernst Stegmüller, 6909 Walldorf/Baden, Hauptstr. 44). Die Probenentnahmen erfolgten von Ende April bis September. In der Regel wurden die Klopfproben in einem Abstand von ca. 14 Tagen eingesammelt (1979), 1980 und 1981 wurden die Aufsammlungen teilweise in größeren zeitlichen Intervallen durchgeführt, da hier andere Fragestellungen vorlagen.

Pro Probe wurde an 10 Positionen, d. h. an 10 verschiedenen Sträuchern der zu untersuchenden Gehölzart geklopft, wobei jeweils die Äste einer Position mit 3 kräftigen Schlägen erschüttert wurden. Der die betreffende Probe enthaltende Plastikbeutel wurde sofort verschlossen und zusammen mit den anderen Proben des Untersuchungsgebiets auf schnellstem Wege ins Labor gebracht und dort zunächst eingefroren.

Für jede Probe wurden folgende Daten ermittelt:

- Gesamtindividuenzahl, Individuenzahl unterscheidbarer Gruppen (soweit möglich bis zur Art, sonst weiter gefaßte Gruppen)
- Gesamtbiomasse (Frischgewicht), Biomasse für trophische Gruppen (Phytophage, Entomophage, Sonstige) und für systematische Gruppen (z. B. Lepidoptera, Araneidae, etc.)
- sämtliche Tiere wurden in Alkohol (70 %) fixiert oder sofort genadelt (jeweils mehrere Imagines unterscheidbarer Gruppen)
- abiotische Daten: Ort (Lageskizze), Datum, Uhrzeit der Probenentnahme, Windrichtung, Windgeschwindigkeit (geschätzt), Temperatur, Feuchtigkeitsverhältnisse auf Pflanzen
- biotische Daten: Entwicklungsphase der Wirtspflanzen, Beobachtungen über andere Pflanzen (Blüte) oder über Arthropoden.

Klopfproben wurden jeweils simultan an Schlehe, Wildrosen und Weißdorn entnommen. 1979 wurden die vier Lokalitäten »Oschenberg«, »Hummelgau«, »Stadtsteinach« und »Autobahnhecken bei Schreez« (Abb. 1, Abschn. 1.3) bearbeitet, 1980 und 1981 lediglich die Lokalitäten »Oschenberg« und »Hummelgau«.

1.2 Aufschlüsselung der Fangergebnisse nach Arthropodengruppen

Wir beschränken uns hier im wesentlichen auf die Darstellung der 1979 durchgeführten Aufsammlungen, da das betreffende Probenprogramm besonders umfangreich und detailliert war. Insgesamt erbrachten die 138 Klopfproben einen Gesamtfang von 24355 Insekten und Spinnentieren, was einem Durchschnitt von ca. 175 Tieren/Probe entspricht. In Tabelle 7 sind die Gesamt-Individuenzahlen bezüglich der 5 häufigsten Insekten-Ordnungen sowie der Spinnen + Weberknechte zusammengefaßt worden. In die Gruppe 'Sonstige' gehen Milben, Collembolen, Dermapteren, Psocopteren, Orthopteren, Neuropteren u. a. ein. Da den Gesamtfängen an den einzelnen Standorten unterschiedlich viele Stichproben zugrunde liegen, ist ein direkter Vergleich der Individuenzahlen nach Tab. 7 nicht möglich. Es wurden daher die im Durchschnitt über den Gesamtfang in einer Probe enthaltenen Individuen der verschiedenen Gruppen berechnet und in Tab. 8 zusammengestellt. An allen Standorten wurde die im Durchschnitt geringste Individuenzahl/Probe auf Rose gefangen. Während hinsichtlich der Fangzahlen auf Schlehe und Weißdorn an den Standorten Oschenberg und Stadtsteinach kaum Unterschiede festzustellen sind, fällt die sehr hohe Individuenzahl von Weißdorn-Proben im Hummelgau und an der Autobahn auf. Dieses ist vor allem auf die hohen Fangzahlen bezüglich der Heteroptera zurückzuführen. Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß die Rose gegenüber Schlehe und Weißdorn eine unterschiedliche Verzweigungs- und Blattflächen-Struktur besitzt, so daß bei gleicher Zahl von Proben

Tabelle 7

Zusammenstellung der insgesamt gefangenen Arthropoden auf Heckenpflanzen an vier Standorten (1979)

(1)	Oschenberg (2)	(3)	(4)	Hummelgau (5)	(6)	(7)	Stadtsteinach (8)	(9)	(10)	Autobahnhecken (11)	(12)	(13)	Summe (14)
Gruppe	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	
1) Heteroptera	323	165	741	498	472	2203	195	134	555	433	415	1768	7902
2) Coleoptera	128	73	88	218	210	326	312	165	124	93	21	107	1865
3) Hymenoptera	211	192	358	395	324	646	219	219	325	166	290	315	3660
4) Diptera	113	88	66	524	364	1066	180	173	194	147	87	147	3149
5) Lepidoptera	406	89	159	263	121	192	372	266	233	347	201	400	3049
6) Sonstige	232	83	136	479	147	186	55	46	76	54	6	43	1543
7) Araneidae + Opiliones	348	259	246	252	243	238	278	264	185	467	227	180	3187
8) Summe	1761	949	1794	2629	1881	4857	1611	1267	1692	1707	1247	2960	24355

Tabelle 8

Durchschnittliche Individuenzahl in einer Klopfprobe, gemittelt über den ganzen Untersuchungszeitraum (1979)

(1)	Oschenberg (2)	(3)	(4)	Hummelgau (5)	(6)	(7)	Stadtsteinach (8)	(9)	(10)	Autobahnhecken (11)	(12)	(13)	Durchschn. (14)
Gruppe	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	
1) Heteroptera	21,5	11,0	49,4	38,3	36,3	169,5	19,5	13,4	55,5	54,1	51,9	22,1	57,3
2) Coleoptera	8,5	4,9	5,9	16,8	16,2	25,1	31,2	16,5	12,4	11,6	2,6	13,4	13,5
3) Hymenoptera	14,1	12,8	23,9	30,4	24,9	49,7	21,9	21,9	32,5	20,8	36,3	39,4	26,5
4) Diptera	7,5	5,9	4,4	40,3	28,0	82,0	18,0	17,3	19,4	18,4	10,9	18,4	22,8
5) Lepidoptera	27,0	5,9	10,6	20,2	9,3	14,7	37,2	26,6	23,3	43,4	25,1	50,0	22,1
6) Sonstige	15,5	5,5	9,1	36,9	11,3	14,3	5,5	4,6	7,6	6,8	0,8	5,4	11,2
7) Araneidae	23,2	17,3	16,4	19,4	18,7	18,3	27,8	26,4	18,5	58,4	28,4	22,5	23,1
8) Summe	117,4	63,5	119,7	202,3	144,7	373,6	161,1	126,7	169,2	213,4	156,0	370,1	176,5

Tabelle 9

Zusammenstellung der Gesamt-Biomasse (Frischgewicht) der in Tab. 7 aufgelisteten Arthropoden – Individuen. Angaben in mg

(1)	Oschenberg (2)	(3)	(4)	Hummelgau (5)	(6)	(7)	Stadtsteinach (8)	(9)	(10)	Autobahnhecken (11)	(12)	(13)	Summe (14)
Gruppe	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	Schlehe	Rose	Weißd.	
1. Heteroptera	442,96	456,47	731,77	559,75	612,35	1536,38	306,6	196,93	503,97	458,16	620,11	1297,88	7723,33
2. Coleoptera	1184,51	619,61	878,38	718,62	711,14	1489,45	2142,17	1047,81	959,58	437,23	279,08	1076,52	11544,10
3. Hymenoptera	1129,07	832,3	960,88	1501,80	1151,31	1060,46	466,17	1129,79	609,88	553,50	1496,19	942,71	11834,06
4. Diptera	604,36	95,38	189,87	2102,51	1109,34	1908,09	386,13	261,1	454,87	851,96	496,49	534,13	8994,44
5. Lepidoptera	5120,34	1368,52	2961,11	1768,23	1643,34	2181,82	2932,8	2701,79	2269,42	5743,82	3560,36	6244,00	38495,55
6. Sonstige	1099,38	1185,37	1307,12	660,58	401,26	1945,07	743,19	154,04	1090,52	900,22	304,12	576,79	10367,66
7. Araneidae	1220,33	860,11	889,3	1447,89	1349,42	1192,40	2053,51	980,83	941,53	2359,82	1250,31	1039,36	15584,81
8. Summe	10800,95	5417,76	7918,43	8759,38	6978,16	11313,67	9030,57	6472,50	6829,77	11304,71	8006,66	11711,39	104543,95

Heteroptera: 7,4 %; Coleoptera: 11,1 %; Hymenoptera: 11,3 %; Diptera: 8,6 %; Lepidoptera: 36,8 %; Sonstige: 9,9 %; Araneidae: 14,9 %.

wahrscheinlich unterschiedlich große Oberflächen-Areale auf den einzelnen Pflanzen erfaßt werden. Dieser bislang nicht näher untersuchte Faktor muß bei Vergleichen von Klopffängen zwischen verschiedenen Pflanzenarten und zwischen unterschiedlich großen Pflanzen einer Art berücksichtigt werden.

Tab. 9 bringt eine Übersicht über die 1979 in den 4 Beobachtungsgebieten an Schlehe, Wildrose und Weißdorn in den Klopfproben erhaltenen Biomassen der 7 Arthropodengruppen. Es handelt sich dabei jeweils um das Frischgewicht. Der Biomasse nach nehmen die Lepidopteren (fast ausnahmslos Lepidopterenlarven) den ersten Rang ein, während bei der Individuenzahl (Tab. 7, 8) die Heteropteren an erster Stelle stehen.

1.3 Entwicklung von Individuenzahl und Biomasse im Jahreslauf

Abb. 2A und 2B zeigen für das gesamte, 1979 an den drei Gehölzarten eingesammelte Probenmaterial die durchschnittliche Entwicklung der Individuenzahl pro Probe sowie die durchschnittliche Biomasse pro Probe während der Monate Mai bis Oktober. In Abb. 3A und 3B ist die Entwicklung der Gesamtbiomasse im Jahr 1980 in den Untersuchungsgebieten »Oschenberg« und »Hummelgau« wiedergegeben. Übereinstimmend läßt sich in diesen Kurven für alle drei Gehölzarten ein hohes Abundanz- und Biomassemaximum im Frühjahr (Mai/Juni) und ein zweiter, wesentlich kleinerer Gipfel im August/September erkennen.

Das Frühjahrsmaximum des Arthropodenbesatzes läßt sich bei allen drei Gehölzarten jeweils eindeutig auf einen Höhepunkt in der Entwicklung der phytophagen Insekten zurückführen (Abb. 4). Das zeigt sich auch deutlich bei der Untersuchung der jahreszeitlichen Entwicklung des Blattkonsums durch Phytophage (Abschn. 2.7). POLLARD et al. (1974) weisen darauf hin, daß sich gerade die Heckengehölze durch ein frühzeitig einsetzendes, während der Blühperiode kulminierendes und dann stark zurückgehendes Wachstum

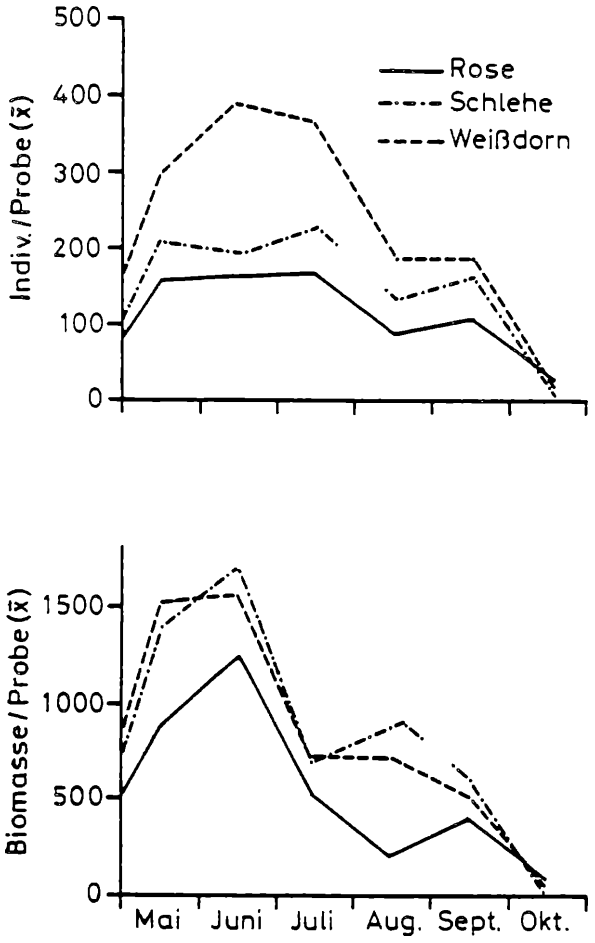


Abbildung 2:

Jahreszeitliche Entwicklung (Mai-Oktober 1979) der Individuenzahl pro Klopfprobe (oben) und der Biomasse der in den Klopfproben erfaßten Arthropoden (unten) an Rose, Schlehe und Weißdorn

Figure 2

Seasonal changes (May-October, 1979) of the average numbers of arthropod individuals/sample (above) and of the average arthropod biomass/sample (below) in the standard sampling program (»Klopfprobenprogramm«)
Rose = wild rosebushes, Schlehe = sloe, Weißdorn = hawthorn

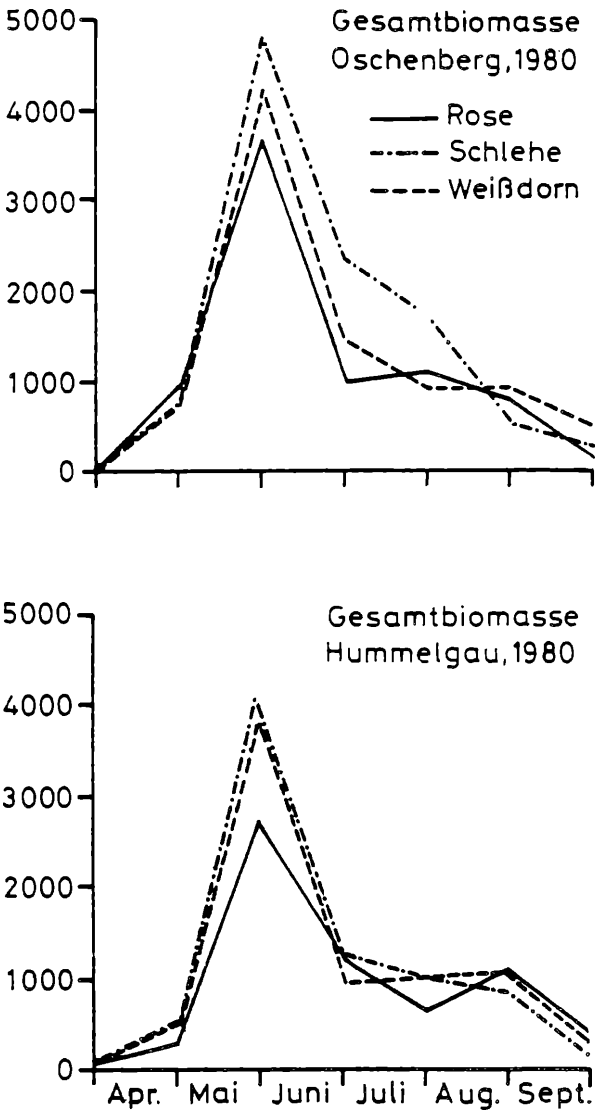


Abbildung 3

Ergebnisse des Klopfprobenprogramms 1980. Jahreszeitlicher Verlauf der erhaltenen Gesamtbiomasse an Arthropoden am Oschenberg (oben) und im Hummelgau (unten)

Figure 3

Seasonal changes in the biomass of arthropods obtained during the standard sampling program on rosebushes (= Rose), sloe (= Schlehe) and hawthorn (= Weißdorn) in 1980. Above: locality Oschenberg; below: locality Hummelgau

auszeichnen. Der Großteil der phytophagen Insekten im Heckenbereich, insbesondere Kleinschmetterlinge, Blattläuse und Käfer, sind in ihrer Phänologie eng mit dieser frühen Produktionsphase ihrer Wirtsgehölze synchronisiert. (Eine Ausnahe stellen bestimmte Blattwespenarten und blattminierende Kleinschmetterlingsarten dar, die erst relativ spät im Jahr mit ihrer larvalen Freßphase beginnen). Eine frühe Aktivitätsperiode (»early-season-feeders«, MATTSON, 1980) ist von sehr vielen Gehölze befallenden phytophagen Insekten bekannt geworden. Dieses Verhalten ist eine Anpassung an den im Frühjahr bei vielen unserer Holzgewächse hohen Anteil an von Blattfressern auswertbaren Stickstoff-Verbindungen sowie an den zu diesem Zeitpunkt meist doch geringen Gehalt der Blätter an Abwehrstoffen (insbesondere Tannine). Für die Erfassung der Heckenfauna (Abschn. 3.1.5) durch Klopfproben oder visuelle Kontrollen ist, wie unsere Fangergebnisse zeigen, daher der Zeitraum Mai/Juni besonders günstig.

Abb. 4 läßt erkennen, daß während der Monate Mai und Juni die Phytophagen-Biomasse pro Klopfprobe um ein mehrfaches höher liegt als die der entomophagen Arthropoden (Parasiten, Räuber, Spinnen), daß aber vom Juli an die Biomasse der phytophagen und der entomophagen Formen entweder vergleichbar werden oder daß die Biomasse der Entomophagen die der Phytophagen sogar übertrifft. Damit kommt den Entomophagen dort, wo die Biomasse-Entwicklung der Heckenarthropoden einen Spätsommergipfel zeigt, produktionsbiologisch eine gewisse Bedeutung zu. An diesem zweiten Gipfel in der Biomasse-Entwicklung können allerdings Spinnen (Anhang VI,3), die großenteils vom Umland in die Hecke einfliegende Beute verwerten, einen wichtigen Anteil haben.

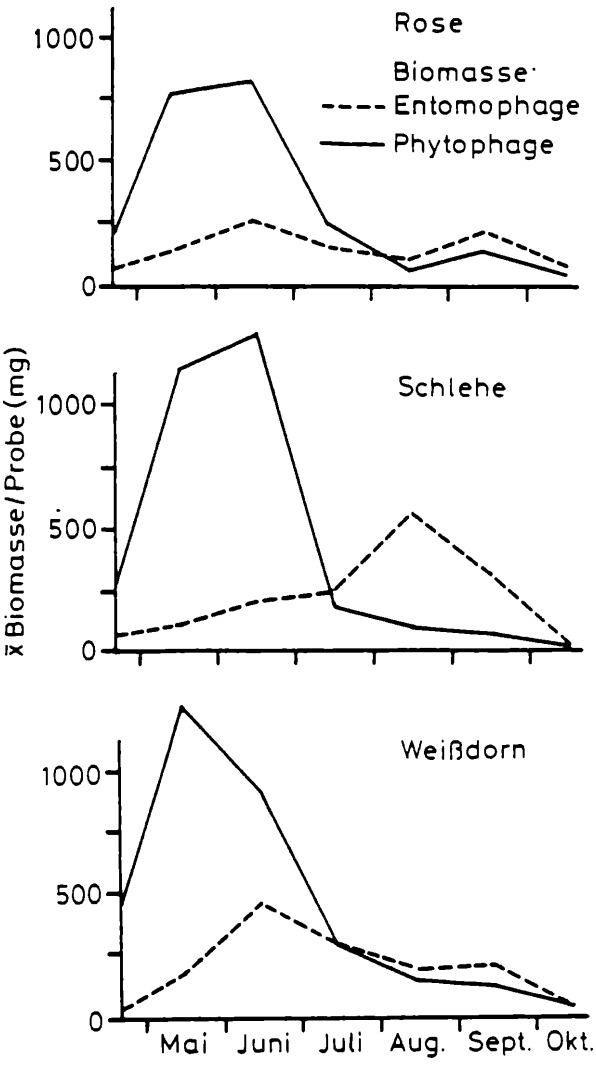


Abbildung 4:

Jahresgang der Biomasse-Entwicklung von Entomophagen und Phytophagen (Klopfprobenprogramm 1979) bei Rose, Schlehe und Weißdorn

Figure 4

Seasonal changes in the biomass of entomophagous and phytophagous arthropods (standard sampling program, 1979) on rosebushes (Rose), sloe (Schlehe) and hawthorn (Weißdorn)

2 Zur Phänologie ausgewählter Arthropodengruppen der Hecke

Im folgenden soll für einige Insektengruppen das Ergebnis der Klopfprobenfänge erörtert werden, wobei die Populationsentwicklung im Verlauf des Jahres sowie Unterschiede zwischen den einzelnen Heckenstraucharten im Vordergrund stehen. Der Darstellung liegen wiederum in erster Linie die 1979 erhaltenen Daten zugrunde. Es werden zunächst die phytophagen und dann die entomophagen Taxa besprochen.

2.1 Lepidopteren

In den Klopfproben wurden sowohl Lepidopteren-Larven wie auch Imagines erbeutet. Einen solchen Überblick über das 1979 erzielte Fangergebnis gibt die folgende Zusammenstellung:

Anzahl Individuen insgesamt				
Lepidoptera	**Rose**	**Schlehe**	**Weißdorn**	**Summe**
Larven	526	896	639	2061
Imagines	169	446	345	960
Summe	695	1342	984	3021

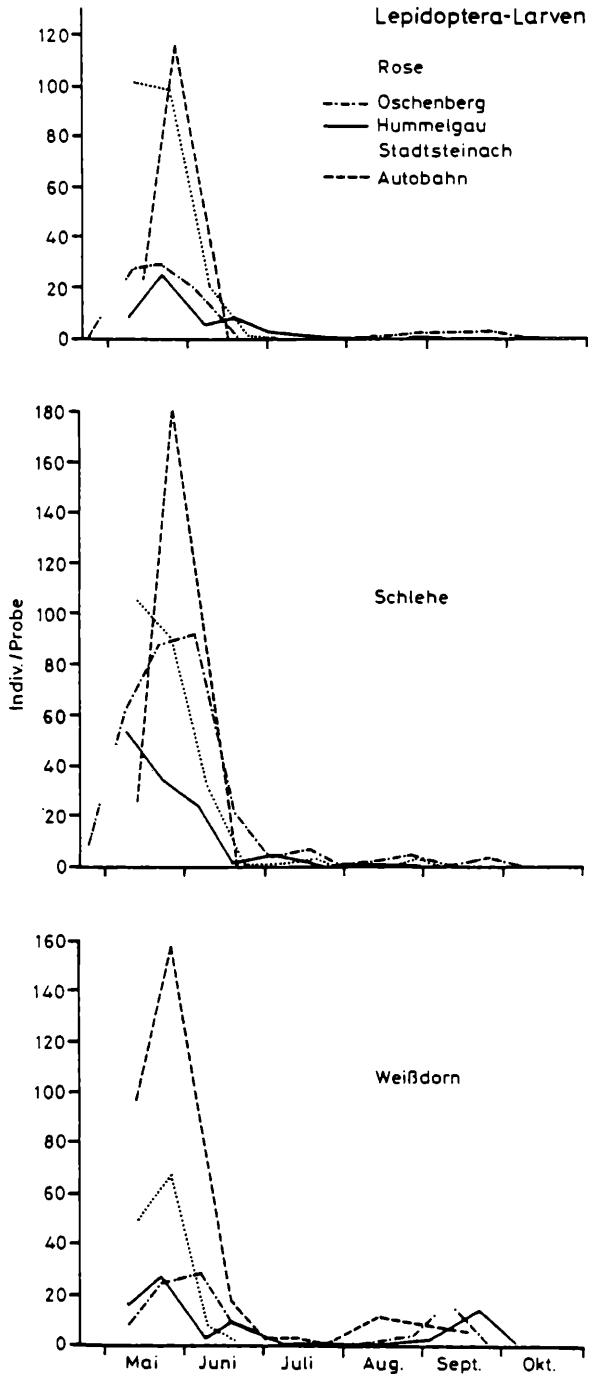


Abbildung 5:

Jahresgang der Individuendichte von Lepidopterenlarven an vier Standorten (Klopfproben 1979)

Figure 5

Seasonal changes in the numbers of larvae of Lepidoptera per sample at four localities (standard sampling program, 1979) on rosebushes, sloe and hawthorn

Zwar war zu erwarten, daß endophytisch lebende Larven sowie in Gespinsten und Wickeln sich aufhaltende Larven nicht hinreichend genau gefangen werden können. Larven der Yponomeutidae und Tortricidae waren aber z. T. in großer Anzahl vertreten, vor allem in Proben, die zur Zeit des Entwicklungsabschlusses vor oder während der Abwanderung der Larven entnommen wurden. Imagines der meist kleineren Arten von Schlehe und Weißdorn werden vor allem von Formen gefangen, die nachtaktiv sind. Die Tiere sitzen tagsüber versteckt im Gebüsch und fallen bzw. »flüchten« daher größtenteils in die Klopftrichter.

Einen Überblick über die Fangergebnisse (Larven) im Jahresgang gibt die Abb. 5. Allgemein geht daraus hervor, daß an allen drei Pflanzen und in allen Gebieten eine hohe Abundanz der Larven in der Zeit von Mitte Mai bis Mitte Juni auftritt. Besonders hohe Abundanzen wurden in Stadtsteinach und an der Autobahn festgestellt, da hier der kleine Frostpanner sehr häufig war. Die Klopfmethode erlaubt es, sich einen vergleichend phänologischen Überblick über die Lepidopteren-Fauna zu verschaffen. Das Auftreten der Larven bzw. der Imagines lag an allen Standorten und an allen Wirtspflanzen eng beieinander, so daß eine zeitliche Einengung der in der Praxis vorgenommenen faunistischen Bestandsaufnahme auf den Zeitraum von Ende Mai – Mitte Juni bezüglich der Larven bzw. von Mitte Juni – Mitte Juli bezüglich der Imagines möglich erscheint.

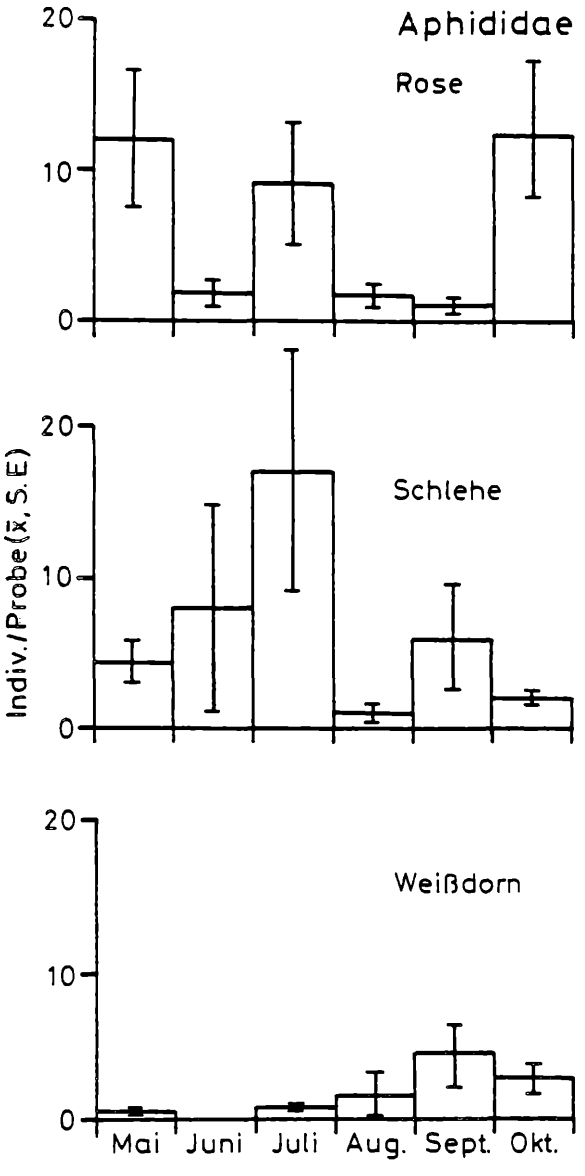


Abbildung 6:

Das jahreszeitliche Auftreten von Blattläusen in den Klopfproben von 1979 (Mittelwert und Standardfehler der Proben)

Figure 6

Seasonal changes in the density of aphids/sample (mean and standard error) (standard sampling programm, 1979) on rosebushes, sloe and hawthorn

2.2 Homoptera

Die Homopteren stellten an allen drei Geräucharten einen beträchtlichen Teil der in den Klopfproben erbeuteten Arthropodenindividuen, jedoch ist ihre Biomasse unbedeutend. Ausgewertet wurden insbesondere die Blattläuse (STECHMANN, in Vorbereitung) sowie die an einigen Standorten auf Weißdorn in hoher Dichte auftretenden Blattflöhe (Psyllidae), die in den von uns untersuchten Hecken zu den wichtigsten Honigtau-Produzenten zählen.

a) Aphididae

In Klopfproben werden sowohl Aphiden-Larven als auch ungeflügelte Adulti gefangen. Ob allerdings die Individuen in den Klopffängen in einer repräsentativen Stadien-Zusammensetzung vertreten waren, läßt sich wegen der schnell erfolgenden Änderungen nicht abschätzen.

Abb. 6 gibt einen Überblick über das Auftreten von Blattläusen in den 3 Wirtspflanzen im Jahr 1979 anhand von Monatsmittelwerten. An Weißdorn wurden Aphiden nur in 14 der 46 Proben festgestellt, und zwar insgesamt nur 65 Individuen. Davon waren 25 Individuen (Hummelgau) bzw. 10 Individuen (Oschenberg) in den Proben vom 12. 9., 11 Individuen (Autobahn) in der Probe vom 9. 8. Danach konnten nur vereinzelt und zeitlich sehr lückenhaft Blattlaus-Kolonien an Weißdorn festgestellt werden.

In den Proben an Rose und Schlehe traten Aphiden dagegen wesentlich häufiger und in sehr viel höheren Individuenzahlen auf. An Rose wurden insgesamt 346, an Schlehe insgesamt 445 Individuen festgestellt. Im Jahresgang treten zwar Unterschiede auf, die Phänologie der Aphiden ist aber auf beiden Pflanzen durchaus vergleichbar.

Die Monatsmittelwerte (Rose) ergaben hinsichtlich der zeitlichen Abfolge von Phasen starken Aphiden-Vorkommens und Phasen geringen Vorkommens oder Fehlens einen verzerrten Überblick, da wegen klimatischer Unterschiede die Entwicklungsphasen der Aphiden in den untersuchten Gebieten zum Teil gegeneinander verschoben waren. Am Oschenberg schlüpften die Fundatrices sowohl auf Schlehe als auch auf Rose um ca. 14 Tage früher als in den anderen Gebieten. Dabei wird deutlich, daß Phasen hoher Blattlausdichte (zu Vegetationsbeginn und Vegetationsende sowie im Juli) mit Phasen sehr geringer Blattlausdichte (Juni und August) abwechseln. Wenn auch die Nahrungsbasis für Blattlausvertilger und Honigtau-Sammler im Heckenbereich breiter und stabiler ist als im Umland, so liegt doch offensichtlich kein kontinuierliches Nahrungsangebot vor.

b) Psyllidae

Auf Weißdorn wurden 1979 insgesamt 4569 Psyllidae, davon 647 Larven, gefangen. Larven traten nur in

einer sehr engen Zeitspanne (letzte Mai-Dekade und erste Juni-Dekade) auf und machten in den entsprechenden Proben dann mehr als 90 % der Individuen aus. Die hohen Fangzahlen (maximal 620 Adulti/Probe, Hummelgau, 19. 6. 80; 291 Larven/Probe, Autobahn, 28. 5. 80) lassen auf eine gute Fängigkeit der Klopfmethode schließen.

Hinsichtlich der Bestimmung bestehen Probleme, da nur Adulti im ausgefärbten Zustand die notwendigen Merkmale aufweisen. Es ist aber sicher, daß mindestens 2 *Psylla*-Arten vertreten sind:

1. *Psylla melanoneura* Först: ausgefärbte Imagines erschienen als erste in den Klopfproben Ende April/Anfang Mai.
2. *Psylla peregina* Först.: Überwinterung als Ei auf Weißdorn, Larven schlüpfen in enger Beziehung zur Knospenentfaltung.

Die Larvenstadien scheiden zuckerhaltigen Kot und zusätzlich wachshaltige Produkte aus, so daß Zweige, Blätter und Blüten der Wirtspflanzen bei hoher Larvendichte oft für mehrere Wochen von einer klebrigen Schicht überzogen sind.

Eine Reihe entomophager Insekten (z. B. Formicidae, Coccinellidae, Cantharidae, Heteroptera u. a.) zeigen eine enge Beziehung zu dem Auftreten der *Psylla*, besonders aber ihrer Larven (s. u.). Auch für Imagines anderer Insekten, z. B. der Dipteren, Neuropteren, entomophagen Hymenopteren und wohl auch Plecopteren ist es wahrscheinlich, daß sie besonders häufig auf Weißdorn gefunden wurden, weil eine Nahrungsbeziehung zu den Psyllen besteht.

Im Jahresgang (Abb. 7) wurden zwischen den Standorten nur unbedeutende Unterschiede festgestellt, dagegen wiesen die Fangzahlen beträchtliche Differenzen auf (s. o.). Nach den Klopfproben waren die Psyllen im Hummelgau und an den Autobahnhecken besonders häufig.

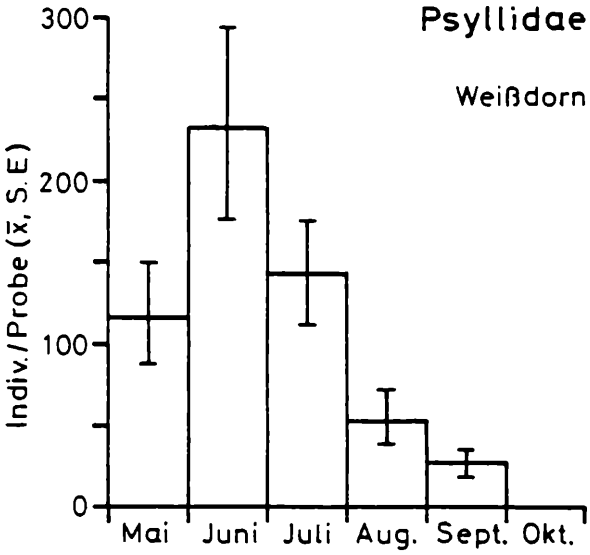


Abbildung 7:

Das jahreszeitliche Auftreten von Blattflöhen (Psyllidae) in den Weißdorn-Klopfproben, 1979

Figure 7

Seasonal changes in the density of Psyllidae/sample (mean and standard error) on hawthorn (standard sampling program, 1979)

2.3 Coleoptera: Curculionidae, Chrysomelidae

Die phytophagen Käferfamilien der Curculionidae (Rüsselkäfer) und der Chrysomelidae (Blattkäfer) werden mit der Klopfprobe gut erfaßt, da sich die meisten Arten bei Erschütterungen fallen lassen. Die Maxima des Auftretens in der Hecke liegen im Mai und Juni. Es sind also auch diese Gruppen mit der Hauptproduktionsphase der Heckenstraucharten gut synchronisiert. Der Gesamtfang betrug 1979 913 Individuen. Details über eine ausgewählte Rüsselkäfergruppe bringt Anhang VI, 1.

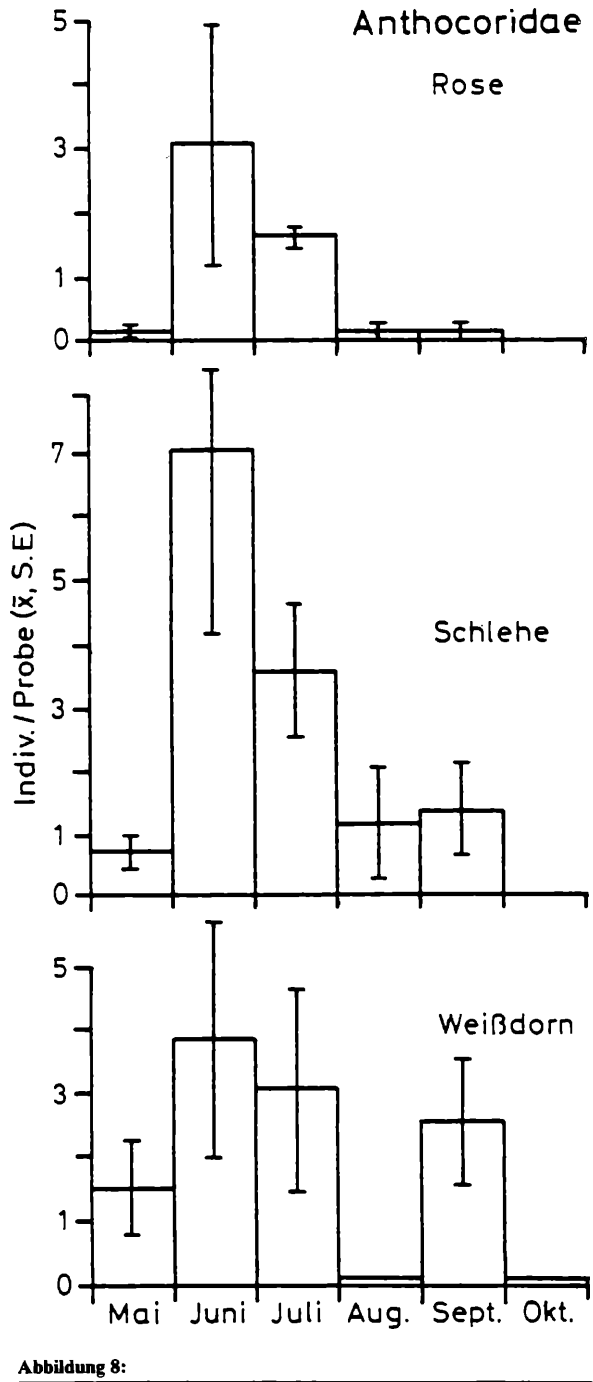


Abbildung 8:

Das jahreszeitliche Auftreten von Blumenwanzen (Anthocoridae) in den Klopfproben von 1979

Figure 8

Seasonal changes in the density of Anthocoridae/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

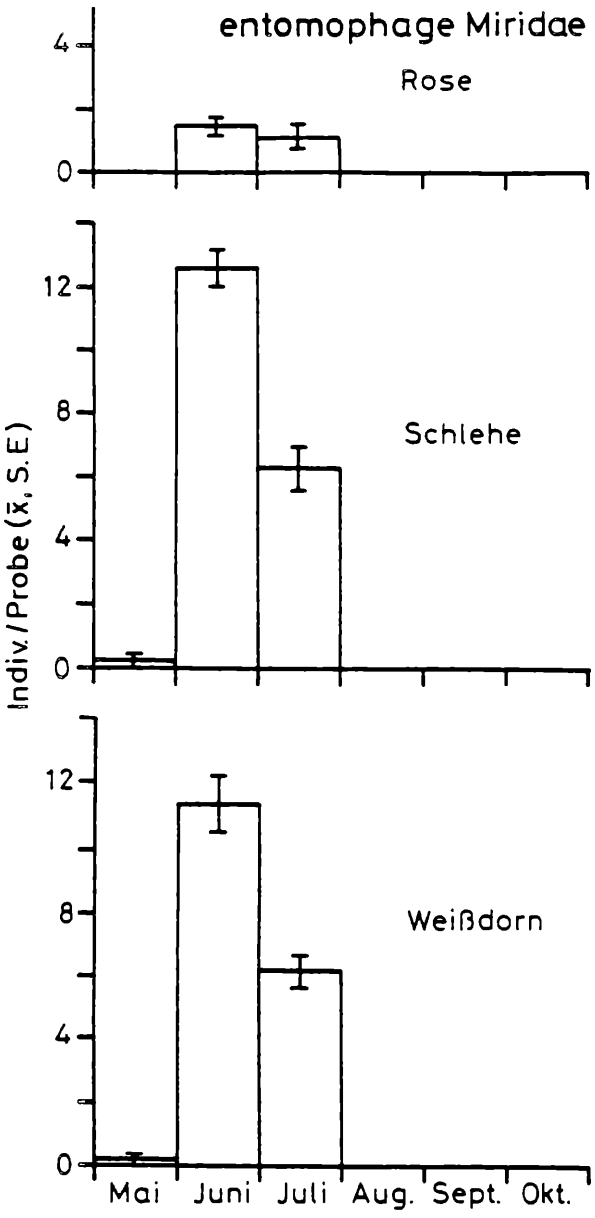


Abbildung 9:

Das jahreszeitliche Auftreten von entomophagen Blindwanzen (Miridae) in den Klopfproben von 1979

Figure 9

Seasonal changes in the density of Miridae/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

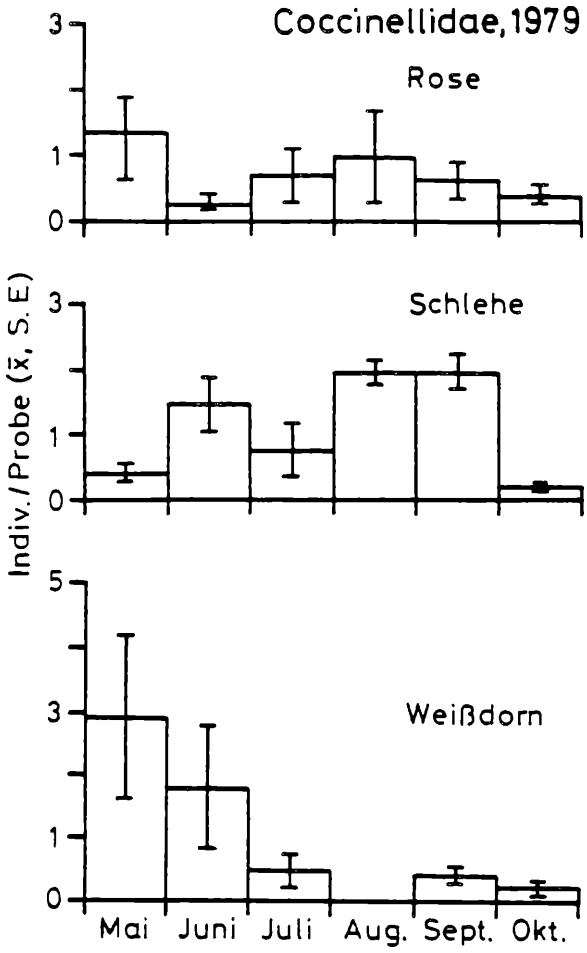


Abbildung 10:

Das jahreszeitliche Auftreten von Marienkäfern in den Klopfproben von 1979

Figure 10

Seasonal changes in the density of Coccinellidae/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

2.4 Tenthredinidae

Blattwespen spielen im Heckenbereich im Vergleich zu anderen Blattfressern nur eine untergeordnete Rolle. So ergab sich 1979 lediglich ein Gesamtfang von 295 Individuen an Wildrosen, 87 Individuen an Schlehe und 79 Individuen an Weißdorn. Der an Wildrosen im September vielfach zu beobachtende, allerdings geringfügige Biomasse-Zuwachs der Phytophagen (Abb. 4) geht auf das Konto der Blattwespen.

2.5 Heteroptera: Anthocoridae, Miridae

Einzelheiten über diese, im Heckenbereich vorwiegend mit räuberisch lebenden Arten vertretenen Gruppen bringt Anhang VI.

Einen Überblick über das jahreszeitliche Auftreten in den Klopfproben nach Monatsmittelwerten geben die Abb. 8 und 9. Die Anthocoridae überwintern als Imagines und erscheinen schon früh an den Heckenpflanzen, wo sie sich z. B. von Eiern der Blattläuse, Blattflöhe oder einiger Lepidoptera ernähren. Am häufigsten traten sie in den Proben vom 19. 6. bis 30. 6. auf. In dieser Zeit erfolgt die Eiablage. Die Imagines der neuen Generation erscheinen dann ab August in größerer Anzahl in den Proben. Die Miridae überwintern dagegen als Eier und durchlaufen nur eine Generation auf den Heckenpflanzen. Die Tiere waren am häufigsten in Proben zwischen dem 20. 6. und 10. 7., so daß sie noch etwa 2 Wochen länger in größerer Dichte gefangen wurden als die Anthocoridae.

2.6 Coleoptera: Coccinellidae, Cantharidae

Die entomophagen Käfer waren in den Klopfproben aus dem Heckenbereich insbesondere durch die Marienkäfer (Coccinellidae) und die Weichkäfer (Cantharidae) vertreten.

Das Auftreten der Coccinelliden in den Hecken unterliegt starken Schwankungen. Abb. 10 gibt die 1979 gefundenen Verhältnisse wieder. Daß die hier dargestellten Trends sich nicht verallgemeinern lassen, geht aus Abb. 11 A, B und C hervor, die sich auf die Klopfprobenfänge 1980 bezieht. Auffallend sind hier die Septembermaxima an Weißdorn und Schlehe.

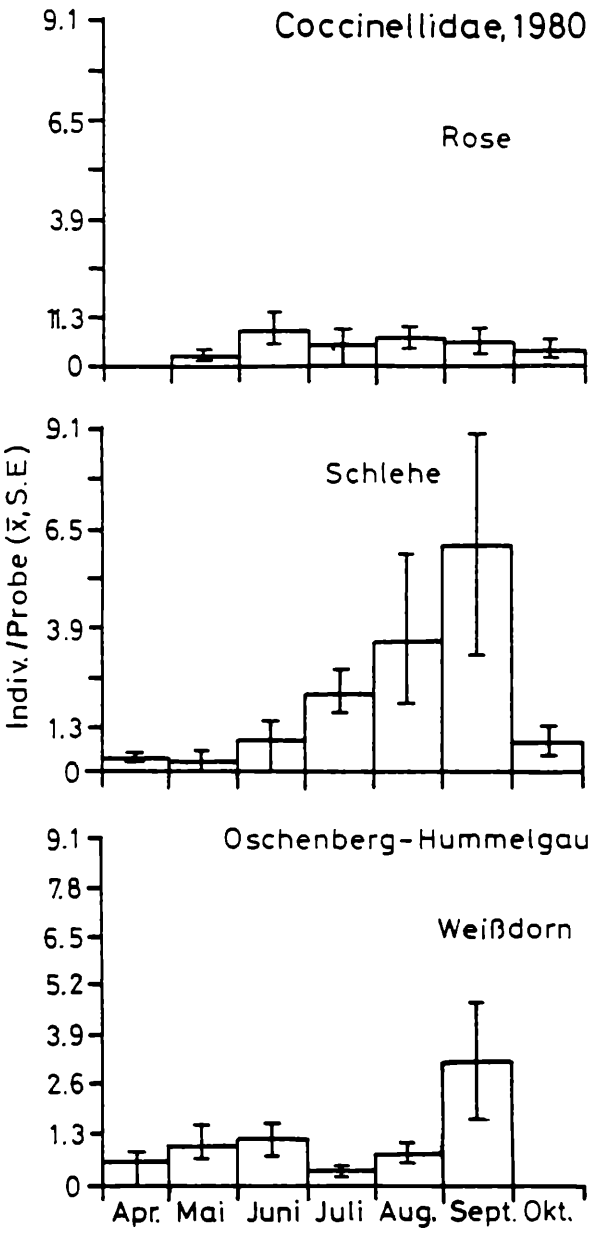


Abbildung 11:

Das jahreszeitliche Auftreten von Marienkäfern in den Klopfproben von 1980

Figure 11

Seasonal changes in the density of Coccinellidae/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1980)

Wie STECHMANN (1982) ausführt, treten im Untersuchungsgebiet an Hecken im wesentlichen 6 Coccinelliden-Arten auf, von denen allerdings nur *Calvia quatuordecimguttata* L., *Adalia bipunctata* L. und die nur selten von uns beobachtete *Adalia decempunctata* L. auch auf den Sträuchern der Hecke zur Fortpflanzung gelangen, während *Coccinella septempunctata* L., *Propylaea quatourdecimpunctata* L. und *Anatis ocellata* L. nur als Imagines in der Heckenvegetation erscheinen. Es geschieht dies einmal nach der Überwinterung, also im Mai und Anfang Juni und dann wieder im Hochsommer vom August ab, bevor die erwachsenen Tiere der neuen Generation die Winterquartiere aufsuchen. Dabei treten die drei zuletzt genannten Arten im Sommer in beträchtlicher Individuenzahl im landwirtschaftlich genutzten Umland der Hecken auf.

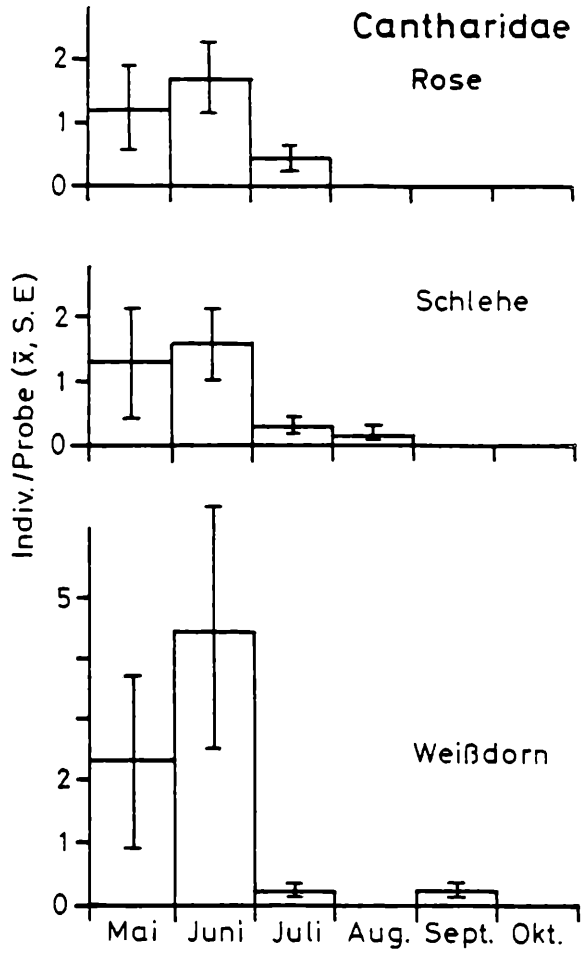


Abbildung 12:

Das jahreszeitliche Auftreten von Weichkäfern in den Klopfproben von 1979

Figure 12

Seasonal changes in the density of Cantharidae/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

Cantharidae (Abb. 12) erscheinen an den Hecken nur als Imagines und zwar mit Schwerpunkt in einer kurzen Zeitspanne von Ende Mai bis Ende Juni. Sie waren besonders häufig in den Klopfproben von Weißdorn. Sowohl die Imagines als auch deren Larven, die in der Kraut- und Bodenschicht von Feldern und Wiesen leben, sind wichtige Räuber.

2.7 Hymenoptera: Ichneumonoidea und Chalcidoidea

Imagines der Schlupf- und Erzwespen wurden, wie Abb. 13 zeigt, im Klopfprobenprogramm an allen drei Heckenstraucharten in großer Anzahl gefangen. Gipfel des Auftretens erwachsener parasitischer Hymenopteren in der Hecke lagen einmal im Juli und dann im September. Es wurden allerdings an den einzelnen Standorten beträchtliche Unterschiede festgestellt. So ergab 1973 die Lokalität »Oschenberg« 362 Individuen, der »Hummelgau« 1057 Individuen, »Stadtsteinach« 471 Individuen und die »Autobahnhecken bei Schreez« 466 Individuen.

2.8 Hymenoptera: Formicidae

Ameisen, die fast ausschließlich der Gattung *Formica* angehörten, wurden insbesondere an Weißdorn, weniger an den anderen Straucharten beobachtet. So

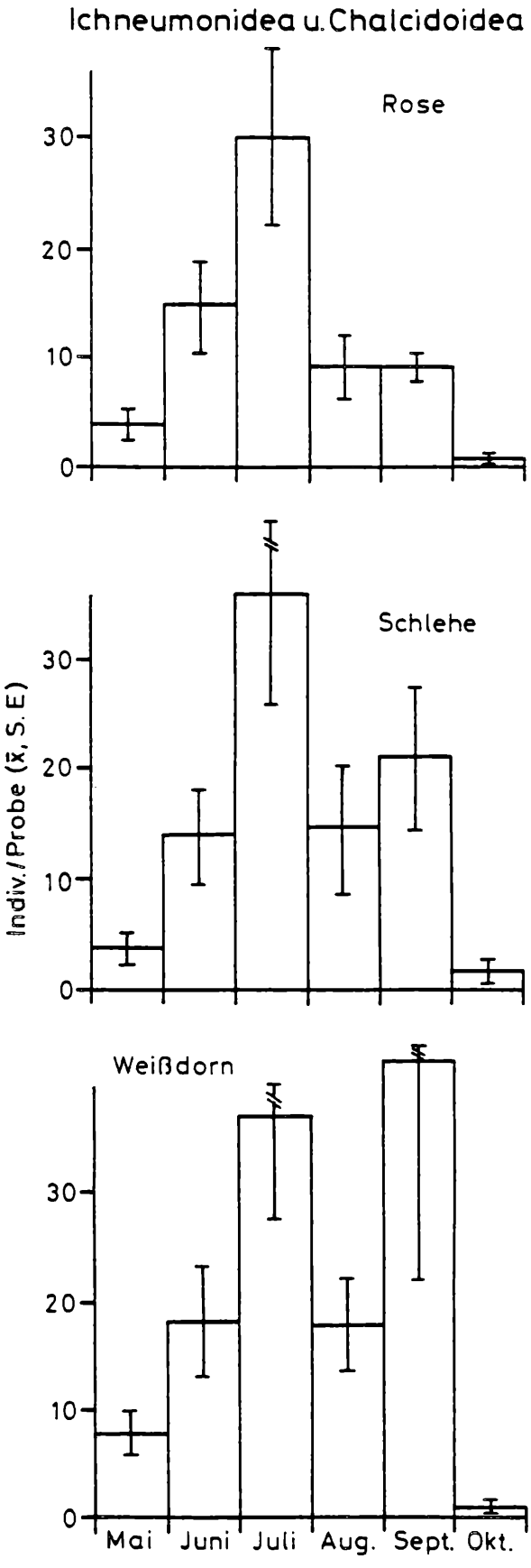


Abbildung 13:

Das jahreszeitliche Auftreten erwachsener parasitischer Hymenopteren (Schlupfwespen i.w.S.) in den Klopfproben von 1979

Figure 13

Seasonal changes in the numbers of adult parasitic Hymenoptera/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

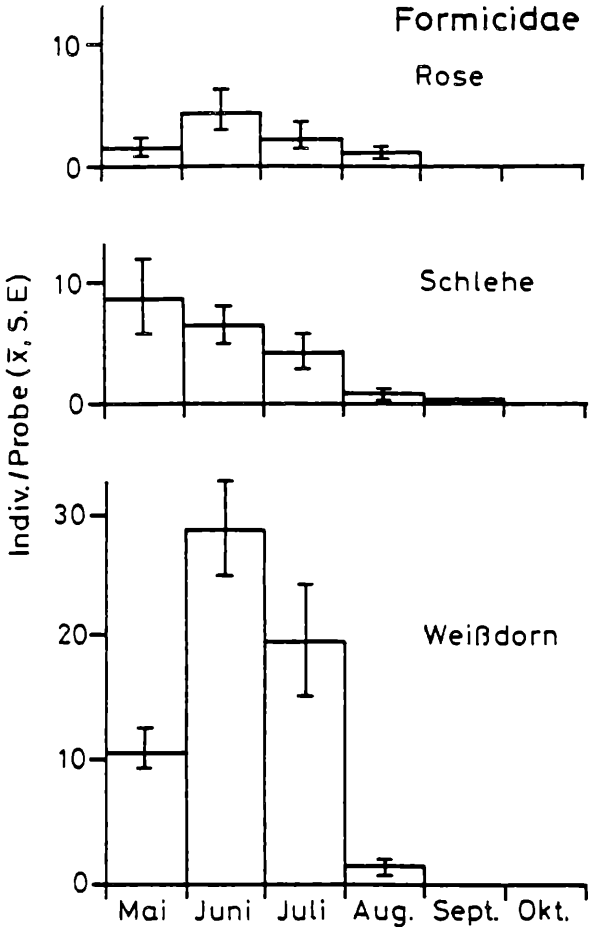


Abbildung 14:

Das jahreszeitliche Auftreten von Ameisen in den Klopfproben von 1979

Figure 14

Seasonal changes in the numbers of Formicidae/sample on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program 1979)

erhielten wir 1979 in Klopfproben vom Weißdorn 505 Individuen, von der Schlehe aber nur 168 Individuen und von Wildrosen 94 Individuen.

Im Jahresverlauf erscheinen die Ameisen nur in den Monaten Mai–Juni in hoher Individuenzahl (Abb. 14). Nach unseren bisherigen Beobachtungen stehen sie dabei bei Vegetationsbeginn zu den Homoptera (Mai bis Anfang Juni), in den folgenden Wochen aber vor allem zu Lepidopteren in Nahrungsbeziehung.

2.9 Dermaptera: Forficulidae

Die Ohrwürmer besitzen ein breites Nahrungsspektrum, das organische Abfälle, Pflanzenkost und tierische Beute (insbesondere Blattläuse) einschließt. Das jahreszeitliche Auftreten an den drei Gehölzarten des Heckenbereichs ist in Abb. 15 dargestellt.

2.10 Arachnida

Sowohl nach der Individuenzahl (1979: 3187 Individuen) wie auch nach der Biomasse stellten die Spinnen und Weberknechte unter den mit den Klopfproben erfaßten entomophagen Arthropoden den größten Anteil. Abb. 16 zeigt, daß 1979 die mittleren Individuenzahlen pro Klopfprobe an allen drei Straucharten vom Mai bis zum Juli stetig anstiegen, um dann auf den Wildrosen und dem Weißdorn bis zum September auf

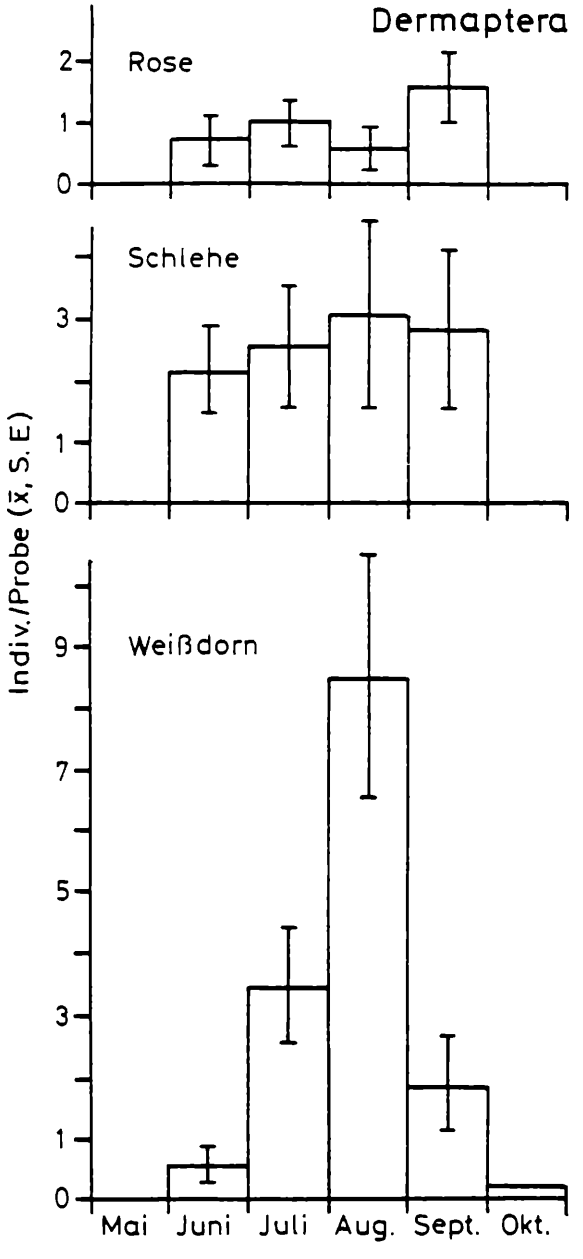


Abbildung 15:

Das jahreszeitliche Auftreten von Ohrwürmern in den Klopfproben von 1979

Figure 15

Seasonal changes in the numbers of earwigs/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

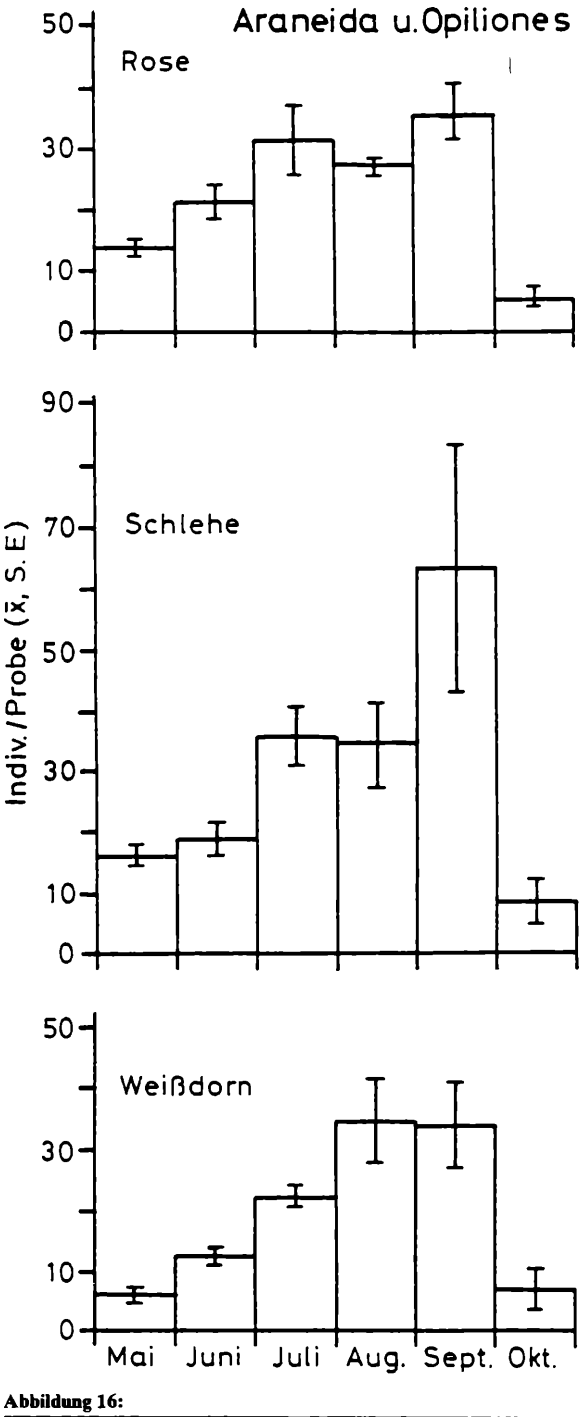


Abbildung 16:

Das jahreszeitliche Auftreten von Spinnen und Weberknechten in den Klopfproben von 1979

Figure 16

Seasonal changes in the numbers of Araneida and Opiliones/sample (mean and standard error) on rosebushes, sloe and hawthorn (standard sampling program, 1979)

einem Plateau von etwa 30 Individuen pro Probe zu verharren. Lediglich auf der Schlehe kam es im September 1979 mit einem Mittelwert von etwa 60 Individuen pro Probe zu einem ausgesprochenen Gipfel. 1980 ergaben die Klopffänge im Untersuchungsgebiet »Hummelgau«, wie aus Abb. 17A, B und C ersichtlich ist, einen ähnlichen Trend, wobei allerdings auch der Spinnenbesatz der Wildrosen ein September-Maximum brachte. Auf weitere Details wird in Anhang VI eingegangen.

2.11 Dipteren

Imagines dieser Gruppe waren in unseren Klopfproben regelmäßig und teilweise (von Grünland umgebene Hecken im Hummelgau) in großer Zahl vorhanden. Die jahreszeitliche Gesamtentwicklung der Besatzmittelwerte in den 1979 untersuchten vier Gebieten stellt Abb. 18 dar, in der die drei Gehölzarten für die Berechnung jeweils zusammengefaßt wurden. Insgesamt wurden in den Klopfproben 1979 3149 Dipteren-Individuen erbeutet, wobei insbesondere die Empididae (679 Individuen) in den Fängen stark vertreten waren. Schwebfliegen (Syrphidae) und Raupenfliegen (Tachinidae), die mit ihren entomophagen Arten teilweise als Begrenzungsfaktoren phytophager Insekten Bedeutung gewinnen konnten, wurden mit den Klopfproben mit 35 Individuen sicher nur sehr unvollständig erfaßt. Für die Imagines dieser reaktionsschnellen und gut fliegenden Dipteren stellt das Klopfprobenverfahren keine zuverlässige Fangmethode dar.

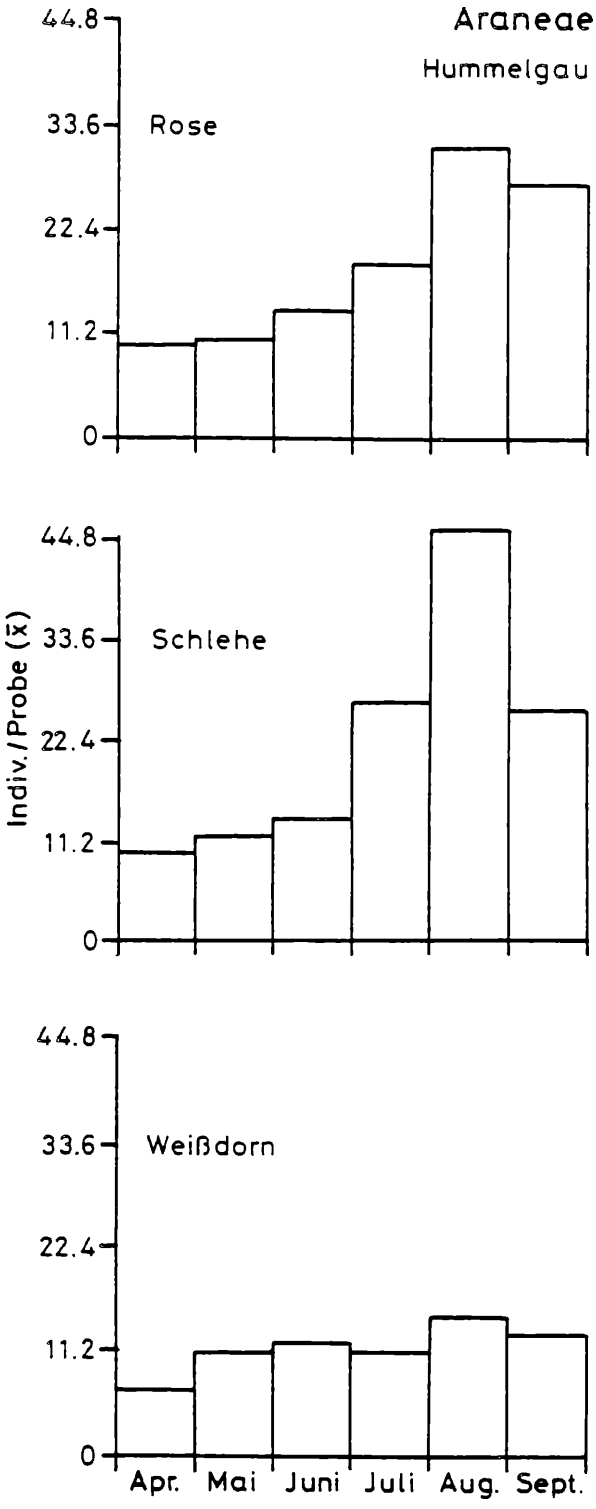


Abbildung 17:

Das jahreszeitliche Auftreten von Spinnen in den Klopfproben (Hummelgau, 1980)

Figure 17

Seasonal changes in the numbers of spiders/sample (standard sampling program, Hummelgau, 1980)

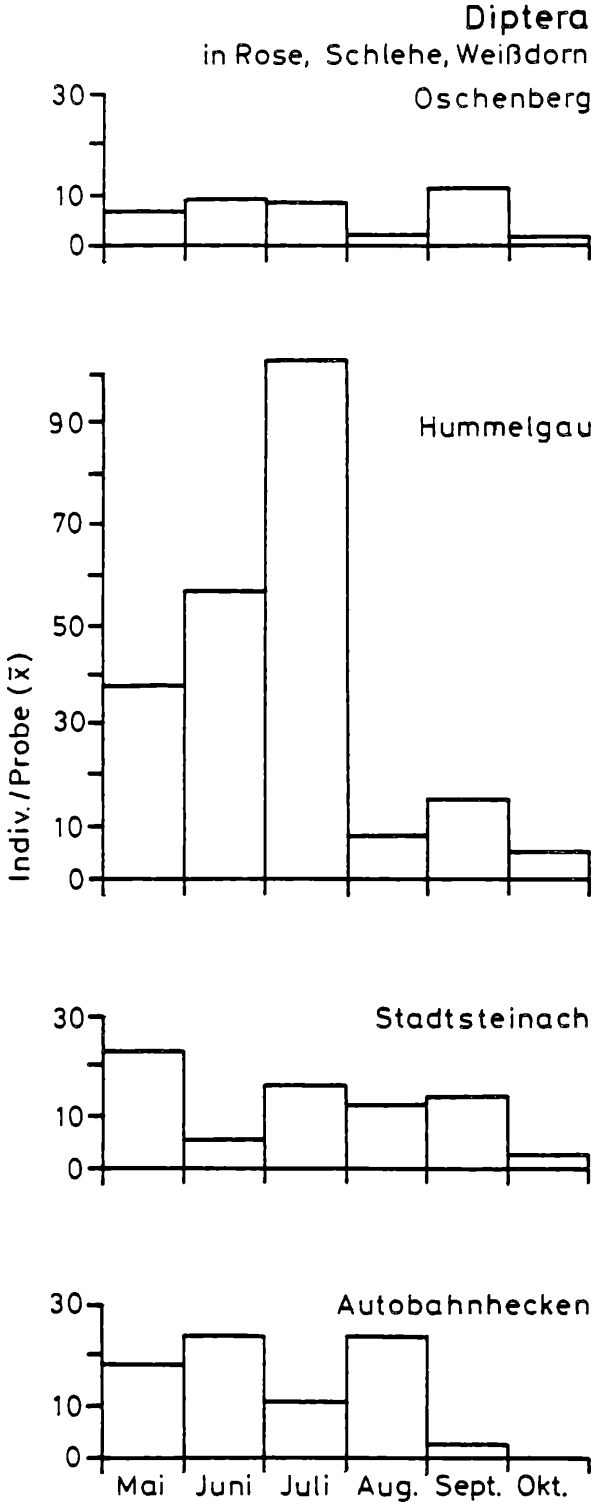


Abbildung 18:

Das jahreszeitliche Auftreten von Dipteren (an Rose, Schlehe und Weißdorn) in vier Lokalitäten in den Klopfproben von 1979

Figure 18

Seasonal changes in the densities of Diptera/sample (pooled for rose-bushes, sloe and hawthorn) at four localities (standard sampling program, 1979)

3 Die Erfassung von Lepidopteren-Larven an Schlehe und Weißdorn

Werner Wolf

Um herauszufinden, welcher Zusammenhang zwischen der Zahl der an einem Standort und zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführten Klopfproben und der damit erfaßten Artenzahl an Heckentieren besteht, wurde im Mai 1980 an vier Standorten unseres Beobachtungsgebietes an Schlehe und Weißdorn ein spezielles Klopfprogramm durchgeführt: Es wurden an einem Standort hintereinander 10 Stichproben genommen, wobei jede Stichprobe aus den an insgesamt 10 Positionen mit dem Klopfschirm eingesammelten Lepidopteren-Larven bestand. Die entsprechenden Arten-Stichproben-Kurven sind in Abb. 19 wiedergegeben.

Sie lassen sich durch folgende Gleichungen wiedergeben:

Schlehe			
Stettfeld	(25.5.80)	Y = 11,53 + 7,4	ln X (r = 0,991)
Stadtsteinach	(31.5.80)	Y = 10,12 + 7,4	ln X (r = 0,997)
Adelsdorf	(25.5.80)	Y = 10,30 + 6,16	ln X (r = 0,998)
Adelsdorf	(1.5.80)	Y = 6,15 + 3,21	ln X (r = 0,993)
Weißdorn			
Stettfeld	(25.5.80)	Y = 4,53 + 4,35	ln X (r = 0,992)
Neuhaus	(25.5.80)	Y = 5,06 + 2,94	ln X (r = 0,975)

Dabei bedeuten Y = Zahl von Lepidopteren-Arten
X = Zahl der mit dem Klopfschirm an zehn Positionen genommenen Stichproben

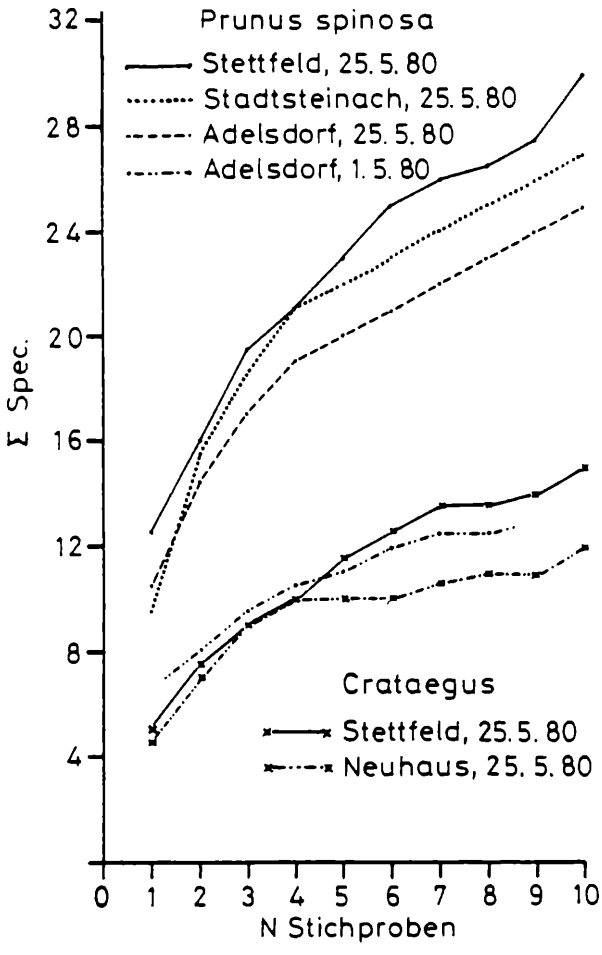


Abbildung 19:

Die Abhängigkeit der Artenzahl erbeuteter Schmetterlinge vom Gesamtklopfprobenumfang an Schlehe (vier Lokalitäten) und Weißdorn (zwei Lokalitäten)
Jede einzelne Stichprobe besteht aus einer Standard-Klopfprobe an 10 Positionen

Figure 19

The increase in the numbers of Lepidoptera species on sloe (four localities) and hawthorn (two localities) as a function of the number of standard samples

Abb. 19 zeigt, daß auch mit 10 Stichproben, d. h. mit Klopfschirmfängen an insgesamt 100 Positionen, zumindest an der Schlehe der gesamte Arten-Bestand an Schmetterlingslarven noch keineswegs vollständig erfaßt ist. Extrapoliert man mit Hilfe der oben angeführten Gleichungen die Arten-Stichproben-Kurven, so würde man bei der Schlehe mit 50 Stichproben (= Klopfschirmfänge an 500 Positionen) auf rund 50 Schmetterlingsarten und beim Weißdorn auf rund 20 Schmetterlingsarten kommen. Ein Umfang von 50 Stichproben würde allerdings zur Voraussetzung haben, daß in dem betreffenden Heckengebiet ausgedehnte Hecken zur Verfügung stehen müßten. (Würde eine Hecke zu 50 % aus Weißdorn bestehen, so wäre für 50 Stichproben eine Gesamtheckenlänge von rund 500 m erforderlich).

Der Umstand, daß die in Adelsdorf am 1. 5. 80 genommene Probe eine wesentlich flacher verlaufende Arten-Kurve gibt als die 3 zwischen dem 25. 5. und 31. 5. genommenen Proben, zeigt, daß das Datum der Probeaufnahme einen Einfluß auf das Ergebnis haben kann. Im Beobachtungsjahr war Ende Mai offensichtlich eine mehr als doppelt so hohe Zahl an Lepidopteren-Arten in einem für die angewandte Klopfmethode erfaßbaren Stadium als zu Beginn des Monats. Wenn dieser Einfluß des Sammeltermins berücksichtigt wird, dann läßt Abb. 19 erkennen, daß die an Schlehe nachweisbare Zahl an Lepidopterenarten im Durchschnitt mehr als doppelt so hoch ist wie am Weißdorn.

Die höheren Werte an Schlehe sind vor allem durch die größere Anzahl nur in einer Klopfprobe auftretender Arten bedingt. (So kamen am 25. 5. 80 in Stettfeld an der Schlehe von insgesamt 30 Lepidopteren-Arten 11 nur in einer Probe vor.) Da es sich um einen klimatisch günstigen Standort handelt, liegt hier ein Hinweis vor, daß hohe Artenzahlen in Hecken dadurch zustande kommen können, daß an wärmebegünstigten Standorten zu einem Artengrundbestand noch seltene Arten hinzukommen. Daß die Hecken in Stettfeld wärmeliebenden Lepidopterenarten Entwicklungsmöglichkeiten bieten, zeigt etwa die Häufigkeit der Geometride *Agriopis bajaria*, die in Adelsdorf und Stadtsteinach nicht nachgewiesen werden konnte. Weitere wärmeliebende, nur in den Stettfelder Hecken nachgewiesene Lepidopteren-Arten sind *Thecla betulae*, *Rhagades pruni* und *Archips crataegana*.

Daß Stettfeld einem anderen Kleinfaunenbereich zuzuordnen ist, zeigt sich auch darin, daß Stadtsteinach (27spp) und Adelsdorf (25spp) immerhin 20 Arten

gemeinsam haben (77 %), während Stettfeld (30spp) mit Stadtsteinach 19 (67 %) und mit Adelsdorf nur noch 16 Arten (58 %) gemeinsam hat.

Im folgenden sind die im Beobachtungsgebiet an Schlehe, Wildrose und Weißdorn nachgewiesenen Lepidopteren-Arten aufgeführt.

Schmetterlingsarten auf Rose, Weißdorn und Schlehe
Nachweise durch das Klopfprobenprogramm 1979 – 1981
(Routine- und Sonderprogramme)

Nepticulidae			
Stigmella centifoliella (Zeller, 1848)	X	(Rosa)	R
Zygaenidae			
Rhagades pruni (Denis & Schiffermüller, 1775)	○	Bemerk. 1	P
Psychidae			
Talaeporia tubulosa (Retzius, 1761)	XXX		P
Psyche casta (Pallas, 1767)	XXX		P
Psyche betulina Zeller, 1839	XXX		P
Gracilariidae			
Parornix anglicella (Stainton, 1850)	XX(X)		R
Phyllonorycter pomonella Zeller, 1846	○(X)	Prunus spin.	P
Phyllonorycter cerasicolella (H.-S., 1855)	X	Prunus	P
Coleophoridae			
Coleophora serratella (Linnaeus, 1761)	XXX		P,C
Coleophora hemerobiella (Scopoli, 1763)	XX		P
Coleophora anatipennella (Hübner, 1796)	XX		P
Gelechiidae			
Teleiodes vulgella (Linnaeus, 1761)	XX		P
Anacampsis subsequella (Hübner, 1796)	○	Prunus spin.	P
Yponomeutidae			
Argyresthia mendica (Haworth, 1828)	X	Prunus	P
Argyresthia pruniella (Clerck, 1759)	X	Prunus	P
Argyresthia curvella (Linnaeus, 1761)	XX(X)		P,C
Argyresthia albistria (Haworth, 1828)	X	Prunus	P
Yponomeuta padella (Linnaeus, 1758)	XX		P,C
Swammerdamia caesiella (Hübner, 1786)	XX		P
Paraswammerdamia lutarea (Haworth, 1828)	XX		C,R
Ypsolopha asperella (Linnaeus, 1761)	XX		P
Ypsolopha horridella Treitschke, 1835	XX		P
Tortricidae			
Pandemis corylana (Fabricius, 1794)	XXX		P
Pandemis cerasana (Hübner, 1786)	XXX		P
Pandemis heparana (D. & S., 1775)	XXX		P
Archips crataegana (Hübner, 1799)	XXX		P
Archips xylosteana (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Archips rosana (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Ptycholoma lecheana (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Tortricidae			
Neospaleroptera nubilana (Hübner, 1799)	XXX		P
Acleris rhombana (D. & S., 1775)	XXX		P,R,C
Olethreutes lacunana (D. & S., 1775)	XXX		C
Hedya pruniana (Hübner, 1799)	XX(X)		P,C
Hedya nubiferana (Haworth, 1811)	XXX		P,C
Ancylis achatana (D. & S., 1775)	XXX		P,C
Rhopobota unipunctana (Haworth, 1811)	XXX		C
Epiblema cynosbatella (Linnaeus, 1758)	X(XX)	Rosa	R
Epiblema trimaculana (Haworth, 1811)	XX		R
Epiblema roborana (D. & S., 1775)	XX(X)		R,C
Spilonotia ocellana (D. & S., 1775)	XXX		P
Pyralidae			
Aurana marmorea (Haworth, 1811)	X	Prunus	P
Aurana advenella (Zincken, 1818)	XX		C
Pterophoridae			
Cnaemidiphorus rhododactyla (D. & S., 1775)	○(X)	Rosa	R

Lycaenidae			
Thecla betulae (Linnaeus, 1778)	XXX		P
Nordmannia acaciae (Fabricius, 1787)	○	Prunus spin.	P
Strymonidia pruni (Linnaeus, 1758)	X	Prunus	P
Strymonidia spini (D. & S., 1775)	XX		P
Lasiocampidae			
Trichiura crataegi (Linnaeus, 1758)	XXX		P,C
Eriogaster lanestris (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Malacosoma neustria (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Geometridae			
Alsophila aescularia (D. & S., 1775)	XXX		P
Epirrita autumnata (Borkhausen, 1794)	XXX		P
Operophtera brumata (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Chloroclystis chloerata Mabille, 1870	○	Prunus spin.	P
Crocallis elinguaria (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Colotois pennaria (Linnaeus, 1761)	XXX		P,C
Apocheima pilosaria (D. & S., 1775)	XXX		P,C
Lycia hirtaria (Clerck, 1759)	XXX		P
Agriopis bajaria (D. & S., 1775)	XXX		P,C
Agriopis margianaria (Fabricius, 1777)	XXX		P
Erannis defoliaria (Clerck, 1759)	XXX		P,C
Theria rupicapraria (D. & S., 1775)	XX		P,C
Campaea margaritata (Linnaeus, 1767)	XXX		P
Dilobidae			
Diloba caeruleocephala (Linnaeus, 1758)	XXX		P,C
Lymantriidae			
Euproctis similis (Fuessly, 1775)	XXX		P
Lymantria dispar (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Arctiidae			
Arctia caja (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Nolidae			
Nola cuculatella (Linnaeus, 1758)	XX		P,C
Noctuidae			
Orthosia cruda (D. & S., 1775)	XXX		P
Eupsilia transversa (Hufnagel, 1766)	XXX		P,C
Conistra vaccinii (Linnaeus, 1761)	XXX		P
Conistra rubiginosa (Scopoli, 1763)	XXX		C
Xanthia icteritia (Hufnagel, 1761)	XXX		P
Acronicta auricoma (D. & S., 1775)	XXX		P
Amphipyra pyramidea (Linnaeus, 1758)	XXX		P
Cosmia trapezina (Linnaeus, 1758)	XXX		P,C

Außerdem wurden in den Klopfproben Imagines der folgenden, nicht an Rosaceen fressenden Arten gefunden:

Lyonetiidae:	Bucculatrix nigricomella Zeller, 1839 lebt an Leucanthemum	C
Elachistidae:	Cosmiotes stabilella (Stainton, 1858) miniert an Gräsern	P
Pyralidae:	Crambus pratella (Linnaeus, 1758) lebt an Gräsern	P
Geometridae:	Idaea aversata (Linnaeus, 1758) an niedrigwachsenden krautigen Pflanzen sowie an vermoderndem Laub	P
	Camptogramma bilineata (Linnaeus, 1758) an niedrigwachsenden krautigen Pflanzen	P,C
Arctiidae:	Eilema deplana (Esper, 1787) lebt an Nadelholzflechten	C,P,R

Bemerkung: Rhagades pruni kommt in Süddeutschland ausschließlich auf Prunus spinosa vor, während ihre norddeutsche Subspecies (callunae) nur Calluna vulgaris als Nahrung annimmt.

Zeichenerklärung:
○ artmonophag
X gattungsmonophag
XX nur an Rosaceae
XXX polyphag

Anhang II

Einfluß des Alters und der räumlichen Verteilung von Weißdornbüschen auf Phytophage und ihre Parasiten

Gerhard Bauer

1 Fragestellung und Methode

Im Winter 1981 wurden Äste von Weißdornbüschen quantitativ auf überwinternde Insektenstadien untersucht, um herauszufinden, ob sich das Alter des Strauchs und sein Vorkommen im Heckenverband bzw. als isolierter Einzelbusch auf die Phytophagen – und Entomophagenfauna auswirkt.

Die Weißdornstandorte wurden eingeteilt in

I alte Hecken und Brachländer (Schreez bei Bayreuth, Stadtsteinach)

II isolierte (alte) Einzelbüsche, mindestens 50 m vom nächsten Weißdornbusch entfernt (Schreez, Haag bei Bayreuth)

III von der Flurbereinigung vor mehr als 8 Jahren gepflanzte Hecken (Tiefenthal und Lankendorf bei Bayreuth)

IV Neupflanzungen, jünger als 5 Jahre (Bayreuth).

Erfaßt wurden Larven der Kleinschmetterlinge *Ancylis achatana* (Lep. Tortr.), *Hedya nubiferana* (Lep. Tortr.), *Swammerdamia lutarea* (Lep. Pyr.), *Nola cuculatella* (Lep. Arct.) und *Coleophora* sp. (Lep. Col.), außerdem Eier des Frostspanners *Operophtera brumata* (Le. Geom.), der Aphiden und Psyllen.

Larven wurden seziert, um die Parasitierung durch Hymenopteren festzustellen.

Als Bezugsgröße für die Individuendichte wurde die Knospenzahl der Zweigproben hergenommen (x = Larven/100 Knospen; n = Anzahl gefundener Tiere). Beim Vergleich unterschiedlicher Dichten wurde der Vierfelder-Test benutzt.

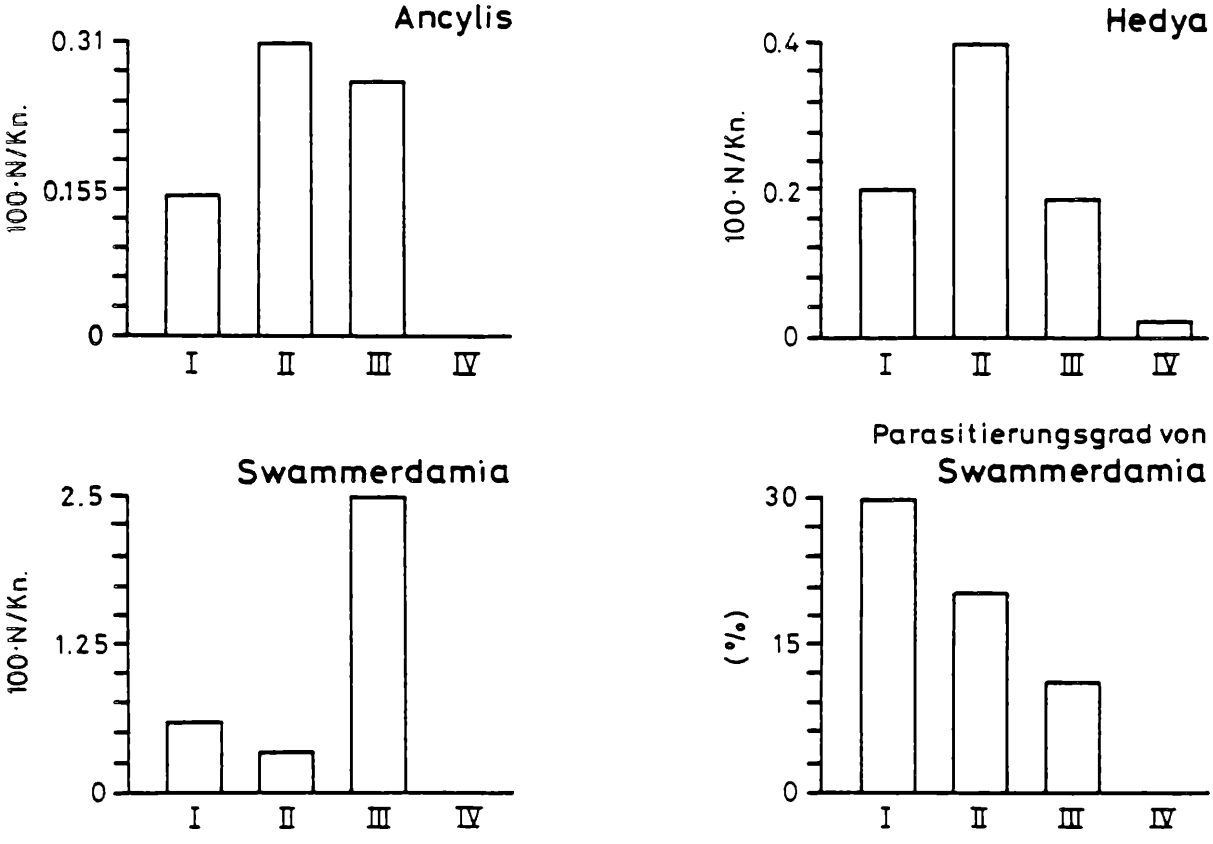


Abbildung 20:

Der Einfluß von Gehölzalter und Heckentyp auf die Dichte (Individuen pro Knospe mal 100) der am Weißdorn überwinternden Kleinschmetterlinge *Ancylis achatana, Hedya nubiferana, Swammerdamia lutarea* und auf die Parasitierungsrate von *Swammerdamia*-Junglarven.
I = Heckengebiete (=Sträucher im Heckenverband)
II = isolierte Einzelbüsche, III = über 10 Jahre alte Neuanpflanzungen, IV = unter 5 Jahre alte Neuanpflanzungen

Figure 20

The influence of the position and age of hawthorn on the density (numbers of larvae per bud x 100) of Microlepidoptera larvae hibernating on hawthorn twigs (Ancylis achatana, Hedya nubiferana, Swammerdamia lutarea) and on the parasitization rate of Swammerdamia larvae
I = hawthorn in old hedgerows,
II = isolated hawthorn bushes in grassland,
III = hawthorn in planted hedgerows of an age of more than 10 years,
IV = hawthorn in recently established hedgerows (age less than 5 years)

Tabelle 10

Die Dichte von Überwinterungsstadien auf Weißdornästen. x̄ = Larven/100 Knospen; par. = parasitierte Larven

			LARVEN																EIER					
			Ancylis		par.		Hedya		par.		Swammerdamia		par.		Nola		Coleophora		Frostspanner		Aphiden		Psyllen	
	Sign.	n Knospen	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄	n	x̄
Einzelbüsche	W3	1728	2	0,12			12	0,7	5	0,29	11	0,64	3	0,17	2	0,12	1	0,06	13	0,7	6	0,35	340	19,7
	W7	2000	2	0,1			2	0,1	2	0,1	6	0,3									3	0,15	168	8,4
	W4	2596	20	0,8	1	0,04	10	0,4	4	0,15	3	0,11	1	0,04	3	0,11	7	0,3	10	0,4			17	0,65
	W5	2357	3	0,13	1	0,04	6	0,2	2	0,08					1	0,04	1	0,04	3	0,13	4	0,2	308	13
	W1	1021	6	0,6			7	0,7	1	0,1	6	0,6	2	0,2	5	0,5					5	0,5	20	1,9
	W11	1069	1	0,1	1	0,1	4	0,4			12	1,1	2	0,2	6	0,56	3	0,3	140	13	5	0,5	39	3,6
	Σ	10771	34	0,31	3	0,03	41	0,4	14	0,13	38	0,35	8	0,07	17	0,16	12	0,1	166	1,5	23	0,2	892	8,3
Neuanpflanzung im Alter über 5 J.	W19	181	1	0,5							6	3,3	1	0,55			1	0,55					56	30,9
	W20	184					1	0,54			3	1,6					1	0,54					143	77,7
	Σ	356	1	0,27			1	0,27			9	2,5	1	0,27			2	0,55					199	77
Neuanpflanzung unter 5 Jahren	W12	849																	1	0,12			400	47
	W13	965															1	0,1					131	13,6
	W14	1081					1	0,09	1	0,09							2	0,18			5	0,5	666	61,6
	W15	2999															5	0,17	5	0,17	14	0,5	1431	48
		5894					1	0,02	1	0,02							8	0,13	6	0,1	19	0,3	2628	44,6
Hecken	W6	2791	4	0,14	1	0,03	6	0,2	1	0,03	34	1,2	16	0,57	1	0,03	1	0,03	14	0,5	34	1,2	248	8,9
	W9	1971	5	0,25			2	0,1	1	0,05	7	0,3	2	0,1	1	0,05	3	0,15	45	2,3	1	0,05	594	30
	W10	1760					4	0,2	4	0,2									33	1,9			95	5,4
	W16	1527	4	0,26			3	0,2			13	0,8	1	0,06	4	0,26	11	0,72	32	2,1	2	0,1	259	17
	W17	1366	1	0,07			6	0,4			10	0,73	1	0,07	2	0,15	3	0,22	25	1,8	26	1,4	146	10,7
	W18	812	3	0,37							6	0,74	1	0,12					4	0,4	1	0,1	68	8,37
	W2	1399																					265	18,9
		11626	17	0,15	1	0,01	21	0,2	6	0,05	70	0,6	21	0,18	8	0,07	18	0,15	153	1,3	64	0,5	1675	14,4

2 Ergebnisse

2.1 Die Ergebnisse sind in Tab. 10 angegeben und in Abb. 20 und Abb. 21 dargestellt (s.S. 52 u. 56)

Zur Ermittlung der Artenmannigfaltigkeit wurde der »Shannon-Wiener« Index berechnet.

Die folgenden Werte wurden gefunden:

I	(Heckengebiete)	$H_s = 0{,}73$
II	(Einzelbüsche)	$H_s = 1{,}002$
III	(Neuanpflanzungen, über 10 Jahre alt)	$H_s = 0{,}29$
IV	(Neuanpflanzungen, unter 5 Jahre alt)	$H_s = 0{,}08$

2.2 Alte Hecken und über 20 Jahre alte **Einzelbüsche** zeigen das gleiche vollständige Artenspektrum. Es sind lediglich Dichteunterschiede festzustellen. So treten bei einigen flugaktiven Arten auf isolierten Einzelbüschen höhere Dichten auf als in Heckengebieten *(Ancylis, Hedya, Nola;* $p < 0{,}01$). Eine ähnliche Erscheinung wurde auch an den Wicklern der Wildrose beobachtet.

Umgekehrt ist die Dichte von Aphiden- und Psylliden-Eiern in Heckengebieten höher ($p < 0{,}001$).

Der Frostspanner kommt trotz seines geringen Ausbreitungsvermögens (ungeflügelte Weibchen) auf Einzelbüschen in gleicher Dichte vor wie in Heckengebieten.

Alte Einzelbüsche stellen also für die Insektenfauna Inseln dar, die das gesamte Arteninventar in ausgewogenem Verhältnis beinhalten. Der Diversitätsindex für Einzelbüsche liegt sogar höher als für Heckengebiete.

2.3 Flurbereinigungshecken weisen eine verarmte Fauna an überwinternden Phytophagen auf, wenn sie in einem ausgeräumten Gebiet angelegt wurden, wo keine »Althecken« als Besiedlungsquelle zur Verfügung standen. Acht und fünfzehn Jahre alte Flurbereinigungshecken im Raum von Bayreuth ergaben von den insgesamt 11 auf Hecken und Einzelbüschen des Weißdorns überwinternden Phytophagenarten lediglich 6 Arten. Offenbar gelingt nur sehr flugaktiven Formen die Wiederbesiedlung des zuvor zerstörten Lebensraums.

Das Arten-Individuenverhältnis ist stark gestört, was in dem sehr niederen Diversitätsindex zum Ausdruck kommt. Für viele Phytophage fehlen offenbar noch wichtige Regulationsmechanismen. Ein gutes Beispiel hierfür bietet *Swammerdamia,* da für diesen Phytophagen ein wichtiger stabilisierender Faktor, die Larvenparasitierung durch *Apanteles,* mit erfaßt wurde. Wie Abb. 20 zeigt, ist der Parasitierungsgrad trotz hoher Wirtsdichte in Flurbereinigungshecken sehr gering. Ähnlich dürfte wohl die sehr hohe Dichte von *Coleophora* und den Psyllen zu erklären sein.

2.4 Neupflanzungen (bis 5 Jahre alt) zeigen ein ähnlich geringes Arteninventar wie Flurbereinigungshecken. Die Kleinschmetterlinge *Ancylis, Swammerdamia* und *Nola* fehlen völlig. Das Vorkommen einiger Arten erklärt sich wohl lediglich daraus, daß die untersuchten Büsche in der Nähe älterer Gebüsche standen und deshalb eine Besiedlung verhältnismäßig leicht möglich war (Frostpanner).

Das Arten-Individuenverhältnis ist noch wesentlich unausgewogener als in Flurbereinigungshecken (extrem niedriger Diversitätsindex). Die Psyllen stellen 98,7 % aller Individuen.

Zusammenfassung

1. Die Fauna von Hecken und alten Einzelbüschen zeigt das gleiche Artenspektrum.

2. Einige (flugaktive) Schmetterlingsarten erreichen auf Einzelbüschen höhere Dichten als in Heckengebieten, während Aphiden und Psyllen in Heckengebieten häufiger vorkommen.

3. Junge Sträucher in Neupflanzungen sowie Flurbereinigungshecken weisen eine stark verarmte Fauna auf.

Anhang III

Einfluß von Alter und räumlicher Verteilung von Wildrosen auf den Wickler Notocelia roborana D.&S. und seine Parasiten

Gerhard Bauer

1 Fragestellung

Die Populationsdichten von *N. roborana* werden in Heckengebieten durch die hohe Puppenmortalität auf sehr niederem Niveau stabilisiert. Zusätzliche Mortalitätsfaktoren spielen nur eine sehr geringe Rolle, so daß die tatsächliche Larvendichte (in 51 Populationen = 0,33 ± 0,02 Larven/20 cm Zweig) mit der Gleichgewichtsdichte eines Modells identisch ist, welches nur die Puppenmortalität berücksichtigt (Anhang IV). Als stetige Parasiten treten *Diadegma praerogator* L. und *Apanteles* sp. auf, wobei in der Regel *Apanteles* mit durchschnittlich 14 % höhere Parasitierungsgrade erreicht als *Diadegma* mit durchschnittlich 9 %. Es liegt hier also ein Phytophagen-Entomophagen Komplex vor, der in bezug auf Wirts- und Parasitendichte in allen Heckengebieten annähernd identisch ist, so daß man durchaus von einer »Normalsituation« sprechen kann.

Im folgenden sollen nun Abweichungen von dieser Normalsituation in Abhängigkeit von Alter und Isolationsgrad der Wirtspflanze diskutiert werden.

Untersucht wurden alte (= seit über 20 Jahren vorhandene) *Hecken,* in denen der Abstand zwischen den untersuchten Wildrosenbüschen 3,5 bis 12 m beträgt; über 20 Jahre alte, von der nächsten Rose zumindest 50 m, oft aber bis zu 500 m entfernte, isolierte *Einzelbüsche;* 2 *Flurbereinigungshecken* im Alter von 8 und 15 Jahren; eine *Heckenneupflanzung* (5 Jahre alt) und 1979 in 100 m Distanz von einer bestehenden Althecke angepflanzte *Einzelbüsche.* Alle in dieser Untersuchung berücksichtigten Wildrosenbüsche befanden sich im Bayreuther bzw. Kulmbacher Raum.

2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle und in Abb. 21 und 22 dargestellt.

In der älteren Flurbereinigungshecke (15-jährig) war die Wildrose nur sehr spärlich vertreten. *Notocelia* kam dort zwar vor, aber nur in so geringer Dichte, daß sie mit der Astproben-Methode (= Untersuchung von 20 cm-Zweigabschnitten) nicht mehr zu erfassen war. Die jüngere Flurbereinigungshecke (8-jährig) wies eine normale Dichte von *Notocelia*-Larven ($\bar{x}$ = 0,28 ± 0,14 Larven pro 20 cm Zweigabschnitt) auf, allerdings war der wenig flugaktive Parasit *Apanteles* hier nicht nachzuweisen.

In der Heckenneupflanzung waren trotz benachbarter älterer Rosenbüsche *Notocelia*-Larven nur in sehr

Tabelle 11

Dichte und Parasitierung von Notocelia auf Rose

Notocelia-Larven	**Anzahl 20 cm-Proben**	**Anzahl Larven**	**$\bar{x}$ Larven pro 20 cm**	**s^2**	**VB**	**Zahl der Probestellen**
Hecken	4095	1338	0,327	0,1	0,021	51
Einzelbüsche in Heckengebieten	114	83	0,73	1,85	0,25	3
isolierte Einzelbüsche	442	512	1,16	1,87	0,18	15
Flurbereinigungshecken	102	22	0,21	0,29	0,1	2
5-jährige Neupflanzung	75	2	0,027	0,026	0,027	1
Diadegma praerogator	**Anzahl sezierte Wirte**	**Anzahl parasitierte Wirte**	**$\bar{x}$ parasitierte**	**s^2**	**VB**	**Zahl der Probestellen**
Hecken	3128	252	0,08	0,06	0,009	47
Einzelbüsche in Heckengeb.	121	7	0,058	0,047	0,039	3
isolierte Einzelbüsche	673	53	0,079	0,064	0,019	15
Flurbereinigungshecken	23	5	0,217	0,15	0,16	2
5-jährige Neupflanzung	25	9	0,36	0,22	0,19	1
Apanteles						
Hecken	3128	515	0,16	0,125	0,013	47
Einzelbüsche in Heckengeb.	121	18	0,148	0,198	0,08	3
isolierte Einzelbüsche	673	18	0,027	0,023	0,011	15
Flurbereinigungshecken	23	0	—	—	—	2
5-jährige Neupflanzung	25	2	0,08	0,06	0,1	1

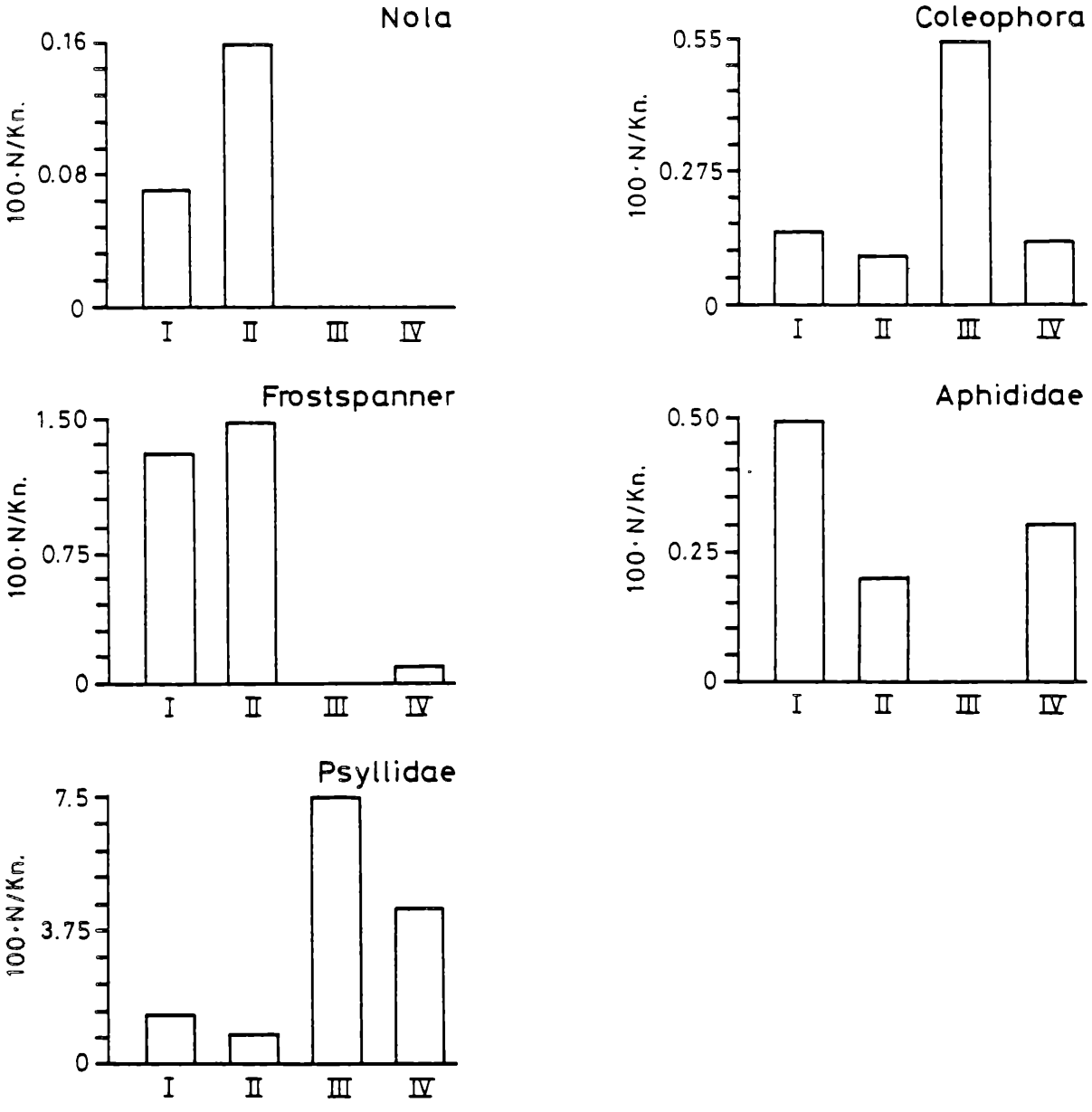


Abbildung 21:

Der Einfluß von Gehölzalter und Heckentyp auf die an Weißdorn überwinternden Larven der Lepidopterenarten *Nola cuculatella, Coloephora* spp. und auf die Eidichte des Frostspanners, der Blattläuse und Blattflöhe. Abkürzungen wie in Abb. 20

Figure 21

The influence of the position and age of hawthorn on the density of hibernating Lepidoptera larvae *(Nola cuculatella, Coleophora* spp. and on the density of eggs of winter moth, of aphids and Psyllidae (abbreviations as in Fig. 20)

geringer Dichte ($\bar{x}$ = 0,027 ± 0,026 Larven pro 20 cm Zweigabschnitt) vertreten. Sowohl der Parasit *Diadegma* wie auch *Apanteles* konnten nachgewiesen werden.

Die im Frühjahr 1979 in dem ausgedehnten Heckengebiet von Stadtsteinach in 100 m Distanz von einer Althecke gepflanzten Jungrosen zeigten bereits ein Jahr später einen überaus starken »Einzelbusch-Effekt«: Die Dichte der *Notocelia*-Larven lag in einem Fall bei 1,8 ± 0,8 und im anderen Fall sogar bei 12,4 ± 6,2 Individuen pro 20 cm Zweigabschnitt, was, sofern die Wicklerlarven auf dem Strauch belassen worden wären, zum Kahlfraß geführt hätte. Lediglich die weniger stark von *Notocelia* befallene Jungpflanze zeigte eine Parasitierung (durch *Apanteles).*

Die unterschiedlichen Dichten der *Notocelia*-Larven auf den verschiedenen Rosenstandorten zeigen damit ein ganz ähnliches Verhalten wie die Larvendichten der beiden Weißdornwickler *Ancylis achatana* und *Hedya nubiferana:* Die Imagines vermögen die Futterpflanzen der Larven sehr gut zu finden und können damit Einzelbüsche und selbst »Flurbereinigungshecken« relativ schnell besiedeln, wobei auf Einzelbüschen hohe Larvendichten erreicht werden, da sich dort offenbar legereife Weibchen konzentrieren. Besonders deutlich wird dies bei *Notocelia roborana* an den gepflanzten Einzelbüschen bei Stadtsteinach, die schon nach einem Jahr mit Larven besetzt waren.

Von den beiden parasitischen Hymenopteren vermag lediglich die flugaktive *Diadegma* ihrem Wirt auf isolierte Standorte zu folgen. *Apanteles* erreicht dort nur sehr geringe Parasitierungsgrade und verhält sich damit ganz wie die in *Swammerdamia lutarea* gefundene *Apanteles*-Art. Bezeichnend ist, daß *Apanteles* in beiden Flurbereinigungshecken fehlt, da dort durch die

vorherige, vollständige Ausräumung der Landschaft keine Ausbreitungszentren mehr existieren. *Apanteles* konnte diese Hecken selbst nach 8 Jahren nicht wiederbesiedeln, während er in die 5-jährige Neupflanzung von benachbarten, älteren Gehölzen aus einwandern konnte und dort bereits 8 % der *Notocelia*-Larven parasitierte.

Es sollte schließlich noch die Frage geprüft werden, ob die Flächendichte der untersuchten Hecken (definiert als Heckenlänge in m pro ha, wobei ein Gesamtgebiet von mindestens 25 ha zugrunde gelegt wird) einen Einfluß auf die Dichte und Parasitierung von *Notocelia*-Larven an Wildrosen hat. Die Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 12

Dichte und Parasitierung von *Notocelia*-Larven in Gebieten unterschiedlicher Heckendichte

Heckendichte (m/ha)	Larven/20 cm			% parasitierte Larven von Diadegma			% parasitierte Larven von Apanteles		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
21	0,31	0,46		24	2,6		14	0	
35	0,028	0,17	0,056	9	14	4,7	0	14	4,7
19			0,34			7,4			14,8
15			0,17			0			0
43			0,092			8,4			5
13			0,305			15,8			26,3
32		0,46	0,113		14,5	8,6		27	45,7
42		0,39	0,13		13	0		0	10
40			0,18			5,9			0
70	0,15	0,3	0,08	18	3,6	8,1	15,8	18	20
48			0,068			6			29

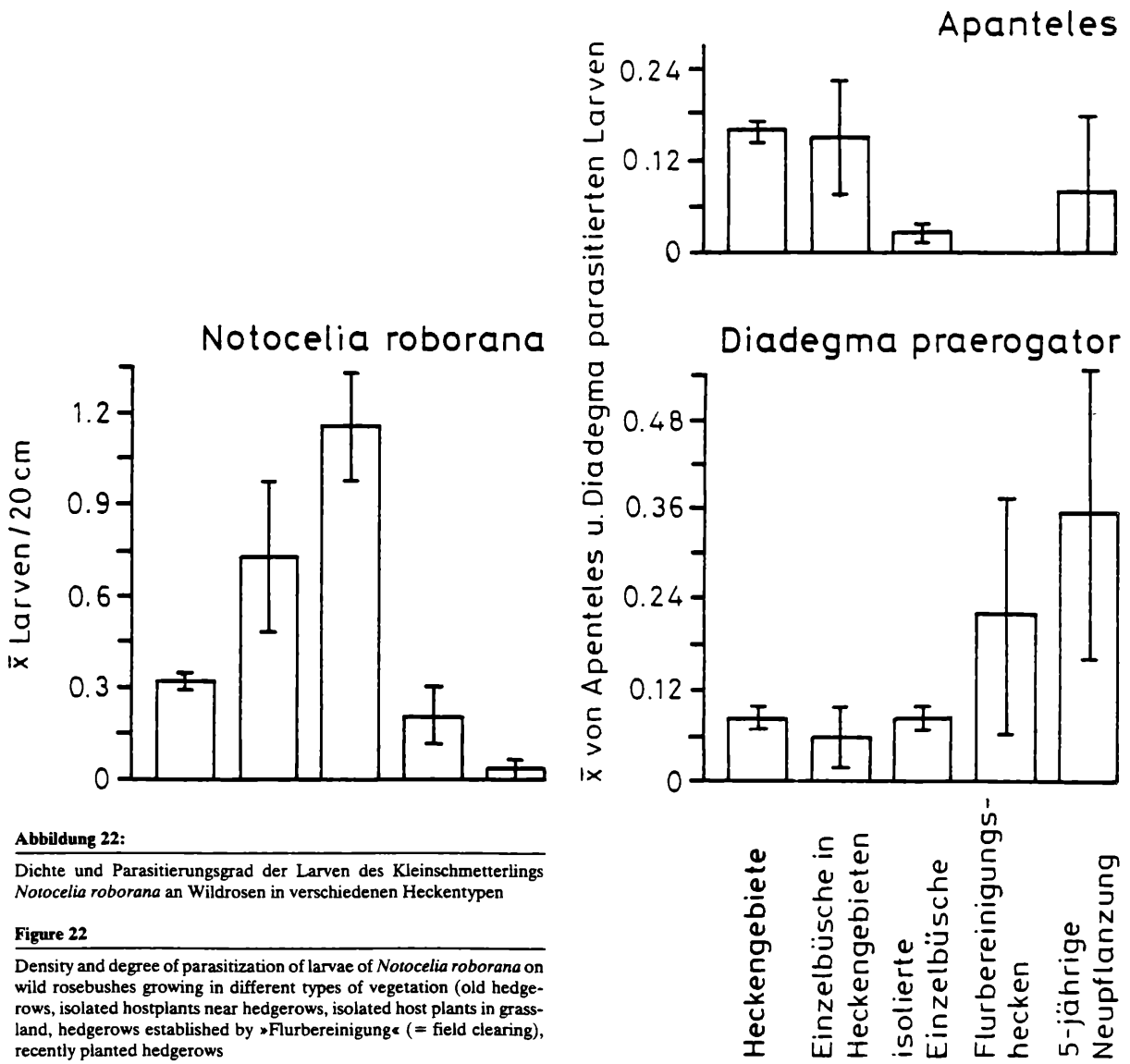


Abbildung 22:

Dichte und Parasitierungsgrad der Larven des Kleinschmetterlings *Notocelia roborana* an Wildrosen in verschiedenen Heckentypen

Figure 22

Density and degree of parasitization of larvae of *Notocelia roborana* on wild rosebushes growing in different types of vegetation (old hedgerows, isolated hostplants near hedgerows, isolated host plants in grassland, hedgerows established by »Flurbereinigung« (= field clearing), recently planted hedgerows

Eine statistische Untersuchung der in der Tabelle enthaltenen Daten zeigt, daß weder zwischen der Flächendichte der Hecken und dem Larvenbefall von *Notocelia* noch dem Parasitierungsgrad durch *Diadegma* noch dem Parasitierungsgrad durch *Apanteles* eine signifikante Korrelation besteht. Im Gegensatz zu bestimmten ornithologischen Befunden (Anhang VII) beeinflußt demnach die Flächendichte der Hecke den Komplex »Wildrose–*Notocelia*–*Diadegma*–*Apanteles*« nicht. Auch in Gebieten mit geringer Flächendichte von Hecken liegt der betreffende Phytophagen-Entomophagen-Komplex vollständig vor.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß

1) die Dichte des Phytophagen zwar mit zunehmender Isolation der Wirtspflanze (Hecken mit zahlreichen Rosenbüschen – Hecken mit einzelnen Rosenbüschen – isolierte Einzelrosenbüsche) ansteigt, aber von der Flächendichte der Hecke (bezogen auf ein 25 ha-Gebiet) genau so unabhängig ist wie die Parasitierung durch *Diadegma* und *Apanteles*.

2) die Dichte des Phytophagen mit zunehmendem Alter des Wirtspflanzenbestandes (Neupflanzungen – Flurbereinigungshecken (8 und 15 Jahre) – Althecken (über 20 Jahre)) zunimmt,

3) *Diadegma* sowohl vom Alter wie auch vom Isolationsgrad der Wildrosensträucher relativ unabhängig ist,

4) für *Apanteles* die Besiedlung isolierter Wirtsstandorte weit schwieriger ist als die Besiedlung neuer Standorte in der Nähe von Althecken. Bei Zusammentreffen beider Faktoren (isolierte Neupflanzungen = Flurbereinigungshecken) fällt diese Art völlig aus.

Anhang IV

Zur Populationsökologie einiger Insekten auf Wildrosen

Gerhard Bauer

1 **Pardia tripunctana** (Schiff.) (Lep. Tortricidae)

1.1 Biologie

Die Imagines fliegen Mitte Juni bis Anfang Juli und legen die Eier einzeln auf die Unterseite von Blättern der Rosenschößlinge. Die Jungraupen leben bis Mitte September in den Schößlingsspitzen und bohren sich dann zum Überwintern durch eine Knospe in das Innere des Schößlings. Im März des folgenden Jahres bohren sich die Larven in Schößlingsknospen ein, um diese auszufressen. Die Verpuppung erfolgt Mitte Mai im Boden.

1.2 Parasitenkomplex

Trichogramma sp. (Chalcidoidea)

Bei *Pardia* spielt dieser Eiparasit eine sehr geringe Rolle, da dieser Kleinschmetterling im Gegensatz zu *Notocelia* die Eier einzeln ablegt und die Eidichte sehr gering ist.

Glypta similis Bridg. (Ichneumonidae)
Die Schlupfwespe fliegt von Anfang Juni bis Mitte August und belegt das erste oder zweite Larvenstadium des Wirts. Wenige Tage nach der Eiablage schlüpft die Ichneumonidenlarve. Sie nimmt bis zum Frühjahr nur sehr wenig Nahrung auf (erste Häutung im März) und tötet den Wirt erst kurz vor der Verpuppung. Die Puppenphase dauert fast so lange wie die des Wirts (Mitte April bis Mitte Juni). In den Heckengebieten ist *Glypta similis* ausschießlich auf *Pardia tripunctana* spezialisiert.

Campoplex difformis Gmel. (Ichneumonidae)
Obwohl weniger spezialisiert als *Glypta*, ist dieser Parasit doch sehr gut mit *Pardia* synchronisiert. Die Imagines fliegen von Mitte Juni bis Ende August und belegen die Erst- oder Zweitlarven von *Pardia*. Die Weiterentwicklung erfolgt wie die von *Glypta*. Diese Schlupfwespenart ist aus zahlreichen weiteren Wirtsarten (Anhang XI) bekannt geworden.

Brackwespe sp. (Braconidae)
Dieser Parasit konnte noch nicht bestimmt werden. Er belegt ebenfalls die Junglarven im August und tötet den Wirt erst kurz vor der Verpuppung. Der Parasitierungsgrad erreicht erst bei hohen Wirtsdichten höhere Werte.

1.3 Populationsdichte

Zur Ermittlung der Dichte werden zwei Methoden benutzt:

1) Dichte bezogen auf Heckengrundfläche: hierbei werden die im Frühjahr zur Verpuppung absteigenden Raupen in Schüsseln, die mit Pikrinsäure gefüllt sind, aufgefangen.

2) Dichte pro 20 cm Schößlingsabschnitt: Aus einem Gebiet werden Schößlinge in 20 cm lange Abschnitte geschnitten, die dann unter dem Binokular auf Larven oder Eier untersucht werden.

Die Beziehung zwischen der mittleren Zahl der Larven pro 20 cm Zweigabschnitt (= y) und der mittleren Zahl der sich abspinnenden Larven, die pro Quadratmeter Fangwannen-Fläche erhalten werden (= x), ergibt eine signifikante lineare Korrelation:

$$y = 0{,}0065\,x + 0{,}01$$

Die Larven- und Eidichte von *Pardia tripunctana* in verschiedenen Gebieten ist in Tab. 13 angegeben. Der Wickler kommt zwar an allen Rosenstandorten vor, ist aber fast überall eher als selten zu bezeichnen. Die geringe Dichte ist nicht mit der Tragfähigkeit der Wirtspflanze zu erklären. Die Larven erreichen im Beobachtungszeitraum nie auch nur annähernd eine Dichte, die eine ernsthafte Schädigung der Rosenschößlinge herbeiführte. Um die maximal mögliche Höhe eines Befalls schätzen zu können, wurden die Knospen von 53 Schößlingsabschnitten (20 cm) ausgezählt. Es ergaben sich 7,5 ± 0,35 Knospen pro 20 cm

Tabelle 13

Larven- und Eidichte pro 20 cm und Parasitierungsgrad von *Pardia tripunctana*

Ort	Datum	Anzahl Proben	$\bar{x}$ Larven	s^2	VB	% Glypta	VB	%Cam-poplex	-VB	% Brack-wespe	VB	Anz. sez. Larven	$\bar{x}$ Eier	s^2	VB	Datum	Anzahl Proben
Stadt-steinach	März 1977	74	0,18	0,15	0,08	Gesamtparasitierung 5,7 ± 4,2 %						122					
Stadt-steinach	März 1978	315	0,073	0,07	0,03	36,8	6	7,3	3,8	0		179					
Stadt-steinach	März 1979	228	0,037	0,04	0,02	41	8	34,7	8,6			134	0,05	0,04	0,03	Sept. 79	169
Weinberg Ödland	März 1978	53	0,058	0,05	0,06	30	16	12	11	0		32					
Weinberg Ödland	März 1979	200	0,013	0,03	0,02	37	14	15	11,7	0		44	0,08	0,07	0,05	Sept. 79	103
Weinberg Hecke I	März 1979	105	0,024	0,02	0,02	0	0	0		0		20	0,06	0,06	0,08	Sept. 79	29
Weinberg Hecke II	März 1979	94	0,212	0,2	0,1	12	10	3	6	0		34					
Bindlacher Berg	März 1979	95	0,021	0,02	0,02	4	8	33	19	0		24	0,02	0,02	0,04	Sept. 79	44
Hummel-gau	März 1979	117	0,13	0,12	0,1	0		10	12	10	12	20	0,03	0,03	0,04	Sept. 79	64
Adels-dorf	März 1979	48	0,35	0,53	0,2	3,4	6,8	7,1	9,6	24	16	29	0,2	0,16	0,1	Sept. 79	68

Abschnitt. Für ihre Entwicklung benötigt die Larve maximal 7 Knospen, was eine Höchstdichte von 1,07 Larven pro 20 cm ermöglichen würde. Die höchste bisher gemessene Larvendichte erreicht nur 33 % der Belastungsgrenze. Der Mittelwert der bisher analysierten *Pardia tripunctana* – Larvenpopulationen liegt bei 10 % der Belastungsgrenze. Die von der Wirtspflanze her für *P. tripunctana* gebotene Kapazität wird von diesem Schmetterling also bei weitem nicht ausgenutzt.

Zwischen der Gesamtparasitierung und der Larvendichte von *Pardia tripunctana* besteht, wie die in der Tab. 13 wiedergegebenen Werte erkennen lassen, eine umgekehrt dichteabhängige Beziehung. Mit steigender Larvendichte sinkt die Gesamtparasitierung. Damit geben die erhaltenen Daten keinerlei Hinweis dafür, daß die Parasiten der regulierende Faktor sind, der *P. tripunctana* auf einem Niveau weit unter der theoretischen Kapazität der Wirtspflanze stabilisiert.

Zusammenfassung

Die Dichten des Kleinschmetterlings *Pardia tripunctana* sind in Heckengebieten auf sehr tiefem Niveau stabilisiert, so daß nur ein geringer Teil der vorhandenen Rosenknospen gefressen wird. Parasitoide spielen bei der Dichteregulation keine Rolle, vielmehr muß ein ähnlicher Mechanismus wie bei *Notocelia* angenommen werden.

2. Notocelia roborana Den. u. Schiff (Lepidoptera: Tortricidae)

2.1 Biologie

Die Imagines fliegen Mitte Juni bis Mitte Juli und legen die Eier in Gruppen an Rosenblätter (etwa 100 pro Weibchen). Die Größe von 48 Gelegen betrug 3,79 ± 1,04 Eier pro Gelege. Mittels Gespinstfäden klappen die Jungraupen eine Blattfieder um die Mittelrippe zusammen. In diesem Wickel leben die Larven bis gegen Ende September und fressen von der Blattfläche. Die Überwinterung erfolgt meist am Stamm unter Rindenstücken. Im April des folgenden Jahres fertigen die Larven aus mehreren Blättern einen Wickel. Die Verpuppung erfolgt Anfang Mai im Boden.

2.2 Parasitenkomplex

Trichogramma sp. (Chalcidoidea):
Dieser polyphage Eiparasit ist in allen Gebieten vertreten und erreicht besonders bei hohen Eidichten hohe Parasitierungswerte.

Diadegma praerogator L. (Ichneumonidae):
Die Larven dieses Endoparasiten töten die Wirtslarve bereits im vorletzten Stadium (April). Die Imagines schlüpfen Anfang Mai und bereits nach wenigen Tagen beginnen die Weibchen neue Wirte zu suchen und diese zu belegen. Es ist deshalb sehr unwahrscheinlich, daß aus dieser Generation noch Tiere im August leben, wenn wieder Junglarven von *Notocelia* vorhanden sind. Da dieser Parasit nur Junglarven erfolgreich parasitieren kann, ist er auf einen Wirtswechsel angewiesen. In der Literatur werden eine Reihe weiterer Kleinschmetterlinge als Wirte genannt.

Apanteles laevigatus-Gruppe (Braconidae):
Parasitiert wird das erste oder zweite Larvenstudium von *Notocelia*. Die Larven des Parasiten nehmen bis zum Frühjahr keine Nahrung im Wirt auf. Die Wirtslarve wird erst kurz vor der Verpuppung getötet, ein Wirtswechsel ist sehr wahrscheinlich. Die folgenden Parasiten spielen zahlenmäßig eine untergeordnete Rolle:

Elachertus argissa Walk. (Chalcidoidea): Ein Ektoparasit, der im August Junglarven parasitiert und noch im Herbst aus der Puppe schlüpft.

Ascogaster ratzeburgii (Braconidae): Endoparasit, der im Sommer Eier belegt und dessen Larven den Wirt kurz vor der Verpuppung töten.

Bracon sp. (Braconidae): Ektoparasit, der im Frühjahr Altlarven parasitiert.

Acropimpla pictipes Grav. (Ichneumonidae): Ektoparasit, der im Frühjahr Altlarven parasitiert. Polyphag.

Diadegma apostata Grav. (Ichneumonidae): Die nur gelegentlich von uns gezogene Art erinnert in der Lebensweise an *D. praerogator*. In der Literatur werden einige Kleinschmetterlinge als Wirte angegeben.

Campoplex difformis Gmel. (Ichneumonidae): Dieser Parasit greift vor allem *Pardia tripunctana* an, es wurde nur sehr selten ein Befall von Junglarven von *Notocelia* von uns beobachtet.

2.3 Populationsdichte

Die Ermittlung der Populationsdichte erfolgte bei *Notocelia* genauso wie bei *Pardia:* Pro m^2 Heckengrundfläche läßt sich die Zahl der Parasitenindividuen berechnen. Auch hier besteht zwischen Dichte der pro Quadratmeter Fangwannenfläche erhaltenen absteigenden Larven (= x) eine lineare Korrelation:

$$y = 0.014\,x - 0{,}013$$

Auch bei *Notocelia roborana* kam es im Beobachtungszeitraum nie zum Kahlfraß. Den Junglarven genügt im Herbst eine Blattfieder, im Frühjahr leben die Larven in Wickeln, die meist aus einem Blattkomplex bestehen. Da gegen Ende der Larvalperiode das Verhältnis zwischen verlassenen und neu besiedelten Blattwickeln 1 1 beträgt, kann gefolgert werden, daß im Durchschnitt jede Larve während ihrer Freßphase 2 Blattwickel benötigt. Da ein 20 cm-Zweig-Abschnitt im Mittel 7,5 Knospen trägt, ergibt sich eine theoretische Maximaldichte von 3,75 *Notocelia*-Larven pro 20 cm Zweig. Die höchsten von uns gefundenen Populationsdichten von *Notocelia* erreichen 14 % der Maximaldichte, der Mittelwert aller von uns untersuchten Populationen liegt bei 7 % der theoretischen Kapazität. Diese Werte beziehen sich auf Hecken, aber nicht auf isolierte Einzelbüsche (Anhang III).

2.4 Dichte der Parasiten

Aus dem Parasitierungsgrad und der Zahl der Larven bzw. Eier pro m^2 läßt sich die Zahl der Parasitenindividuen pro m^2 errechnen. Es ergeben sich folgende Werte für das Jahr 1979:

Tabelle 13 a

	Diadegma (meist praerogator)	*Apanteles*	*Trichogramma*
Stadtsteinach	3	2 – 3	12
Weinberg Ödland	4	4	26
Weinberg Hecke I	0,5	0	10
Weinberg Hecke II	1	1	?
Bindlacher Berg	1	1	20
Hummelgau	6	14	14
Creussen	6	0	100
Adelsdorf	6	0	100

Da der Parasitenkreis von *Notocelia roborana* aus polyphagen Arten besteht, die auf Wirtswechsel angewiesen sind, trägt dieser Kleinschmetterling zur Aufrechterhaltung eines hohen Populationsniveaus an potentiellen Nützlingen in Heckengebieten bei.

Die gefundenen Parasitierungsdaten sind in der Tab. 14 zusammengestellt.

2.5 Untersuchungen zur Dichteregulation von Notocelia

Im vorhergehenden Abschnitt wurde erwähnt, daß die Larvenpopulationen von *Notocelia* in Heckengebieten auf einem Niveau, das unter 12 % der Belastungsgrenze liegt, stabilisiert sind. Da die Dichteunterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Generationen bzw. unterschiedlichen Gebieten sehr gering sind, der Wickler aber trotz seiner geringen Dichte an allen Rosenstandorten zu finden ist (es wurden nie Anzeichen dafür gefunden, daß lokale Populationen aussterben), lassen sich hier Mortalitätsfaktoren vermuten, die mit zunehmenden Dichten stark zunehmen, bei geringen Dichten aber sehr unbedeutend werden.

Im folgenden sollen einige Mortalitätsfaktoren behandelt und auf ihre Beteiligung an der Regulation der *Notocelia*-Dichten untersucht werden.

2.5.1 Mortalitätsfaktoren im Eistadium

Verluste im Eistadium treten fast ausschließlich durch den Eiparasiten *Trichogramma* auf. Die Parasitierungsrate zeigt eine Tendenz zur positiven Dichteabhängigkeit und kann bei hohen Wirtsdichten Werte von über 90 % erreichen.

2.5.2 Mortalitätsfaktoren im Larvenstadium

Um eventuelle Verluste bis zum vorletzten Larvenstadium (aber vor dem Tod der parasitierten Larven) abschätzen zu können, wurde in 5 Heckengebieten im Sommer 1979 die Dichte geschlüpfter Eier und im folgenden Frühjahr die Larvendichte bestimmt. Es ergibt sich eine schwach signifikante (r = 0,933) Korrelation mit einer Regressionsgeraden nach der Gleichung:

$$y = 1{,}14\,x + 0{,}005$$

wobei y = Larvendichte/20 cm 1980 und x = Eidichte/20 cm 1979. Diese Regressionsgerade, die von der Geraden y = x nicht signifikant abweicht, erlaubt den Schluß, daß in den 5 untersuchten Populationen zwischen dem Eistadium (1979) und dem vorletzten Larvenstadium (1980) praktisch keine Verluste durch Räuber oder Wintermortalität auftraten.

Gegen Ende des vorletzten Larvenstadiums töten dann die beiden Endoparasiten *Diadegma* und *Apanteles* ihren Wirt ab. Ein Vergleich der Parasitierungsgrade mit den Wirtsdichten aller bislang untersuchten Heckengebiete ergibt keine Dichteabhängigkeit des Parasitierungsgrades.

2.5.3 Mortalität im Puppen- und Imaginalstadium

Da die Dichte schlüpfender Falter sehr gering ist, konnte sie mit Eklektoren bislang nicht befriedigend ermittelt werden. Die Mortalitätsrate im Falterstadium festzustellen, ist praktisch unmöglich.

So müssen zunächst Puppen- und Imaginalstadium zusammengefaßt werden. Die Gesamtmortalität beider Stadien läßt sich dann bei bekannter Fertilität aus der Dichte unparasitierter Larven im Frühjahr und der Eidichte im Sommer (Start der folgenden Generation) kalkulieren:

$$N_s = 2\,E / F \qquad (♂ : ♀ = 1 : 1)$$

N_s = Dichte der bis zur Eiablage überlebenden Falter
E = Dichte der Eier
F = Eizahl pro Weibchen

Tabelle 14

Larven- und Eidichte und Parasitierungsgrad von *Notocelia roborana* (Dichte pro 20 cm)

Ort	Datum	Anzahl Proben	$\bar{x}$ Larven	s^2	VB	% Diadegma	VB	% Apant.	VB	n seziert. Larven	Datum	$\bar{x}$ Eier	s^2	VB	Anz. Proben	% par.	VB	Anzahl Eier
Stadtsteinach	April 1979	122	0,15	0.16	0,06	18	3,9	15,8	5	174	Sept. 1979	0,54	0,66	0,29	162	30	10	78
Weinberg Ödland	April 1979	50	0,26	0,24	0,12	21	14	18	12	33	Sept. 1979	0,65	1,39	0,42	103	54	15	43
Weinberg Hecke I	April 1979	105	0,028	0,03	0,03	9	18	0		11	Sept. 1979	0,27	0,49	0,26	29	45	30	10
Weinberg Hecke II	April 1979	94	0,276	0,56	0,15	5	6	5	6	40								
Bindlacher Berg	April 1979	95	0,18	0,34	0,12	7	8	5	6	42	Sept. 1979	0,42	0,75	0,42	44	60	20	22
Hummelgau	April 1979	39	0,538	0,57	0,24	14	12	39	18	28	Sept. 1979	0,65	2,22	0,7	64	30,5	15	36
Creussen	April 1979	38	0.4	0,34	0,18	24	11	0		41	Sept. 1979	1,67	9,13	1,6	35	95	6	45
Adelsdorf	April 1979	48	0,312	0,37	0,18	24	16	0		50	Sept. 1979	1,95	8,2	1	68	80	8	105

In Abb. 23 sind Larven- und Eidichten aus 12 Heckengebieten dargestellt. Es fällt auf, daß die Eidichten nur unwesentlich über, in vier Fällen sogar unter den Dichten unparasitierter Larven liegen. Da ein weiblicher Falter ca. 230 Eier legen kann, muß also eine erhebliche Mortalität im Puppen- bzw. Larvenstadium stattfinden.

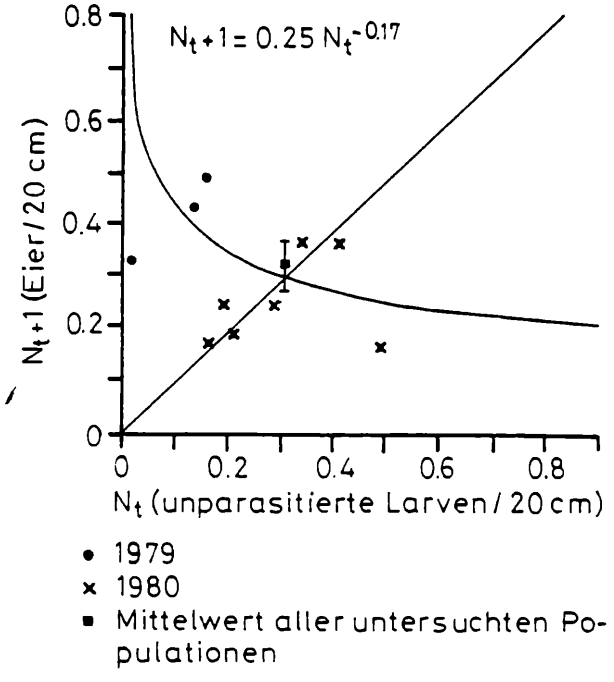


Abbildung 23:

Beziehung zwischen der Eidichte von *Notocelia roborana* und der Dichte unparasitierter Altlarven im Vorjahr

Figure 23

The density of *Notocelia roborana* eggs as a function of the density of unparasitized mature larvae of the previous generation

Um die Gleichung, die die Bezeichnung von T_t, der Dichte unparasitierter Larven und N_{t+1}, der Eidichte im Folgejahr beschreibt, zu berechnen, wurde zunächst für die 12 untersuchten Populationen der Logarithmus von N_t/N_{t+1} gegen den Logarithmus von N_t aufgetragen (Abb. 24). Dabei ergibt sich folgende lineare Korrelation:

$$\log (N_t/N_{t+1}) = 0{,}6 + 1{,}17 \log (N_t)$$

die in

$$\log (N_{t+1}) = -0{,}6 + \log N_t^{(1-1{,}17)}$$

umgeformt werden kann. Daraus folgt

$$N_{t+1} = 0{,}25\ N_t^{(-0{,}17)}.$$

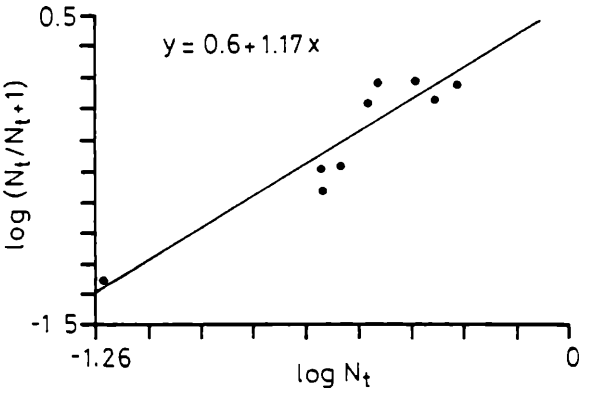


Abbildung 24:

Korrelation zwischen dem Logarithmus (N_t/N_{t+1}) und dem Logarithmus (N_t) bei *Notocelia roborana*

Figure 24

Regression of log (N_t/N_{t+1}) on log (N_t) in *Notocelia roborana* populations

Die Gleichgewichtsdichte ($N_t = N_{t+1}$) wäre der Schnittpunkt der aus dem Modell sich ergebenden Kurve mit der Geraden y = x, läge also bei 0,3 (Abb. 23). Um diesen aus 12 Populationen gewonnenen Wert auf Allgemeingültigkeit zu überprüfen, wurde der Mittelwert aller bislang in Heckengebieten gefundenen Larven- bzw. Eidichten gebildet. Für die Eidichten aus 14 Heckengebieten ergab sich ein Mittelwert von 0,33 ± 0,05, für die Dichten unparasitierter Larven aus 28 Heckengebieten ein Mittelwert von 0,31 (Abb. 23). Der tatsächliche Mittelwert aller bislang analysierten Populationen ist also mit der Gleichgewichtsdichte des Modells identisch.

Um nun zumindest einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, wo die dichteabhängige Mortalität stattfindet, wurde ein Versuch zur Puppenmortalität durchgeführt:

Auf Flächen der Größe einer Eklektorgrundfläche (0,18 m^2) wurden am 10. 6. 80 je 1, 2, 4, 8, 15, 25 Puppen in die Bodenstreu gebracht. Jede Dichte wurde 5mal wiederholt und zwar so, daß Flächen mit gleicher Dichte beieinander lagen, so daß Gebiete mit verschiedenen Puppendichten simuliert wurden. Nach 18 Tagen wurden über die Fläche Eklektoren gestellt und so die Anzahl der schlüpfenden Falter bestimmt. Das Ergebnis ist in Abb. 25 und 26 dargestellt.

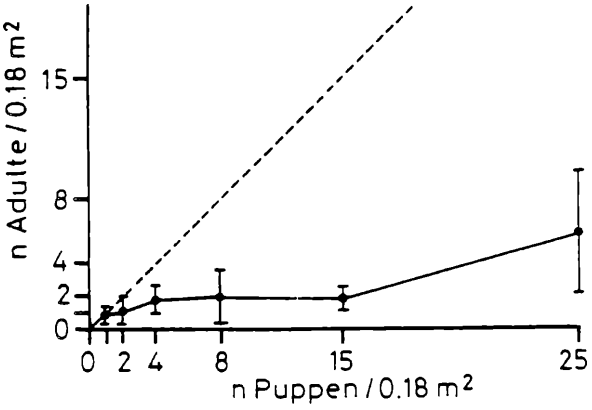


Abbildung 25:

Ergebnisse eines Freilandexperiments, bei dem in 5 Wiederholungen *Notocelia roborana* Puppen in den auf der Abszisse dargestellten Dichten im Bodenbereich exponiert wurden. Dargestellt sind Mittelwert und VB ($p<0.05$) der jeweils pro Versuchsgruppe geschlüpften Imagines

Figure 25

Results of an exposure experiment with pupae of *Notocelia roborana*. Abscissa = density of pupae exposed in the litter of the soil (5 replicates), ordinate = number of adult *Notocelia* (mean and confidence interval ($p<0.05$)) emerging

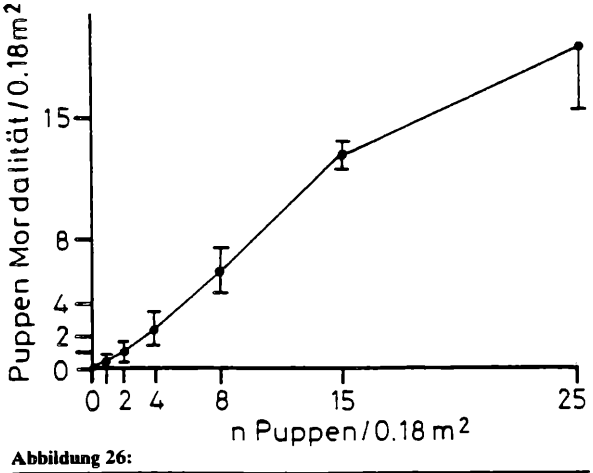


Abbildung 26:

Mortalität (Mittelwert und VB ($p<0.05$)) exponierter *Notocelia roborana* Puppen in Abhängigkeit von der jeweiligen Puppendichte

Figure 26

Mortality (mean and confidence interval ($p<0.05$)) of exposed *Notocelia roborana* pupae as a function of pupal density

Die Mortalität im Puppenstadium nimmt mit zunehmender Puppendichte stark zu (Abb. 26). Offenbar wirkt der Räuberkomplex im oberen Bodenbereich als exakt kompensierender Mortalitätsfaktor, so daß die Dichte schlüpfender Falter unabhängig von der Puppendichte konstant ist (Abb. 25). Damit kommt der Puppenmortalität die entscheidende Rolle bei der Dichteregulation zu.

Zusammenfassung

Die Dichte der *Notocelia*-Populationen ist in Heckengebieten auf sehr niederem Niveau stabilisiert.

Es treten folgende Mortalitätsfaktoren auf:

1. Eiparasitismus
2. Larvenparasitismus
3. Mortalität im Puppen- bzw. Imaginalstadium.

Während der Parasitierungsgrad durch Larvenparasiten dichteunabhängig ist, scheint nach bisherigen Ergebnissen beim Eiparasitismus eine positive Dichteabhängigkeit vorzuliegen. Die eigentliche Reduktion geschieht jedoch im Puppen- bzw. Imaginalstadium.

Ein Versuch zur Puppenmortalität ergibt in dem Dichtebereich, in dem die natürlichen Populationen liegen, mit zunehmender Dichte eine stark ansteigende Mortalität, so daß die Puppenmortalität als Hauptregulationsfaktor gelten muß.

3. **Platyptilia rhododactyla** F. (Lepidoptera: Pterophoridae)

3.1 Biologie

Die Imagines fliegen im Juli und legen die Eier in Gruppen (3,4 ± 0,5 Eier pro Gruppe, etwa 80 pro Weibchen). Die im August schlüpfenden Larven spinnen sich ohne Nahrung aufzunehmen in einem Kokon ein, den sie erst im folgenden April wieder verlassen, um in den Triebspitzen zu fressen. Sobald die Blütenknospen ausgebildet sind, beginnen sie, ein Loch in den Blütenboden zu nagen und die Antheren auszufressen. Die Verpuppung erfolgt Mitte Juni an der Blattunterseite.

3.2 Parasitenkomplex

Trichogramma sp. (Chalcidoidea): Eiparasit

Apanteles onaspis Nix. (Braconidae)
Die Schlupfwespe belegt im Juni die letzten Stadien der *Platyptilia*-Larven mit mehreren Eiern (5,8 ± 0,88). Die Larven töten ihren Wirt kurz vor der Verpuppung und verpuppen sich am Blatt in einem weißen Kokon. Die ♀♀ der Mitte Juli schlüpfenden Imagines haben schon nach wenigen Tagen vollentwickelte Eier in den Ovarien. Der Wechselwirt ist unbekannt.

Habrobracon brevicornis Wesm. (Braconidae)
Während dieser Ektoparasit im Frühjahr 1977 stellenweise über 50 % der *Platyptilia*-Raupen parasitiert, fiel er in den Jahren danach, wohl wegen der geringen Dichte des Wirts, fast völlig aus. Die Imagines lähmen im Juni die Wirtslarven und legen bis zu 10 Eier auf jede Raupe. Die Parasitenlarven verpuppen sich am Blatt in einem gelblichen Kokon. Wahrscheinlich gehört *Platyptilia* zu den ersten Wirten für die *Habrobracon*-Weibchen, die als Imagines überwintern. Zwei Weibchen, die im Freiland gehalten wurden, legten am 25. 5. die ersten Eier. Die beiden Tiere lebten bis Mitte August. Es ist eine außerordentlich große Zahl von Wirten für diese Brackwespe in der Literatur bekanntgegeben worden, darunter viele als Pflanzenschädling ökonomisch wichtige Arten.

Scambus annulatus Kiss. (Ichneumonidae)
Die Art hat mehrere Generationen und legt auf den Wirtslarven, die mit einem Stich gelähmt werden, je ein Ei ab. Die Larve, die ektoparasitisch lebt, verpuppt sich im Boden. Es sind zahlreiche weitere Wirtsarten bekannt.

Itoplectis maculator F (Ichneumonidae)
In der zweiten Junihälfte belegt dieser Parasit die Puppen von *Platyptilia*. Wahrscheinlich hat die Art mehrere Generationen. Eine außerordentlich große Zahl von weiteren Wirten dieses polyphagen Puppenparasiten ist bekannt.

3.3 Parasitierungsgrad

Die Ermittlung des Parasitierungsgrads ist bei *Platyptilia*-Larven schwierig, da die Parasiten erst gegen Ende der Larvalperiode auftreten, wenn die Dichte der Larven schon sehr stark abgenommen hat. So ist durch Sektion sogar der Endoparasit *Apanteles onaspis* schlecht zu erfassen, da die von ihm verursachte Parasitierung bis zum Ende der Larvalperiode zunimmt. Da Larven, die von *Scambus annulatus* parasitiert wurden, nach der Verpuppung des Parasiten nicht mehr zu finden sind, bleibt als einzig verläßliche Methode zur Ermittlung des Parasitierungsgrades die laufende Kontrolle markierter Populationen, welche jedoch wegen der geringen Dichte der Larven nur ungefähre Aussagen gestattet. Für die Saison 1978/79 ergeben sich folgende Werte:

	verpuppungsreife Larven	davon parasitiert von *Apanteles*	*Scambus*	*Habrobracon*
Stadtsteinach 78	30	2	9	0
Weinberg Ödl. 78	16	2	0	0
Bindlacher B. 78	48	9	2	2
Stadtsteinach 79	8	2	0	0
Weinberg Ödl. 79	5	5	0	0

3.4 Populationsdichte

Im Frühjahr 1977 lag die Dichte der erwachsenen Larven im Heckengebiet von Stadtsteinach bei 3,4 ± 0,44 pro m^2, sank jedoch in den beiden nächsten Jahren jeweils im Juni unter die Meßgrenze. Die Populationsentwicklung 1978 auf markierten Büschen wird in Abb. 27 gezeigt.

Um den Mortalitätsfaktor für die Altlarven näher zu analysieren, wurden 1979 Ansiedlungs- und Ausschlußversuche durchgeführt. Für die Ansiedlungsversuche wurden Aststückchen, auf denen sich eine definierte Anzahl überwinternder *Platyptilia*-Räupchen befand, im März an Rosenäste gebunden, deren Knospen aufgezählt wurden. Das Ergebnis der Ansiedlungsversuche ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Die Zahlen geben den Mittelwert überlebender Larven pro Rosenstrauch und (in Klammern) den Vertrauensbereich wieder:

	März	10. Juni	30. Juni
Stadtsteinach	14 (± 5)	5,8 (± 2,6)	0,5 (± 0,5)
Weinberg, Ödland	30 (± 17)	9,5 (± 5,5)	0,5 (± 0,5)
Weinberg, Hecke	7,5 (± 7)	3,8 (± 0,2)	3 (± 1)

Die Überlebensrate der angesiedelten Larvenpopulationen von *Platyptilia* zeigt bis Mitte Juni eine Abhängigkeit von der Anzahl der jeweils zur Verfügung stehenden Blütenknospen. Es gilt für die Überlebensrate (= y (%)) und die Zahl der Knospen pro angesiedelte Larve (= x):

$y\,(\%) = 4{,}7\,x + 5{,}4$
$r = 0{,}66\ (p<0{,}01)$

3.5 Ausschlußversuche

Um den Einfluß von Räubern zu messen, wurden Ausschlußversuche durchgeführt. Da die *Platyptilia*-Larven relativ offen an den Blütenknospen sitzen, kommen als Räuber vor allem Vögel und Ameisen in Betracht. Gegen Vögel wurden 2 Büsche mit Vogelnetzen umspannt, gegen Ameisen wurden 2 Büsche durch Bestreichen des Stammes mit Insektenleim gesichert. Außerdem dienten 2 unbehandelte Büsche als »Nullprobe«. Der Versuch wurde am Bindlacher Berg (Bayreuth) durchgeführt.

Die erzielten Ergebnisse sind in Abb. 28 dargestellt. Bei den Ausschlußversuchen zeigten die manipulierten Büsche (Ausschluß von Vögeln durch Vogelnetze, Ausschluß von Ameisen und anderen die Rosenzweige belaufenden Prädatoren durch Insektenleim) die gleiche Entwicklungstendenz wie die Kontrollbüsche: Es überlebten pro Busch jeweils 2–5 Larven, was einem innerhalb von 2 Wochen erfolgenden Populationsrückgang von 35 % bis 90 % entsprach. Räuber müssen als Mortalitätsfaktor also ausgeschlossen werden. Offensichtlich ist für die in der ersten Juni-Hälfte erfolgenden Stabilisierung der *Platyptilia*-Populationen auf dem erwähnten Niveau die Zahl der pro Larve verfügbaren Blütenknospen maßgebend.

Zusammenfassung

Da die Altlarven von *Platyptilia* Wechselwirte zweier im Integrierten Pflanzenschutz wichtigen Parasitenarten *(Habrobracon brevicornis, Sambus annulatus)* sind, wurden die Gründe für den starken Populationsrückgang von *Platyptilia* gegen Ende der Larvalperiode untersucht. Ausschlußversuche zeigten, daß dieser Rückgang zu einer Dichte von 2 bis 5 Larven pro Busch nicht durch Vögel oder andere Freßfeinde bewirkt wird. Da eine Beziehung zwischen der Überlebensrate experimentell angesiedelter Larven und der Zahl der pro Larve verfügbaren Blütenknospen besteht, scheint die Populationsdichte von *Platyptilia* in der Altlarvenphase durch das Nahrungsangebot stabilisiert zu werden.

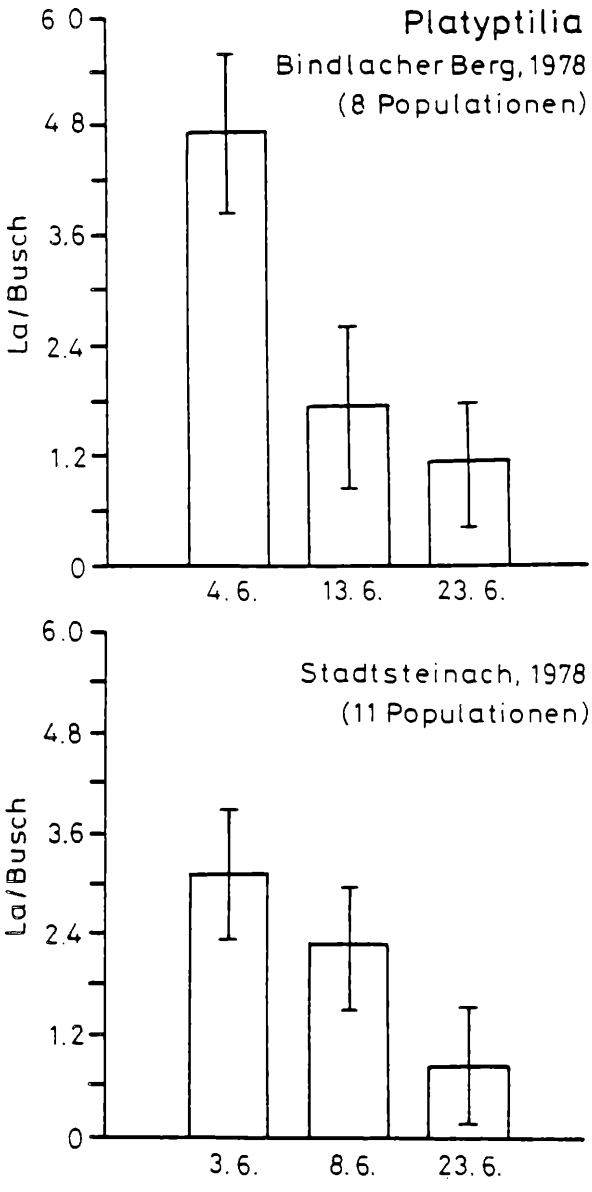


Abbildung 27:

Populationsentwicklung von *Platyptilia rhododactyla* auf markierten Rosenbüschen

Figure 27

Development of populations (June 3 – 23, 1978) of *Platyptilia rhododactyla* on rosebushes

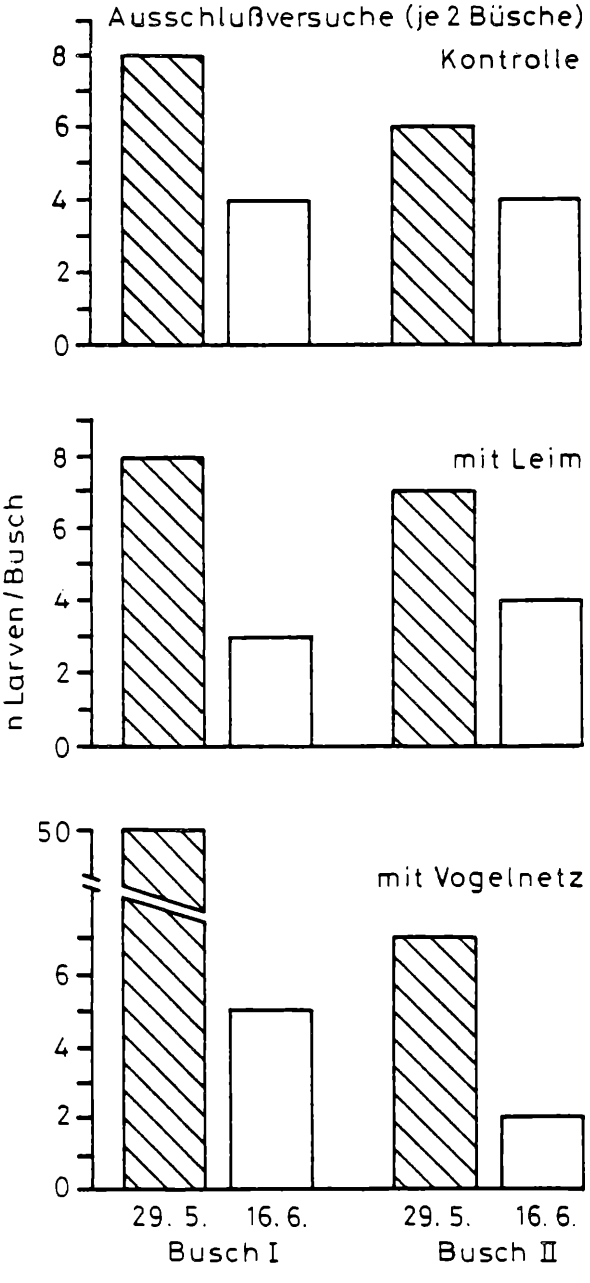


Abbildung 28:

Entwicklung der Dichte von *Platyptilia rhododactyla* – Larven auf zwei Wildrosenbüschen, bei denen Ameisen (mit Raupenleim) bzw. Vögel (mit Vogelnetzen) ausgeschlossen wurden. Ergebnisse des Kontrollversuchs = obere Reihe

Figure 28

Development of the density of *Platyptilia populations* (29 May – 16 June) in exclosure experiments carried out on two rosebushes.
Upper row = control,
middle row = exclosure of ants (tanglefoot)
below = exclosure of birds (nets).
Ordinate = number of Platyptilia larvae/rosebush

4 **Rhagoletis alternata** Fall. (Diptera, Tephritidae)

4.1 Biologie

Die Imagines der Hagebuttenfliegen schlüpfen Anfang Juni und beginnen gegen Ende des Monats mit der Eiablage auf Hagebutten. Die Larven fressen im Fruchtfleisch (= Hypanthium). Ist eine Frucht mit mehreren Eiern belegt worden, so zeigen die *Rhagoletis*-Larven ein antagonistisches Verhalten. In der Regel überlebt dabei nur eine Larve pro Hagebutte, lediglich in großen Früchten kommen zuweilen auch zwei Larven zur Verpuppung. Im Oktober verlassen die reifen Fliegenlarven die Früchte und lassen sich zu Boden fallen, wo die Verpuppung in der Streuschicht stattfindet.

4.2 Parasitenkomplex

Opius magnus (Braconidae):
Die Imagines fliegen im September und belegen die Larven von *Rhagoletis*. Im Puparium des Wirts überwintert die Larve des Parasiten und verpuppt sich erst im Frühjahr. Als Alternativwirt wird *Rhagoletis cerasi* angegeben.

Scambus annulatus Kiss. (Ichneumonidae)
Dieser Ektoparasit belegt im September die Larven von *Rhagoletis*. An der Rose befällt diese polyphage Art auch *Platyptilia rhododactyla* (Anhang IV).

4.3 Populationsdichte

Die Zahl der Altlarven, die sich zu Boden fallen lassen, um sich zu verpuppen, wird mit Hilfe von Schüsseln festgestellt, die mit Pikrinsäure gefüllt sind. Die folgende Tabelle gibt die Larvendichten einiger Gebiete und den Parasitierungsgrad für die Jahre 1978/79 an.

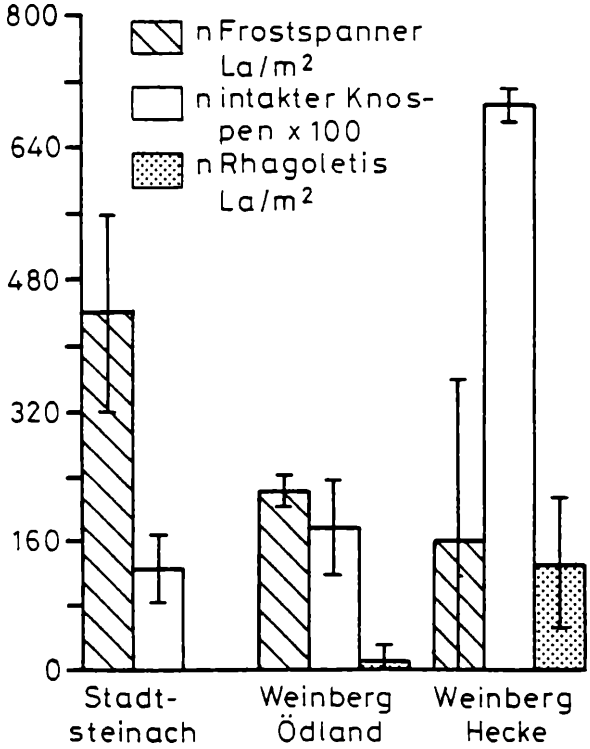
Wie Abb. 29 nahelegt, ist die Zahl intakter Blütenknospen und damit die später im Jahr resultierende Larvendichte von *Rhagoletis* eine inverse Funktion der Dichte der Frostspannerlarven pro m^2. Im Frühjahr 1979 traten Frostspannerlarven in fast allen Beobachtungsgebieten in außerordentlich hoher Dichte auf. Dabei kam es lokal nahezu zum Kahlfraß. Da

Ort	Datum	Anzahl Fallen	x Larven	VB	% Opius	VB	Anzahl sez. Larven	% Scamb.
Stadt-steinach	Okt. 78	6	207	72	1,4	2,1	143	1
Stadt-steinach	79	7	0					
Weinberg Ödland	78	2	12		0		60	0
Weinberg Ödland	79	4	1	2	0		40	0
Weinberg Hecke I	78	3	227	126	10		75	0
Weinberg Hecke II	79	4	118	52	10	9,8	40	0

Die Dichte der Hagebutten pro m^2 schwankte während der Jahre 1978 und 1979 außerordentlich stark:

Stadtsteinach	1978:	160 Früchte/m^2	100 % Befall
	1979:	unter 10	100 % Befall
Weinberg (Ödland)	1978:	15 Früchte/m^2	65 % Befall
	1979:	unter 10	100 % Befall
Weinberg (Hecke)	1978:	190 Früchte/m^2	100 % Befall
	1979:	100 Früchte/m^2	100 % Befall

Da der Befall mit einer Ausnahme bei 100 % lag, bestimmt die jeweilige Hagebutten-Dichte auch die Populationsgröße von *Rhagoletis*.



die Frostspannerlarven beim Knappwerden der Blätter auch die Blütenknospen fressen, ist dieser Schmetterling ein ausgesprochener Nahrungskonkurrent der Hagebuttenfliege.

4.4 Intraspezifische Nahrungs- und Raumkonkurrenz

Da im Durchschnitt in Zuchtversuchen von mehrfach belegten Hagebutten 1,16 *Rhagoletis*-Altlarven pro Frucht schlüpften, wird dieser Wert als Kapazitätsgrenze von Hagebutten für *Rhagoletis*-Larven genommen. Eine Analyse von 9 Populationen zeigte, daß im Gegensatz zu den beiden an Wildrosen auftretenden Wicklerarten *Pardia tripunctana* und *Notocelia roborana* die Eidichte an den Hagebutten fast stets hoch über der Tragefähigkeit des Substrats liegt. Dies ist in

Abbildung 29:

Dichte von *Rhagoletis alternata*-Larven und Frostspanner-Larven im Vergleich zum Angebot intakter Blütenknospen an Wildrosen (1979)

Figure 29

Density of wintermoth larvae/m^2 (hatched columns), undamaged rose flower buds (open columns) and *Rhagoletis* larvae (dotted columns) on wild rosebushes at 3 localities of the observation area (1979)

Abb. 30 dargestellt. Es erfolgt also keine Stabilisierung durch äußere Faktoren auf ein dem Nahrungsangebot angepaßtes Populationsniveau. Als entscheidender Regulationsfaktor kommt das antagonistische Verhalten der Junglarven und die intraspezifische Raum- und Nahrungskonkurrenz ins Spiel.

Zusammenfassung

Die Hagebuttenfliege *Rhagoletis alternata* wurde im Beobachtungsgebiet nur von zwei Parasitenarten befallen, von denen die eine nur ganz ausnahmsweise gezogen wurde und die zweite eine maximale Parasitierung von 10 %, aber nur eine Durchschnittsparasitierung von 7 % erreichte.

Entscheidend für die Populationsgröße der Hagebuttenfliege ist das jeweilige Nahrungsangebot, wobei Frostspannerlarven durch das Zerstören von Blütenknospen als überlegene Nahrungskonkurrenten auftreten können. Da die Eibelegung der Hagebutten hoch über der durchschnittlichen, nahe bei 1 liegenden Kapazität des Nahrungssubstrats für die Larvalentwicklung liegt, erfolgt die Populationsregulierung in erster Linie während der Larvalenwicklung durch ein antagonistisches Verhalten der Larven (intraspezifische Raum- und Nahrungskonkurrenz).

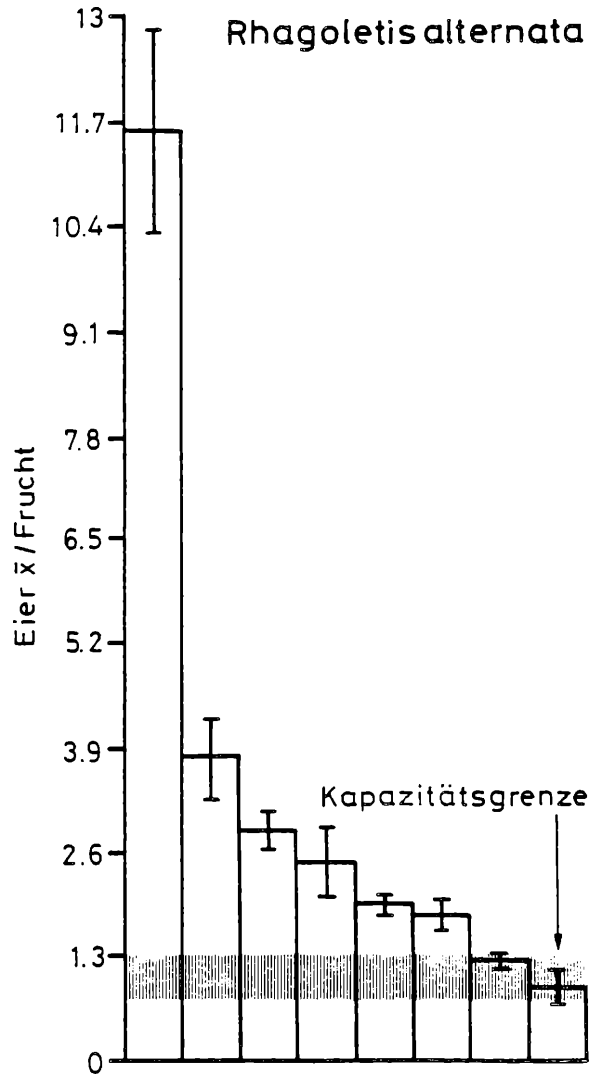


Abbildung 30:

Durchschnittliche Eibelegung (Mittelwert und VB ($p<0.05$)) der Hagebuttenfliege pro Hagebutte bei 8 Freilandpopulationen unseres Beobachtungsgebiets. Das eingezeichnete Band stellt die Kapazitätsgrenze der Hagebutte für Larven der Hagebuttenfliege dar

Figure 30

Mean egg load (with confidence intervals ($p<0.05$)) of *Rhagoletis alternata* on rose hips at 8 localities of our observation area (1978/79). The carrying capacity of rose hips for larvae of *Rhagoletis* is indicated by the grey band

Anhang V

Untersuchungen zum Verhalten, zur Bionomie und zur Populationsdynamik von Yponomeuta padellus (L.) auf der Schlehe

Gerd Heusinger, mit Beiträgen von Roland Fischer

1. Die Schlehe als Wirtspflanze von Y. padellus

1.1 Bedeutung der Schlehe für Hecken und Flurgehölze Nordostbayerns

Für die Hecken und Flurgehölze Nordbayerns ist die Schlehe ein charakteristischer Bestandteil. Die Bedeutung von *Prunus spinosa* L. als Strukturelement kommt vor allem in Jung- und Pionierstadien von Hecken zum Ausdruck. Besonders auf Trockenstandorten bildet sie häufig den Anfang und die Voraussetzung für die Besiedlung durch andere Heckenpflanzen. Im Laufe der Weiterentwicklung von Hecken nimmt der Schlehenanteil ab bis hin zu den Altersstadien, in denen Schlehen meist nur noch im Randsaum auftreten. Dem Konkurrenzdruck der anderen Gehölzarten können sie durch Bildung von Wurzelschößlingen ausweichen, was sich in der Randschleppenbildung mancher Hecken zeigt. Nach einer Rodung erlangen die Schlehen in kürzester Zeit wieder ihre Ausgangsdichte.

Für die Untersuchungen der Phytophagen auf der Schlehe und ihrer verschiedenartigen Wechselbeziehungen zu der Wirtspflanze im Heckenverband wurden pro Untersuchungsgebiet möglichst viele verschiedene Standorttypen einbezogen, um vergleichend die Einflüsse von Kleinklimabedingungen, Pflanzendiversität, Strukturvielfalt usw. abschätzen zu können.

1.2 Wirtspflanzenspezifität von Y. padellus (L.)

Seit der Erstbeschreibung von *Phalaena padella* durch Linné 1758 blieb die taxonomisch-systematische Aufgliederung der Gespinstmotten-Gattung *Yponomeuta* umstritten, besonders im Fall der Arten *Y. padellus* und *Y. malinellus* (Zell.). Nach den neuesten Untersuchungen einer niederländischen Forschergruppe handelt es sich bei den letztgenannten um deutlich getrennte Geschwisterarten, zwischen denen kein genetischer Austausch mehr stattfindet (GERRITSHEYBROEK et al., 1978). Bei *Y. padellus* sind zudem noch mindestens drei, auch auf benachbarten Standorten schon deutlich isolierte Formen zu unterscheiden: je eine auf Schlehe, Weißdorn und Pflaume (MENKEN, 1980). Diese genetisch isolierten Typen zeigen in Wahlversuchen sowohl als Larve als auch als Falter einen hohen Grad an Wirtspflanzenspezifität. Damit liegt hier offensichtlich ein noch nicht beendeter Artenbildungsprozeß vor. Nach Ansicht der o. g. Autoren ist die Schlehe als die ursprüngliche Futterpflanze der Ausgangsform anzusehen.

In ihrer Häufigkeit treten die einzelnen *Y. padellus*-Formen entsprechend der relativen Anteile ihrer bevorzugten Wirtspflanzen in Hecken auf. In nordbayerischen Naturhecken mit deutlich vorherrschendem Schlehenanteil kommt es auf Schlehe häufig zu Kahlfraßkalamitäten, während Gespinste der *Crataegus*-Rasse relativ selten sind. In den Niederlanden sind entsprechend der dominierenden *Crataegus*-Anteile der Hecken umgekehrte Verhältnisse zu finden (Dijkerman, mündlich). In unserem Untersuchungsgebiet wurde außerdem deutlich, daß die verschiedenen Weißdornarten, -rassen und Bastardformen unterschiedlich besiedelt wurden.

Auf Pflaume und Zwetschge wurden hier nur selten Gespinste von *Y. padellus* gefunden, wobei es sich dabei um Nachkommen der Schlehen-Rasse handeln dürfte. Hierfür spricht, daß

1. die wenigen Fundorte in Schlehengebieten mit alljährlicher Kahlfraßbelastung lagen,
2. in den 5 im Freiland kontrollierten Gespinstkolonien eine nahezu vollständige Mortalität der Larven zu beobachten war,
3. in Laborzuchten aus keinem der Gespinste normal große Falter schlüpften.

2. Besondere Verhaltensweisen, Bionomie und Phänologie von Y. padellus

Nach Beendigung der im Freiland ca. 14-tägigen Puppenruhe schlüpft etwa ab der 1.–3. Juli-Woche eine neue Faltergeneration von *Y. padellus*. Die gesamte Flugperiode der Falter dauert ca. 5–6 Wochen, wobei die Zahl der Falter zum Ende dieser Zeit hin stark abnimmt (Abb. 31). Im Labor wie im Freiland schlüpfen die ♂ vor den ♀. Das Geschlechtsverhältnis der schlüpfenden Falter ist ausgeglichen. Nach Erreichen der eigentlichen Fortpflanzungsreife werden die ♂ sehr flugaktiv auf der Suche nach paarungswilligen ♀ (hohe Fangzahlen bei Lichtfang).

Die ♀ ihrerseits suchen aktiv die für ihre Nachkommenschaft geeigneten Futterpflanzen auf. Hierbei orientieren sie sich an spezifischen Duftstoffen ihrer Wirtspflanzen (z. B. Prunasin: Schlehe), die sie mit Hilfe besonderer Rezeptoren auf den Antennen wahrnehmen können (PERS, 1978). Der größte Teil der ♀ verläßt die nähere Umgebung ihres Schlupfortes nicht. Sie besetzen auf den Pflanzen Reviere in mindestens 20 cm Abstand zum nächsten ♀. Diese Abstände sichern der Nachkommenschaft die für eine erfolgreiche Entwicklung notwendigen Ressourcen. Zu hoher Besatz durch konkurrierende ♀, wie er in Gradationsgebieten häufig ist, oder die höhere Attraktion von kleinklimatisch günstig gelegeneren Wirtspflanzen können zu größeren Ortswechseln der ♀ führen.

Durch Abgabe von speziellen Sexualpheromonen locken die paarungswilligen ♀ die männlichen Falter an. Das gesamte Paarungsverhalten (Pheromonabgabe der ♀, Anflugaktivität der ♂, Kopulation) ist stark witterungsabhängig, Voraussetzung sind Temperaturen über 12°C, in der Zeit von 1.00 bis 4.00 Uhr nachts.

Unter günstigen Witterungsbedingungen findet man die ersten Gelege bereits 8–9 Tage nach dem Schlupf

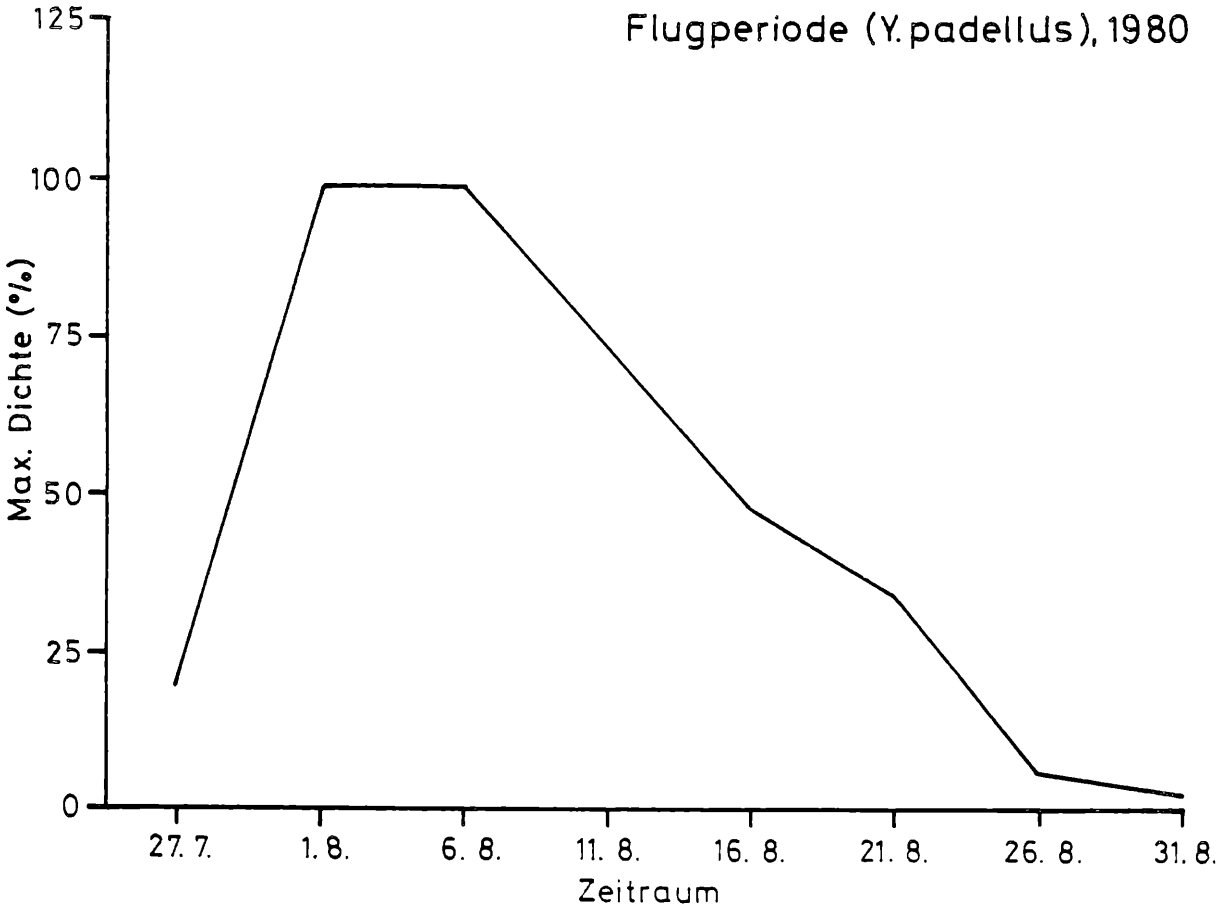


Abbildung 31:

Auftreten von *Yponomeuta padellus* in Lichtfängen und Klopfproben

Figure 31

Records of adult *Yponomeuta padellus* (standard sampling program and light traps). Ordinate = relative abundance

der ersten Falter, im Labor (20°C, Langtag) bereits schon nach 6 Tagen. Ungünstige Witterung kann die Eiablage stark verzögern.

Nach Sektionsbefunden von Tieren aus Laborzuchten legen die ♀ nur 70–80 % der in den Ovarien nachweisbaren 180–240 Eier ab, wobei sie diese auf 3, selten bis 5 Gelege verteilten. Im Freiland ist aber unter der Einwirkung verschiedener Mortalitätsfaktoren auf die ♀ im Durchschnitt nur mit 1 Gelege pro schlüpfendem ♀ zu rechnen (bei einer mittleren Anzahl von 50 Eiern pro Gelege). Die Eier werden meist an ausgereifte Frühjahrstriebe desselben Jahres oder an Knospen- oder Kurztriebansätze von Vorjahrestrieben abgelegt.

Etwa 3 Wochen nach der Eiablage schlüpfen die Eiräupchen und zerfressen die Eihüllen bis auf die dichtgefügte Oberseite des Geleges (Eischild), unter dem sie in Diapause überwintern. Erst nach Beendigung der Winterruhe, in Oberfranken 1977–81 in der Zeit von Anfang bis Ende April (ca. 1–2 Wochen vor der Schlehenblüte), verlassen sie den Eischild, um einen bis zu 5–10 cm entfernten Blütenknospenansatz oder eine Triebknospe aufzusuchen, in denen sie minieren.

Tab. 15 vermittelt einen Eindruck des Entwicklungsverlaufes von *Y. padellus*, wobei die Dauer einzelner Stadien durch ungünstige Witterungsbedingungen ± stark verlängert werden kann (s. Tab. 16, Phänologie in den verschiedenen Jahren).

Auffälligste Verhaltensmerkmale der *Yponomeuta*-Raupen sind in dem Gruppenleben und dem Gespinst-

Tabelle 15

Beschreibung und Dauer der Entwicklungsstadien von *Yponomeuta padellus* L. auf Schlehe (Freiland)

Stadium	Dauer (Tage)	ab ... im Freiland	Größe (mm)	Färbung	Gespinst Ø (cm)
Ei	14 – 21	Mitte Juli	0,8	gelb – rot	0,8 (Gelege)
L_I	Überwinterung	August	1	gelb	0,8 (Eischild)
L_{II}	8 – 14	1.–2. Woche Mai	2 – 3	gelb	2
L_{III}	8 – 14	3. Woche Mai	3 – 5	hell (punktiert)	3 – 5
L_{IV}	8 – 10	Anfang Juni	6 – 10	hellgrau	4 – 10
L_V	6 – 12	Mitte Juni	10 – 16	gr. + schw. Warzen	7 – über 20
Puppe	14 – 30	Ende Juni	8 – 11	gelb, schwarz	Verpuppungsgesp.
Falter	4 – 6 Wochen	Anfang Juli		weiß + schw. Pkt.	

Tabelle 16

Phaenologische Daten von *Yponomeuta padellus* L. auf Schlehe (1977 – 1981)
Entwicklungsstadien: (jeweils erster Beobachtungstermin im Freiland)

Jahr	in Knospe ab:	Blüte Schlehe:	L_{II} ab:	L_{III} ab:	L_{IV} ab:	L_{V} ab:	Puppe ab:	Falter von – bis
1977	23.4. –	4.5. –	14.5. –	22.5. –	2.6. –	11.6. –	20.6. –	11.7. – 11.8.77
1978	?	18.4. –	11.5. –	24.5. –	1.6. –	8.6. –	18.6. –	18.7. – 18.8.78
1979	1.5. –	14.5. –	?	22.5. –	31.5. –	10.6. –	20.6. –	5.7. – 13.8.79
1980	26.4. –	5.5. –	?	20.5. –	4.6. –	15.6. –	27.6. –	25.7. – 30.8.80
1981	?	11.4. –	6.5. –	20.5. –	1.6. –	7.6. –	13.6. –	1.7. – 30.8.81

bau zu sehen. Die Gespinste halten die Gruppen zusammen und bieten Sicht- und Fraß-Schutz vor Feinden. Bei Zerstörung des Eischildes spinnen die Eiräupchen ein dichtes Kleingespinst, das ihnen bei der Überwinterung Schutz vor Witterungseinflüssen bietet. Nach Beendigung der Minierphase bei Blattaustrieb verspinnen sie Jungblätter zu einer geschlossenen Blatt-Gespinsttüte, in deren Inneren sie fressen. Auch hier überwiegt die Witterungsschutzfunktion des Gespinstes. Im weiteren Verlauf der Entwicklung werden die Gespinste ständig vergrößert und erreichen im 5. Larvenstadium, der Hauptfraß- und Wachstumsperiode, ihren größten Umfang. Die Größe eines Gespinstes ist im Einzelfall von der Gruppengröße abhängig. Eine optimale Größenordnung erreicht ein Gespinst wohl immer dann, wenn einerseits noch ausreichend Nahrung verfügbar ist und andererseits die notwendig werdenden Gespinstreparaturen noch durchführbar sind.

Innerhalb der unterschiedlich großen Raupenkolonien (ca. 30 Tiere im Durchschnitt über die gesamte Larvalperiode) laufen die einzelnen Aktivitäten gleichzeitig nebeneinander ab. Während einige Individuen fressen, meist in Fraßgruppen (je nach Koloniestärke 3–15), andere ruhen oder sich im geschützten Zentrum des Gespinstes häuten, reparieren andere das Gespinst. Andere, oft in Gruppen von 3–5 Individuen, vergrößern das Gespinst, indem sie es als »Kundschafter« in geeigneter Richtung verlassen und ein lockeres Spinnfadengerüst über weitere Blätter der Wirtspflanze legen, das von anderen Raupen sukkzessive verdichtet wird. Innerhalb der Kolonie kommt es im Laufe der Entwicklung zu uneinheitlicher Altersklassenzusammensetzung. Das führt dann dazu, daß sich die Mehrzahl der Individuen einer Kolonie bereits – einzeln oder in Gruppen – im Schutz des Gespinstzentrums verpuppt haben und dem Einfluß verschiedenster Gefahrenquellen also reaktionsunfähig ausgesetzt sind, während andere noch aktiv kleine Gespinstreparaturen durchführen können.

Im Gegensatz zu den ausgesprochenen »Wächterraupen«, wie sie von *Y. evonymellus* (L.) oder *Y. cagnagellus* (Hüb.) bekannt sind, verpuppen sich bei *Y. padellus* auch diese letzten Raupen einige Tage später und entwickeln sich zu normalen Faltern.

Bei direkter Bedrohung ziehen sich die Raupen in das Gespinstzentrum oder in besonders geschützte Randbereiche zurück. Im 4. und 5. Larvenstadium fliehen sie bei starker Erschütterung aus dem Gespinst, bleiben mit ihm aber durch einen Fangfaden verbunden, an dem sie sich dann zurückorientieren können. Abwanderungen treten öfters bei Regenwetterperioden gegen Ende der Larvalperiode auf, wobei die Raupen das Gespinst verlassen und sich auf anderen Substraten (oft Nicht-Futterpflanzen) verpuppen. (In den Niederlanden ist dieses Abwandern von *Y. padellus* auf *Crataegus* regelmäßig zu beobachten, ohne daß direkte Zusammenhänge mit Außenfaktoren erkennbar wären (HEREBOUT, 1975). Daneben kommt es bei Kahlfraß aus Futtermangel oft zum Abwandern ganzer Kolonien.

3. Untersuchungen zur Populationsdynamik der Gespinstmotte auf verschiedenen Standorten

3.1 Untersuchungsmethoden und Vergleichsstandorte

Methodik

Bei den Untersuchungen zur Populationsdynamik von *Y. padellus* wurden von allen deutlich zu unterscheidenden Entwicklungsphasen in gewissen Zeitabständen Proben eingesammelt bzw. markierte Gespinste kontrolliert. Ein Teil der Tiere aus den Proben wurden seziert, andere in Zucht genommen. Dadurch konnte der Beginn von Parasitierungen und das Auftreten von Multi-, Super- oder Hyperparasitierung nachgewiesen werden. Zur genaueren Abschätzung von bestimmten Räubereinflüssen wurden außerdem gezielte Ausschlußexperimente durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden nach Einzelstandorten getrennt zu »Lifetables« nach dem Vorbild von VARLEY et al., (1973), (Berechnung von k-Faktoren) zusammengestellt. Dieses Verfahren ermöglicht eine Beurteilung der Mortalitätsfaktoren innerhalb einer Population, aber auch den Vergleich der entsprechenden Faktoren in verschiedenen Populationen.

Untersuchungsgebiete

Zur besseren Einschätzung der Einflüsse abiotischer Faktoren wurden möglichst typische Ausprägungen verschiedener Schlehenstandorte in die Untersuchungen einbezogen. Als Unterscheidungskriterien dienten dabei Lage, Umgebung, Nutzung und Ausprägung der Bestände. Alle regelmäßig kontrollierten Gebiete liegen im Umkreis von 25 km um Bayreuth. Daneben wurden aber noch Einzelstandorte in klimatisch besonders günstigen Gebieten außerhalb dieses Bereiches zur Klärung von Einzelfragestellungen einbezogen. Solche Bereiche wurden nur jeweils 2 bis 3-mal in jeder Saison kontrolliert. Eine Auswahl von charakteristischen Standorten zeigt Tabelle 17. Diese Standorte wurden für die k-Wert-Analysen herangezogen.

3.2 Wirkung von Klimafaktoren auf Y. padellus

Nach Untersuchungen von PAG (1959) zur Reaktion von Gespinstmotten auf unterschiedliche Tem-

Tabelle 17

Typische Kontrollstandorte

Bez.	Exp.	Umgebung	Nutzung	Bestand
1. Öd 2	S	Niederwald, Wiese	keine	flächig, kniehoch
2. Öd 2	NW	Niederwald, Wiese	ext. Weide	flächig, kniehoch
3. Öd R	SW	Niederwald, Ödland	keine	Randbüsche
4. WieFl	SW	Wiesen	2 Mahden	50 % Schlehe, Hecke
5. Feld	S	Ackerland	Getreide	50 % Schlehe, Hecke
6. Mix I	S	Wiese, Acker	Getreide	70 % Schlehe, Hecke
7. Mix T	NW	Wiese, Acker	Getreide	80 % Schlehe, Hecke
8. Std	O	Ackerland	Getreide, Hackfr.	80 % Schlehe, Hecke
9. Obg	S	Ackerland	Getreide, Mais	40 % Schlehe, Hecke
10. Str. I	S	Acker, Straße	Mais, Getreide	70 % Schlehe, Böschung

peratur- und Feuchtebedingungen können diese unter den vorherrschenden Klimaeinflüssen in Mitteleuropa auf allen Standorten der Futterpflanzen auftreten. Auf einzelne Populationen bezogen können klimatische Einflüsse jedoch durchaus von weitreichender Bedeutung sein. Es sollen hier die Einflüsse von Temperatur und Feuchtigkeit diskutiert werden:

– Feuchtigkeit

Während die Luftfeuchteänderungen unter Freilandbedingungen ohne wesentlichen Einfluß bleiben, wirken sich Niederschläge schon einschneidender auf die *Yponomeuta*-Populationen aus. Mechanische Zerstörung der Gespinste (vor allem bei Hagel), erhöhte Anfälligkeit gegenüber Infektionen *(Sporozoen, Mermithiden,* s. u.) und deutliche Verhaltensbeeinflußung (Fraßunlust, Abwanderungen etc.) sind die unmittelbare Folge anhaltender Niederschlagsperioden auf die Larvenstadien. Doch auch auf die Imagines dürften sich längere Regenperioden, vor allem während der für die weitere Populationsentwicklung wichtigen Reproduktionsphase, ungünstig auswirken (z. B. Beeinträchtigung des Flugverhaltens, der Partnerfindung, Nahrungsaufnahme etc.).

– Temperatur

Die Widerstandsfähigkeit gegenüber kurzfristig einwirkenden Temperaturbedingungen ist bei den *Y. padellus*-Stadien bemerkenswert groß (PAG, 1959).

Extreme Wintertemperaturen z. B. wirken sich nicht nachweisbar mortalitätsfördernd auf die überwinternden Raupen aus. Auch Spätfröste im Frühjahr führten zu keiner Mortalität. Der Entwicklungsnullpunkt liegt ziemlich niedrig (bei 5^0C waren im Labor noch Larven freßaktiv). Die vorherrschenden Temperaturbedingungen wirken sich in erster Linie direkt auf die Dauer der einzelnen Stadien aus. So spiegeln die phänologischen Daten von *Y. padellus* von 1977–81 weitgehend die Witterungsabläufe der Jahre wieder (s. Tab. 16). Lange ungünstige Temperaturbedingungen führen zu Entwicklungsverzögerungen. Damit sind die einzelnen Stadien, vor allem das reaktionsunfähige Puppenstadium, der Einwirkung der verschiedenen Feinde länger ausgesetzt.

Entwicklungsverzögerungen während der Puppenruhe führen zu einem bis zu 4 Wochen späteren Schlüpftermin der Imagines. Bei einer Flugzeit von 4–6 Wochen fällt dann die Eiablageperiode zumindest zeitweilig unter ungünstige Klimaphasen. Für die Auslösung des Paarungsverhaltens (s. o.) sind bestimmte Schwellentemperaturen (über 12^0C zwischen 1.00–4.00 nachts) notwendig. Für einen starken Falterflug sind Temperaturen deutlich über den Schwellenwerten vonnöten. Nur solche Bedingungen können zur optimalen Nutzung der Eiablagekapazität führen, eine Beeinträchtigung führt unmittelbar zu einer Minderung der Nachkommenzahl.

Diese Temperaturabhängigkeit des gesamten Paarungsverhaltens äußert sich in einer deutlichen Bevorzugung von lokalklimatisch günstigen Habitaten. Die südexponierten Ödlandlagen bieten mit ihrem konstant hohen Gespinstmottenbesatz das beste Beispiel dafür, da hier offensichtlich besonders günstige Konstellationen von flächigem Bewuchs und hoher Einstrahlung vorliegen (s. a. GEIGER, 1961).

3.3 Bedeutung biotischer Faktoren

3.3.1 Prädatoren

Die meisten Literaturangaben bezüglich der verschiedenen biotischen Mortalitätsfaktoren von *Y. padellus* enthalten zwar Auflistungen von Parasitoiden, Prädatoren dagegen und ihr Einfluß bleiben meist unberücksichtigt oder werden nur vereinzelt behandelt. So findet man im Parasitenkatalog von THOMPSON als Prädatoren von *Y. padellus* nur 1 Ameisenart und 2 Sarcophagiden. Nur DE GROOT und VAN DER ZON (1973) und BEIRNE (1943) versuchen, den Anteil räuberischer Organismen an der Gesamtmortalität von *Y. padellus* genauer zu quantifizieren.

Diese Lücken im Kenntnisstand sind u. a. darauf zurückzuführen, daß Räuber in ihrer Wirksamkeit auf bestimmte Beutepopulationen wesentlich schwerer zu erfassen sind als Parasitoide, die meist spezialisiert in allen Gebieten auf ihre Wirte angewiesen sind und auf diese einwirken. Die meisten Prädatoren sind polyphag, sind also selten von nur einer Beuteart abhängig. Je nach Angebot wird der Räubereinfluß stark von lokalen Gegebenheiten geprägt. Besondere Verhaltensweisen, wie z. B. Revierverhalten, verhindern zudem oft, daß in sensiblen Phasen der Beutepopulation der Räuberdruck erhöht wird, womit eine wesentliche Regulierung der Beutepopulation ausbleibt.

Eine Abschätzung des Räubereinflusses wird zudem noch erschwert, weil Raubfeinde von *Y. padellus* gleichzeitig auch wichtige Mortalitätsfaktoren der Parasitoide darstellen, sie also gleichzeitig die Gegenspieler der Gespinstmotten beeinflussen.

Tabelle 18

Einfluß von Prädatoren auf die verschiedenen Entwicklungsphasen von *Y. padellus* L.

	Entwicklungsphasen					Anteil an Gesamtmortalität	
	Eiphase (Gelege)	Jung-larven	Alt-larven	Puppen	Falter	ermittelt	nach Lit.
Prädatoren							
Vögel							
Star, Laubsänger Meisen ?, Finken	*	+	++	+	+	1(-90%?)	66% (-95%)
Heteroptera:							
Anthocoridae (z.B. *Anthocoris memorum*)	++	*				1 % –	?
Miridae (*Atractotomus mali, Heterocordylus sp.* u.a.)		*	++	+++		1-5% (-70%)	5 %
Pentatomidae (*Pricromeris bidens*)		*	++	+	*	1 %	—
Hymenoptera							
Formicidae (*Formica pratensis* u.a.)		*	+	+++	*	(1 - 98%)	30 %
Parasitoide (z.B. *Pimpla, Itoplectis*)			*	++		?	—
Diptera							
Sarcophagidae (*Agria mamillata*)			+	+		0,1 %	-20 %
Arachnida					++	?	—
Sonstige							
(Coleoptera, Panorpa, Chrysopidae, Dermaptera)				+		?	—

Zeichenerklärung: * festgestellt aber selten
+ gelegentlich, aber unter 0,5 %
++ regelmäßig nachweisbar, unter 1 %
+++ stets nachweisbar, über 1 % – (): Höchstwert Einzelstandorte

3.3.2 Vögel

Für BEIRNE (1943) und DE GROOT et al. (1973) sind Vögel sehr wichtige oder sogar die wichtigsten Gegenspieler von *Y. padellus*. Direktbeobachtungen werden nur am Rande erwähnt und beziehen sich auf Fitis, Meisen und Stare. Ein sicherer Nachweis der Nahrungsspektren kann z. B. über die Kontrolle der Nestlingsnahrung von Vögeln erfolgen. So erwähnt RIESS (1976) *Yponomeuta*-Larven im Futterspektrum der Nestlinge von Heckenvögeln. Nach REICHHOLF (1972) lehnten aber verschiedene Vogelarten Gespinstmotten als Futter ab.

In eigenen Untersuchungen wurden durch Ausschlußversuche mit Hilfe von Vogelnetzen Hinweise auf die Einwirkungen von Vögeln gewonnen. Ein wesentlicher Anteil an der Gesamtmortalität wurden nur bei einer Randhecke zu einem Altbaumbestand ermittelt: unter den Vogelnetzen gelangten 30 %, außerhalb nur einzelne Larven zur Verpuppung. In anderen Gebieten konnte in allen Jahren an markierten Gespinsten und selektiven Ausschlußversuchen nur eine Raubeinwirkung der Vögel unter 1 % der Gesamtmortalität nachgewiesen werden (s. Tab. 18). Bei der Intepretation dieser Befunde sollte berücksichtigt werden, daß in den Biotopen mit Dichteschwerpunkten von *Y. padellus*, wie Ödländern oder Junghecken, die Vogelformen (z. B. Höhlenbrüter), die als potentielle Räuber der Gespinstmotten anzusehen sind, fehlen oder nur in geringer Dichte auftreten. Die Haupteinwirkung der Vögel erfolgt im letzten Larvenstadium. In dieser Phase wandern Raupen zur Verpuppung ab oder verlassen das Gespinst bei Störungen. Eine Mortalitätsabschätzung wird dadurch leicht fehlerhaft. Eine Beurteilung wird zudem noch dadurch erschwert, als neben der direkten eine indirekte Einwirkung der Vögel auf die Gespinstmotten berücksichtigt werden muß. Durch Beschädigung oder Zerstörung der Gespinste in Phasen geringer oder fehlender Reparaturtätigkeiten (z. B. bei Junggespinsten oder im Puppenstadium) kann die Einwirkungsmöglichkeit anderer Feindorganismen stark gefördert werden.

3.3.3 Heteroptera

In unserem Untersuchungsgebiet sind mit fließenden Übergängen untereinander bei den als Räuber von *Y. padellus* nachgewiesenen Wanzen 3 Gruppen zu unterscheiden (s. Tab. 13).

In der Ei- und Jungraupenphase von *Y. padellus* treten Anthocoriden (meist *Anthocoris nemorum* L.) als Raubfeinde in Erscheinung. Sie erreichen keine große Wirksamkeit und treten nur lokal in geringer Dichte auf.

Ebenfalls begrenzt wirksam und nur auf klimatisch günstigen Standorten war die Pentatomide *Picromerus bidens* (L.) nachzuweisen. Sie greift größere Larven und Puppen an. Meist tritt sie in Gruppen bis zu 15 Individuen auf. *P. bidens* durchläuft oft ihre gesamte Entwicklung im Gespinst von *Y. padellus*.

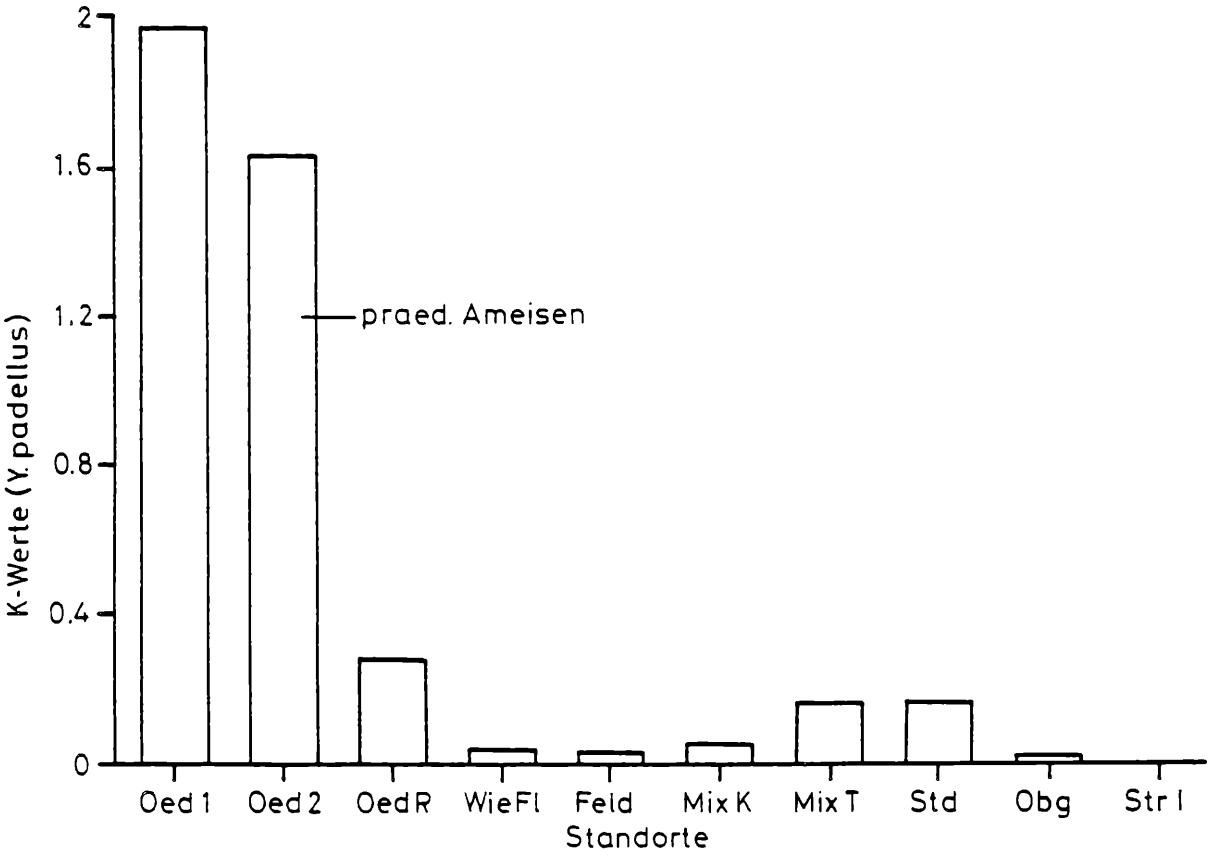


Abbildung 32:

Durch Ameisen auf verschiedenen Standorten bei *Y. padellus* verursachte Larven-Puppen-Mortalität (dargestellt in logarithmischer Skala (k-Wert))

Figure 32

Mortality of *Y. padellus* larvae and pupae by ants. Ordinate = mortality in k-values (logarithmic scala), abscissa = different localities of the observation area

Die artenreichste und wirksamste Gruppe setzt sich aus Miriden zusammen. Sie saugen Larven, insbesondere aber Puppen aus. Am häufigsten waren *Atractotomus mali* M. D. und *Heterocordylus tumidicornis* H. S. vertreten. Vereinzelt wurden noch *Deraeocoris ruber* L., *Heterotoma meriopterum* L. und andere Miridenarten nachgewiesen. Im Vergleich zu anderen Mortalitätsfaktoren wirkt der Einfluß der Heteropteren sowohl auf Grund der Populationsschwankungen von Jahr zu Jahr wie auch der Dichteunterschied zwischen den einzelnen Standorten am uneinheitlichsten (HEUSINGER, 1981). Ein Vergleich der verschiedenen Biotope zeigt, daß die Wanzen ihren Wirkungsschwerpunkt in echten Hecken zwischen Feldern und Wiesen erreichen. In diesen Gebieten werden sie oft zu den wirksamsten Prädatoren von *Y. padellus* und können über 20 % der Gesamtmortalität verursachen.

Alle hier nachgewiesenen Heteroptera-Arten gelten im Integrierten Pflanzenschutz als wichtige Faktoren für die Begrenzung von Blattläusen und Spinnmilben im Obstbau (FAUVEL, 1976). Nach Ergebnissen unseres Klopfprobenprogramms wandert *Atractotomus mali* nach dem Schlüpfen von *Y. padellus* auf Pflanzen mit Massenvorkommen von Psyllen ab. Diese Miride wurde außerdem in viel höherer Dichte bei *Y. malinellus* auf Apfelbäumen nachgewiesen als in benachbarten, deutlich größeren Kolonien von *Y. padellus*. (Danach könnte *Y. padellus* für *A. mali* nur eine Ausweichbeute gegenüber seiner Hauptbeute *Y. malinellus* sein).

3.3.4 Formicidae

Dieser Gruppe von Raubfeinden kommt vor allem in den weitgehend natürlichen Standorten von *Prunus spinosa* eine wichtige Rolle zu. Auch die Untersuchungen von DE GROOT und VAN DER ZON (1973) wurden in Ödlandbiotopen mit natürlichem Aufwuchs von *Crataegus* durchgeführt und dabei wurde ein Mortalitätsmittel von 30 % durch *Formica rufa L.*, bzw. *Formica polyctena* Först festgestellt. Neben diesen beiden Arten nennen die Autoren noch *Lasius niger* L. als Gelegenheitsräuber. Bei unseren Untersuchungen treten neben der wichtigsten Art, *Formica pratensis* Deg., noch *Formica polyctena, Lasius niger* und 2 bis 3 Kleinameisenarten als Raubfeinde von *Y. padellus* auf.

Unter günstigen Bedingungen vernichten die Fouragiertrupps von *F. pratensis* nahezu den gesamten Bestand an *Y. padellus*-Puppen (Abb. 32). In den Heckengebieten tritt diese Ameisenart nur auf, wenn die Pflanzenbestände auf trockenen Standorten stehen, lockerwüchsig sind und die Hecke genügend breit ist.

Bedingt durch die hohe Wärmebedürftigkeit der Ameisen hängt der Ameisenraub sehr stark vom Wetter ab und schwankt entsprechend von Jahr zu Jahr (HEUSINGER, 1981). Die Ameisen nehmen hauptsächlich die Puppen von *Y. padellus* als Beute, da sie es nur in Ausnahmefällen schaffen, in intakte, noch freßaktive Kolonien einzubrechen. Es kommt gelegentlich

sogar vor, daß sich Ameisen aus solchen Gespinsten nicht mehr befreien können und verenden. Durch ihr aggressives Verhalten und meist gehäuftes Auftreten können Ameisen direkt oder indirekt auch den Wirkungsgrad der Parasitoide stark beeinträchtigen.

Die Haupteinflußgebiete von *Formica pratensis* sind nach bisherigen Befunden auch Vorzugsgebiete von *Y. padellus*, was zur Folge hat, daß dieses Gebiet trotz alljährlich hoher Ausfälle jedes Jahr wieder besonders dicht mit Gespinsten besetzt sind. Der Zuzug erfolgt dabei aus den weniger belasteten Randgebieten der Ödländer oder von nahe gelegenen Hecken in der Feldflur.

3.3.5 Weitere Prädatoren aus verschiedenen systematischen Gruppen

Neben den Ameisen treten aus der Ordnung der Hautflügler auch in geringem Maße Ichneumoniden und Chalcidoidea als Prädatoren auf. Besonders die Puppenparasitoide sind dafür bekannt, daß sie gelegentlich ihre Wirtstiere nur anstechen und die austretende Körperflüssigkeit auflecken.

Für die meisten *Yponomeuta*-Arten wird in der Literatur *Agria mamillata* Pand., eine Sarcophagide, als regelmäßig vorkommender Gegenspieler erwähnt. Eine Larve dieser Fliege benötigt 5–8 Gespinstmottenpuppen im Laufe ihrer Entwicklung. Da die Art zudem univoltin und nach Angaben von BAER (1921) auf die Gattung *Yponomeuta* spezialisiert ist, besitzt sie an sich gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Stabilisierung ihrer Wirte. Der Mortalitätsanteil bei *Y. padellus* war allerdings in unserem Untersuchungsgebiet bislang vernachlässigbar gering, auch in ihrer Bedeutung für den integrierten Pflanzenschutz bleiben Auswirkungen auf die *Yponomeuta*-Arten beschränkt.

Bei den folgenden Arten ist oft nicht sicher festzustellen, ob sie nur bereits geschädigte *Yponomeuta*-Puppen anfressen und deshalb eigentlich gar nicht zu den Predatoren gerechnet werden dürften.

So trifft man besonders gegen Ende der Puppenphase häufig Skorpionsfliegen in den Gespinsten beim Anfressen von Puppen. Diese Tiere bewegen sich recht geschickt in den Gespinsten und fressen bis zum Schlüpftermin meist mehrere Puppen an bzw. aus. Zwar gelten die *Panorpa*-Arten allgemein als Verzehrer von toten Arthropoden, aber im Falle von *Y. padellus* wird sicher auch ein Teil noch schlüpffähiger Puppen ausgefressen. Ganz sicher noch intakt waren aber die Puppen, die wie beobachtet von Florfliegenlarven ausgesaugt wurden. Diese Blattlausfresser greifen aber wohl nur selten Puppen von *Y. padellus* an. Große Ausnahme dürfte auch durch Käfer (z. B. *Canthariden)* bzw. Käferlarven (z. B. *Coccinellidae)* bedingte Mortalität sein.

Zu erwähnen sind noch Spinnen als Raubfeinde der Falter. Vor allem gegen Ende der Flugphase findet man vereinzelt Falter in Netzen von Baldachinspinnen. Nach NYFFELER (1981) spielen Schmetterlinge im Beutespektrum von netzbauenden Spinnen allgemein eine untergeordnete Rolle. Wie eigene Beobachtungen von flüchtenden Faltern bestätigen, können sich intakte Falter regelrecht durch die Fangnetze hindurch gleiten lassen. Die Flügelschuppen dienen dabei als Gleitmittel und die Apikaldornen der Extremitäten als Abstoßhilfen. Bei den Fangnachweisen gegen Ende der Saison handelt es sich meist um abgeflogene und vermutlich geschwächte Tiere.

3.3.6 Parasiten und Krankheiten

Infektionen durch **Gregarinen, Mermithiden** und **Pilze** treten vor allem bei langanhaltenden Feuchteperioden und besonders in Biotopen mit hoher Luftfeuchte auf.

Bei den Untersuchungen von BEIRNE (1943) erwies sich ein Anteil von bis 30 % der gesammelten Larven mit **Gregarinen** infiziert. Nach den Ausführungen des Autors scheint aber nur ein gewisser Anteil dieser Infektionen zum Absterben von Larven geführt zu haben. Bei einem Mortalitätsanteil von 10 % nennt BEIRNE diese Protozoen nächst den Vögeln als wichtigen Mortalitätsfaktor für seine *Y. padellus*-Populationen.

Auch bei unseren Sektionen von *Y. padellus*-Larven wurden gelegentlich **Gregarinen** gefunden. Die dadurch bewirkte Mortalität, soweit nachweisbar, lag aber deutlich unter den Werten von BEIRNE (1943).

Die vereinzelten Nachweise von **Mermithiden** stammen ebenfalls aus den Sektionen. Auch in diesem Fall scheint nicht immer der Tod des befallenen Tieres die Folge einer Infektion zu sein. Bei allen Sektionsbefunden war aber eine starke Beeinträchtigung der Wirtsgonaden feststellbar und damit auch bei Überleben der Tiere eine Verminderung der Reproduktionsfähigkeit zu erwarten. Befallsnachweise traten meist gehäuft in einzelnen Gespinsten auf.

Eine ähnliche Befallsverteilung war auch bei den Infektionen durch *Pilze* zu verzeichnen. Nach den wenigen Beobachtungen zu schließen, treten solche Infektionen besonders in der Freßphase des fünften Larvenstadiums auf und führen innerhalb weniger Tage zum Tod des betreffenden Tieres. Besonders in engen Zuchtgefäßen besteht aber im Vergleich zu normalen Freilandbedingungen eine erhöhte Infektionsgefahr.

4. Der Parasitoidenkomplex von Y. padellus – Aufbau und Bedeutung des Gesamtkomplexes

Für die Zusammenstellung in Tabelle 19 und Abb. 33 wurden neben FRIESE (1963), PAG (1959), HERTING (1960), NIKOLSKAYA (1952) und TELENGA (1955) vor allem die Angaben aus dem Parasitenkatalog des C.I.B.C. (THOMPSON, 1953–1958) zugrunde gelegt. Dort sind die ermittelten Parasitoid-Arten entsprechend ihrer Familienzugehörigkeit aufgelistet. Außerdem wurden in diese Tabelle noch Zusatzinformationen wie die Anzahl der neben *Y. padellus* bekannten Wirtstierarten, die Anzahl der sicheren Literaturnachweise, der Parasitierungsmodus und Eigennachweis aus Zuchten von *Y. padellus* auf Schlehe eingebracht.

Es muß damit gerechnet werden, daß in dieser Tabelle noch Synonyme und Fehlbestimmungen enthalten sind. Das dürfte aber nur Arten betreffen, für die bislang lediglich Einzelnachweise vorliegen. Zur Veranschaulichung wurden die Daten aus Tabelle 14 in Abb. 33 je nach Häufigkeit von Zuchtnachweisen in 3 Gruppen angeordnet. Die erste Gruppe könnte man als Ausnahme – oder Gelegenheitsparasitoide von *Y. padellus* bezeichnen, ihr gehören immerhin 72 % der aufgeführten Arten an. Bezeichnenderweise liegen von keinem dieser Vertreter Meldungen über einen großen Parasitierungsanteil vor. Bemerkswert ist bei dieser Gruppe aber der Anteil hyperparasitischer Arten: Bei den Ichneumoniden liegt er bei über 32 %, bei den Chalcidoidea sind alle Vertreter dieser Gruppe Hyperparasiten.

Tabelle 19

Zusammenfassung der aus *Y. padellus* L. gezogenen Parasitoide (Nach Literaturangaben)

ICHNEUMONIDAE-Arten	1.	2.	3.	4.	5.
Agrypon anxium Wesmael	P	L	9	6	*
Agrypon minutum Bridgman	P	L	1	1	–
Agrypon stenostigma Thoms.	P	L	6	1	–
Anilastus didymator Thnbg.	S		3	1	–
Aphanistes xanthopus Schr.			11	1	–
Campoplex turionum Ratzeburg	P	L		1	–
Campoplex varipes Grav.	P	L		1	–
Camposcopus nigricornis Wesmael				1	–
Diadegma armillatum Grav.	P	L	22	7	*
D. chrysosticta Gmel.	P	L	22	1	–
D. fenestralis Hlgr.	P	L	25	1	–
D. lineolatum Bche.	P	L		1	–
D. majalis Grav.	P	L	10	1	–
D. c. f. paludis Horstmann	P	L		1	–
Diadromus quadriguttatus Grav.				1	–
Eulimneria albida Gmel.	P	L	13	1	–
Exochus gravipes Grav.		Pp.	3	1	–
E. lentipes Grav.		Pp.	2	1	–
Gelis areator Panz.	S	LP		2	
G. hortensis Grav.	S	LP	2	1	
G. inermis Först.	S	LP		1	
G. instabilis Först.	S	LP	22	1	**
G. lustrator Först.	S	LP		1	
G. tentator Först.	S	LP		1	
Glypta sp.			(55)	1	–
Hemiteles dispar Ratz.	S			1	–
H. hospes Ratz.	(S)		1	1	–
H. similis Gmel	(S)			1	–
Herpestomus brunneicornis Grav.	P	Pp.	(6)	11	*
Holocremnus cothurnatus Hlgr.			2	1	–
Ichneumon padella Gour.	(P)			1	–
Itoplectis alternans Grav.	P	Pp.	(39)	4	*
I. maculator Fabr.	P	Pp.	(52)	4	*
Labrorychus clandestinus Grav.			17	1	–
L. tenuicornis Grav.			17	1	–
Leptocryptus aereus Grav.	S		5	1	–
Lissonota trochanteralis D.T.			8	1	–
Mesochorus anomalus Hlgr.	S	L	8	1	–
M. areolaris Ratz.	S			1	–
M. brevipetiolatus Ratz.	S		13	1	–
M. cimbicis Ratz.	S		3	1	–
M. confusus Hlgr.	S		20	2	–
M. crassimanus Hlgr.	S		2	1	–
M. pallidus Brischke	S		9	1	–
M. splendidulus Grav.	S			1	–
M. stigmaticus Brischke	S			1	–
M. vittator Zett.	S	L	14	3	*
M. viticollis Hlgr.	S	(L)	6	1	–
Mesoleius molestus Hlgr.				1	–
M. multicolor Grav.			1	1	–
Metacoelus mansuetor Grav.			4	1	–
Nemeritis sordida Grav.				1	–
Phaeogenes invisor Thnbg.	P		2	1	–
Pimpla oculatoria F.	(P)	Pp.		1	–
P. padellae Torka	P			1	–
P. turionellae L.	P	Pp.	26	8	*
P. sp.	*P*		*(41)*	*1*	–
Platylabus nigricollis Wesmael			1	1	–
Plectiscus canaliculatus Först.	P			1	–
Proclitus zonatus Grav.				1	–
Theronia atalantae Poda	(S)		38	1	–
Trieces cristator Grav.	P	(L)	6	1	–
T. tricarinatus Hlgr.	P	L	5	2	*

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

BRACONIDAE-Arten					
Apanteles lateralis Hal.	P	L	5	2	–
A. ruficornis Nees.	P	L	1	1	–
A. saltator Thunbg.	P	L	2	1	–
A. sericeus Nees.	P	L	15	3	–
A. tenebrosus Wesmael	P	L	3	1	–
Ascogaster similis Nees.	P	33	2	–	**
Chelonus quadridentata Wesmael	P		23	2	–
Ch. rufipes Latr.	P		13	2	–
Macrocentrus thoracicus Nees.	P		14	1	–
Microbracon brevicornis Wesmael	P		42	1	–
CHALCIDOIDEA-Arten					
Ageniaspis fuscicollis Dalm.	P	E	6	12	*
Brachymeria minuta L.	S		5	2	–
Dibrachys cavus Walk.	S	Pp	45	1	–
Elasmus flabellatus Fonsc.	S		8	2	*
Eupteromalus nidulans Foerst.	S			1	–
Habrocytus semotus Walk.	S			1	(*)
Mesopolobus mediterraneus Mayr.	(S)			1	–
Monodontomerus dentipes Dalm.	S		19	2	*
Pteromalus chrysos Walk.	S	Pp		(1)	*
Tetrastichus evonymellae Bche.	S/P	LP	6	6	*
TACHINIDAE-Arten					
Bactromyia aurulenta Meig.	P	L	21	6	*
Bessa fugax Rond.	P	L	28	6	–
Compsilura concinnata Meig.	P	L	(105)	3	–
Eurysthaea scutellaris Rob.-D.	P	L	15	7	*
Pseudoperichaeta insidiosa Rob.-D.	P	L	30	2	*
Zenillia dolosa Meig.	P	L	8	1	–

Zeichenerklärung:

zu 1.: Parasitierungsmodus
- P: Primärparasitoid
- S: Sekundärparasitoid

zu 2.: Wirtsstadium parasitiert
- E: Ei (Embryo)
- L: Larvenstadien
- Pp: Puppenstadium
- LP: Larven verpuppungsreif und Puppen

zu 3.: Gesamtzahl Wirtsarten

zu 4.: Anzahl Nachweise aus der Literatur

zu 5.: Eigennachweise
- * Nachweis sicher*)
- () Bestimmung unbestätigt
- ** mehrere Arten, genaue Bestimmung noch nicht durchgeführt

*) Bei der Bestimmung von Parasitoiden leisteten die Herren Dr. Z. Boucek (London) – Chalcidoidae, Herr Dr. M. Capek (Prag) – Braconidae, Herr H.J. Dijkerman (Leiden) – Trieces, Ichneumonidae, Herr Dr. B. Herting (Ludwigsburg) – Tachinidae und Herr Dr. K. Horstmann (Würzburg) – Ichneumonidae dankenswerterweise uneigennützige Hilfe.

Von besonderer Bedeutung für den integrierten Pflanzenschutz sind aus Gruppe 1 natürlich die Arten, die auf Kulturschädlinge regulativ einwirken können und nur in Latenzphasen ihrer Hauptwirte auf *Yponomeuta* ausweichen. Vor allem bei den *Diadegma*-Arten der Tabelle sind solche Verbindungen möglich, so sind zum Beispiel *D. chrysosticta, D. fenestralis* und *D. majalis* als Parasitoide der Kohlschabe *(Plutella maculipennis)*, des Heuwurmes, des Sauerwurmes, des grauen Lärchenwicklers und des Kiefertriebwicklers bekannt (THOMPSON). *Phaeogenes invisor* ist ein wichtiger Parasitoid von *Tortrix viridana.*

Zu einer zweiten Gruppe werden Arten mit je 2–5 Nachweisen zusammengefaßt. In dieser Gruppe befinden sich alle seltenen Arten mit Zuchtnachweisen aus eigenen Untersuchungen oder solche mit nur lokal begrenzter, aber deutlicher Bindung an *Y. padellus*. Bis auf *Tetrastichus evonymellae* (s. Gruppe 3) gehören hierher alle häufigeren Hyperparasiten und die allgemein bei *Yponomeuta* kaum in Erscheinung tretenden Braconiden.

Der Einfluß der Arten in Gruppe 2 auf *Y. padellus* ist insgesamt durchweg gering. Sie weisen aber eine hohe Wirtsartenzahl auf mit ± deutlichen Parasitierungsschwerpunkten auf anderen häufigen Phytophagen. Die Anwesenheit dieser Arten war meist mit einer hohen Diversität an Phytophagen in dem betreffenden Heckengebiet verbunden. Damit könnten diese Parasitoide möglicherweise als Indikatoren für eine hohe Faunendiversität dienen.

In dieser Gruppe gehört die Tachine *Compsilura concinnata* zu den ausgesprochenen Nützlingen. Sie wurde mit Erfolg zur biologischen Bekämpfung des Goldafters in den USA eingesetzt (HERTING, 1976). Die Braconidenarten und insbesondere die *Itoplectis*-Arten (Ichneumonidae) gelten zwar als polyphag, in ihrem Wirtsspektrum befinden sich aber zahlreiche als Schädlinge bekannte Phytophage. Auf Grund besonderer Prägemechanismen auf eine Wirtsart sind sie in der Lage, eine gewisse Wirtsspezifität zu entwickeln, ohne eine zu große Abhängigkeit von einzelnen Wirtspopulationen zu riskieren.

Bei den in Gruppe 3 zusammengefaßten Arten handelt es sich um die Hauptparasiten von *Y. padellus*. Als wichtigste haben hier zu gelten: aus der Gruppe der Ichneumonidae die Larvenparasitoide *Diadegma armillatum, Agrypon anxium* und die Puppenparasitoide *Herpestomus brunneicornis* und *Pimpla turionellae*, aus der Gruppe der Chalcidoidea *Ageniaspis fuscicollis* (Eier, Eiraupen) und *Tetrastichus evonymellae*

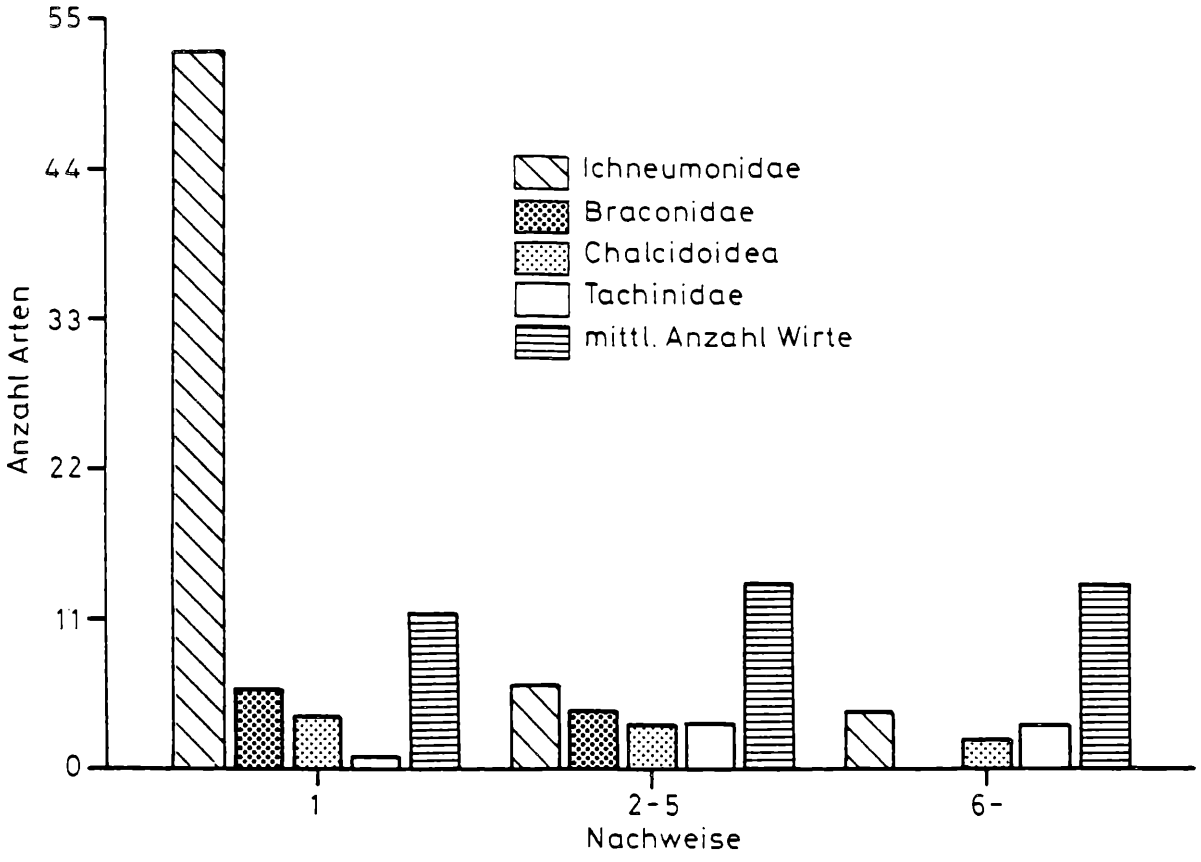


Abbildung 33:

Parasitoid-Spektrum von *Y. padellus*. Abszisse = Anzahl der Nachweise

Figure 33

Spectrum of parasitoids of *Y. padellus*.
Ordinate = number of species of Ichneumonidae, Braconidae, Chalcidoidea, Tachinidae and mean number of host species. Abscissa = classes of frequencies of records (1, 2–5, 6 and more)

Vorpuppen, Puppen), aus der Reihe der Tachiniden *Eurysthaea scutellaris, Bessa fugax* und mit gewisser Einschränkung auch *Bactromyia aurulenta.*

Die letztgenannte Art erreichte nur geringe Dichten. Sie weist ihre Parasitierungsschwerpunkte bei Spanner- und Tagschmetterlingsraupen auf und gilt als wichtige Art für den Einsatz im integrierten Pflanzenschutz in Obstanlagen (HERTING, 1960). *Bessa fugax,* nach *HERTING* auf Grund vieler Literaturhinweise als wichtiger *Yponomeuta*-Parasitoid zu werten, wurde bei uns in Zuchten bisher nicht nachgewiesen. Mit mehreren Generationen pro Jahr ist sie auf ein ständiges Angebot an Wirten angewiesen. Die von HERTING aufgeführten Zwischenwirte, insbesondere Wicklerarten, wurden in unseren Klopfproben nicht nachgewiesen und gelten nach PRÖSE (1971) in ganz Nordostbayern als selten.

Die oben genannten und alle weiteren Arten der Gruppe 3 stellen die Grundgarnitur der Parasitoide von *Y. padellus* im gesamten Verbreitungsgebiet. Die Vollständigkeit dieses Spektrums war zwar bei uns von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort unterschiedlich ausgeprägt, von einem gewissen Reifegrad der Biozönose an war mit diesen Arten jedoch zu rechnen.

Die Zahl von je 13–14 weiteren Wirtsarten erscheint für spezialisierte Parasitoide sehr hoch. Bei einer genaueren Analyse zeigt sich jedoch, daß in den einzelnen Wirtskreisen jeweils fast alle europäischen *Yponomeuta*-Arten enthalten sind. Im Versuch können die meisten dieser Arten auch zum Wechsel von einer Gespinstmottenart zu anderen veranlaßt werden. Nach Untersuchungen von J. H. DIJKERMAN (in Vorbereitung) gibt es für die Larvenparasitoide mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Schwerpunkts-Wirtsarten in der Gattung *Yponomeuta.*

Die hohen Wirtszahlen werden noch verständlicher, wenn man berücksichtigt, daß die meisten Parasitoide Wechselwirte während der 2. Jahreshälfte benötigen. Der hohe Anteil von Wechselwirtsarten, die u. a. in Weinkulturen schädlich sind, führte verschiedentlich zu Überlegungen, *Yponomeuta*-Futterpflanzen in Weinbergen anzupflanzen (z. B. JORDAN, 1915).

Die im Parasitenkreis von *Yponomeuta* vertretenen Erzwespen (Chalcidoidea) stellen einerseits mit der Encyrtide *Ageniaspis fuscicollis* die am besten an *Yponomeuta* angepaßte Art, andererseits sind aber die übrigen Vertreter dieser Gruppe auf Wechselwirte angewiesen. Die Flugtüchtigkeit und Ausbreitungskapazität ist in dieser Gruppe gering. Die Mehrzahl der im Parasitenkreis von *Yponomeuta* vorkommenden Erzwespen ist hyperparasitisch.

Von der Artenzahl her dominieren die Ichneumonidae in allen 3 Gruppen. Ihr genereller Vorteil liegt in ihrer vergleichsweise hohen Ausbreitungskapazität, da es sich in der Regel bei ihnen um sehr flugtüchtige Formen handelt, die große Areale nutzen können.

Tabelle 20

Entwicklungsstadium von *Y. padellus*

Parasitoide:	Eiraupen	Jung-larven L_I L_{II} L_{III}	Alt-larven L_{IV} L_V	Vor-puppen	Puppen	% (1980) mittl. Ant. (Max.Ant.)	% Mort. Lit.	Gener. pro Jahr
Ageniaspis fuscicollis Dalm.	e			s		– 23,5 %	– 90 %	1
Diadegma armillatum		e	?e	s		– 2,5 %	6 %	2
Agrypon anxium		e	?e		s	– 1 %	?	?
Eurysthaea scutellaris			e		s	– 2 %	6 %	2
Tetrastichus evonymellae			?e	e	e,s	– 4,1		2–?
Herpestomus brunneicornis					e,s			1–?
Itoplectis maculator					e,s	– 8,5 %		2
Pimpla turionellae					e,s	6,6 % (> 10%)		2–?
						successive Mort.		

Besonders die vielen Puppenparasitoide unter ihnen erreichen dadurch eine große Bedeutung für die Wirtspopulationen, daß sie bereits reduzierte Bestände der Wirte zusätzlich stark belasten können. Durch lokal oft hohen Hyperparasitendruck und durch ihre Abhängigkeit von Zwischenwirten werden sie in ihrer Wirkung allerdings eingeschränkt.

Die Tachinen sind mit 7,8 % an der Gesamtartenzahl vertreten. Durch das Fehlen von sekundärparasitischen Formen und einer meist hohen Fortpflanzungskapazität ist diese Gruppe trotzdem hoch einzustufen. Das ist um so erstaunlicher, als sie in der Regel bei direkter Konkurrenz im Wirt während der Larvalphase anderen Parasitoiden unterlegen sind und unter dem Druck von Hyperparasiten zu leiden haben.

Auffallend gering ist der Anteil der Familie der Brackwespen am Gesamtparasitenkomplex von *Y. padellus*. Bei den wenigen Nachweisen von Braconiden aus Gespinstmotten wurde niemals ein nennenswerter Parasitierungsgrad festgestellt. Dabei mag eine Rolle spielen, daß manche Braconiden vor Ende der Larvalperiode ihren Wirt abtöten und verlassen und somit nicht erfaßt werden.

5. Untersuchungen an einzelnen Parasitoidenarten

Die hier folgende Darstellung beruht auf eigenen Untersuchungsergebnissen sowie auf einer von Herrn R. Fischer (Bayreuth) im Rahmen des Heckenprojekts durchgeführten Diplomarbeit. Tab. 20 gibt die 1980 beobachteten mittleren Parasitierungsprozente sowie das Wirtsstadium, in das die Eiablage erfolgt(e) bzw. aus dem die Parasitoidenimagines schlüpfen (s) wieder.

5.1 Ageniaspis fuscicollis (Encyrtidae, Chalcidoidea)
A. fuscicollis ist ein polyembryonischer Parasitoid. Bereits kurz nach ihrer Ablage (Juli–August) wird ein Teil der Gespinstmotteneier bzw. -embryonen mit 1–3 Eiern des Parasitoiden belegt. Aus je einem Ei entwickeln sich bis zu 150 Einzelindividuen. Die Parasitoiden-Embryonen überwintern im Morulastadium. Nach verlangsamter Entwicklung in den Junglarven setzt erst im 4. Larvenstadium der Wirte das Hauptwachstum dieses Parasitoids ein. Bei Multiparasitismus sind sie konkurrierenden Parasitoidenlarven überlegen. Nach Sektionsbefunden zu urteilen, greifen sie Konkurrenten nicht direkt an, sondern vernichten sie durch Stoffentzug oder durch Ausscheidung bestimmter Stoffe. Äußerlich sind die von *Ageniaspis* parasitierten Raupen daran zu erkennen, daß sie keine Puppen und meist nur einen dünnen oder gar keinen Gespinstkokon bilden.

Die Imagines von *Ageniaspis* schlüpfen etwa 10–14 Tage nach ihrem Wirt. Bereits wenige Stunden nach ihrem Schlüpfen können die Parasitoidenimagines mit ihrer Eiablage beginnen. Wirt und Parasitoid sind also sehr eng synchronisiert. Diese Tatsache und die hohe Vermehrungskapazität bei relativ hoher Wirtsspezifität ohne Zwischenwirte (1 Generation pro Jahr) ließen *A. fuscicollis* am besten dafür geeignet erscheinen, wirtschaftlich wichtige Gespinstmottenarten kontrollieren zu können (NENON, 1974).

Daß diese Erwartungen bisher nicht erfüllt wurden, lag nach Angabe des Autors an Verlusten beim Schlüpfen der Imagines und ungünstigen Witterungseinflüssen auf die Entwicklung der Parasitoidlarven.

Nach eigenen Beobachtungen beeinträchtigen ungünstige Witterungen die Parasitoidenwirkung am stärksten. So kann sich die Eiablage der Wirte dadurch zum Teil bis nach der eigentlichen Parasitierungsphase der kurzlebigen *Ageniaspis*-Imagines (max. 14 Tage) verzögern. Eine klimatisch bedingte Verlängerung der Puppenruhe führt zu verstärkter Mortalität des Parasitoiden durch Prädatoren (Heteropteren, Skorpionsfliegen, Ameisen, räuberische Milben).

Winzige Pteromaliden, die in Zuchten aus *Ageniaspis*-Puparien schlüpfen, sind möglicherweise Hyperparasi-

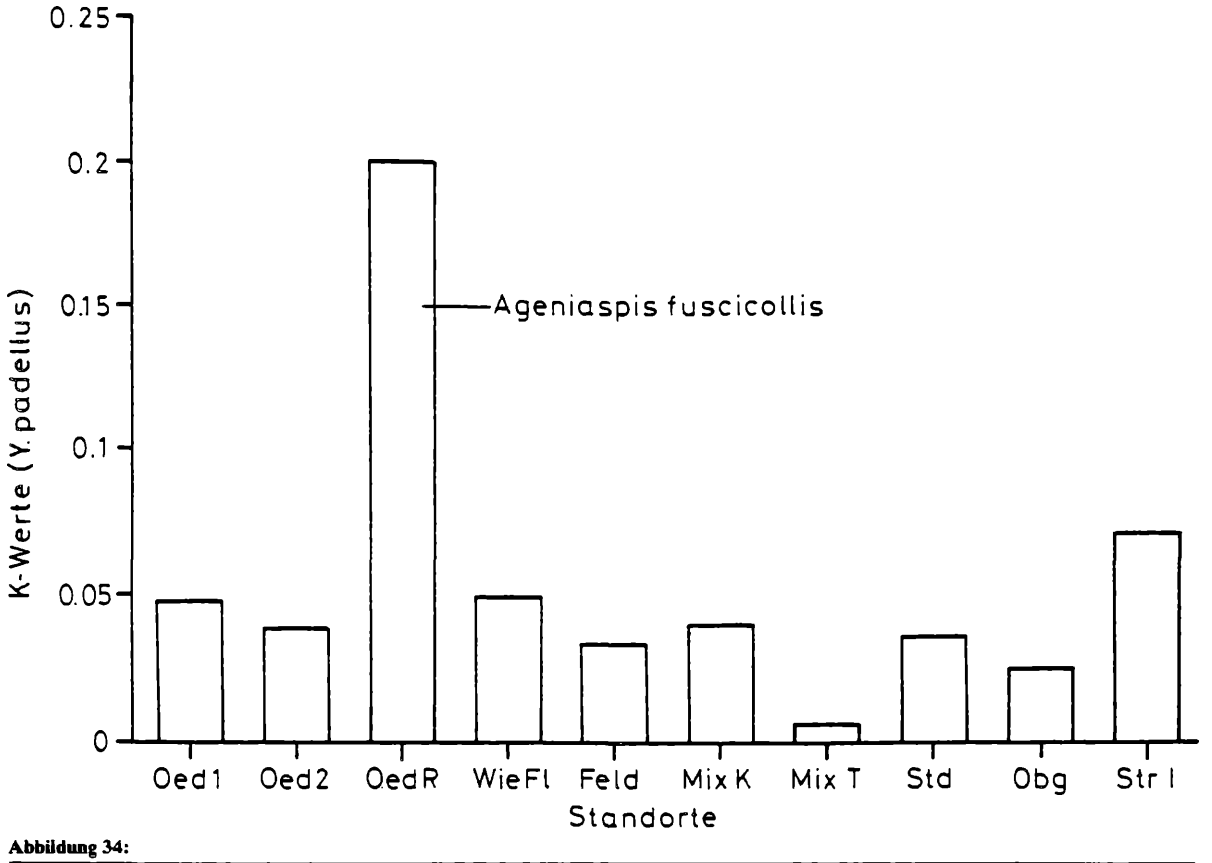


Abbildung 34:

Durch *Ageniaspis fuscicollis* bei *Y. padellus* bewirkte Mortalität auf verschiedenen Standorten (in logarithmischer Darstellung)

Figure 34

Mortality of *Y. padellus* larvae (given as k-values) by *Ageniaspis fuscicollis*. Abscissa = different localities of the observation area

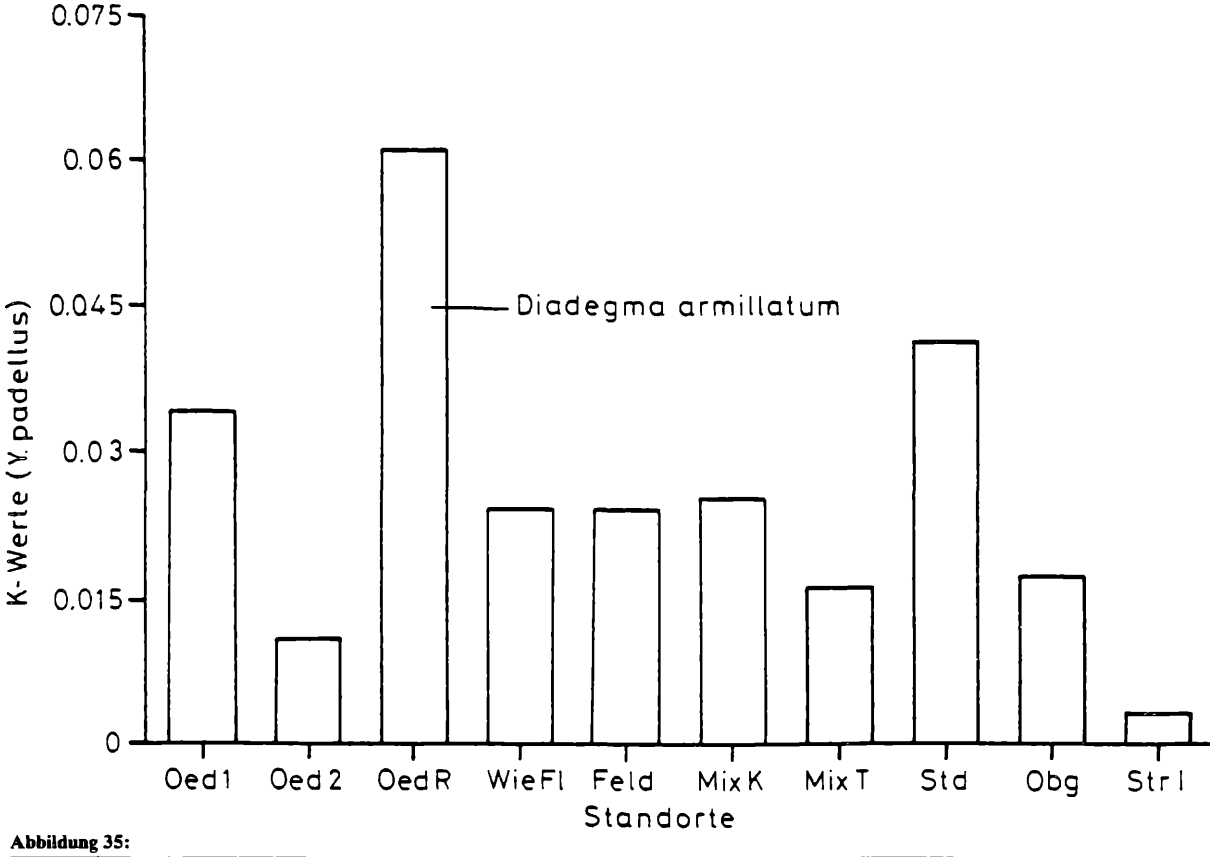


Abbildung 35:

Durch *Diadegma armillatum* bei *Y. padellus* bewirkte Mortalität auf verschiedenen Standorten (in logarithmischer Darstellung)

Figure 35

Mortality of *Y. padellus* larvae (given as k-values) by *Diadegma armillatum*. Abscissa = different localities of the observation area

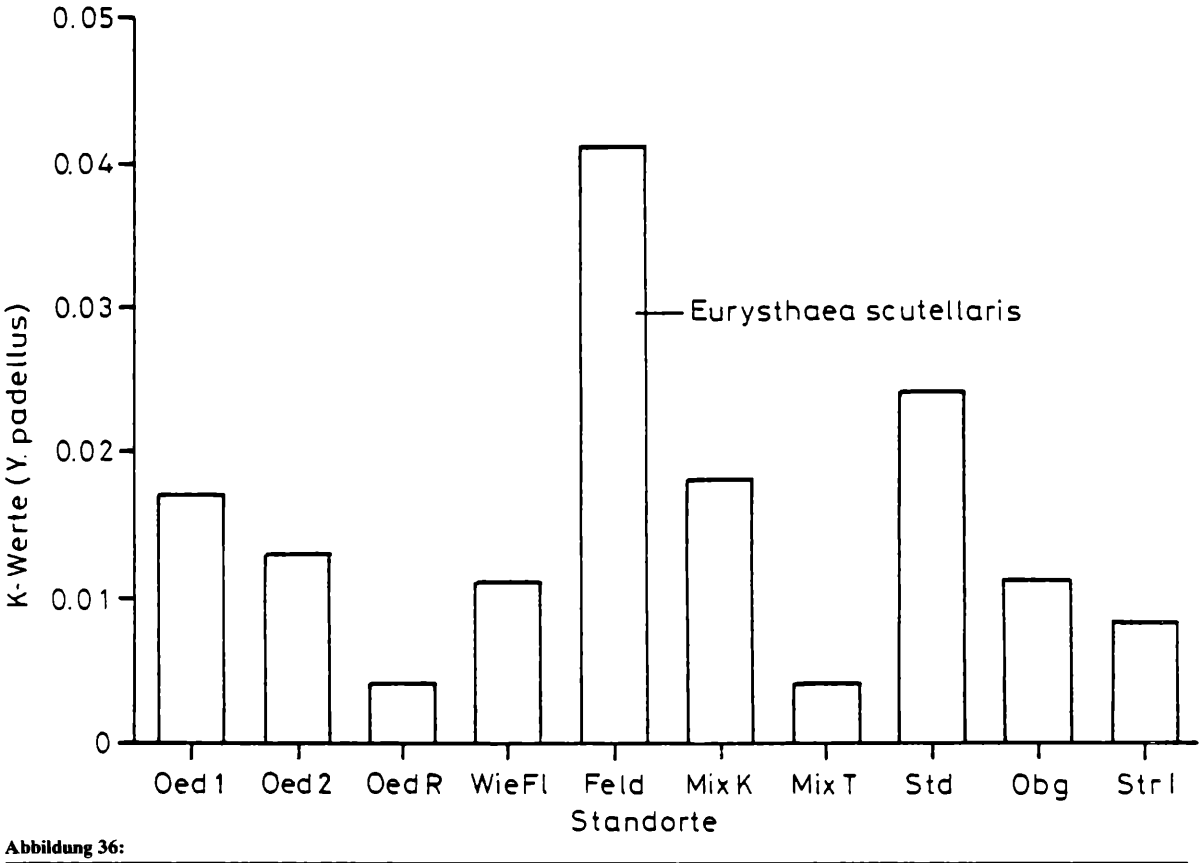


Abbildung 36:

Durch *Eurysthaea scutellaris* bei *Y. padellus* bewirkte Mortalität auf verschiedenen Standorten (in logarithmischer Darstellung)

Figure 36

Mortality of *Y. padellus* larvae (given as k-values) by *Eurystaea scutellaris*. Abscissa = different localities of the observation area

ten; ihr Parasitierungsmodus war jedoch bisher nicht sicher nachzuweisen, ihr Einfluß blieb gering (max. 5 % der schlüpfenden *Ageniaspis*-Individuen). Nach bisherigen Beobachtungen reagiert *A. fuscicollis* eingeschränkt positiv dichteabhängig. Er erreichte in unseren Untersuchungsgebieten eine Parasitierung bis zu 23,5 % der Wirtspopulation (nach Literaturangaben wurden vereinzelt Werte bis zu 90 % beobachtet (BLACKMAN, 1965).

In Freilandversuchen wurde deutlich, daß *A. fuscicollis* über ein hohes Wirtsfinde- aber geringes Dispersionsvermögen verfügt. Sie weist ihren Schwerpunkt in den Ödländern mit hoher *Yponomeuta*-Dichte auf (Abb. 34), erreicht aber ein hohes Wirkungspotential nur in den Randbezirken, da offensichtlich die hohen Verluste durch Ameiseneinwirkung im Zentrum der Gebiete nicht ausgeglichen werden können.

5.2 **Diadegma armillatum** (Ichneumonidae)

Im 2. bzw. 3 Larvenstadium, d. h. mit dem Erscheinen der Jugendgespinste von *Y. padellus*, erfolgt die Parasitierung durch *D. armillatum*. Trotz des Wachstums der Parasitoidlarve entwickelt sich die Wirtslarve normal. Häufig spinnt sie noch ihren Verpuppungskokon, ehe die Parasitoidlarve sie verläßt und sich außerhalb ihres Wirtes ihrerseits einspinnt und verpuppt. Die Puparien sind meist in äußeren Bereichen der *Yponomeuta*-Gespinste zu finden.

Die Parasitoid-Imagines schlüpfen unmittelbar vor den Gespinstmotten. Die Gespinste der Wirte sind bis zu diesem Zeitpunkt noch weitgehend intakt und bieten den Schlupfwespen entsprechenden Schutz während der Puppenruhe.

D. armillatum durchläuft vermutlich in der Regel noch eine 2. Generation, deren Wirte man noch nicht genau kennt.

Entsprechend unterschiedlich wie die Räuberdichten in den verschiedenen Biotopen fallen auch die Verluste durch Prädatoren bei *Diadegma*-Puppen aus. In den Ödländern zeigte sich, daß Ameisen die *Yponomeuta*-Puppen gegenüber den unbeweglichen, meist peripher in den Gespinsten befindlichen *Diadegma*-Puppen deutlich bevorzugen. Durch die periphere Lage wurden sie eher Beute von Heteropteren, die ihrerseits unbewegliche Beutetiere vorziehen.

Die höchsten Verluste (Areal 8: 1980: 72,2 %) erleidet *D. armillatum* durch Hyperparasitoide. Als solche wurden bisher bei uns *Mesochorus vittator, Gelis* sp., *Pteromalus chrysos* und *Tetrastichus evonymellae* nachgewiesen.

Trotz der hohen Belastung (über 90 % Verluste) durch Räuber und Hyperparasiten und der Abhängigkeit von Zwischenwirten ist *D. armillatum* in allen Biotopen jedes Jahr nachzuweisen, wenn auch nur in wenigen Gespinsten mehr als 3 Puppen zu finden waren. Die hohen Verluste werden durch hohe Eizahlen (400 pro ♀) sowie durch gutes Flug- und Suchvermögen ausgeglichen. Die ♀ reagieren positiv dichteabhängig auf die Dichte der Wirtsgespinste.

D. armillatum zeigt eine ähnliche Biotoppräferenz wie *Ageniaspis* (Abb. 35). Auf Grund seiner großen Ausbreitungskapazität wird die Verteilung jedoch durch echtes Wahlverhalten bestimmt.

Die durch *Diadegma* verursachten Mortalitätsanteile können bei *Y. padellus* nach Literaturangaben bis 6 % betragen, lagen in unseren Untersuchungsgebieten

durchweg niedriger. Eine mögliche Verhinderung von Massenvermehrungen durch diese Schlupfwespe wie sie bei *Y. evonymellus* beobachtet wurde (PYÖRNILÄ und PYÖRNILÄ, 1979,: Parasitierung bis zu 75,5 % bei allerdings geringer Hyperparasitierung), ist nach bisherigen Befunden bei *Y. padellus* kaum zu erwarten.

5.3 **Eurysthaea scutellaris** (Diptera, Tachinidae)

Während des 4. bzw. 5. Larvenstadiums von *Y. padellus* erfolgt die Parasitierung durch die Raupenfliege *E. scutellaris*. Sie legt ihre microtypen Eier meist auf bereits befressene Blätter, die dann von den fressenden Raupen aufgenommen werden. Durch diesen Parasitierungsmodus ist mit einer höheren Verlustrate an Eiern zu rechnen, der aber durch hohe Eivorräte (ca. 600 pro ♀) ausgeglichen werden kann. Pro Wirtslarve entwickelt sich eine Tachine. Nach Beendigung ihrer Entwicklung findet man die Tönnchenpuppen der Raupenfliegen im Gespinst meist teilweise oder ganz in der Raupenhaut oder der Puppenhülle ihrer Wirte steckend. Die Imagines der Tachine schlüpfen wenige Tage nach den Faltern. Sie sind recht kurzlebig und benötigen weitere Wirtsarten für eine 2. Generation pro Jahr.

Bei Konkurrenz im Wirt sind die Tachinenlarven den meisten anderen Parasitoidenarten unterlegen. Der Einfluß von Hyperparasitoiden schwankt in Ausmaß und Artenspektrum stark von Jahr zu Jahr. Neben *Pteromalus chrysos* und *Tetrastichus evonymellae* trat 1980 *Monodontomerus dentipes* als wichtigster Hyperparasitoid auf und bewirkte einen vergleichweise hohen Ausfall. Für Raubfeinde sind die Tönnchenpuparien offensichtlich nicht sehr attraktiv, so daß selbst in Ameisengebieten eine relativ hohe Anzahl von Tachinen schlüpft.

Eine Analyse der Biotoppräferenzen liefert ein sehr uneinheitliches Bild, das sich am besten durch die positiv dichteabhängige Reaktion auf unterschiedliche Wirtsdichten erklären läßt (Abb. 36). In allgemein günstigen Gebieten mit ständig hohem Gespinstmottenbesatz (wie z. B. Ödländern) war *E. scutellaris* in mittlerer Dichte vertreten. Dichtemaxima wurden in Gebieten mit deutlich stärker schwankendem *Yponomeuta*-Bestand verzeichnet.

In unseren Untersuchungsgebieten war *E. scutellaris* durchschnittlich für 0,1–0,2 % (max. 2 %) der Gesamtmortalität bei *Y. padellus* verantwortlich. Dieser verglichen mit Literaturangaben (DE GROOT, 1974: 6 % bei *Y. padellus*, 20 % bei *Y. malinellus;* Tab. 20) geringe Parasitierungsgrad ist möglicherweise auf verstärkte Konkurrenzsituation mit anderen Parasitoiden oder auf mangelndes Angebot an Zwischenwirten zurückzuführen.

5.4 **Tetrastichus evonymellae** (Chalcidoidea)

T. evonymellae wurde bereits als Hyperparasit von *Diadegma armillatum* vorgestellt. In unseren Untersuchungsgebieten trat er jedoch deutlich häufiger als Primärparasitoid im letzten Larven- und im Puppenstadium von *Y. padellus* in Erscheinung. Daneben erreicht er vor allem bei witterungsbedingten Verlängerungen der Puppenphase eine gewisse Bedeutung als Hyperparasitoid von Puppenparasitoiden.

T. evonymellae belegt jeden Wirt mit mehreren Eiern, so daß pro Wirt 2–5 Parasitoide schlüpfen. Auch diese Parasitoidenart benötigt noch 1 oder mehrere Zwischenwirte im weiteren Jahresverlauf.

Auf Grund der kurzen Entwicklungsphase bleibt der Räubereinfluß auf diesen Parasitoiden gering. Bei hohen Dichteschwankungen von Jahr zu Jahr – im Extrem bis zum vorübergehenden Ausfall – ist eine Biotoppräferenz nicht deutlich zu erkennen. Die höchsten Parasitierungswerte von 4,3 % wurden in einem Bestand an einer südexponierten Straßenböschung mit hohem *Yponomeuta*-Besatz nachgewiesen.

5.5 **Itoplectis maculator** (Ichneumonidae)

Dieser Puppenparasit hat einen außerordentlich großen Wirtskreis. Er wurde im Untersuchungsgebiet aus *Y. padellus und Y. evonymellus* gezogen, spielt dort aber im Vergleich zu den im folgenden behandelten Arten nur eine untergeordnete Rolle. Bei zunehmender Flächendichte von *Yponomeuta* steigt die Parasitierungsrate durch *I. maculator* an. Der Parasitoid kann nach HORSTMANN (1971) sowohl in uni- wie in plurivoltinen Biotypen auftreten. Im Heckenverband ist die Parasitierung durch *I. maculator* relativ gleichmäßig auf die *Yponomeuta*-Gespinste verteilt. In den einzelnen Beobachtungsgebieten in Oberfranken und von Jahr zu Jahr weist *I. maculator* große Schwankungen in den Parasitierungsraten bei *Yponomeuta* auf.

5.6 **Pimpla (Coccygomimus) turionellae** (Ichneumonidae)

Der polyphage Puppenparasit ähnelt in seiner Biologie *I. maculator*, durchläuft aber mindestens zwei Generationen im Jahr. Die Ökologie und Biologie dieser Art und ihre Beziehungen zu *Yponomeuta*-Wirten wurde im Rahmen einer Diplomarbeit (R. FISCHER, 1983, Bayreuth) intensiv untersucht. Mit Hilfe von Wirtsköder-Experimenten konnte nachgewiesen werden, daß sich *P. turionellae*-Weibchen, die zur Eiablage bereit sind, zumindest von Anfang Juni bis Mitte August im Heckenbereich aufhalten, wogegen eiablagebereite *Herpestomus brunneicornis*-Weibchen nur von Mitte Juni bis Anfang Juli nachweisbar waren. Als Mortalitätsfaktor von *Yponomeuta* wird *P. turionellae* nicht nur durch den Parasitierungsakt, sondern in bedeutendem Umfang auch durch »host feeding«, also der Aufnahme von Wirtshämolymphe, wirksam. Die Größe der parasitierten *Yponomeuta*-Art beeinflußt das Geschlechterverhältnis: bei den relativ kleinen Puppen von *Y. padellus* und *Y. cagnagellus* betrug es 7,1 Männchen zu 1 Weibchen (bzw. 7,8/1), bei den größeren Puppen von *Y. evonymellus* wies FISCHER (1983) ein Verhältnis von 2,2 zu 1 nach. Darüber hinaus verschiebt sich das Männchen/Weibchen-Verhältnis während der Parasitierungsphase, die relativ höchste Weibchen-Rate wurde in der mittleren Parasitierungsphase gefunden. Im Freiland bevorzugt *P. turionellae* als Wirt *Y. evonymellus* an *Prunus padus* gegenüber *Y. padellus* an Schlehe: Die mittlere Puppenparasitierungsrate durch *P. turionellae* (12 oberfränkische Standorte) betrug bei der erstgenannten Wirtsart 1,51 % (0–4,7 %), bei der zweiten Wirtsart lediglich 0,63 % (0–1,45 %). Im Gegensatz zu dem stark aggregiert auftretenden Puppenparasitien *H. brunneicornis*, ist der Befall von *P. turionellae* innerhalb eines Heckenbereichs deutlich zufallsverteilt (Poisson-Verteilung).

5.7 **Herpestomus brunneicornis** (Ichneumonidae)

Auch dieser Puppenparasit von *Y. padellus* wurde von R. FISCHER (1983) eingehend untersucht. Die uni-

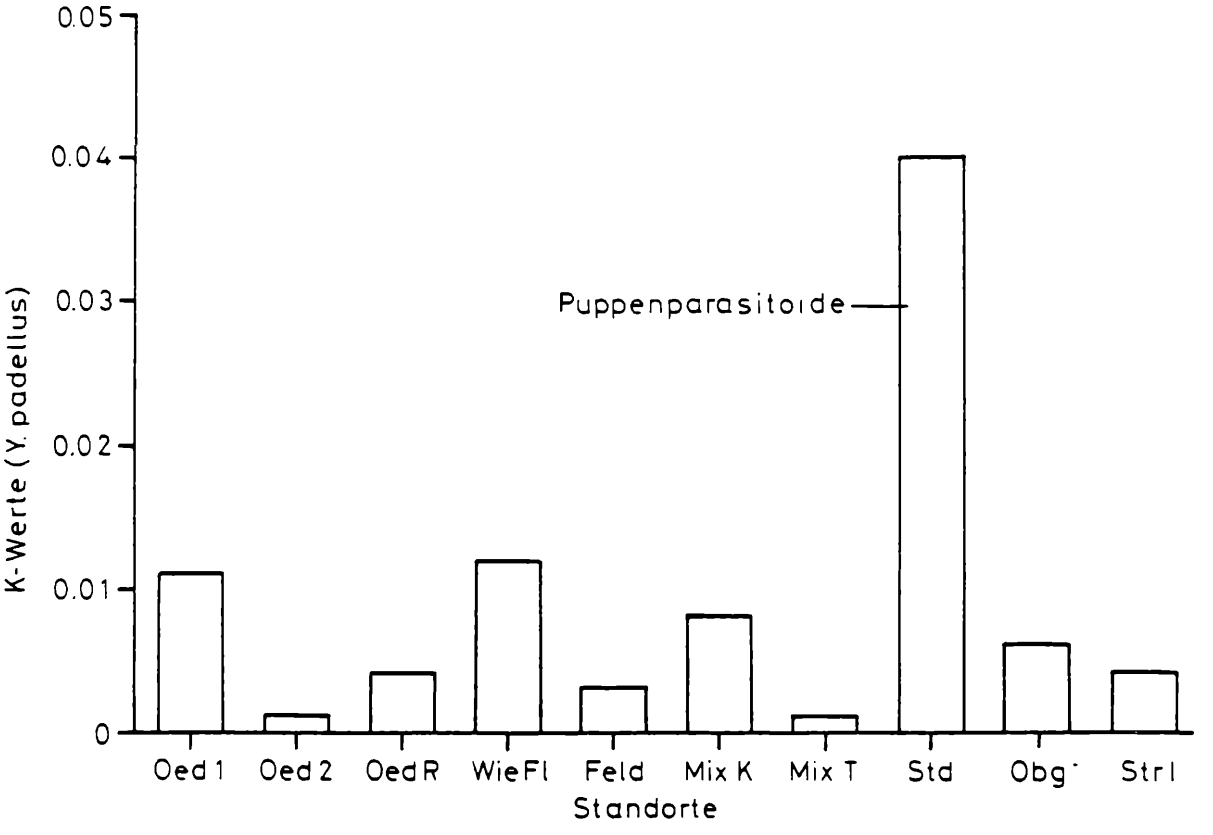


Abbildung 37:

Durch Puppenparasitoide bei *Y. padellus* bewirkte Mortalität auf verschiedenen Standorten (in logarithmischer Darstellung)

Figure 37

Mortality of *Y. padellus* by pupal parasitoids (given as k-values). Abscissa = different localities of the observation area

voltine Art überwintert als Imago. So wie bei *P. turionellae* waren Befallsschwerpunkte in Gebieten mit hoher Heckendichte (Areal 8 in Abb. 37) gelegen, wobei *H. brunneicornis* eine deutliche Vorliebe für *Yponomeuta* in sonnigen, niedrig-wüchsigen Schlehenbeständen zeigt. Die Eiablage dieses Parasiten erfolgt während eines Zeitraums von nur zwei bis drei Wochen. *H. brunneicornis*-Weibchen zeigen eine Präferenz für bodennah gelegene Verpuppungsgespinste von *Yponomeuta*. 1982 betrugen die mittleren Parasitierungsraten (= %satz *Yponomeuta*-Puppen, aus denen *H. brunneicornis* schlüpfte), bei *Y. evonymellus* 1,53 % (0–3,34 %), bei *Y. padellus* 1.43 % (0–2,95 %) bei *Y. malinellus* 0,53 % (0–1,89 %) und bei *Y. cagnagellus* 0,5 % (0–0,9 %). Bei höherer Abundanz tritt *H. brunneicornis* deutlich aggregiert auf, das Varianz-Mittelwert-Verhältnis der räumlichen Verteilung wird nach TAYLORs »power law« durch die Gleichung: »log Varianz = 0,36 + 1,4 log Dichtemittelwert« beschrieben (bei *P. turionellae:* »log Varianz = 0,07 + 1,1 log Dichtemittelwert«). Dementsprechend finden sich im Heckenbereich in *Yponomeuta*-Gespinsten mit Puppenparasitierung pro Gespinst durchschnittlich 5–9 schlüpfende *H. brunneicornis*-Individuen aber nur 2–4 *P. turionellae*-Individuen.

Wie R. FISCHER (1983) in seiner Diplomarbeit zeigen konnte, liegen bei dem hochspezialisierten, univoltinen *Yponomeuta*-Puppenparasiten *H. brunneicornis* und bei der plurivoltinen Generalisten-Art *P. turionellae* komplementäre Ausbeutungsstrategien vor, die hinsichtlich des Wirts *Yponomeuta* zu einer Ressourcenaufteilung führen: Puppen im Außenbereich des *Yponomeuta*-Gespinstes fallen stärker dem Generalisten *Pimpla,* jene im Innenbereich dem Spezialisten *Herpestomus* zum Opfer. Überdies ist je nach der bei den vier untersuchten *Yponomeuta*-Arten variierenden Gespinstdichte *Pimpla* oder *Herpestomus* überlegen. Der Spezialist *Herpestomus* mit seinem besser entwickelten Suchvermögen übertrifft *Pimpla* dort, wo *Yponomeuta*-Gespinste sich an untypischen Verpuppungsorten finden, wobei er hier auch weniger dem Druck der Hyperparasiten (Abschn. 5.8) ausgesetzt ist.

5.8 Die Hyperparasiten und ihr Einfluß auf die Puppenparasiten

Im Oberfränkischen Hecken-Untersuchungsgebiet hat R. FISCHER (1983) die Ichneumoniden *Gelis areator* Panz. und *Gelis* sp. und die Chalcidoidea *Tetrastichus evonymellae* Bche, *Pteromalus chrysos* Walk., *Dibrachys* sp., *Habrocytus* sp., *Monodontomerus dentipes* Dalm., *Eurytoma* sp. 1 und *Eurytoma* sp. 2 als Hyperparasiten der Puppenparasiten und überdies die Sargophagide *Agria mamillata* Pand. als Puppenräuber von *Yponomeuta,* dem ebenfalls Puppenparasitoiden zum Opfer fallen können, festgestellt. Zusammen mit dem Einfluß des »host feeding« verschleiert die Wirkung der Hyperparasiten das Ausmaß der Primärparasitierung durch Puppenparasitoide. R. FISCHER (1983) fand als Mittelwert bei den primären Puppenparasitoiden Parasitierungsgrade von etwa 35 % der *Yponomeuta*-Puppenpopulation, wobei im Durchschnitt 40 % der Primärparasiten durch Hyperparasiten zum Absterben gebracht werden. Wichtig ist dabei

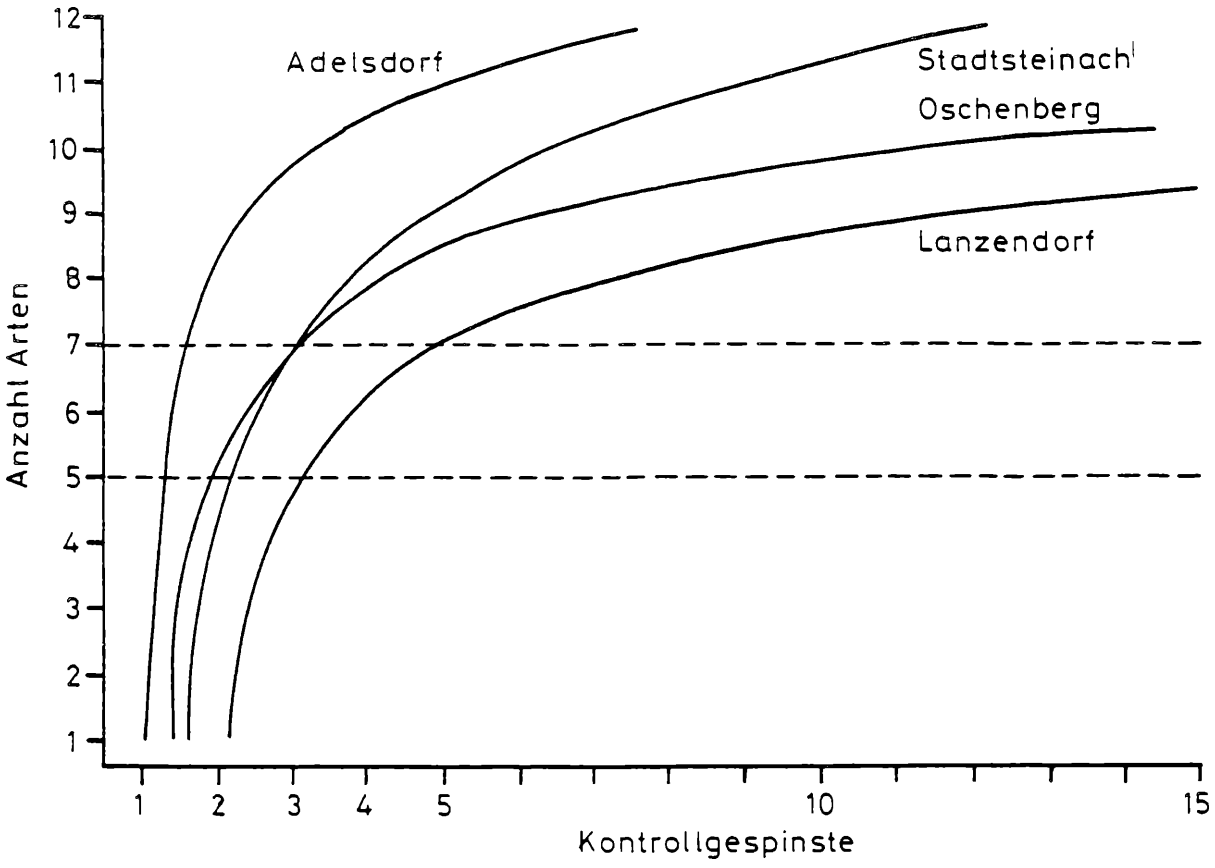


Abbildung 38:

Zunahme der Gesamtzahl von Parasitoidenarten von *Y. padellus* in Abhängigkeit der Anzahl kontrollierter Gespinste

Figure 38

Increase in the number of parasitoid species as a function of the number of controlled webs. The »species/area curves« are given for four localities of the observation area

vor allem, daß im Verlauf einer *Yponomeuta*-Gradation der Einfluß der Hyperparasiten überproportional ansteigt. Dabei ist an typischen Verpuppungsorten von *Yponomeuta* die Hyperparasitierung immer höher als an untypischen Verpuppungsplätzen. Der Spezialist *Herpestomus* ist der Einwirkung von Hyperparasiten stärker ausgesetzt als der Generalist *Pimpla*. Insgesamt stellen die Hyperparasitoide einen außerordentlich wirksamen Puffer dar, der die Primärpuppenparasitoide auf einem Niveau stabilisiert, das weit unterhalb ihrer potentiellen Wirksamkeit liegt und die *Yponomeuta*-Wirte damit vor einer Überausbeutung schützt.

6. Verbreitung und Wirksamkeit des Parasitoidkomplexes von Y. padellus im Untersuchungsgebiet

In Abb. 38 wurden »Arten-Areal-Kurven« für 4 Untersuchungsareale mit ähnlichem Gespinstmottenbesatz dargestellt. Als »Areal«-Einheit wurde jeweils ein Gespinst von *Y. padellus* angenommen.

Insgesamt wurden bei diesem Vergleich 14 Parasitoid-Arten nachgewiesen, von denen auch nach mehrjährigen Untersuchungen erwartet werden konnte, daß sie in jedem der Beobachtungsareale auftreten können. Bei der zugrunde gelegten Anzahl an kontrollierten Gespinsten wurde die Gesamtzahl in keinem Gebiet erreicht. Zum Vergleich, quasi als Gebietscharakteristikum, sollen die Gespinstanzahlen (= Arealgrößen) der einzelnen Standorte gegenübergestellt werden, bei der sieben Parasitoidarten, also die Hälfte des theoretisch überall vertretenen Parasitoidkomplexes, nachgewiesen werden kann. Wie in Abb. 38 erkenntlich, kann in den 4 Feldheckengebieten nach Kontrolle von mindestens 2–6 Gespinsten mit der Hälfte der vorhandenen Parasitoidarten gerechnet werden.

(Bei den verglichenen Standorten handelt es sich bei Gebiet 1 um ein kleineres, klimatisch günstig gelegenes Heckengebiet im Raum Höchstadt-Forchheim, alle anderen Gebiete liegen in der Umgebung Bayreuths. Sie unterscheiden sich nur hinsichtlich der Exposition (3 – S, 4 – N) und der Heckendichte pro ha (2: 80 m/ha; 3: 40 m/ha).)

Ein genauer Vergleich der verschiedenen Standorte zeigt außerdem, daß sich klimatische Unterschiede (vgl. Gebiete 1, 3, 4) (Exposition, Großklima), deutlicher auf die Dichte der 7 häufigsten Parasitoide auswirken als z. B. die Heckendichte (vgl. 2 und 3).

Auf Grund des bei uns vertretenen Artenspektrums und von seiner Zusammensetzung her bietet der Kernparasitoidkomplex potentielle Voraussetzung zur Regulation der Wirtspopulation. Die bei uns jedoch gefundenen Gesamtparasitierungswerte sowie die darin enthaltenen Anteile einzelner Parasitoide (Tab. 20) lagen jedoch deutlich unter den in der Literatur genannten Untersuchungsergebnissen aus anderen Regionen. Bereits im westlichen Grenzgebiet unseres Untersuchungsbereichs konnten deutlich höhere Parasitierungsgrade festgestellt werden, wobei meist geringe Wirtsdichten vorlagen und es dort während

des gesamten Untersuchungszeitraumes nicht zu Massenvermehrungen von *Y. padellus* kam.

Über die Ursachen der niedrigen Parasitierung können derzeit nur Vermutungen angestellt werden. Manche Parasitoide treten bei uns in zu geringer Ausgangsdichte auf. So ist für manche Gebiete durchaus denkbar, daß die Parasitierung, z. B. von *Diadegma armillatum*, nur durch ein einzelnes ♀ zustande kam. Der Mangel an Konkurrenz auf Grund der geringen Parasitierung müßte konkurrenzschwache Arten, z. B. die Tachine *Eurysthea scutellaris*, eigentlich stärker fördern, als beobachtet werden konnte. Der Einfluß von Hyperparasiten oder der Mangel an geeigneten Zwischenwirten spielt sicher eine wesentliche Rolle als begrenzender Faktor.

Hinweise auf zwischenartliche Konkurrenz unter den Parasitoiden mit Unterdrückung mancher Arten waren nur bei wenigen Teilpopulationen von *Y. padellus* zu gewinnen. So wurden in Hecken mit einer Gesamtmortalität der Wirte von 20–30 % bei den Parasitoiden Diversitätswerte von 1,75 festgestellt, dagegen in Hecken mit über 50 % Gesamtmortalität der Gespinstmotten nur Diversitätswerte von 0,8.

7. Wechselwirkungen zwischen Y. padellus und ihrer Wirtspflanze

In der Literatur gibt es einige Hinweise (z. B. PAG, 1959) darauf, daß sich Pflanzen, die durch wirtschaftlich bedeutende *Yponomeuta*-Arten stärker geschädigt wurden, erstaunlich schnell wiederbegrünten. Die bemerkenswert schnelle Wiederbegrünung der Schlehen nach Kahlfraß konnte in 5 Vegetationsperioden auch in unseren Gebieten beobachtet werden. Wiederholte Kahlfraßbelastung wird zwar ausgeglichen, wirkt sich aber deutlich auf die Fruchtbarkeit und Wuchsform der Schlehen aus.

Dies zeigt ein Vergleich der Langtriebe: in unbelasteten Beständen weisen sie Anfang September eine Länge von 10–30 cm auf gegenüber 3–7 cm Länge von belasteten Schlehen. Die Anzahl der Knospen beträgt an Langtrieben unbelasteter Pflanzen 0,8–1,2, an belasteten 4 Stück pro cm Trieblänge, wodurch im nächsten Frühjahr der Eindruck entstehen kann, daß belastete Schlehen stärker blühen. Ihr Wuchsbild wird zudem noch durch relativ viele, gleichberechtigte Seitentriebe geprägt. Dadurch ähneln sie habituell überalterten Schlehenbeständen in Heckenverbänden, die alters- und konkurrenzbedingt nur noch geringe Energieanteile für die Triebbildung investieren können.

Während Schlehen im Heckenverband der Konkurrenz und der Überalterung durch Bildung von peripheren Wurzelschößlingen entgehen, ist dies dauerbelasteten Pflanzen in Ödländern nicht möglich. Langfristig führt das zu einer Überalterung der Bestände auf sonst klimatisch günstigen Standorten. In Trockenjahren treten in diesen niederwüchsigen Beständen (ca. 15-jährige Büsche sind 50–70 cm hoch) auch verstärkte Ausfälle auf.

Deutlich wird der Substanzverlust der Pflanzen durch starke Fraßeinwirkung auch an der Fruchtentwicklung. Nach gutem Fruchtansatz sind die Früchte in Kahlfraßgebieten gegen Ende der Fraßperiode oft die einzigen grünen Pflanzenteile am Busch. Die noch unreifen Früchte schrumpfen bald danach, werden notreif und fallen ab. Somit wird also auch die generative Vermehrung durch Kahlfraß beeinträchtigt. Geringe Fraßbelastung führt dagegen kaum zu Fruchtausfällen.

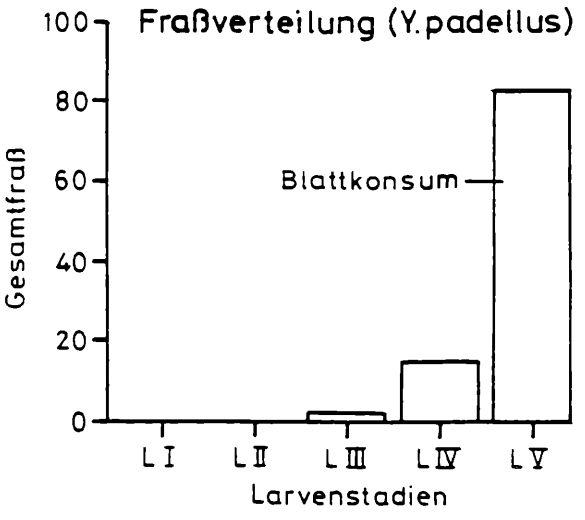


Abbildung 39:

Anteile der 5 Larvenstadien von *Y. padellus* am Gesamt-Blattmasse-Konsum

Figure 39

Relative proportions of the consumption of leaf biomass by the 5 larval stages of *Y. padellus*

Für einen spezialisierten Phytophagen, der unter günstigen Bedingungen seine Nahrungsressourcen dermaßen intensiv nutzt, besteht der Zwang zur Ökonomie. Eine optimale Nahrungsnutzung erreicht *Y. padellus* z. B. durch die gleichmäßige Verteilung der Gelege. Im Bereich der Fraßgespinste werden nahezu alle Blätter vollständig gefressen, es gibt weder Abfälle, noch Lochfraß, noch »ineffektive« Belastungen der Pflanze durch Verletzung vieler Blätter. Außerdem muß gewährleistet sein, daß die Schlehe nach der Fraßbelastung regenerieren, d. h. ihren Sommertrieb voll ausbilden kann. Das wird z. B. dadurch erreicht, daß die Gespinstmottenraupen ihre Hauptfraßphase im 5. Larvenstadium (Abb. 39) in der Regel vor Beginn des Sommertriebes bereits beendet haben. Bei einer Entwicklungsverzögerung kann man aber außerdem beobachten, daß in den weitgehend leergefressenen Gespinsten bereits die Neutriebe zu erkennen sind, diese aber von den Raupen nicht befressen werden. In einer überbevölkerten Kolonie wanderten die Raupen nach Kahlfraß ab und verhungerten zum größten Teil, obwohl die Futterpflanze bereits junge Blätter getrieben hatte. Dabei sind die Jungblätter für die Raupen durchaus genießbar.

Aus pflanzensoziologischer Sicht gehört die Schlehe zu den Pionierholzarten auf locker bewachsenen Trockenstandorten. Nach der Phase der jungen Initialstadien, die kaum befressen werden, beginnt in den Ödländern die Dauerbelastung durch Gespinnstmotten, wodurch die Schlehenbestände in ihrem Erscheinungsbild in geschildeter Weise beeinflußt, langfristig jedoch stabilisiert werden. Mit Ausnahme extensiver Weidenutzung werden solche Gebiete vom Menschen kaum beeinflußt und bieten daher weitgehendst natürliche Verhältnisse für viele Pflanzen und Tiere, insbesondere Insekten, die sich an die besonderen Lebensbedinungen speziell angepaßt haben. Diese Bestände weisen die artenreichsten Phytophagenkomplexe auf Schlehe auf. Nachweise seltener *Procris*- und Zipfelfalter aus unserem Gebiet stammen nur von solchen Standorten.

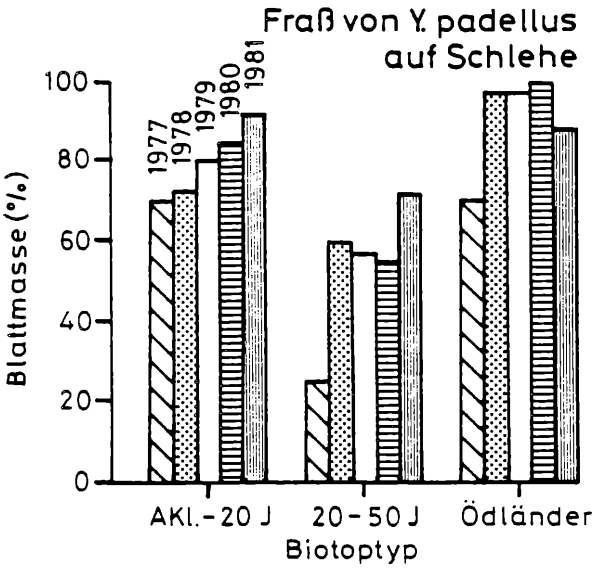


Abbildung 40:

Fraßbelastung der Schlehe durch *Y. padellus*-Larven (1977–81) in unterschiedlich alten Hecken und auf Ödland

Figure 40

Consumption of leaf biomass of sloe *(Prunus spinosa)* (1977–81) by *Y. padellus* larvae at three different types of habitats (hedgerows younger than 20 years, hedgerows between 20–50 years, sloe growing in dry grassland)

Im Gegensatz zu den Ödländern ist die Gespinstmottenbelastung der Schlehen in den unterschiedlich alten Hecken der Agrarlandschaft sehr uneinheitlich (Abb. 40). Dabei ist die Schwankungsbreite in älteren Hecken (> 20 Jahre) bei gleichzeitig niedriger mittlerer Belastung am größten. Das hängt damit zusammen, daß der Schlehenanteil in solchen Hecken deutlich geringer ist als in jüngeren Hecken, deren letzte Nutzung weniger als 20 Jahre zurückliegt. Bei einem Kahlschlag wird die Konkurrenzsituation drastisch zugunsten von Pflanzen mit hoher Regenerationsfähigkeit verändert. Der erste Aufwuchs besteht dann nicht selten nahezu ausschließlich aus Schlehenschößlingen, die im ersten Jahr bis zu einer Höhe von 1 m heranwachsen können. Solche Bestände sind für *Y. padellus* natürlich weitaus attraktiver als Althecken mit verstreutem Schlehenvorkommen. Voll genutzt werden die Jungbestände und der Randschleppenaufwuchs erst nach einigen Standjahren auch in Gebieten mit hoher Gespinstmottendichte. Hierfür ist kleinklimatisches Präferenz- neben Fortpflanzungs- und Dispersionsverhalten der Gespinstmotten verantwortlich.

Ähnlich wie in Ödländern kann eine Dauerbelastung durch *Yponomeuta*-Fraß zu Wachstumsminderung, Alterungsbeschleunigung und Verringerung der ohnehin schwachen Konkurrenzkraft der Schlehen führen. Dadurch kann es durchaus zu einer Veränderung der Gehölzarten-Zusammensetzung der Hecken kommen. Längerfristig beeinträchtigt *Y. padellus* durch die Beeinflussung der Pflanzensukzession zu Ungunsten der Schlehe natürlich die eigenen Lebensbedinungen. Entsprechend nimmt die Fraßbelastung in älteren Hecken ab und unterliegt größeren Schwankungen.

Zusammenfassung

1. Im Zeitraum 1977–1981 wurden Untersuchungen zur Populationsdynamik von *Yponomeuta padellus* auf *Prunus spinosa* L. im Raum Bayreuth durchgeführt. Die Schlehenform der Zwetschgengespinstmotte war über den ganzen Untersuchungszeitraum die wichtigste Blattfresserart auf der Schlehe.

2. Die Fraßbelastung der Futterpflanzenbestände schwankt je nach Standort, Bestandsalter, Pflanzenverteilung und Kleinklimabedingungen.

a) Auf den Vorzugsstandorten erfolgt eine Nutzung des Futterangebotes zwischen 90 und 100 %. Hier wird die Wuchsform und Bestandsentwicklung der Schlehe deutlich durch diese Fraßbelastung beeinflußt.

b) Jüngere Hecken mit einem hohen Schlehenanteil (über 60 %) wurden im Mittel in klimatisch günstigen Lagen zwischen 70 und 90 % belastet. Die Fraßeinwirkung fördert die Ansiedlung von weiteren Heckenstraucharten.

c) Ältere Hecken mit meist geringeren Schlehenanteilen wiesen eine mittlere Belastung um 30 %, bei allerdings großen Schwankungen, auf. Bei stärkeren Fraßbelastungen wird die Konkurrenzkraft der Schlehe im Heckenverband deutlich geschwächt.

3. Die Wahl der Eiablagestelle und die räumliche Verteilung der Larvengespinste ist durch Präferenz- und Revierverhalten der weiblichen Falter bedingt. Bevorzugt werden südexponierte Ödlandlagen mit flächigem Schlehenbewuchs.

4. Ungünstige Großwetterlagen können die Entwicklung verlängern und den Schlüpftermin bis 4 Wochen hinauszögern, den Ablauf der Eiablage und das Ausbreitungsverhalten der Art deutlich beeinflussen. Die Entwicklungs- und Reifevorgänge sind dabei von der Wärmemenge, die Verhaltensabläufe von Temperaturgrenzen abhängig.

5. An biotischen Mortalitätsfaktoren wurden Räuber und Parasitoide festgestellt.

a) Die wichtigsten Prädatoren, Ameisen und Heteropteren haben deutlich getrennte Wirkungsschwerpunkte und zeigen einen stark witterungsgeprägten Einfluß auf Teilpopulationen. *Formica pratensis* verhindert eine Vermehrung der Gespinstmotten auf Ödlandstandorten. Die Verluste werden durch Zuflug ausgeglichen. Die wichtigsten räuberischen Heteropteren wiesen starke jährliche und lokale Schwankungen in Auftreten und Auswirkung auf.

b) Als Nebenprädatoren traten *Panorpa*-Arten, Spinnen, Vögel, Fliegen und Florfliegen auf. Der Hauptwirkungsschwerpunkt der Prädatoren liegt auf der Puppenphase.

c) Der Gesamtparasitoidenkomplex besteht zu 72 % aus Gelegenheitsparasitoiden, 18 % aus Nebenparasitoiden und 10 % gehören zum Kernkomplex. Die durchschnittliche Zahl von Neben- und Zwischenwirten liegt bei 12 Arten.

d) Aus Zuchten konnten 19 Arten von Parasitoiden nachgewiesen werden, davon sind 7 Arten nur als Hyperparasitoide und 11 nur als Primärparasitoide aufgetreten.

e) Als häufigste Primärparasitoide traten *Ageniaspis fuscicollis* (Ei – Eiraupen), *Diadegma armillatum* (Junglarven), *Agrypon anxium* (Larven), *Eurysthaea scutellaris* (Altlarven), *Tetrastichus evonymellae* (Vorpuppen, Puppen), *Herpestomus brunneicornis, Itoplectis maculator, Pimpla turionellae* (Puppen) auf. Die einzelnen Parasitierungsanteile lagen zwischen 0 und 23 % bei starken Jahres- und Lokalitätsschwankungen.

f) Die Parasitoidarten zeigten deutliche Präferen-

zen für klimatisch günstige Standorte. Ihre Artenzahl und -dichte werden durch die geografische Lage, Exposition und die Heckendichte unterschiedlich stark beeinflußt.

g) Die Regulationsfähigkeit wird durch die Auswirkung von Sekundärparasitismus, Konkurrenz-, Klima-, Raub- und Eigenmortalitätsfaktoren bzw. den Mangel von Zwischenwirten stark beeinträchtigt.

Anhang VI

Faunistisch-ökologische Analyse ausgewählter Arthropoden-Gruppen

1. Zur Ökologie der in den Hecken auftretenden Vertreter der Rüsselkäfergattung Phyllobius und Polydrosus

Anne Stahl

Da Vertreter der Rüsselkäfergattung *Phyllobius* und *Polydrosus* sowohl im Heckenbereich wie auch als gelegentliche Schädlinge an Obst- und anderen Laubbäumen auftreten, wurden im Rahmen einer Diplomarbeit (A. STAHL, 1982) die Ökologie und insbesondere das Futterpflanzenspektrum dieser Käfer untersucht. Es handelt sich bei den Imagines um polyphage Blattfresser. Die Tiere sind univoltin, wobei die an Wurzeln fressenden Larven im Boden überwintern. Aus zeitlichen und experimentellen Gründen wurden die bodenlebenden Entwicklungsstadien nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.

Die folgenden Untersuchungen sollten zur Klärung der Frage beitragen, ob und inwieweit Flurhecken ein Reservoir schädlicher *Phyllobius*- und *Polydrosus*-Arten darstellen.

1.1 Auswertung der Klopfproben

Das konservierte *Phyllobius*- und *Polydrosus*-Material aus den Proben wurde bestimmt und ausgezählt. Zwar geschah dies für alle drei Jahre (1979–1981), in denen ein Klopfprogramm durchgeführt wurde, doch sollen hier nur die Proben des Jahres 1980 berücksichtigt werden, da die Proben dieses Jahres die tatsächlichen Verhältnisse in der Natur soweit es *Phyllobius* und *Polydrosus* betrifft am ehesten wiederspiegeln. In diesem Jahr wurde in beiden Untersuchungsgebieten (Hummelgau und Oschenberg) synchron 1 mal pro Woche geklopft und damit wurden die eng zusammenliegenden und begrenzten Auftretensmaxima der einzelnen Arten am besten erfaßt.

In Tabelle 21 wurden die Gesamtergebnisse für beide Gebiete zusammengefaßt. Die Zahlen in Klammern geben jeweils den Prozentanteil der *Phyllobius* spp. und *Polydrosus* spp. an dem Curculioniden-Gesamtfang an. Daraus wird ersichtlich, daß die beiden untersuchten Gattungen in beiden Gebieten sowohl insgesamt als auch an den einzelnen Pflanzenarten den Hauptanteil der Curculioniden an der Hecke stellen.

Dies wird auch aus den Abbildungen 41 und 42 deutlich. Man erkennt hier auch das zeitlich begrenzte maximale Auftreten von *Phyllobius* und *Polydrosus* im Juni, wobei lediglich die Art *Polydrosus sericeus* ihre maximale Häufigkeit etwas später aufweist (Juli–August). Im Hummelgau verzeichnen die übrigen Curculionidengattungen noch einmal einen kleineren Häufigkeitsgipfel im September, der auf Arten, die an die Hecke wandern, um dort zu überwintern, z. B. *Apion* sp., zurückzuführen ist.

Wie schon aus Tab. 21 ersichtlich, sind die häufigsten Arten in beiden Gebieten die gleichen, nämlich *Phyllo-*

Tabelle 21

KLOPFPROBEN 1980

	HUMMELGAU				OSCHENBERG			
	Gesamt	**Schlehe**	**Weißdorn**	**Rose**	**Gesamt**	**Schlehe**	**Weißdorn**	**Rose**
Curculionidae	631	313	141	177	352	201	88	63
Phyllobius	398	179	94	125	253	142	68	43
+ Polydrosus	(63.1)	(57.2)	(66.7)	(70.6)	(71.9)	(70.6)	(77.3)	(68.3)
Ph. roboretanus Gred.	178	97	6	75	52	19	7	26
Ph. betulae F.	156	47	72	37	126	86	33	7
Ph. oblongus L.	27	22	4	1	66	32	28	6
Ph. piri L.	7				1	1	0	0
Ph. maculicornis Germ.	3	3	5	3	0	0	0	
Ph. alpinus Stierl.	1							
P. sericeus Schall.	17	4	4	9	8	4	0	4
P. pterygomalis Boh.	3							
P. mollis Str.	2	6	3	0	0	0	0	0
P. pilosus Gred.	3							
P. confluens St.	1							

Ziffern in Klammern = %-Anteil von *Phyllobius* und *Polydrosus* am Rüsselkäfer-Gesamtfang

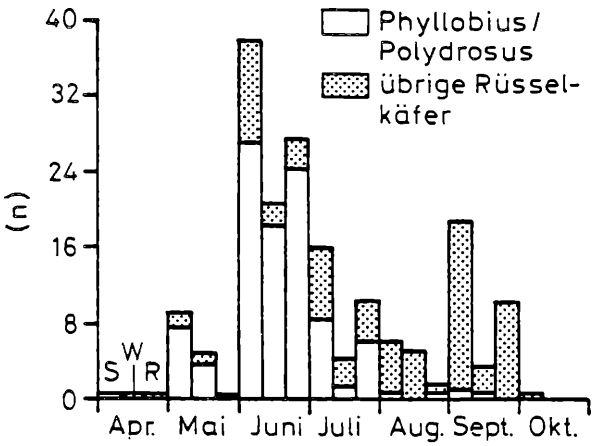


Abbildung 41:

Anzahl der in den Klopfproben von Rose, Schlehe und Weißdorn von April bis Oktober am Standort Hummelgau (1980) erhaltenen Rüsselkäfer-Imagines

Figure 41

Numbers of adult Curculionidae obtained on rosebushes, sloe an hawthorn during April – Oktober (1980) at the locality Hummelgau. White columns = *Phyllobius*- and *Polydrosus* spp. dotted columns = other weevil species

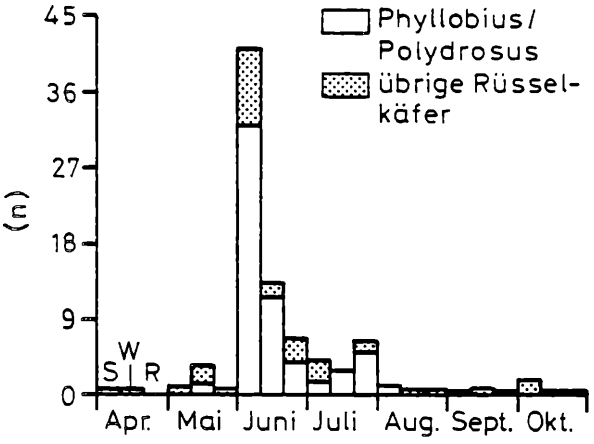


Abbildung 42:

Anzahl der in den Klopfproben an Rose, Schlehe und Weißdorn von April bis Oktober am Standort Oschenberg (1980) erhaltenen Rüsselkäfer-Imagines

Figure 42

Numbers of adult Curculionidae obtained on rosebushes, sloe and hawthorn during April – October (1980) at the locality Oschenberg. Symbols as in Fig. 41

bius oblongus, Ph. betulae, Ph. roboretanus und *Polydrosus sericeus*. Lediglich die Dominanzen sind etwas verschoben.

Es bleibt noch anzumerken, daß sich die Ergebnisse der Auswertung der Klopfproben der Jahre 1979 und 1981 außer in der Gesamtzahl gefangener Curculioniden nicht wesentlich von den hier angeführten unterscheiden.

Da mit dem regulären Klopfprogramm nur ein sehr geringer Anteil potentieller Ressourcen der *Phyllobius* und *Polydrosus*-Arten erfaßt wurde, wurden 1981 zusätzliche Klopfproben an 23 verschiedenen Orten (von Hersbruck im Süden bis Rehau im Norden) durchgeführt, in denen das untersuchte Pflanzenspektrum wesentlich erweitert wurde. So wurden neben den bekannten Heckenpflanzen auch verschiedene Obst- und Laubbäume »geklopft«. Die wesentlichen Ergebnisse hieraus sind in Tabelle 22 zusammengefaßt. Die Zahlen der Tabelle geben an, wieviel Prozent des Gesamtumfangs einer Art, bezogen auf jeweils einheitlich 50 Positionen, sich an einer bestimmten Pflanze befanden. Die Zahlen in Klammern wurden dabei aus weniger als 5 Fundorten ermittelt.

Tabelle 22 zeigt, daß man zwischen »Hecken-« und »Obstarten« unterscheiden kann. *Ph. arborator, Ph. maculicornis* und *P. sericeus* finden sich an Obstbäumen nicht.

Als Schädlinge unter den gefangenen Arten können zweifellos *Ph. oblongus* (BALACHOWSKY. A., 1935; VOLLMANN, M. 1954, SAVIC, G. 1963) sowie *Ph. piri* (BALACHOWSKY, A. 1935) an verschiedenen Obstarten, sowie *Ph. arborator* (ESCHERICH, K. 1923; SORAUER, 1954) und *Ph. maculicornis* (SORAUER, 1954) an Laubbäumen gelten. Der wohl bedeutendste Laubbaumschädling aus dieser Gruppe, *Ph. argentatus*, wurde an den Hecken überhaupt nicht gefunden.

Die einzige der obengenannten Arten, die an den Hecken in größerer Anzahl gefunden wurde, ist *Ph. oblongus*. Doch auch diese tritt, im Vergleich zu den anderen häufigen Arten, insgesamt gesehen relativ selten auf. So wurden über alle 3 Jahre hinweg im Standardklopfprogramm in allen Untersuchungsgebieten zusammen nur 138 Individuen dieser Art gefangen.

1.2 Eklektorfänge am Weinberg

Um frischgeschlüpfte *Polydrosus*- und *Phyllobius*-Individuen für verschiedene Experimente zu fangen,

Tabelle 22

Nachweise von *Phyllobius*- und *Polydrosus*-Arten an verschiedenen Gehölzen (Klopfproben von 23 verschiedenen Lokalitäten Nordost-Bayerns)

	Phyllobius oblongus	**Ph. betulae**	**Ph. roboretanus**	**Ph. maculicornis**	**Ph. arborator**	**Ph. piri**	**Polydrosus sericeus**
Schlehe	15.1	27.9	7.2	**(55.2)**	24.6	13.9	17.8
Hasel	0.5	8.0	2.5	(36.5)	20.5	(4.5)	**74.1**
Weißdorn	5.5	2.6	1.2	(4.9)	0.6	8.5	1.6
Rose	3.7	3.2	8.2	(2.8)	**54.4**	(14.9)	6.5
Apfel	**42**	0	1.5	(0)	(0)	(3.5)	(0)
Birne	(14.5)	0	**(40.0)**	(0)	(0)	**(36.5)**	(0)
Kirsche	(0.9)	**(41.0)**	(20.2)	–	(0)	(1.3)	(0)
Zwetschge	17.8	17.2	19.3	(0)	(0)	(16.8)	(0)

Die Ziffern geben an, wieviel % der Individuen einer Art von der jeweiligen Gehölzart stammen. Dabei wurde eine Fangziffer zugrunde gelegt, die einem Klopfprobenumfang von 50 Positionen je Pflanzenart entsprach. In Klammern gesetzte Werte stammen von weniger als 5 Sammel-Lokalitäten.

wurden im Gebiet Weinberg zwischen dem 3. 5. und 4. 7. 1981 insgesamt 42 Eklektoren mit einer Gesamtfläche von 7,25 qm unter verschiedenen Heckenpflanzen (Schlehe, Weißdorn, Rose), sowie im Traufbereich von Obstbäumen (Apfel, Kirsche, Birne, Zwetschge) aufgestellt. Dabei entfielen 4,08 qm Fangfläche auf die Hecken, 3,17 qm auf die Obstflächen. Insgesamt wurden in den Eklektoren 87 Curculioniden gefangen, davon 20 *Ph. oblongus* und 14 *Ph. roboretanus*. Andere *Phyllobius*- und *Polydrosus*-Arten fanden sich in den Eklektoren nicht, obwohl sie in dem Gebiet sonst vorkamen. Bei den übrigen Curculioniden handelt es sich im wesentlichen um Individuen der Gattungen *Apion* und *Otiorrhynchus*. Unter den Obstbäumen wurden 42 Curculioniden bzw. 21 *Phyllobius*-Individuen gefangen, trotz der geringeren Fangfläche also die Mehrzahl.

Da man davon ausgehen kann, daß, wenn überhaupt, höchstens ein sehr geringer Teil der Larven während des Winters in die Obstflächen einwandert, zeigt dieses Ergebnis, daß ein Grundstock für eine potentiell schädliche Massenvermehrung bereits in den Wiesen unter den Obstbäumen vorhanden ist, Hecken dabei also unter Umständen gar keine Rolle spielen.

Nebenbei sei noch angemerkt, daß mit einer Dichte von 4,8 *Phyllobius* Individuen/qm das Fangergebnis weit unter vergleichbaren Werten aus der Literatur liegt.

1.3 Fraßversuche

Mit den wichtigsten Arten wurden Fraßversuche durchgeführt. Dazu wurden den Tieren jeweils 16 Blattscheiben gleicher Größe von 8 verschiedenen Pflanzenarten pro Versuchsansatz angeboten. Die Tiere wurden immer so lange im Versuch belassen, bis rund 50 % einer Pflanzenart (entsprechend einer Blattscheibe) gefressen waren. Die genaue Fraßfläche wurde dann für jede getestete Pflanzenart mit dem Areameter gemessen. Die meisten Versuche wurden mit einem gemischten »Hecken-Obstansatz« durchgeführt, in denen den Tieren Schlehe, Weißdorn, Hasel und Rose, sowie Zwetschge, Kirsche, Apfel und Birne zur Wahl angeboten wurden.

Die Abb. 43 stellen die unten erörterten Ergebnisse graphisch dar. Es wurden jeweils der 95 %-Vertrauensbereich aufgetragen.

Bei *Ph. oblongus* zeigt sich, daß diese Art im Fraßversuch zwar im Durchschnitt Obstblattscheiben besser annimmt als etwa *P. sericeus*, daß aber andererseits die Heckenpflanzen, insbesondere Hasel, doch bevorzugt werden. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Obst- und Heckenpflanzen.

Ph. arborator als »Waldart« bevorzugt im »Hecken-Obstansatz« deutlich die Rose. Kirsche wird überraschenderweise relativ gut angenommen, was bei den meisten getesteten Käferarten nicht der Fall ist. Ansonsten werden alle angebotenen Fraßpflanzen zwar akzeptiert, mit Ausnahme der obengenannten jedoch nicht besonders gut.

P. sericeus erweist sich im Fraßversuch deutlich als »Heckenart«, die Rose und Hasel signifikant gegenüber allen anderen Pflanzen vorzieht. Birne wird überhaupt nicht gefressen, ansonsten weisen alle Pflanzen ungefähr das gleiche niedrige Akzeptabilitätsniveau auf.

Vergleicht man nun die Ergebnisse aus den Fraßversuchen mit denen der Klopfproben in Tabelle 22, so kommt z. B. bei *Ph. oblongus* in den Klopfproben sein Rang als »Obstart« deutlicher zum Ausdruck. In der »Rangfolge« der Heckenpflanzen fällt auf, daß die Hasel in den Fraßversuchen überproportional bevorzugt wird.

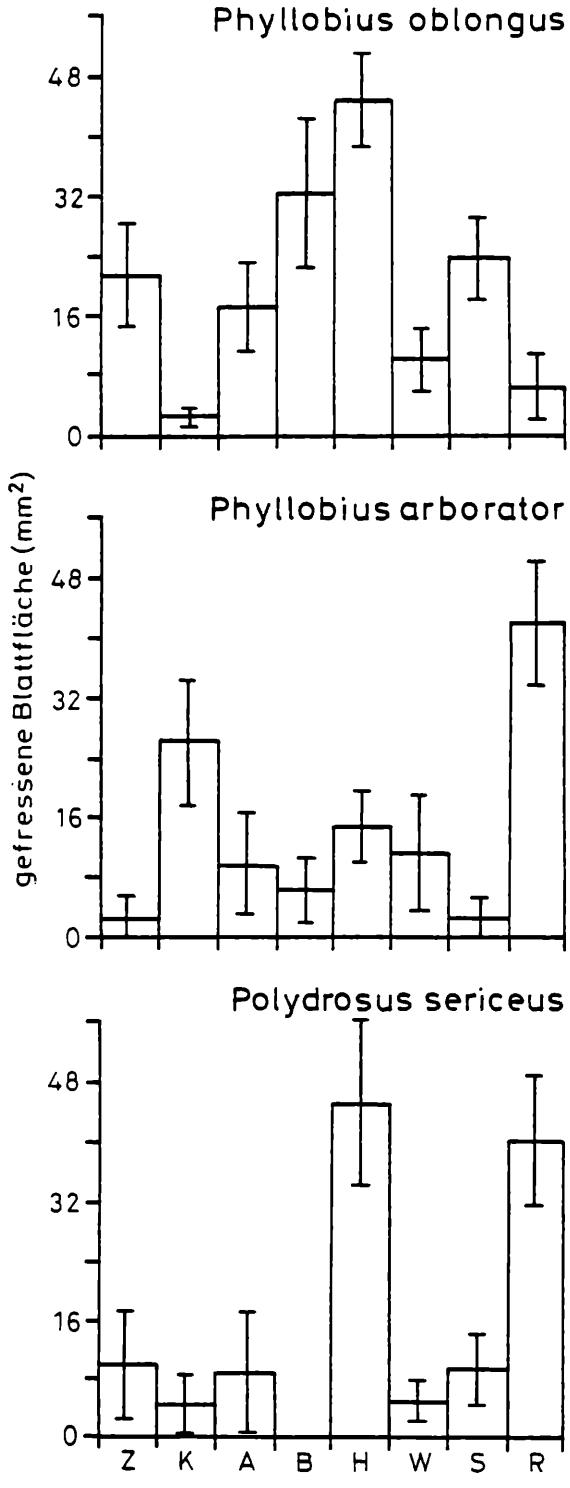


Abbildung 43:

Futterwahlversuche mit 2 Phyllobius- und einer Polydrosus-Art
Z = Zwetschge, K = Kirsche, A = Apfel, B = Birne, H = Hasel, W = Weißdorn, S = Schlehe, R = Rose

Figure 43

Results of multiple choice tests to assess the host plant selection of two Phyllobius and a Polydrosus species
Ordinate: leaf surface consumed (mm^2).
Abscissa: Z = plum, K = cherry, A = apple, B = pear, H = hazel, W = hawthorn, S = sloe, R = rosebush

Die Ablehnung der Obstpflanzen wird bei *Ph. arborator* in der Natur deutlicher, ansonsten zeigen sich in beiden Fällen ähnliche Verhältnisse, mit einem in beiden Fällen hohen Anteil der Rose.

Auch *P. sericeus* lehnt Obstarten in der Natur offenbar deutlich ab, auffällig ist hier der sehr hohe Anteil an der Hasel, wobei sich die Verhältnisse an den übrigen Heckenpflanzen in beiden Untersuchungen etwas unterschiedlich darstellen.

Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

a) An den Hecken wurde nur eine einzige Art *(Ph. oblongus)*, in größerer Anzahl gefunden, die laut Literatur erheblichen Schaden verursachen kann. Allerdings war sie deutlich weniger häufig als »ungefährliche« Arten.

Andere potentiell schädliche Arten wie *Ph. piri, Ph. arborator* und *Ph. maculicornis* waren an den Hecken nur in verschwindend geringer Anzahl vertreten, *Ph. argentatus*, ein bedeutender Laubbaumschädling, überhaupt nicht.

Man muß sich aber immer vor Augen halten, daß die *Phyllobius-* und *Polydrosus-*Arten ohnehin nur in sehr seltenen Fällen Dichten erreichen, die ein Schadauftreten zur Folge haben.

b) Die Fangergebnisse in den aufgestellten Eklektoren, wo trotz einer um 13 % geringeren Fangfläche 62 % aller *Phyllobius*-Individuen in den Obstflächen gefangen wurden, lassen den Schluß zu, daß sich in den Obstgärten selbst bereits eine gewisse Populationsdichte einstellt, die unter bestimmten Voraussetzungen zur Massenvermehrung gelangen und Schaden verursachen kann.

c) Trotz der ausgeprägten Polyphagie dieser Gattungen läßt sich eine gewisse Sonderung in »Hecken-«, »Obst-« und »Waldarten« vornehmen. Dabei fallen die Unterschiede in den Klopfproben bei den »Waldarten« deutlicher aus. Sie sind zwar noch an Hecken-, an Obstgehölzen dagegen praktisch nicht mehr vertreten. In den Fraßversuchen kommen diese Präferenzen lediglich bei *P. sericeus* zum Ausdruck.

d) Zwar war das im Test angebotene Fraßpflanzenspektrum relativ klein, es lassen sich aber keine absoluten Präferenzen für bestimmte Pflanzengattungen erkennen. Während *Prunus spinosa* im allgemeinen relativ gut angenommen wird, werden *Prunus avium* und *P. domestica* nicht immer akzeptiert.

2. Ökologische Übersicht über die Wanzenfauna der Hecken

Helmut Zwölfer

Während der Jahre 1977–1981 wurden von uns sowohl im Rahmen des Klopfprobenprogramms an Weißdorn, Wildrosen und Schlehe wie auch bei zusätzlichen Aufsammlungen an weiteren Gehölzarten der Hecke insgesamt 52 Wanzen-Arten festgestellt. In den folgenden Abschnitten wird zunächst die qualitativ erfaßte Gesamt-Wanzenfauna und dann die quantitativ erfaßte Wanzenfauna der drei Hauptgehölzarten behandelt.

2.1 Die Artenliste (Gesamtfauna)

Erläuterungen zur Artenliste: Die Funde stammen, soweit keine anderen Angaben vorliegen, aus unserem oberfränkischen Untersuchungsgebiet. Die relative Häufigkeit der Arten wurde durch »+« und »−« Zeichen vor dem Artnamen angedeutet, wobei »++« ein sehr häufiges Vorkommen, »+« ein häufiges Vorkommen mit mehr als 10 Funden und »−« ein vereinzeltes Vorkommen (= nur Einzelfunde) bedeutet. Ist kein »+« oder »−« Zeichen angegeben, dann handelt es sich um gelegentlich in der Hecke auftretende Arten, die bei unseren Untersuchungen mit weniger als 10 Tieren erfaßt worden waren. Der einschlägigen Literatur (FAUVEL, 1976; SOUTHWOOD und LESTON, 1959; WAGNER, 1952, 1966, 1967) wurde entnommen, ob die Wanzenarten als rein phytophag (= P), als sowohl entomophag wie auch phytophag (= EP) oder vorwiegend entomophag (= E) einzustufen sind. Es sind in der Liste ferner die von uns beobachteten Nahrungs- bzw. Aufenthaltspflanzen und, in Anführungszeichen gesetzt, die in der Literatur angegebenen Pflanzen aufgeführt.

Der Artenzahl nach dominieren in unserem Material eindeutig die Miridae (Blindwanzen) (42 Arten). Es folgen die Anthocoriden (Blumenwanzen) mit 5 Arten, die Piesmiden mit 2 Arten und die übrigen Familien (Pentatomiden, Acanthosomiden, Lygaeiden) mit je einer Art.

Die Mehrzahl der Arten ist phytophag, wobei polyphage, an Laubholz und krautartigen Pflanzen vorkommende Formen (14 Arten) und polyphage Arten an Laubholz (9 Arten) überwiegen. Je eine polyphage Art kommt vorwiegend am Nadelholz bzw. an krautartigen Pflanzen vor. Nicht-polyphage Arten, das heißt Wanzenarten, die eine deutliche Spezialisierung hinsichtlich der Nahrungs- bzw. Aufenthaltspflanze zeigen, fehlen in der Fauna der Hecken praktisch völlig.

Von den 11 Wanzenarten, die sowohl phytophag wie auch entomophag leben, sind 9 Arten eng an Laubbäume und Sträucher gebunden, während lediglich zwei Arten neben Laubbäumen und Sträuchern auch krautartige Pflanzen als Substrat wählen.

Vorwiegend oder rein entomophag sind 12 Wanzenarten. Die Hälfte (6 Arten) davon ist wenig spezialisiert, da sie auf Laubbäumen, Strauchwerk und krautartigen Pflanzen beobachtet wurde. 4 Arten zeigen eine Bindung an Laubholz und Strauchwerk und 2 Arten scheinen in ihrem Vorkommen auf Laub- und Nadelholz begrenzt zu sein.

2.2 Wanzenarten an Schlehe, Weißdorn und Wildrose

Das Klopfprobenprogramm, bei dem in drei verschiedenen Untersuchungsgebieten die Heckengehölzarten Schlehe, Weißdorn und Wildrose in gleicher Intensität erfaßt wurden, erlaubt einen quantitativen Vergleich und Schlußfolgerungen hinsichtlich der Individuendichte von Wanzen auf den genannten Straucharten. Tabelle 23 bringt die Ergebnisse, wobei gleichzeitig Arten, die in der von der Internationalen Organisation für biologische Bekämpfung (OILB) herausgegebenen Literatur (FAUVEL, 1976) als »Nützlinge«, das heißt als Vertilger von Spinnmilben, Blattläusen und Lepidopterenlarven angeführt werden, mit einem Ausrufezeichen gekennzeichnet sind.

In Tabelle 24 werden für das quantitativ erfaßte Wanzenmaterial Individuen- und Artenzahlen, Diversität und Evenness angegeben.

In den quantitativ untersuchten Proben (Tabelle 23) wurden von den drei bearbeiteten Straucharten an-

Liste der in Feldhecken auf Sträuchern festgestellten Wanzenarten
(Funde, soweit nicht anders vermerkt, aus Oberfranken)
Vor dem Namen: ++ = sehr häufig, + = häufig (mehr als 10 Funde), − = *nur als Einzelfund vorliegend.*
P = phytophag, EP = entomophag und phytophag, E = vorwiegend entomophag. Wirtsangaben in » « sind der Literatur entnommen.

Pentatomidae			
	P	Palomena prasina (L.)	Weißd., Schlehe, Hasel, Kreuzdorn, nur in Ostösterreich. »Laubhölzer, Laubbäume, Sträucher, krautartige Pfl«.
Acanthosomidae			
−	P	Elasmostethus interstinctus Fieb.	Hasel. »Laubhölzer«
Piesmidae			
−	P	Piesma capitatum Wolff	Rose. »an Chenopodiaceen«
−	P	P. maculatum (Lap.)	Weißdorn. »an Chenopodiaceen«
Anthocoridae			
++	E	Anthocoris nemorum L.	Weißdorn, Rose, Schlehe, Hasel, Birke, Himbeere, Hollunder, Berberitze, Hartriegel, Pfaffenhütchen, in Feldern auf Gerste und Hafer. »Laubbäume, Sträucher, krautartige Pfl.«
+	E	A. nemoralis (F.)	Weißd., Rose, Schlehe, Ahorn »Laubbäume, krautartige Pfl.«
−	E	A. confusus Reut.	Weißd. »Laubbäume, krautartige Pfl.«
−	E	Temnostethus gracilis Horv.	Schlehe. »Laubbäume, Flechten«
	E	Orius ?minutus (L.)	Schlehe, Rose »Laubbäume, krautart. Pfl.«
Lygaeidae			
+	P	Kleidocerys resedae (P.)	Birke. »Birken, Erlen«
Miridae			
	E	Deraeocoris ruber (L.)	Weißdorn, Rose. »Laubhölzer, Kräuter«
−	E	D. trifasciatus (L.)	Birne. »Laubbäume«
	EP	D. lutescens Schill.	Hartriegel. »Laubhölzer«
	P	Lygus kalmi (L.)	Rose, Weißd., Schlehe.« an Umbelliferen«
	P	L. rubricatus (Fall.)	Fichte. »Fichte, Tanne«
	P	L. ?rugulipennis Popp.	Rose, Schlehe »Sträucher, Kräuter«
	P	L. pratensis (L.)	Schlehe, Weißd. »Laubhölzer, Kräuter«
	EP	L. viridis Fall.	Rose, Schlehe. »Laubhölzer«
	P	L. ?contaminatus (Fall.)	Rose, Schlehe, Weißd. »Birke, Erle, Brennessel«
	P	L. spinolai (M.D.)	Weißd., Rose, Schlehe, »Kräuter«
−	P	Stenotus binotatus (F.)	Weißd. »an Gräsern«
	E	Miris striatus (L.)	Rose, Schlehe, Weißd. »Laubbäume«
−	EP	Calocoris quadripunctatus (Vill.)	Weißd. »Eiche«
	EP	C. fulvomaculatus (Deg.)	Rose, Schlehe, Weißd. »Laubbäume, Kräuter«
	P	C. biclavatus H.S.	Weißd., Rose »Vaccinium-Arten«
	P	C. norvegicus (Gmel.)	Weißd. »vor allem Krautflora«
+	E	Phytocoris longipennis Fl.	Schlehe, Rose, Weißd., Hasel. »Laubhölzer«
++	PE	Ph. ulmi (L.)	Weißd., Rose, Schlehe. »Holzgewächse«
−	P	Ph. varipes Boh.	Schlehe. »Kräuter, Gräser«
−	P	Stenodema calcaratum Fall.	Rose. »Gräser«
−	P	St. laevigatum (L.)	Rose. »an Gräsern«
	P	St. holsatum (F.)	Rose, Fichte, Hochstauden. »Gräser«
	P	Megalocera recticornis Geoff.	Schlehe, Weißd. »Gräser«
	P	Leptoterna dolobrata (L.)	Weißd. »an Gräsern«
−	P	Reuteria sp.	Weißd.
++	P	Heterocordylus tumidicornis (H.S.)	Rose, Schlehe, Weißd., Hasel. »Schlehe«
	EP	Heterotoma meriopterum (Scop.)	Schlehe. »Laubhölzer, Sträucher«
	P	Ortholygus prasinus (Fall.)	Schlehe, Hasel. »Laubhölzer«
−	P	O. ?diaphanus Kb.	Schlehe. »Salix-Arten«
	EP	Cyllecoris histrionicus (L.)	Weißd. »Eiche«
−	P	Amblytylus nasutus (Kb)	Schlehe. »an Gräsern«
	EP	Phylus coryli (L.)	Schlehe, Hasel. »Hasel«
	EP	Psallus ?ambiguus Fall.	Schlehe, Rose, Weißd. »Erle, Kiefer«
−	E	P. betuleti (Fall.)	Birke. »Birke«
++	EP	P. ?variabilis Fall.	Rose, Schlehe, Weißd. »Laubbäume«
−	P	P. ?quercus Kb.	Rose. »Eiche«
	P	P. ?varians H.S.	Weißd. »Laubbäume«
	P	P. minor Dgl. Sc.	Esche. »Esche«
	P	P. ?diminutus Kb.	Rose, Schlehe. »Eiche, Pappel, Zitterpappel«
++	E	Atractotomus mali M.D.	Weißd., Rose, Schlehe. »Obstbäume, Weißd.«
+	E	A. magnicornis (Fall.)	Fichte. »Fichte«
	EP	Plagiognathus arbustorum (F.)	Hasel, Schlehe, Rose. »niedere Pflanzen, Brennesseln usw.«

Arten insgesamt
52 (1x Pentatomidae, 1x Acanthosomidae, 2x Piesmidae, 5x Anthocoridae, 1x Lygaeidae, 42x Miridae)

Phytophag
polyphag an Laubholz und krautartigen Pflanzen: 14; polyphag an Laubholz: 9; an Nadelholz: 1; polyphag an krautartigen Pflanzen: 1; oligophag (Wirtskreis auf eine Fam. beschränkt), an krautartigen Pfl.: 2, an Laubbäumen: 2

Phytophag und entomophag
an Laubhölzern und Sträuchern: 9; an Laubholz, Strauchwerk und krautartigen Pflanzen: 2

Entomophag
an Laubholz, Strauchwerk und krautartigen Pflanzen: 6; an Laubholz und Strauchwerk: 4; spezialisiert an Nadelholz bzw. Laubholz: 2

Tabelle 23

Quantitative Klopfproben: Individuenzahlen von Wanzen an Weißdorn (= CRAT), **Schlehe** (= PRUN) und **Wildrosen** (= ROSA)

Art	CRAT	PRUN	ROSA	SUMME	
Anthocoris nemorum (L.)	53	47	22	122	E !
A. nemoralis (F.)	12	5	6	23	E !
Temnostethus gracilis Horv.	–	1	–	1	E
Orius ?minutus (L.)	–	3	1	4	E !
Deraeocoris ruber (L.)	2	–	2	4	E !
Lygus kalmi (L.)	1	2	1	4	
L. rugulipennis Pop.	–	1	2	3	GS
L. pratensis (L.)	1	1	–	2	
L. viridis (Fall.)	–	1	2	3	E
L. ?contaminatus (Fall.)	2	1	1	4	
L. spinolai (M.D.)	1	2	1	4	GS
Miris striatus (L.)	–	1	4	5	E
Calocoris quadripunctatus (V)	1	–	–	1	E
C. fulvomaculatus (Deg.)	1	2	2	5	GS/E
C. biclavatus H.S.	3	–	4	7	
C. norvegicus (Gmel.)	3	–	–	3	GS
Phytocoris longipennis Fl.	2	2	1	5	E !
Ph. ulmi (L.)	8	16	2	26	E !
Ph. varipes Boh.	–	1	–	1	
Stenodema laevigatum (L.)	–	–	1	1	
Megalocera recticornis Geoff	1	4	–	5	
Leptoterna dolobrata (L.)	2	–	–	2	GS
Reuteria sp.	1	–	–	1	
Heterocordylus tumidicornis (H.S)	1	22	3	26	
Heterotoma meriopterum (Scop)	–	2	–	2	E !
Orthotylus prasinus (Fall.)	–	1	–	1	
O. ?diaphanus (Kb.)	–	1	–	1	
Cyllecoris histrionicus (L.)	2	–	–	2	E
Amblytylus nasutus (Kb.)	–	1	–	1	
Phylus coryli (L.)	–	1	–	1	E
Psallus ?ambiguus Fall.	2	1	3	6	E !
P. ?variabilis Fall.	25	5	7	37	E
P. ?quercus Kb.	–	–	1	1	
P. ?varians H.S.	4	–	–	4	E !
P. ?diminutus Kb.	–	1	2	3	
Atractotomus mali (M.D.)	41	20	10	71	E !
Plagiognathus arbustorum (F.)	–	2	2	4	E

(Abkürzungen: E = ausschließlich oder weitgehend entomophag lebende Art. E ! = nach der OILB als Nützling in Obstbauanlagen auftretend (G. FAUVEL (1976): Die räuberischen Wanzen in Obstanlagen. – IOBC/WPRS (Hrsg): Nützlinge in Apfelanlagen, Wageningen. S 125–150.) GS = in der Literatur als Gelegenheitsschädling erwähnt.

nähernd gleiche Artenzahlen von Wanzen (in erster Linie Anthocoriden und Miriden) eingebracht, wobei der Weißdorn die höchste, die Wildrose die geringsten Individuenzahlen erbrachten. Der Diversitätsindex (Tabelle 24) liegt mit 2,6 dagegen bei den Wildrosenfängen deutlich höher als bei Weißdorn und Schlehen (2,11 bzw. 2,36). Das gilt auch für die Evenness. Der Grund für die geringere Diversität und Ausgeglichenheit der Weißdorn- und Schlehenfänge liegt offensichtlich in dem Umstand, daß auf diesen beiden

Tabelle 24

Übersicht über die in dem quantitativen Probenprogramm an Weißdorn, Schlehe und Wildrose festgestellten Wanzenarten

	Weißdorn	Schlehe	Wildrosen	Gesamtfänge
N Individuen	169	147	80	396
N Arten	22	27	22	37
H_s (Diversität)	2,11	2,36	2,60	2,50
Evenness	0,683	0,716	0,840	0,693

Straucharten durch Blattlaus- bzw. Blattflohbefall eine höhere Individuendichte räuberischer Wanzen (insbesondere der Art *Anthocoris nemorus)* auftrat.

Eine Auswertung der Ergebnisse unseres Klopfproben-Programms im Hinblick auf die angewandt-entomologische Bedeutung der erfaßten Wanzenarten bringt Tabelle 25.

2.3 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Allgemeines

Es wurden bei Klopfprobenuntersuchungen an Hekken insgesamt 52 Wanzenarten festgestellt, wobei der Artenzahl nach die Familie der Blindwanzen (Miriden) eindeutig vorherrscht, während von der Individuendichte her die Anthocoriden dominieren. In den quantitativ an Weißdorn, Schlehe und Wildrose erfaßten Proben wurden 37 Arten erhalten.

Ernährungstyp und Wirtpflanzenbindung

12 (= 23 %) der gefundenen Arten sind *entomophag,* d. h. sie ernähren sich vorwiegend oder ausschließlich von Blattläusen, Spinnmilben, Insekteneiern, Insektenjunglarven und weiteren Beutetieren. 11 Arten (= 21 %) sind sowohl entomophag wie auch *phytophag,* d. h., sie saugen auch Pflanzensäfte. Die restlichen 29 Arten (= 56 %) sind ausschließlich phytophag. Hinsichtlich der Bindung an Wirtspflanzen bzw. Aufenthaltspflanzen sind die gefundenen Arten nur wenig spezialisiert. Rund 40 % der Arten kommen sowohl an Gehölzpflanzen wie auch an krautartigen Pflanzen vor, weitere 40 % beschränken sich auf Holzpflanzen, wobei aber – von einigen Ausnahmen abgesehen – ein weites Spektrum von Arten besiedelt wird. 3 der gefundenen Arten leben auf krautartigen Pflanzen, von wo es gelegentlich zum Eindringen in den Heckenbereich kommen kann.

Angewandt-entomologische Bedeutung

Der an Weißdorn (4,1 %), Schlehe (3,4 %) und Wildrosen (6,3 %) in den quantitativen Proben gefundene Anteil an Wanzenindividuen, die zu in der Literatur als gelegentliche Obst- und Ackerbauschädlinge genannten Arten gehören, ist ausgesprochen gering. Im wesentlichen handelt es sich um *Lygus-* und *Calocoris*-Arten, die einerseits in der Hecke eine untergeordndete Rolle spielen, andererseits als nur sporadisch auftretende Schädlinge wirtschaftlich von geringer Bedeutung sind. Das gilt auch für die Graswanze *Leptoterna dolobrata,* die in 2 Individuen am Weißdorn gesammelt wurde. Insgesamt gehören nur 4,3 % der an den drei Gehölzarten gesammelten Wanzen zur Kategorie der Schadformen, wobei hier keine einzige ins Gewicht fallende Schädlingsart vertreten ist. Im Hinblick auf die für den Pflanzenschutz bedeutungsvollen Wanzenarten bilden die untersuchten Hecken folglich kein »Schädlingsreservoir«.

Über 80 % der in den quantitativen Proben gefundenen Wanzen sind Insekten- und Milbenfresser. Insgesamt 67,4 % (Weißdorn = 73,4 %, Schlehe = 65,3 %, Wildrosen = 58,8 %) der Tiere gehören zu Arten, die im Integrierten Pflanzenschutz als Vertilger von Blattläusen, Spinnmilben und verschiedenen Schadinsekten eine Rolle spielen (OILB-Literatur). Insbesondere sind hier *Anthocoris nemorum, Orius* sp., *Deraeocoris ruber, Phytocoris* spp., *Psallus* spp. und *Atractotomus mali* zu nennen. Der Großteil der in der Hecke gefundenen räuberischen Wanzenarten kommt auf zahlreichen Holzarten, teilweise aber auch an krautartigen Pflanzen vor. So wurde etwa von uns *Anthocoris nemorum* an 10 Strauch- und Baumarten, aber auch in Gersten- und Haferfeldern beobachtet. Infolge ihres geringen Spezialisationsgrades können insbesondere die als Blattlausvertilger wichtigen Arten von Hecken und Feldgehölzen in Obstgärten und land-

Tabelle 25

Quantitativ untersuchte Proben: Prozentuales Auftreten der wichtigsten Ernährungstypen bzw. der Nutz- und Schadformen bei Wanzen auf Weißdorn, Schlehe und Wildrosen. (Die %-Werte beziehen sich auf die Abundanz der Individuen)

	Entomophag, Nützling im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes (OILB, 1976)	Entomophag bzw. vorwiegend entomophag (SOUTHWOOD, 1959)	Landwirtschaftliche Gelegenheits-Schädlinge (SOUTHWOOD, WAGNER, KEILBACH	Phytophage Arten, die in der Literatur nicht als Schädling erwähnt werden
Weißdorn (169 Indiv.)	73,37 %	16,57 %	4,14 %	5,92 %
Schlehe (147 Indiv.)	65,31 %	7,48 %	3,40 %	23,81 %
Wildrosen (80 Indiv.)	58,75 %	18,75 %	6,25 %	16,25 %
Gesamtmaterial (396 Indiv.)	**67,42 %**	**13,64 %**	**4,29 %**	**14,65 %**

wirtschaftlichen Kulturen einwandern. Für die als Blattlaus- und Spinnmilbenfeind wichtige Art *Anthocoris nemorum* und für die zusätzlich auch noch Kleinschmetterlingsraupen (Apfelwickler, Gespinstmotten) angreifende Art *Atractotomus mali* können Hecken (insbesondere Weißdorn und Schlehe) als ein bedeutsames Reservoir und Refugium gelten, von dem aus die Wiederbesiedlung des Umlands möglich ist, wenn dort durch landwirtschaftliche Maßnahmen die Populationen räuberischer Wanzen zurückgegangen oder erloschen sind.

3 Ökologische Übersicht über die Spinnen und Weberknechte der Hecke

Peter Hartmann

Diese Auswertung stützt sich in erster Linie auf die Ergebnisse des Klopfprobenprogramms im Jahre 1979. Unter den entomophagen Arthropoden-Gruppen zeigten dort die Araneae (Spinnen) und Opiliones (Weberknechte) die höchsten Werte hinsichtlich der Individuenzahl und Biomasse.

3.1 Das Artenspektrum

Die in der Hecke von uns nachgewiesenen Arten sind in Tabelle 26 aufgeführt. Den vorliegenden Ergebnissen wurde ein Tiermaterial von 2167 Individuen zugrunde gelegt. Soweit als möglich wurden die Tiere bis zur Art bestimmt. Je nach Probegebiet handelt es sich bei 75–90 % der eingebrachten Spinnen um Juvenilstadien, deren Artzugehörigkeit derzeit bei vielen Gattungen (z. B. *Theridion* spp., *Araneus* spp., *Clubiona* spp. u. a.) kaum zu ermitteln ist. Dies dürfte sich beeinträchtigend auf die hier mit Hilfe der adulten Spinnen ermittelten Gesamtartenzahl ausgewirkt haben. Ein stichprobenartiger Vergleich mit Klopfpro-

Tabelle 26

Gesamtartenspektrum der Spinnen und Weberknechte

Arten	Bab	Stst	Hg
Argiopidae (Kreuzspinnen)			
Araneus cucurbitinus Clerck	XXX	XXX	XXX
Araneus patagiatus Clerck	XX	XX	XX
Araneus quadratus Clerck		X	
Meta segmentata (Clerck)	XX	XXX	XX
Theridiidae (Haubennetzspinnen)			
Theridion varians Hahn	XXX	XXX	XXX
Theridion impressum Likock	XXX	XXX	XXX
Theridion sisyphium (Clerck)	XX	XX	
Theridion pallens Blackw.	X		
Theridion pinastri L. Koch		X	
? Theridion tinctum (Walckenaer)		X	
Enoplognatha ovata (Clerck)	XXX	XXX	XXX
Dipoena tristis (Hahn)	X		
Linyphiidae (Baldachinspinnen)			
Linyphia triangularis (Clerck)	XXX	XXX	XXX
Lepthyphantes sp.		X	
Erigone atra Blackw.			X
? Entelecara congenera (Cambr.)		X	
Philodromidae			
Philodromus aureolus (Clerck)	XXX	XXX	XXX
Thomisidae			
Xysticus luctuosus Bl.		X	
Dictynidae			
Dictyna unicata Thorell.	XXX	XXX	XXX
Salticidae			
Evarcha arcuata (Clerck)		X	
Clubionidae			
Clubiona frutetorum (L. Koch)		X	
Tetragnathidae			
? Tetragnatha pinicola (L. Koch)	X	X	X
Opiliones – Weberknechte			
Liobunum limbatum L. Koch	X		
Liobunum rotundum (Latreille)	X		X
Phalangium opilio L.	X	X	
Platybunus triangularis (Herbst)		X	X
Mitopus morio F.	X		
Oligolophus tridens (C.L. Koch)			X

(Bab = Autobahnhecken. Stst = Stadtsteinach, Hg = Hummelgau)
(X = vereinzelt, XX = regelmäßiges Auftreten, XXX = ausgesprochen häufige Arten)

Tabelle 27

Gesamtfangzahlen (1979) und relativer Anteil (%) der dominanten Spinnenfamilien am Gesamtfang (Klopfproben 1979)

	Autobahn	Stadtsteinach	Hummelgau
Gesamtfangzahl 1979	813	652	712
Probenzahl	24	30	39
Relativer Anteil (%) der dominanten Spinnenfamilien am Gesamtfang (n. Klopfproben) 1979			
Argiopidae	20,7	38,2	47,2
Theridiidae	33,0	18,4	23,1
Linyphiidae	28,8	26,8	12,0
Philodromidae	11,4	8,7	11,4
Clubionidae	2,3	1,7	3,4
Dictynidae	3,4	2,6	1,7
Sonstige	0,4	3,6	1,2

ben aus 1978 läßt eine größere Zahl von selteneren und vereinzelt auftretenden Arten erwarten.

Aus dem vorliegenden Material wurden 22 Spinnen-Arten aus 8 Familien bzw. 15 Gattungen (ohne Micryphantinae ca. 3–5 Arten, wenige Ind.) identifiziert.

Neben den Spinnen wurden 6 Weberknecht-Arten nachgewiesen.

3.2 Dominanzgefüge

In den Hecken treten überwiegend netzbauende Spinnen auf: 80–85 % der Gesamtindividuenzahl entfallen auf die deutlich dominierenden Argiopidae (Kreuzspinnen), Theridiidae (Haubennetzspinnen) und Linyphiidae (Baldachinspinnen) (u. wenige Ind. der cribellaten Dictynidae) gegenüber den ohne Fangnetz jagenden Philodromidae und Clubionidae (u. wenige Salticidae) mit weniger als 15 % der Gesamtdichte (Tabelle 27).

Der Anteil der einzelnen dominanten Spinnenfamilien ist von Standort zu Standort durchaus unterschiedlich: so überwiegen im Hummelgau und in Stadtsteinach die Argiopidae z. T. deutlich, während in den Autobahnhecken die Theridiidae und Linyphiidae mit der höchsten Individuenzahl nachgewiesen wurden (Tabelle 27):

In allen drei Untersuchungsgebieten dominieren die gleichen 7–9 Spinnenarten, allerdings mit unterschiedlichen Anteilen an den Gesamtindividuendichten (Tabelle 28).

(Der relative Anteil der einzelnen Theridiidae-Arten wurde wegen der Unbestimmbarkeit der Jugendstadien anhand der Anteile der Adulti dieser Arten an der Gesamtfangzahl aller adulten Theridiidae ermittelt).

Bei allen in Tabelle 28 aufgeführten Arten handelt es sich um gemeine und weitverbreitete Spinnen, die z. T. vielerorts zu den häufigsten Vertretern ihrer Gattungen zählen (z. B. *Araneus cucurbitinus, Linyphia triangularis, Philodromus aureolus).* Sie sind typische Bewohner der Strauch- und niederen Kronenschicht, z. T. auch der höheren Krautschicht und erreichen in Hecken die höchsten Populationsstärken.

Tabelle 28

Relativer Anteil (%) der dominanten Spinnenarten an der Gesamtfangzahl 1979

	Autobahn	Stadtsteinach	Hummelgau
Araneus cucurbitinus	10,9	8,9	27,9
Meta segmentata	2,2	20,4	2,7
Linyphia triangularis	20,5	24,5	8,5
Philodromus aureolus	13,2	8,7	11,4
Dictyna unicata	3,4	2,6	1,7
(Theridiidae ges.)	(33,0)	(18,2)	(23,1)
adulte Theridiidae (Gesamtzahl)	89	29	28
davon (in %)			
Theridion varians	52,9	50,0	34,4
Th. impressum	8,2	26,9	15,6
Th. sisyphium	1,2	3,8	—
Enoplognatha ovata	37,6	19,2	50,0

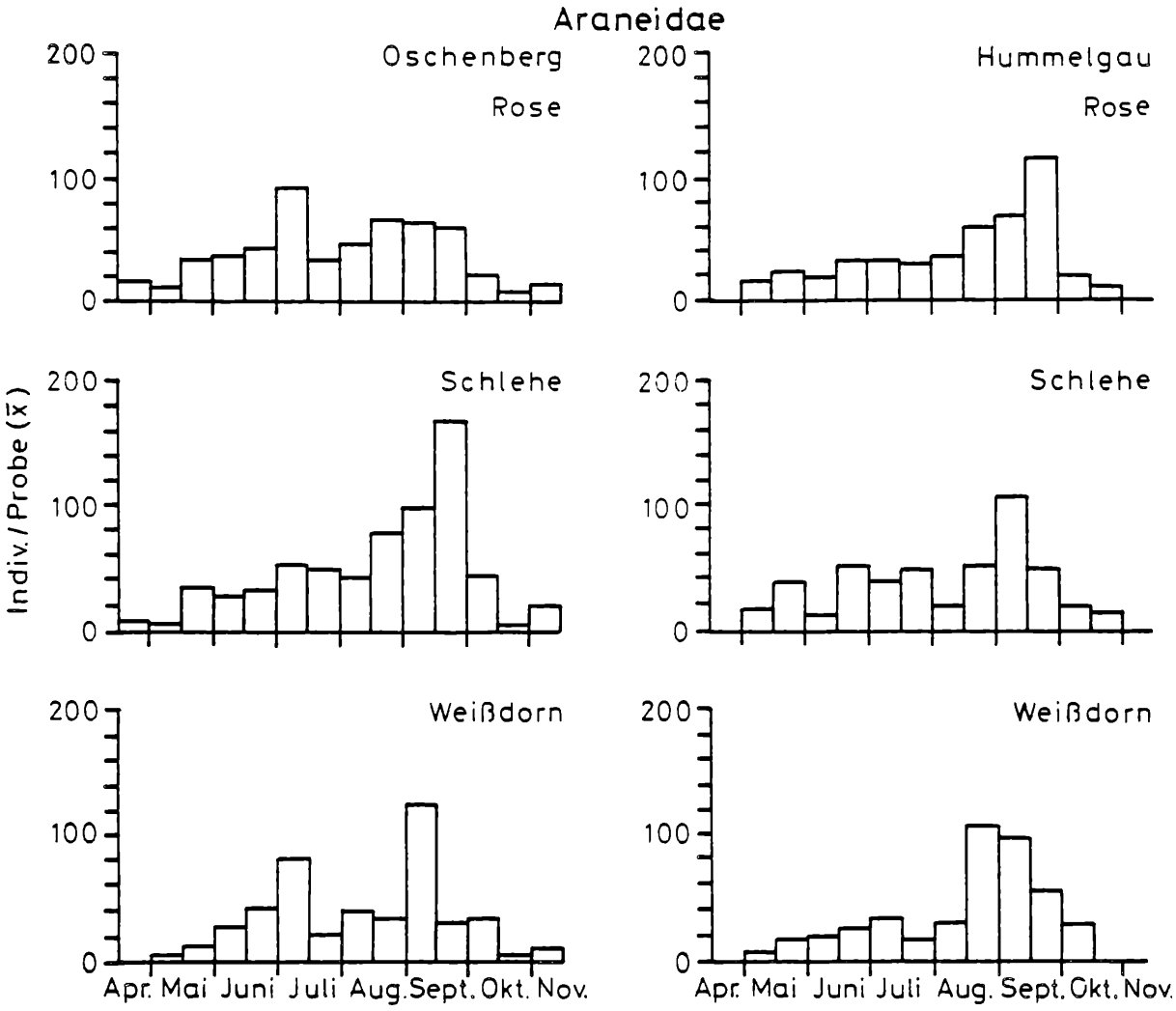


Abbildung 44:

Ausbeute an Spinnen und Weberknechten in den von April bis November an den Standorten Oschenberg und Hummelgau (1979) durchgeführten Klopfproben
Für Mai – Oktober sind jeweils die Werte einer Monatshälfte dargestellt

Figure 44

Seasonal changes in the numbers of spiders and opiliones collected 1979 at the localities Oschenberg and Hummelgau on rosebushes, sloe and hawthorn:
Ordinate = number of individuals/standard sample

3.3 Zur Phänologie und Populationsdynamik der Spinnen

Die Fangzahlen in Klopfproben verdeutlichen den Dichteverlauf der Araneidae (+Opiliones)-Fauna in den Hecken während des Untersuchungszeitraumes vom Frühjahr bis Herbst 1979 (Abb. 44). Neben einem je nach Standort oder Heckenpflanze mehr oder weniger deutlichen Dichtemaximum im Juni/Juli wurden in der Regel die höchsten Spinnendichten im August nachgewiesen. Dieser Dichteverlauf wird natürlich entscheidend von der Phänologie und Abundanzdynamik der dominanten Spinnenpopulationen bestimmt.

Die meisten der dominanten Spinnenarten überwintern als Juvenile. Die Lebenszyklen dieser Spinnen sind bekannt, sie unterscheiden sich im wesentlichen in Bezug auf die Phänologie und Fortpflanzungsperiode der erwachsenen Stadien voneinander.

Dictyna unicata erreicht die Geschlechtsreife bereits ab Anfang Mai, *Theridion* spp., *Aranaeus cucurbitinus* ab Juni; von diesen Arten findet man adulte Tiere bis September (Maximum im Juli). Von *Philodromus aureolus* werden nur von Mai bis Juni, von *Enoplognatha ovata* nur von Juni bis Mitte Juli adulte Stadien gefunden. Die besonders bei *Enoplognatha* bemerkenswert konzentrierte Erscheinungszeit geschlechtsreifer Individuen stimmt mit Ergebnissen von PALMGREN (1974) aus Skandinavien überein.

Einen anderen Lebenszyklus weisen die Arten *Meta segmentata* und *Linyphia triangularis* auf. Sie überwintern im Eistadium, die ersten Juvenilen erscheinen erst im Juni. Die Geschlechtsreife erreichen diese Spinnen mit der Häutung zum Erwachsenenstadium im August/September. Sie prägen im Spätsommer bzw. Frühherbst an vielen Standorten das Erscheinungsbild der Spinnenfauna unserer Hecken. Vor allem die oft in großer Dichte nebeneinander angebrachten waagerechten »Baldachinnetze« von *Linyphia* sind typisch für diesen saisonalen Aspekt.

Im Dichte-Verlauf der Hecken-Spinnenfauna sind also während einer Vegetationsperiode zwei Phasen mit ± deutlichen Maxima zu unterscheiden:

1. Im Juni/Juli: Fortpflanzungszeit der Arten, die als Jungspinnen überwintern; daneben individuen-

reiches Auftreten der Juvenilen von Spinnen mit Herbstfortpflanzung.

2. Im August/September: große Dichte von Jugendstadien der sich im Sommer fortpflanzenden Arten; Fortpflanzungszeit der im Eistadium überwinternden Arten.

Ab Mitte bis Ende Oktober sind kaum noch Spinnen auf den Hecken anzutreffen. Sie überwintern in der Regel als Juvenile in bestimmten Winterquartieren (in der Streu, unter loser Rinde usw.) oder im Eistadium in Kokons.

3.4 Besiedlungspräferenzen der Spinnen auf verschiedenen Heckengehölzen

Ein Ziel des Klopfprobenprogramms war es, die Unterschiede der Fauna auf den wichtigsten Heckenpflanzen (Schlehe, Weißdorn, Rose) herauszuarbeiten. Dies erbrachte vor allem wichtige Erkenntnisse bei den Phytophagen und deren Parasitoiden. Spinnen sind wenig spezialisierte, also polyphage Räuber, die sich als Jäger oder Fallensteller von einem großen Spektrum verschiedener Arthropoden, vor allem Insekten ernähren. Sie benutzen die Pflanzen in erster Linie als Struktur, um auf ihnen zu jagen bzw. ihre Fangnetze auszuspannen. Die einzelnen Heckenpflanzen bieten hierzu unterschiedliche Voraussetzungen, die zudem in verschiedenen Hecken und Standorten uneinheitlich sein können. Bei der Beurteilung der räumlichen Verteilung der Spinnen müssen natürlich noch eine Vielzahl von anderen Faktoren berücksichtigt werden, wie z. B. artspezifische mikroklimatische Präferenzen, inter- und intraspezifische Konkurrenzsituationen usw.

Ein Vergleich der Gesamtfangzahlen, die mit Hilfe des Klopfprobenprogramms von den drei Heckenpflanzen während einer Vegetationsperiode gewonnen wurde, liefert derzeit nur erste Hinweise auf unterschiedliche Besiedlungspräferenzen bei Spinnen.

In allen Untersuchungsgebieten wurden die wenigsten Spinnen auf Weißdorn nachgewiesen (Tabelle 29).

Tabelle 29

Gesamtfang Spinnen (n. Klopfproben 1979)

Stadtsteinach:	Crataegus	187 Ind.
(30 Proben)	Prunus spinosa	212 Ind.
	Rosa	253 Ind.
Hummelgau:	Crataegus	211 Ind.
(39 Proben)	Prunus spinosa	253 Ind.
	Rosa	248 Ind.
Autobahnhecken:	Crataegus	184 Ind.
(24 Proben)	Prunus spinosa	407 Ind.
	Rosa	222 Ind.

Während der Vergleich bei der gesamten Spinnenfauna nur im Fall der Autobahnhecken statistisch absicherbare Unterschiede aufzeigen läßt, ergeben sich bei den wichtigsten Spinnenfamilien dagegen schon deutlichere Dichteunterschiede auf den drei Heckenpflanzen (Tabelle 30, siehe S. 96).

Zusammenfassung

a) Bei einer Auswertung der Klopfproben aus drei Untersuchungsgebieten wurden bei 2167 Individuen (davon 75–90 % Juvenilstadien) 22 Spinnenarten (15 Gattungen, 8 Familien) und 6 Weberknechtarten festgestellt.

b) Aus den quantitativ durchgeführten Klopfproben wurde ersichtlich, daß Spinnen und Weberknechte die höchste Biomasse und Individuenzahl unter den entomophagen Heckenarthropoden erreichen.

c) Mit 80–85 % der Gesamtindividuenzahl dominieren die netzbauenden Spinnen (insbesondere die Kreuz-, Haubennetz- und Baldachinspinnen) gegenüber den ohne Fangnetz jagenden Gruppen (Spring- und Sackspinnen, Philodromiden).

d) In allen drei Untersuchungsgebieten dominieren im Heckenbereich die gleichen 7–9 Spinnenarten, wobei *Araneus cucurbitinus, Meta segmentata, Linyphia triangularis, Philodromus aureolus, Theridion varians* und *Enoplognatha ovata* an erster Stelle stehen. Diese Arten sind typische Bewohner der Strauchschicht, aber auch der Kraut- und niederen Kronenschicht und erreichen vielerorts in den Hecken ihre höchsten Populationen.

e) Im Jahresgang zeigen die Spinnen auf den Hecken ein Dichtemaximum im August, dem gelegentlich ein Juni/Juli-Maximum vorangehen kann. Im Juni/Juli liegt einerseits die Fortpflanzungszeit der im Jugendstadium überwinternden Arten und andererseits das Massenauftreten von Jungspinnen der sich erst im Herbst fortpflanzenden Arten. Im August/September treten die Jungspinnen der Arten mit Sommerfortpflanzungszeit in großer Dichte auf. Die Phase der Geschlechtsreife und Fortpflanzung erscheint bei den in den Hecken lebenden Spinnen deutlich differenziert, sie verteilt sich bei den einzelnen Arten über die Monate Mai bis August/September. Ab Oktober verlassen die überwinternden Spinnen die Hecken und suchen Winterquartiere auf.

f) Als polyphage Räuber beziehen die Spinnen ihre Nahrung zum größten Teil aus dem umgebenden Umland, aber auch aus dem unmittelbaren Heckenbereich.

g) Die Verteilung der in den Hecken gefundenen Spinnen läßt erkennen, daß mit wachsender Strukturvielfalt und Strauchartenzahl die Artenmannigfaltigkeit der Spinnenfauna in den Hecken ansteigt. Bezüglich eventueller Besiedlungspräferenzen der einzelnen Spinnenfamilien für bestimmte Heckenpflanzen zeichnen sich in den vorliegenden Untersuchungen erste Tendenzen ab. In allen Beobachtungsgebieten war die Gesamtdichte der Spinnen auf Weißdorn deutlich niedriger als auf Schlehe und Wildrose. Nur Kreuzspinnen scheinen auf Weißdorn eine höhere Dichte zu erreichen (in 2 von 3 Gebieten dort häufiger als auf Rose und Schlehe). Die übrigen dominanten Spinnenfamilien (Haubennetz-, Baldachinspinnen, Philodromiden) leben offensichtlich bevorzugt in Schlehen und Rosen, wo sie zumindest in den meisten Hecken in deutlich höherer Dichte aufgefunden wurden.

4 Untersuchungen an in Hecken und Obstgärten an Rosaceen lebenden Blattminierern

Monika Paintner

Im Rahmen einer Diplomarbeit (PAINTNER, 1983) wurde Biologie und Ökologie von Blattminierern im Heckenbereich und in Obstgärten im Bayreuther Umland untersucht. Einige Ergebnisse dieser Arbeit werden hier zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 30

Die Dichte einzelner Spinnengruppen auf Weißdorn, Schlehe und Wildrose (Klopfprobenfänge 1979)

Argiopidae (Kreuzspinnen)			
Hummelgau:	Crataegus	156 Ind.	Pr.*** < R. <* Cr.
	Rosa	114 Ind.	
	Prunus	61 Ind.	
Stadtsteinach:	Crataegus	72 Ind.	keine signifikanten Unterschiede
	Rosa	95 Ind.	
	Prunus	82 Ind.	
Autobahn:	Crataegus	80 Ind.	Pr.*** < R., Cr.
	Rosa	64 Ind.	
	Prunus	24 Ind.	
Theridiidae			
Hummelgau:	Crataegus	27 Ind.	Cr.*** < R., Pr.
	Rosa	63 Ind.	
	Prunus	72 Ind.	
Stadtsteinach:	Crataegus	34 Ind.	keine signifikanten Unterschiede
	Rosa	42 Ind.	
	Prunus	44 Ind.	
Autobahn:	Crataegus	27 Ind.	Cr.** < R.*** < Pr.
	Rosa	61 Ind.	
	Prunus	180 Ind.	
Linyphiidae			
Hummelgau:	Crataegus	8 Ind.	Cr.*** < Pr., R** < Pr.
	Rosa	24 Ind.	
	Prunus	52 Ind.	
Stadtsteinach:	Crataegus	53 Ind.	keine signifikanten Unterschiede
	Rosa	62 Ind.	
	Prunus	55 Ind.	
Autobahn:	Crataegus	59 Ind.	R., Cr.*** < Pr.
	Rosa	58 Ind.	
	Prunus	117 Ind.	
Philodromidae			
Hummelgau:	Crataegus	9 Ind.	Cr.*** < Pr., R.
	Rosa	25 Ind.	
	Prunus	46 Ind.	
Stadtsteinach:	Crataegus	9 Ind.	Cr.** < R., Pr.
	Rosa	27 Ind.	
	Prunus	21 Ind.	
Autobahn:	Crataegus	15 Ind.	Cr.*** < R., Pr.
	Rosa	29 Ind.	
	Prunus	49 Ind.	

(* = p = 0,1; ** = p = 0.05, *** = p = 0.01)

4.1 Artenspektrum

Als Minierer traten Vertreter der Kleinschmetterlingsfamilien Nepticulidae, Tischeriidae, Gracillariidae, Lyonetiidae und der Käferfamilie Curculionidae auf.

Nachweise an Weißdorn (*Crataegus* spp.):
Parornix anglicella (Stainton) (Grac.)
Phyllonorycter oxyacanthae (Frey) (Grac.)
Bucculatrix crataegi (Zell.) (Lyon.)
Lyonetia clerkella (L.) (Lyon.)
Stigmella oxyacanthella (Staint.) (Nept.)
St. hybnerella (Hübner) (Nept.)
St. regiella (H.S.) (Nept.)
Trifurcula atricollis (Staint.) (Nept.)
Ramphus oxyacanthae (Marsham) (Curc.)

Nachweise an Schlehe (*Prunus spinosa*):
Parornix finitimella (Zell.) (Grac.)
Phyllonorycter pomonella (Zell.) (Grac.)
Lyonetia clerkella (L.) (Lyon.)
Stigmella plagicolella (Staint.) (Nept.)
St. prunetorum (Staint.) (Nept.)
Trifurcula atricollis (Staint.) (Nept.)
T. spinosella (de Joannis) (Nept.)
Ramphus oxyacanthae (Marsham) (Curc.)

Nachweise an Rose (*Rosa* spp.):
Tischeria angusticolella (Duponch.) (Tisch.)
Stigmella centifoliella (Zell.) (Nept.)
St. anomalella (Goeze) (Nept.)
Trifurcula angulifasciella (Staint.) (Nept.)

Nachweise an Apfel:

Callisto denticulella (Thunb.) (Grac.)
Phyllonorycter blancardella (F.) (Grac.)
Lyonetia clerkella (L.) (Lyon.)
Stigmella malella (Staint.) (Nept.)
St. aenella (Heinemann) (Nept.)
Trifurcula pulverosella (Staint.) (Nept.)
Ramphus oxyacanthae (Marsham) (Curc.)

Nachweise an Kirsche:

Phyllonorycter cerasicolella (H.S.) (Grac.)
Stigmella prunetorum (Staint.) (Nept.)
St. plagicolella (Staint.) (Nept.)
Ramphus oxyacanthae (Marsh.) (Curc.)

Nachweise an Zwetschge:

Phyllonorycter pomonella (Zell.) (Grac.)
Stigmella plagicolella (Staint.) (Nept.)
St. prunetorum (Staint.) (Nept.)
Parornix finitimella (Zell.) (Grac.)
Leucoptera malifoliella (Costa) (Lyon.)

Nachweise an Birne:

Phyllonorycter sp. (Grac.)
Parornix anguliferella (Zell.) (Grac.)
Stigmella aenella (Heinemann) (Nept.)
St. pyri (Glitz) (Nept.)
St. pyricola (Wocke) (Nept.)
Ramphus oxyacanthae (Marsham) (Curc.)

4.2 Phaenologie

Die Kleinschmetterlinge *Trifurcula pulverosella* (Larven von Ende Mai bis November) und *Callisto denticulella* (Larven von Juni bis September) sowie der Rüsselkäfer *Rhamphus oxyacanthae* (Larven von Juni bis November) sind im Beobachtungsgebiet univoltin, alle anderen Arten traten in zwei oder sogar in drei Generationen auf. Im Gegensatz zu den ektophagen Blattfressern, deren Aktivität sich auf den Zeitraum Mai/Juni konzentriert (LANGE, 1982), dauert bei der Mehrzahl der Minierer der Fraß bis zum Beginn des Blattfalls (Oktober/November) an. Die Gruppe der Minierer unterscheidet sich damit in der zeitlichen Nutzung der Blattmasse im Heckenbereich von den Großschmetterlingen und anderen frei auf dem Blatt fressenden Phytophagen.

4.3 Wirtsspezifität

Es ergab sich für jede der untersuchten Pflanzengattungen eine spezifische und charakteristische Miniererfauna, in der monophage Arten dominieren und von den oligophagen Arten lediglich zwei jeweils häufiger auftreten. *Lyonetia clerkella, Ramphus oxyacanthae* und einige weitere, auf die Gattung Prunus spezialisierte Minierer wurden sowohl im Heckenbereich wie auch in Obstgärten festgestellt. Keine dieser Arten tritt im Untersuchungsgebiet als Obstbauschädling von Bedeutung auf.

4.4 Habitatwahl

Alte Einzelbüsche im Grünland weisen ebenso wie Sträucher im Heckenverband eine relativ vollständige Miniererfauna auf. Diese läßt sich auch schon bei jüngeren Hecken (Alter unter 10–15 Jahren) nachweisen. An isolierten Einzelbüschen liegt die Populationsdichte der Minierer tiefer als im Heckenverband. Die einzelnen Miniererarten zeigen spezifische Unterschiede hinsichtlich ihrer Präferenz für Sträucher unterschiedlicher Exposition und unterschiedlichen Alters. Am Weißdorn bevorzugen die meisten Minierer den mittleren und oberen Strauchbereich für die Eiablage, während der Rüsselkäfer *Ramphus oxyacanthae* bevorzugt an Blättern in Bodennähe miniert.

4.5 Ressourcennutzung und Populationsregelung

Für sämtliche Miniererarten wurde durch Ausmessen von Minen- und Blattflächen das Ausmaß der Ressourcennutzung festgestellt. Es lag im Mittel aller Arten bei 0,96 % der zur Verfügung stehenden Blattfläche. Die höchsten Werte wurden mit einer maximalen Ressourcennutzung von 10,1 % bei *Ramphus oxyacanthae* festgestellt. Blattminierende Insektenarten im Heckenbereich sind also durchweg auf einem sehr tiefen Populationsdichteniveau stabilisiert. Eine entscheidende Rolle spielen dabei parasitische Hymenopteren. Diese treten in bedeutendem Ausmaß auch als Gegenspieler von Minierern an Obstbäumen und Sträuchern auf. Im Hinblick auf die Parasitoidenfauna der Blattminierer können Hecken mit Rose, Weißdorn oder Schlehe als »Nützlingsreservoir« angesehen werden.

5 Untersuchungen an in Hecken und ihrem Umland lebenden Panorpa-Arten (Mecoptera)

Peter Fischer

P. FISCHER (1983) führte im Bayreuther Raum ökologische Untersuchungen an den Imagines von *Panorpa*-Arten in Hecken und ihrem Umland durch. Einige Ergebnisse dieser Diplomarbeit werden im folgenden zusammengefaßt.

5.1 Artenspektrum

Im Bayreuther Raum wurden 5 der 6 für das Gebiet der Bundesrepublik nachgewiesenen *Panorpa*-Arten festgestellt:

Panorpa vulgaris Imhoff & Labram
Panorpa communis L.
Panorpa alpina Rambur
Panorpa germanica L.
Panorpa cognata Rambur

5.2 Habitatbindung und Nischenbreite

Von den untersuchten *Panorpa*-Arten ist *P. vulgaris* nicht nur die mit Abstand am häufigsten anzutreffende sondern auch diejenige mit der breitesten ökologischen Valenz. An Einzel-Büschen im Grünland und jungen Hecken, wo sie als einziger Vertreter der Gattung auftritt, kann sie hohe Dichten erreichen. Auch in alten Hecken, in denen noch weitere *Panorpa*-Arten vorkommen, dominiert *P. vulgaris* von Mai bis September. Darüber hinaus wurde sie in Obstgärten, an einem mit niederem Schlehengebüsch bewachsenen Trockenhang und an den schattigfeuchten Rändern bachbegleitender Gehölze festgestellt. Auch *P. germanica* ist euryök und kommt – wenn auch in geringerer Dichte – im Bereich alter Hecken, in Obstgärten an Trockenhängen und an Bachgehölzen vor, wobei sie aber eine stärkere Präferenz für Krautpflanzen zeigt. *P. alpina* hat ihren Aufenthaltsschwerpunkt im schattigen Innenbereich bachbegleitender Gehölze, sucht von dort aus aber gelegentlich auch alte Hecken auf. *P. cognata* ist eine wärmeliebende Art, die im niederen Schlehengebüsch eines Trockenhangs vorherrschend war. *P. communis* kam im Untersuchungsgebiet nur

ganz vereinzelt vor, die Art wurde in Obstgärten und in einer alten Hecke nachgewiesen.

5.3 Nahrungsspektrum

Die untersuchten Arten der Gattung *Panorpa* sind ausgesprochene Nahrungsopportunisten, die das jeweilige Nahrungsangebot nutzen und Plätze eines erhöhten Nahrungsangebots aktiv aufsuchen. Quantitative Untersuchungen über das Nahrungsspektrum von *P. vulgaris* ergaben bei insgesamt 151 Beobachtungen fressender Imagines 19,6 % Nachweise von Fraß an toten Insekten in Spinnennetzen, 16,5 % Fraß an toten oder beschädigten Gespinstmottenlarven und -puppen, 14,3 % Fraß an sonstigen toten Insekten, 6,7 % Fraß an Vogelkot, 2,7 % Fraß an Insektenkot, 35,3 % Fraß an Nektar und Pollen, 4,9 % Fraß an Honigtau und Pilzaufwuchs. Bei den übrigen *Panorpa*-Arten wurden ähnliche Verhältnisse angetroffen. Die Untersuchungen führen zu der Schlußfolgerung, daß die einzelnen *Panorpa*-Arten hinsichtlich ihrer Nahrungsansprüche potentielle Konkurrenten sind.

6 Untersuchungen über die Ökologie von Forficuliden (Dermaptera) in Feldhecken

Horst Möller

Da Ohrwürmer im Heckenbereich regelmäßig anzutreffen sind und ihnen in der Literatur eine gewisse Bedeutung im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes zugesprochen wird, wurde von H. MÖLLER (1983) in einer Diplomarbeit die Ökologie der im Bayreuther Raum vorkommenden Ohrwurmarten untersucht. Einige Ergebnisse werden hier zusammenfassend erörtert.

6.1 Arten, Habitatwahl und Phaenologie

Im Bayreuther Raum wurden der Gemeinde Ohrwurm *(Forficula auricularia* L.), der Gebüschohrwurm *(Apterygida media* (Hgb)) und an einem Untersuchungsplatz zusätzlich auch der Waldohrwurm *(Chelidurella acanthopygia* (Guéné)) nachgewiesen. *F. auricularia* wurde in der Hecke von Juni bis September mit Hilfe von Fallen nachgewiesen. Abundanzmaxima wurden Anfang Juli und dann wieder Mitte August erreicht. *A. media* war in wesentlich geringerer Anzahl von Mai bis Anfang November in der Hecke nachweisbar, ohne daß sich ausgesprochene Abundanzgipfel gezeigt haben. Bei *F. auricularia* sind im Juni und Juli die beiden letzten Larvenstadien (L3, L4) und von Mitte Juli ab die Imagines im Heckenbereich nachweisbar, bei *A. media* sind im Juni auch Zweitlarven im Heckenbereich vorhanden, von Mitte Juli bis Mitte August herrschen die Dritt- und Viertlarven vor und ab Mitte August bis Mitte November sind neben vereinzelten Viertlarven nur Imagines in der Hecke vorhanden. Fallen im Bodenbereich der Hecke ergaben wesentlich weniger *F. auricularia* als Fallen in ein und zwei Meter Höhe. Im Gegensatz dazu war *A. media* im Juni und Juli auch stark im Bodenbereich vertreten, während von August an fast nur noch Nachweise aus 1 und 2 m Höhe vorliegen. Eine Bevorzugung bestimmter Gehölzarten konnte weder bei *F. auricularia* noch bei *A. media* festgestellt werden. Im Gegensatz zu der nur im Heckenbereich nachweisbaren *A. media* wurde *F. auricularia* auch in Feldern, Wiesen und im Ödland nachgewiesen. Fallenfänge und Markierungsexperimente ergaben bei *F. auricularia* die höchsten Populationsdichten an Heckenrändern, die an eine Wiese angrenzen, es folgen dann mit abnehmenden Dichtewerten der Innenbereich der Hecke, Wiesenland, die an Ackerland grenzenden Heckenseiten und – mit den niedrigsten Werten – Ackerland.

6.2 Nahrungsspektrum

Systematisch durchgeführte Magenuntersuchungen bei *F. auricularia* und *A. media* und im Labor angesetzte Futterwahlexperimente zeigten, daß beide Arten ausgesprochen omnivor sind und das im Jahresgang verfügbare Nahrungsmaterial je nach Angebot nützen. Bei *F. auricularia* lag der Anteil tierischer Nahrung im Juli und September über 50 %, bei *A. media* überwog der Anteil tierischer Nahrung von Mitte August bis Anfang Oktober. Bei beiden Ohrwurmarten konnten im Mageninhalt *Yponomeuta*-Larven und -Puppen, weitere Lepidopterenlarven, Erzwespenreste und Blattläuse nachgewiesen werden, bei *A. media* darüber hinaus auch Spinnmilben und Reste anderer Milbengruppen. An pflanzlicher Nahrung waren in geringem Umfang Pollen, Pilzhyphen, Algen *(Pleurococcus*-Gruppe) und – bei *F. auricularia* stärker als bei *A. media* – Reste von Blattgewebe nachweisbar. Im Fraßversuch wurden Blütenblätter von *Rosa* und *Sambucus* und Früchte von *Cornus sanguinea, Crataegus, Lonicera xylosteum, Sambucus nigra* und *Viburnum opulus* von beiden Ohrwurmarten bereitwillig angenommen; Blätter von verschiedenen Straucharten der Hecke *(Acer, Cornus, Corylus, Crataegus, Prunus, Sambucus, Viburnum)* wurden in wechselndem Umfang von *F. auricularia,* nicht aber von *A. media* gefressen.

6.3 Bedeutung von F. auricularia für den Integrierten Pflanzenschutz

Im Gegensatz zu den zahlreichen tagaktiven Prädatoren im Heckenbereich ist *F. auricularia* ausgesprochen nachtaktiv, die Art ergänzt damit das Prädatorenspektrum. Wichtig erscheint die hohe Mobilität von *F. auricularia.* Durch Markierungsversuche wurden Wanderungen zwischen dem Heckenbereich und dem Umland nachgewiesen. Zusammen mit dem breiten Fraßspektrum erlaubt die Mobilität *F. auricularia,* günstige Nahrungssituationen (etwa Blattlauskolonien in hoher Dichte) auszubeuten. Die Möglichkeit, neben tierischer auch pflanzliche Nahrung zu verwerten, setzt *F. auricularia* in die Lage, Perioden mit geringem tierischen Nahrungsangebot zu überdauern. Andererseits kann es dadurch in bestimmten Fällen auch zur Schädigung von Nutzpflanzen kommen. Durch Anbieten geeigneter Unterschlupfmöglichkeiten (Wellpappe- bzw. Blumentopffallen) kann die Verteilung von *F. auricularia* so manipuliert werden, daß Schäden gering gehalten und das Nutzpotential erhöht wird.

Anhang VII

Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete

Gerd Heusinger

1 Vorbemerkungen

1.1 Vogelbestände als ökologische Kenngrößen

Für die tierökologischen Untersuchungen im Rahmen des Heckenprojekts war es wünschenswert, mit zumindest einer Tiergruppe zu arbeiten, bei der nicht nur die Beziehungen zu Einzelhecken sondern auch zu Heckengebieten (= Heckenkomplexe mit ihrem Umland) analysiert werden können. Insektenpopulationen können als Untersuchungsobjekt zwar für die Bewertung von Einzelhecken sehr geeignet sein, wenn eine Hecke das gesamte Populationsareal der betreffenden Arten darstellt, aber sie erlauben dann keine ökologischen Aussagen über das Gesamtgebiet.

Hier bieten sich als geeignete Indikatorgruppe die Vogelarten der Hecken an, da sie mit ihrem größeren Aktionsradius und ihrer weniger engen Bindung an bestimmte Pflanzenarten sich sowohl zur Charakterisierung einzelner Hecken wie auch ganzer Heckenlandschaften eignen.

Voraussetzung für die Benutzung ornithologischer Daten zur Bewertung von Hecken ist allerdings, daß die Untersuchungsareale so gewählt werden, daß sie über der Größe der Einzelreviere liegen und die für Ernährung und Fortpflanzung der betreffenden Vogelarten notwenige Grundausstattung aufweisen. Dies war in unseren Beobachtungsgebieten der Fall. Auch eine weitere Voraussetzung, nämlich die Erfaßbarkeit wichtiger populations-ökologischer Kenngrößen (Artenzahl, Siedlungsdichte, Vergesellschaftung) ist in Heckengebieten zumindest für die in den Büschen brütenden Arten gegeben.

Darüber hinaus erwies sich unser Untersuchungsgebiet aus zwei weiteren Gründen als günstig für eine ornithoökologische Bestandsaufnahme:

1. Die durchschnittlichen Einzelhecken unseres Untersuchungsgebietes entsprechen meist der Mindestreviergröße von mehr als einem Heckenvogel-Paar.

2. Die meisten untersuchten Heckengebiete waren so groß, daß in ihnen zumindest jeweils eine Teilpopulation der berücksichtigten Vogelarten lebte.

1.2 Bestandsaufnahmen 1977–1980 im Gebiet um Bayreuth

Im Rahmen unserer Funktionsanalyse von Hecken und Flurgehölzen wurden von 1977–1980 unterschiedliche Informationen über den Vogelbestand solcher Landschaftsbestandteile gesammelt. Während sich 1977–1980 die Sommerbestandserfassung und die Nesterzählung (Winter) auf 1 bzw. 2 größere Gebiete beschränkten (Tabelle 31, Areale 4. und 5.) und nur ausnahmsweise Bestandserhebungen an Einzelhecken

Tabelle 31

Untersuchungsgebiete (Beschreibung): Brutvogelbestandserfassung (1977 – 1980)

Untersuchungsgebiet	Lage	Untereinheiten (ha)	Expos.	Abgrenzungen	Besonderheiten
1. Hummelgau (Keuper – Feuerletten)	7 km W v. BT	Einzelbuschgebiet (118) Feldhecken (31) Waldrand, Siedlungsrand		Waldrand Siedlung offenes Ackerland	unterschiedliche Distanzen von Einzelbusch und Hecke
2. u 3. Oschenberg u. 4. Weinberg (Muschelkalk)	6 km Nö. v. BT	Ödlandbereich (19) Straßenhecken Streuobstbereiche Feldhecken	2 W 3 S 4 S-SO	Flußtal offene Hochfläche Hangmittelwald	Stark befahrene Bundesstraße Hecken meist an Geländestufen
5. Gosen (Lias)	8 km Sü. v. B	Ödlandbereich (6) Feldhecken (4,4) Autobahnböschung (8)	O	Bachaue offenes Ackerland	Bundesautobahn München–Berlin
6. Stadtsteinach	25 km Nö. v. BT	Feldhecken Ödflächenränder	O–ONO	offenes Ackerland Trockental-einschnitte	Lesesteinwälle Hecken als Geländeunterteilung, großflächige Schonung
7. Zettmeisel (Muschelkalk)		Feldhecken Waldränder	S	Kiefernwald Ortschaft Hangwald	Handtuchförmiges Gebiet (max. 2 Parallelhecken)
8. Bindlach 79/80	6 km Nö. v. BT	Ödland Randhecken (Felder)	SW	Autobahn Waldrand Obstgarten	offenes Crataegusödland
9. Einzelhecken bei a) Gesees	6 km S	Wallhecke			Ortsnähe
b) Theta	6 km NW	Feldhecke			ortsfern, waldfern
c) Weidenberg	15 km O	Windschutzhecke (Kult) (Feldhecke)	S		angepflanzt
d) Eschen	10 kw W	Feldhecke	N		unter Alteichen

Tabelle 32

Untersuchungsgebiete – Buschbrüterbesatz (Kontrolle 80/81)

Untersuchungsgebiete	Nutzung in %		kontroll. Bereich[1])		Nesterbestand				Anzahl Arten	
	Wiese	Acker	Fläche (ha)	Hecken (m)	ges.	/ha	/100m	/ha Hfl[+]	(): incl. Randbereiche	/ha
1 Hummelgau	60	40	149,2	2870	42	0,28	1,5	36,6	10	0,07
2 Oschenberg Laineck	10	90	13,8	1250	12	1	1	24	7	0,5
3 Oschenberg Döhlau	30	70	44,6	3010	34	0,8	1,1	25	10(11)	0,22
4 Weinberg U-Steinach	30	70	26,3	1370	22[1]) 29[2])	0,8	1,6	38,2	8 (9)	0,3
5 Gosen-Oberschreez	30	70	18,4	1070	26[1]) 55[2])	3[2])	2,4	40,5	9 (10)	0,49
6 Stadtsteinach	30	70	54	4580	46	0,85	1	25,7	13 (15)	0,24
7 Zettmeisel	30	70	29	2180	17	0,6	0,8	18,4	8 (10)	0,28
8 Bindlach	30	70	6,5	410	13	2	1,5	36,6	5	—

[+]Hfl: Heckenfläche; [1]): nur Feldhecken; [2]): mit Ödland

durchgeführt wurden, ergab sich im Winter 80/81 die Möglichkeit, 7 größere Heckengebiete in landwirtschaftlich genutzten Bereichen (vgl. Tabelle 31 und 32) bzw. Ödlandbereiche mit flächigem, unterschiedlich dichtem Aufwuchs von Heckensträuchern und zusätzlich einzelne weitere Hecken in anderen Gebieten einzubeziehen. Einzelbeobachtungen während der jeweiligen Brutperioden wurden nur zur Abschätzung der Bodenbrüterbestände, zur Absicherung der Nesterdiagnosen und als Informationsquelle für notwendige Angaben zum Verhalten und zur Biologie einzelner Arten herangezogen.

2. Zur Methodik

Die Problematik der Erfassung von Brutvogelbeständen wurde und wird in der ornithologischen Literatur mit all den Vor- und Nachteilen der Verfahren intensiv diskutiert (BLANA 1978, ERDELEN 1978, OELKE 1977, BERTHOLD 1976). Nachdem aus naturschützerischen Erwägungen heraus die Nestersuche während der Brutphase nicht in Betracht kam, wurde im ersten Untersuchungsjahr ein Vergleich einer Bestandserhebung singender Männchen mit einer Erfassung der Nester während des Winters für das gleiche Areal (Tabelle 33) durchgeführt. Da bei der Nesterer-hebung im Winter eine überraschend gute Übereinstimmung mit der Sommersituation festgestellt werden konnte (vgl.: Spalte 1, Tabelle 33), wurde für die folgenden Jahre der Schwerpunkt auf die Nestersuche während des Winters gelegt und die Sommerbeobachtungen nur jeweils als Ergänzung durchgeführt. Bei dieser Schwerpunktsetzung war klar, daß damit nur die Bindung an Hecken als Brutbiotop erfaßt wurde. Zusätzliche Bindungen z. B. über den Nahrungserwerb werden vernachlässigt. Eine solche oder ähnliche Verbindung von unabhängigen Verfahren wird z. B. auch von BERTHOLD (1976) allgemein empfohlen und wurde für Heckengebiete in den Bestandserfassungen von RIESS (1973) bereits erprobt.

Probleme ergaben sich jeweils bei der Erfassung der bodenbrütenden Arten und bei ungünstigen Schneelagen. Durch gezielte Nachkontrollen konnten aber Unklarheiten beseitigt werden. Fehler durch witterungsbedingte Zerstörung von Nestern sind nach dem Sommer-Winter-Vergleich 1977/78 vernachlässigbar gering, was auch RIESS (1973) bestätigt. Zur Erfassung des Nestbestandes einer Hecke genügt oft schon das Ablaufen einer Heckenflanke, da die meisten Hecken gut »durchschaubar« sind und sich bei geringer Schneelage die dunklen Nester besonders gut abheben.

Ein Teil der Nester wurde eingesammelt und genauer untersucht. An den meisten Nestern läßt sich auch im Winter noch leicht feststellen, von welcher Vogelart das Nest erbaut wurde und ob es sich um ein genutztes Brutnest oder um ein Zweit- oder Spielnest handelt. Aus den Nestbestandteilen, vorhandenen Futterresten, der Nesthöhe und dem allgemeinen Erhaltungszustand lassen sich zudem viele weitere Informationen zur Biologie der betreffenden Brutvogelart und ihrer Ernährung gewinnen. Bei genauer Untersuchung können außerdem Informationen über die Vogelparasitierungsfauna, über die Einwirkung von Nesträubern und auch über evtl. Mit- und Nachbewohner des Nestes gesammelt werden.

Die Bestimmung der Nester wurde nach HARRISON (1975), HOEHER (1978), NOLL (1968) und ZIMMER & RENSCH (TWM) durchgeführt. Besonders bei naheverwandten Arten wurden aber stets Sommerbeobachtungsunterlagen aus dem entsprechenden Gebiet mit herangezogen.

Neben der jeweiligen Vogelart wurden für jedes Nest die Niststrauchart, die Höhe des Nestes über den Boden, seine Lage in der Hecke und im Strauch aufgenommen und die Lage im Gelände in einer Skizze festgehalten. Zusätzlich zu den Nestkontrollangaben der jeweiligen Hecke wurde deren Lage in eine Flurkarte (1:5 000) eingetragen, ihr Alter (in Altersklassen I–V) und der jeweiligen Volumenanteil der wichtigsten Strauch- und Baumarten geschätzt und Besonderheiten (z. B. Lage an Hangstufe oder auf Lesesteinwall, Breite und Querschnittsprofil) protokolliert.

Für die Altersschätzung von Hecken wurden Kriterien wie Wuchsstadium, Blühreife, Ausbildung von Blüh- und Langtrieben, Basaldurchmesser der Hauptstämme, Anteil von altersbedingtem Totholz und Ausbildung des Baumanteils herangezogen. Es erwies sich als günstig, sich dabei auf deutliche Merkmale an häufigen Pflanzenarten (z. B. Crataegus, Rose, Schlehe) zu

Tabelle 33

Vogelbestandserfaßung 1977 – 1980 (Gebiet Weinberg):

Brutvögel	1 1977		2 1978		3 1979		4 1980		5 Bereich	6 Mittel	7 (Jahre)
	ı	N	ı	N	ı	N	ı	N		ı	N
Dorngrasmücke *Sylvia communis*					1		1	1	F	0,50	0,25
Goldammer *Emberiza citrinella*	3	2	4	4	3	2	3	2	F,Ö	3,25	2,50
Gartengrasmücke *Sylvia borin*	1		2	1	1	1	1	1	R	1,25	0,75
Zaungrasmücke *Sylvia curruca*	1	1	3	1	2	2	1		R,Ö	1,75	1,00
Mönchsgrasmücke *Sylvia atricapilla*	2	1	2	1	2	1	1	1	R,F	1,75	1,00
Sumpfrohrsänger *Acrocephalus palustr.*			1	1					F	0,25	0,25
Heckenbraunelle *Prunella modularis*	1	1	2		2		1	1	F	1,50	0,50
Amsel *Turdus merula*	2	4	3		3	1	5	3	R,F	3,25	2,00
Neuntöter *Lanius collurio*	1		1	1	1	1	2	2	Ö	1,25	1,00
Elster *Pica pica*	1	1	1	1			1	1	F	0,75	0,75
Turteltaube *Streptopelia turtur*	1	1					1		R	0,50	0,25
Bluthänfling *Acanthis cannabina*	1	1	1	1	1	1	1	1	F	1,00	1,00
Zilpzalp *Phylloscopus collybita*	2		2		3		3	1	R,Ö	2,50	0,25
Fitis *Phylloscopus trochilus*	1		1		2		2		R	1,50	0,00
Grünling *Chloris chloris*	1				1	1	1	1	R,Ö	0,75	0,50
Feldschwirl *Locustella naevia*	1		2		1		2		F	1,50	0,00
Baumpieper *Anthus trivialis*	2		2		1		1		Ö,B	1,50	0,00
Blaumeise *Parus caeruleus*	2	2	1	1	1	1	2		B	1,50	1,00
Kohlmeise *Parus major*	2	2	1	1	1	1	1		B	1,25	1,00
Rotkehlchen *Erithacus rubecula*	1		1		1		2		R	1,25	0,00
Stieglitz *Carduelis carduelis*			1				1		Ö	0,50	0,00
Gesamt	26 (15)	16 (12)	30 (20)	14 (11)	27 (17)	12 (10)	33 (19)	15 (14)			
ı bzw. N/ha	3,2 (1,9)	2 (1,5)	3,7 (2,5)	1,7 (1,4)	3,4 (2,1)	1,5 (1,2)	4,1 (2,4)	1,9 (1,7)			

Zeichenerklärung: ı: max. Anzahl singende Männchen an einem Beobachtungstag; N: Anzahl der Nester (Winterkontrolle u. Sommerfunde); R: Randbereich Niederwald; Ö: Ödlandbereich; F: Feldhecke; B: Obstbaumbereich, N/ha: Nester (gefunden) pro Hektar der Gesamtfläche.
Werte in Klammern = Buschbrüter
Diversität 1980: 2,843; Evenness: 93,4 % alle Arten; 2,303; Evenness: 96,1 % nur Buschbrüter

Tabelle 34

Kriterien für die Altersklassenzuordnung

Altersklasse	Wachstum	Verzweigung	Blühfähigkeit	Vitalität	Stichwortvergleich
I: –5 Jahre	Längen- bzw. Höhenwachstum Höhe bis max. 1,5 m	– rel. gering u. einfach, bis zum Boden	gering, Einzelblüten überwiegen	Beblätterung im ganzen Busch	Getreidestadium
II: –10 Jahre	Längenwachstum noch überwiegend	– dichte Verzweigung im ganzen Busch	Blühkomplexe vorhanden an Langtrieben	Konkurrenz – kräftigstes Stadium	Wuchsstadium
III: –20 Jahre	Auswachsen in Breite und Höhe	– Ausbildung v. Kern u. Mantelbereich	Blühkomplexe an Kurz- u. Langtrieben	Hauptfrucht-periode	Fruchtstadium
IV: –50 Jahre	Baumarten noch strauchig, noch nicht deutl. dicker als Straucharten	– dichte Verzweig. um Mantelbereich – Kernbereich verkahlt	Volle Blühfähigkeit an Kurztrieben (Blühkomplexe)	Beblätterung u. Blüte nur im Mantel	Mantelstadium
V: > 50 Jahre	Baumarten deutl. über Hecke (dopp. Höhe) Stammbildung	– Neutriebe nur vereinzelt – Austrieb schlafender Augen in Lücken	reduziert, aus Komplexen blühen nur Einzelblüten auf	viel totes Holz, Sträucher lückig, Zweige brüchig	Waldstadium
0:1 Jahr nach Anpflanzung o. Einschlag	Pflanzenschnitt noch sichtbar, prakt. nur Langtrieb, Stockausschläge	Nur einfache Verzweigung	fehlt meist	Rutenformen (biegsam)	Kräuterstadium

beschränken und die Schätzwerte durch gelegentliche Jahresringauszählungen abzusichern. In Tabelle 34 wird ein Kriterienkatalog zur Altersklassenschätzung (besonders auf Schlehe ausgerichtet) gegeben. Vor einer Anwendung in anderen Gebieten sollten aber unbedingt die unterschiedlichen Standortbedingungen und deren Auswirkungen berücksichtigt werden. Die wachsenden Intervalle der Altersklasseneinteilung sind der Versuch einer Angleichung an natürliche Entwicklungsphasen, die durch die aufgezeigten Strukturunterschiede gekennzeichnet sind.

Aus den Erhebungsdaten wurden die Nestdichte (N/ha) der Gesamtfläche, die Anzahl Nester pro 100 bzw. 1000 m Heckenlänge und die rechnerische Größe: Anzahl Nester pro Hektar Heckenfläche ermittelt (Tabelle 32). Die Grundflächen, Heckenlänge und Hecken- bzw. Einzelbuschabstände wurden den Flurkarten 1:5000 entnommen. In den erstgenannten Wert gehen auch die Ödlandwerte mit ein; man kann so Typen von Heckenlandschaften vergleichen.

Die Angabe Nester pro 100 m trägt der vorherrschenden Heckenform Rechnung und wird besonders zum Einzelhecken- oder Heckenaltersklassenvergleich herangezogen.

Die Größe »Nester pro Hektar Heckenfläche« (vrgl. auch RIESS (1973) und TURCEK (1958)) ist besonders für den Vergleich des Linienstrukturtyps Hecke mit anderen Bewuchsformen wie Ödlandflächen, Schonungen, Wäldern, Wiesen und mit Siedlungsbereichen, also Flächenbiotopen, gedacht.

2.1 Untersuchungsareale (Kurzcharakteristik)

Unsere Untersuchungsgebiete liegen innerhalb eines 25 km-Kreises um Bayreuth und sind in den Tabellen und im Text mit dem Namen des wichtigsten, benachbarten Ortes oder wenn es sich um Teile eines Großareals handelt, mit dem amtlichen Flurnamen aufgeführt.

Bei der Wahl der Untersuchungsgebiete wurde darauf geachtet, daß jedes Areal verschiedene Bestandstypen von Heckenpflanzen (Feldhecken, Buschödland, Böschungsbepflanzungen usw.) enthielt, um jeweils direkte Vergleichsmöglichkeiten zu erhalten. Großräumiger wirkende Faktoren müssen durch den Vergleich von Gesamtgebietsergebnissen herausgestellt werden.

Die wichtigsten Basisinformationen über die Untersuchungsgebiete wie z. B. Lagegrößen, wichtige Untereinheiten, hauptsächliche Nutzungsart und Arealgröße sind in den Tabellen 31 und 32 zusammengestellt und werden, soweit notwendig, in der Diskussion der Ergebnisse noch ausführlich erläutert.

3. Die Buschbrüterarten und ihre Beziehung zu den Hecken

3.1 Nistplatzpräferenzen

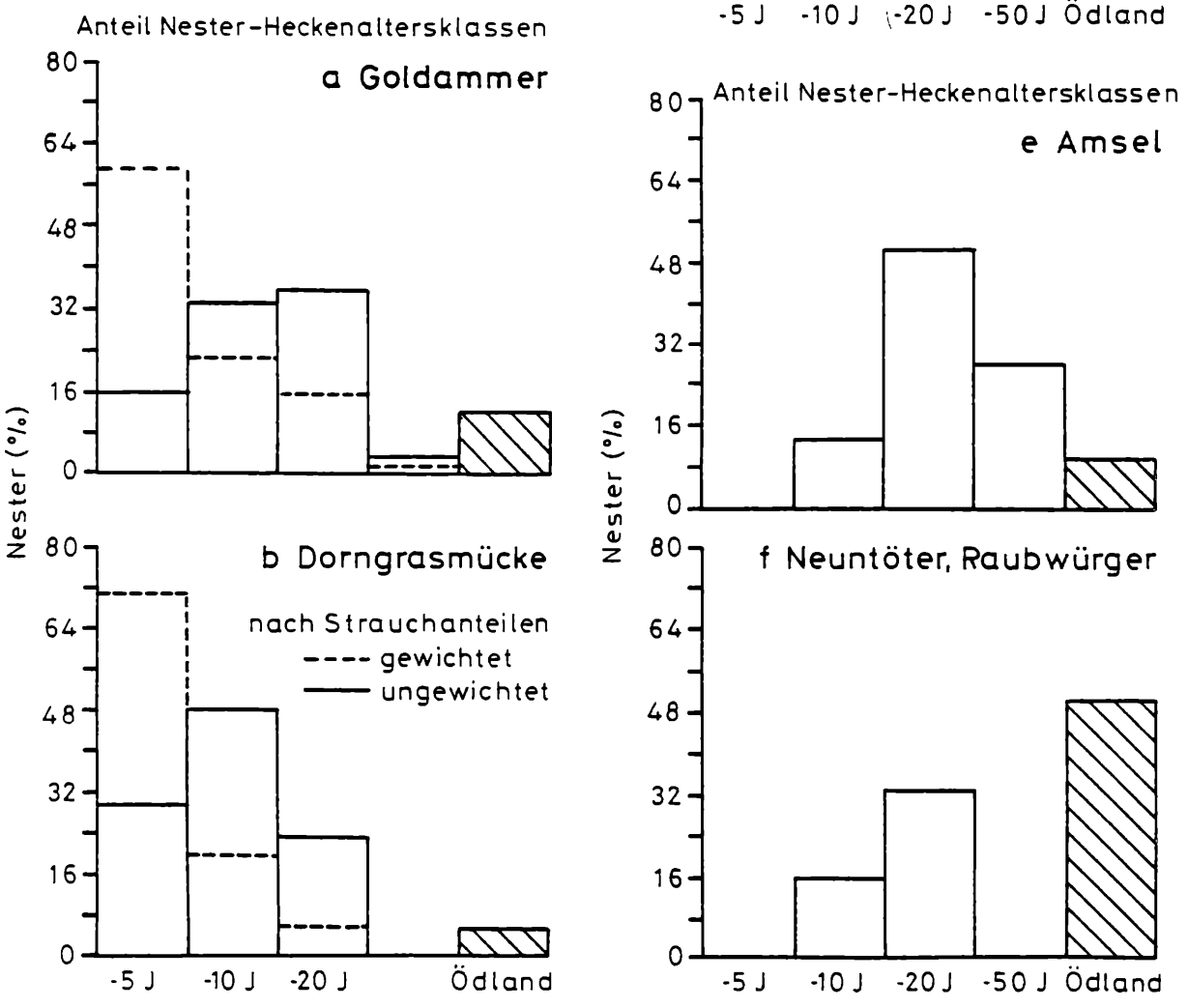
Nach der Einschätzung von TISCHLER (1948) oder TURCEK (1958) handelt es sich bei den Vogelarten mit Brutvorkommen in Hecken eigentlich um Wald- bzw. Waldrandarten oder um Feldbrüter.

Auch ERDELEN (1978) und BLANA (1978) haben sich in detaillierten Untersuchungen mit der Bindung von Vogelarten an bestimmte Habitate beschäftigt. Über Korrelationsanalysen konnten sie Präferenzen verschiedener Vogelarten für bestimmte Wertbereiche der Strukturdiversität oder des Strauchraumes pro Flächeneinheit nachweisen. Dabei stellt sich heraus, daß diese Qualitäten für Vogelarten, die auch in unseren Heckengebieten heimisch sind, eine wichtigere Rolle spielen als z. B. die Kriterien Wald oder freie Feldflur. Deutlich an Strauchstrukturen bzw. ähnliche Vegetationsformen gebundene Arten sind danach die Dorngrasmücke, die Goldammer, der Feldschwirl, der Neuntöter und in geringerem Maß der Sumpfrohrsänger, der Bluthänfling, die Gartengrasmücke, die Zaungrasmücke und der Baumpieper.

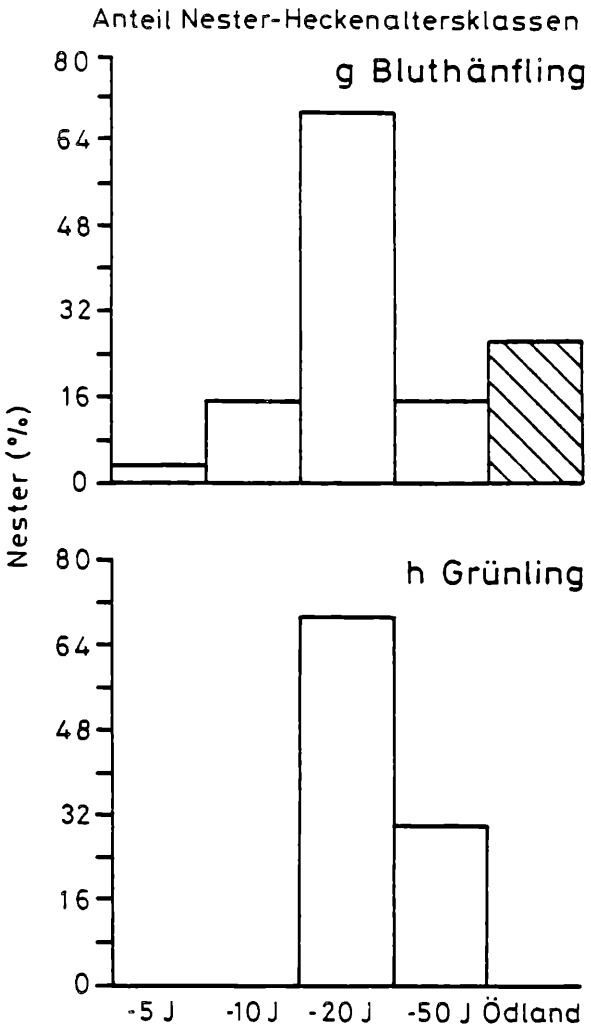
Für die Hecken läßt sich der langsame Übergang vom Pionier zum »Niederwaldstadium« und die damit verbundene Strukturdiversitätsveränderung durch die Altersklasseneinteilung ausdrücken (Tabelle 34). Die Abb. 45 a–j mit den Präferenzcharakteristika verschiedener »Buschbrüter« für Heckenaltersklassen beinhalten also ebenfalls diese besagte Bindung an Strukturdiversitätsmerkmalen. Die gute Übereinstim-

mung unserer Befunde mit den besagten Ergebnissen zeigt ferner, daß in diesem Zusammenhang die Anordnung der Strukturen, z. B. als Linienelemente (unsere Untersuchungsgebiete) oder Flächenbestand, BLANA (1978), kaum eine Rolle spielt. Bezüglich der Abbildungen ist noch zu bemerken, daß von einer Gewichtung der Altersklassen nach ihrem jeweiligen Anteil im Heckengebiet abgesehen wurde, da dann die Ödländer nur schwer einbeziehbar wären und der ohne Gewichtung gemachte Fehler sich deutlich nur auf die Alterklasse I auswirkt. Sie tritt in allen Heckengebieten nur mit einem sehr geringen Anteil auf, weist aber, wie Abb. 46 zeigt, hohe Nestdichten auf. Die gewichteten Werte liegen dann um das bis 2,5-fache höher (vgl. Abb. 45 a). Alle anderen Altersklassen haben in etwa gleiche Anteile. Für zwei wichtige Arten sind in Abb. 45 a und b die korrigierten Werte gestrichelt in die jeweilige Abbildung eingetragen.

Abbildung 45 a-j: *(s. a. Fortsetzung)*



(Fortsetzung)



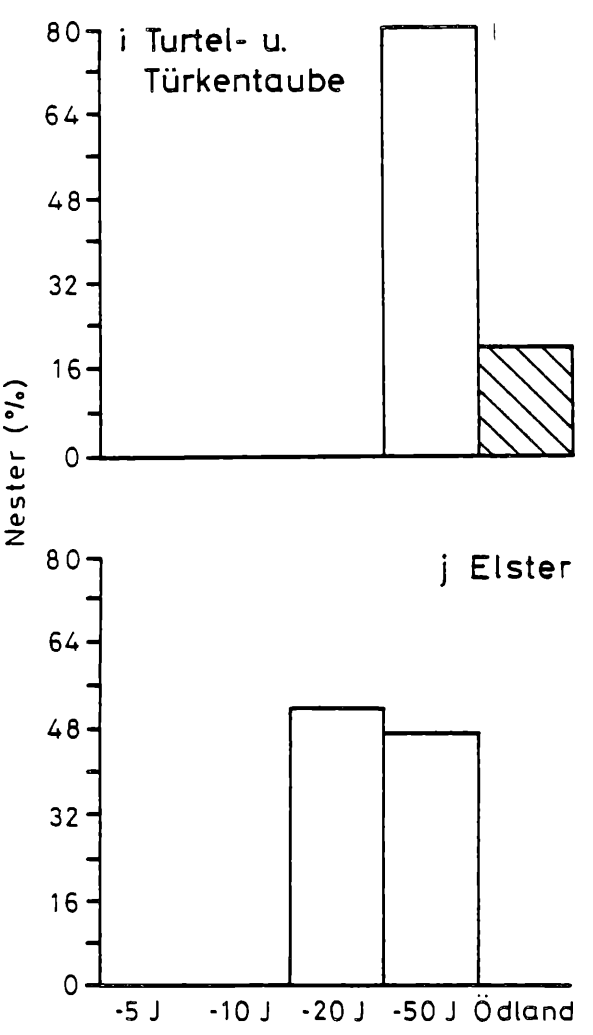


Abbildung 45:

Häufigkeitsverteilung der Nester von in Hecken brütenden Vogelarten bezogen auf Heckenaltersklassen
Abszisse: Hecke 5jährig oder jünger, Hecken 5-10jährig, Hecken 10-20jährig, Hecken 20-50jährig, Schlehengestrüpp im Ödland. Ordinate = Gesamtzahl erfaßter Nester = 100 %.

a Goldammer
b Dorngrasmücke
c Heckenbraunelle
d Mönchs-, Garten-, Zaungrasmücke
e Amsel
f Neuntöter, Raubwürger
g Bluthänfling
h Grünling
Turtel- und Türkentaube
j Elster

Figure 45

Frequency distribution of bird nests in hedgerows of different age classes (5 years and younger, from 5 to 10 years, from 10 to 20 years, from 20 to 50 years, sloe in dry grassland

a Yellowhammer
b Whitethroat
c Dunnock
d Blackcap, Garden Warbler, Lesser Whitethroat
e Blackbird
f Red-backed Shrike, Great Grey Shrike
g Linnet
h Greenfinch
i Turtle Dove, Collared Turtle Dove
j Magpie

Die Einzelabbildungen der Arten-Altersklasse-Beziehung (Abb. 45 a–j) sind in der Reihenfolge der ansteigenden durchschnittlichen Nesthöhe angeordnet, um einen etwaigen Zusammenhang zwischen diesen Größen leichter erkennbar zu machen.

Die Nesthöhen sind für die Einzelarten in Abb. 48 zusammengestellt. Im Vergleich zu den Nesthöhenangaben, die RIESS (1973) für Heckenvogelarten ermittelt hat, zeigen sich nur bei der höher brütenden 2. Hälfte der aufgeführten Arten Unterschiede bezüglich der mittleren Nestplatzhöhe, d. h. die Mittelwerte von RIESS für die Amsel, den Neuntöter und Hänfling liegen niedriger, der Wert für den Grünling höher. Da die Standardabweichung jeweils relativ groß ist, lassen sich Unterschiede kaum absichern. Ein großer Teil der von RIESS untersuchten Hecken ist nach ihrer Pflanzenzusammensetzung zu schließen mit Sicherheit höher als unsere meist zum Typ der Prunus-Hecken gehörenden Bestände. Damit erhalten vor allem die hoch brütenden Arten mehr Spielraum. Aus den Größen »mittlere Niststellenhöhe« und »bevorzugte Heckenaltersklasse« lassen sich für die einzelnen Vogelarten folgende Zusammenhänge ableiten:

Die *Goldammer* mit der niedrigsten Nesthöhe (der Mittelwert läge bei Einbeziehung der Bodenbruten sicher noch tiefer) hat bezüglich der gewichteten Altersklassenpräferenz auch ein deutliches Maximum im Bereich des niedrigsten Heckentyps. Bei ihr macht sich eine ungenügende Ausbildung der Altersklasse I am deutlichsten bemerkbar, da sie einmal die höchsten Abundanzen von allen Heckenvögeln erreicht und zudem noch eine konsequente Revierverteidigung

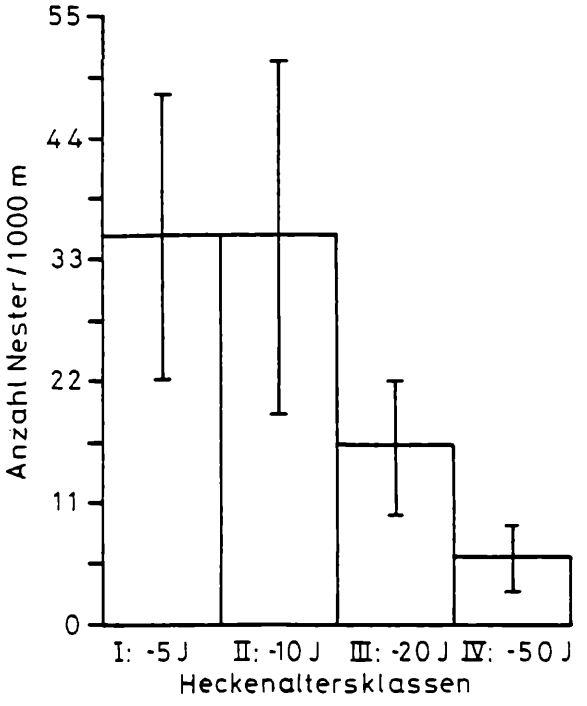


Abbildung 46:

Mittlere Nesterdichte der Heckenaltersklassen I bis IV (Bestand 1980)

Figure 46

Density of bird nests (mean, S.E) in hedgerows of different age classes (up to 5 years old, 5–10 years, 10–20 years, 20–50 years). Ordinate = number of nests per 1000 m hedgerow

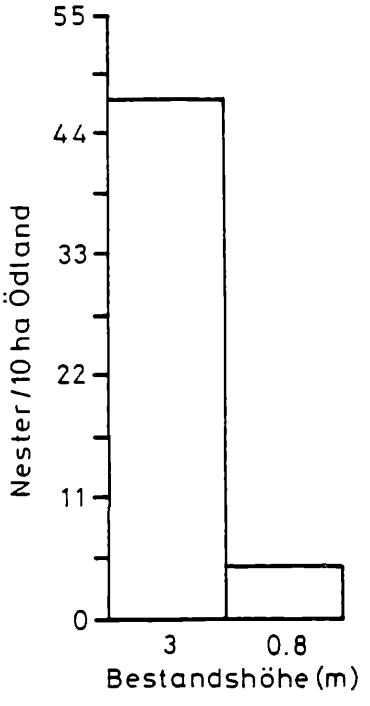


Abbildung 47:

Nesterdichte (ohne Bodenbrüter) in Buschödländern mit unterschiedlicher Bestandshöhe (Bestandserhebung 1980)

Figure 47

Density of bird nests (number of nests/10 ha) on shrubs in dry grassland. Abscissa = height of shrubs

durchführt. Das hat zur Folge, daß die Heckengebiete fest aufgeteilt sind und somit notwendigerweise auch weniger günstige Niststellen genutzt werden müssen. Die Nesterverteilung dieser Art deckt sich mit den Anteilen der Altersklassen. Die Nester in Althecken liegen in den meisten Fällen in den peripheren Zweigen der Randbüsche oder im jüngeren Randaufwuchs. Mit diesem Wahlverhalten läßt sich auch die scheinbare Präferenz der Goldammer für die Schlehe erklären (Abb. 49 a), da diese erstens in den Junghecken dominiert, zweitens durch ihre Wurzelschößlinge auch den Randaufwuchs stellt und zudem bei freiem Wuchs fast immer in den Zweigbereichen Bodenkontakt hat und damit viele Nistmöglichkeiten bietet. Die kleinen Sträucher, wie Wildstachelbeere oder auch die Brombeere sind in der Abb. 49 a unterbewertet, was ein Blick auf Abb. 50 und Abb. 51, die die gewichteten Nesteranteile der Sträucher aufzeigen, bestätigt. Bezüglich der Ansprüche an die Heckendichte pro Hektar oder die Einzelbuschabstände konnte beobachtet werden, daß die Goldammer nur den Anspruch auf mindestens eine Singwarte in ihrem Revier stellt und im anderen Extrem bei Einzelbuschabständen von unter einem Meter (Ödländer) deutlich abnimmt. Die Beziehung, die BLANA (1978) für den Zusammenhang zwischen Siedlungsdichte und Strauchraum pro Hektar aufstellt, deckt sich weitgehend mit diesen Beobachtungen.

Für den *Sumpfrohrsänger* (Nesthöhe um 60 cm) wurde keine Altersklassenpräferenz ermittelt, da er stets in Kontakt mit der Krautvegetation in der Randschleppe der Hecken nistete und damit eigentlich Altersklassen 0 oder I zugehört. Möglicherweise rein zufällig ist die Beobachtung, daß alle gefundenen Nester der Art mindestens an einem Punkt mit einem senkrechten, holzigen Strauchteil verknüpft waren, während als weitere Befestigungspunkte häufig Brennesseln oder Umbelliferen dienten. Wie diese Beobachtung beruht auch die Angabe zu den Pflanzenpräferenzen auf wenigen Einzelwerten (Abb. 49 b). Bei BLANA wird diese Art im Zusammenhang mit dem Strauchraum nicht aufgeführt und nach eigenen Funden liegen Nester sowohl in geschlossenen Anpflanzungen der Apfelrose (Akl. I) als auch im einjährigen Stockausschlag. Wichtig scheinen aber die erwähnten senkrechten Strukturen zur Nestbefestigung zu sein.

An nächster Stelle steht die *Heckenbraunelle*, (Abb. 45 c, Abb. 49 d) deren moosdurchsetzte Nester bevorzugt in Hecken der Altersklasse III und IV oder auch V liegen. Als Niststräucher bevorzugt sie randständige Stachelbeerenbüsche oder niedrige Schlehen, verlangt aber eine erhöhte Singwarte, woraus sich auch die Vorliebe für die höheren Altersklassen ergibt.

BLANA fand außerdem eine Bevorzugung von Nadelholzarten und keine Präferenz für eine bestimmte Strauchraumdichte.

Die *Dorngrasmücke* ist wieder ein Fall einer deutlichen Präferenz für die Altersklasse I (Abb. 45 b) bei gleichzeitiger niedriger Nisthöhe. Die deutliche Präferenz für die Schlehe liegt in diesem Fall wohl auch zum größten Teil an der hohen Dominanz der Schlehe in den jüngeren Hecken. Nach BLANA besiedelt diese Vogelart nur einen vergleichsweise eng begrenzten Bereich des Strauchraumdichtespektrums. Für unsere Beobachtungen gilt, daß die Nester am liebsten in lockere, häufig unterbrochene oder kurze Hecken gebaut wurden und auch ERDELEN (1978) bezeichnet diese Art als einen Bewohner der offenen Buschbiotope.

Auffällig bei unseren Erhebungen war auch eine gewisse Vorliebe für waldrandferne Hecken und lockere Ödländer (Abb. 49 c, Niststrauchpräferenz).

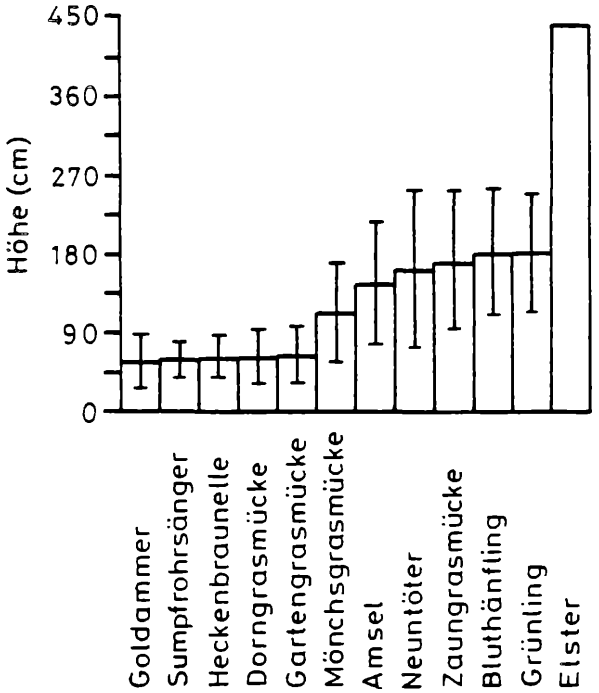


Abbildung 48:

Mittlere Höhe von Niststellen über der Bodenoberfläche (Buschbrüten, Erhebung 1980)

Figure 48

Height above ground (mean and S.E.) in cm of nests (1980). Abscissa = Yellowhammer, Marsh Warbler, Dunnock, Whitethroat, Garden Warbler, Blackcap, Blackbird, Red-backed Shrike, Lesser Whitethroat, Linnet, Greenfinch, Magpie

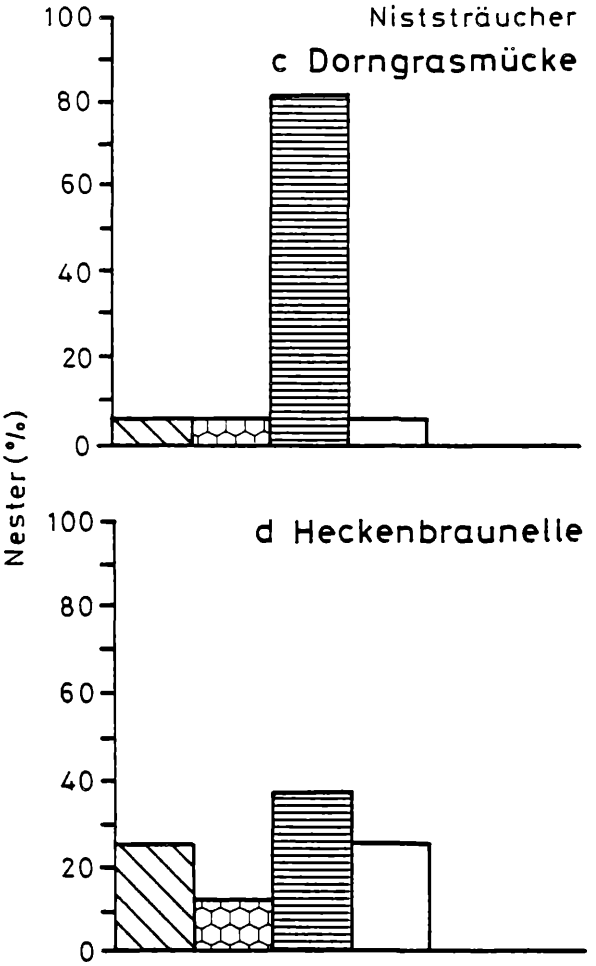
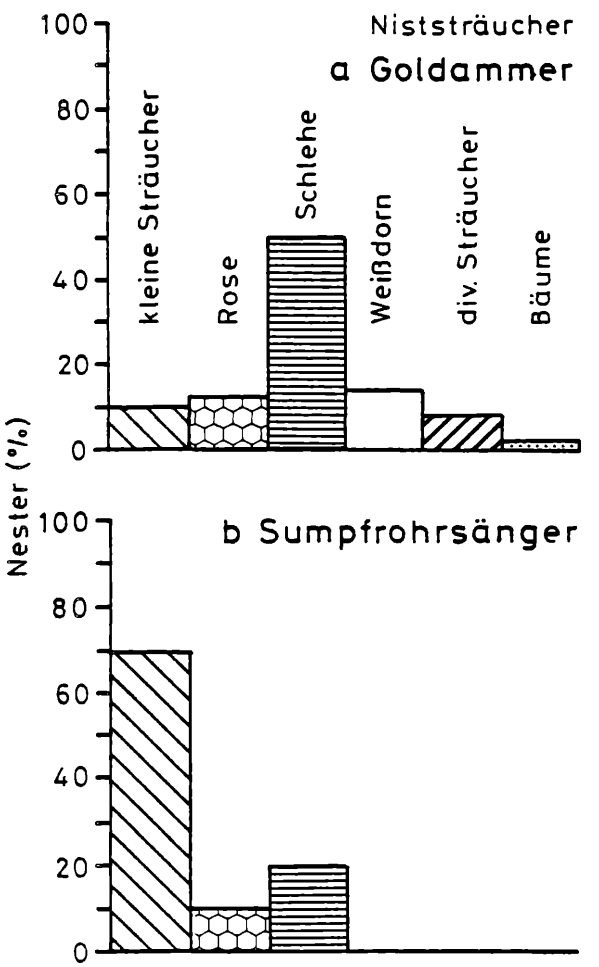
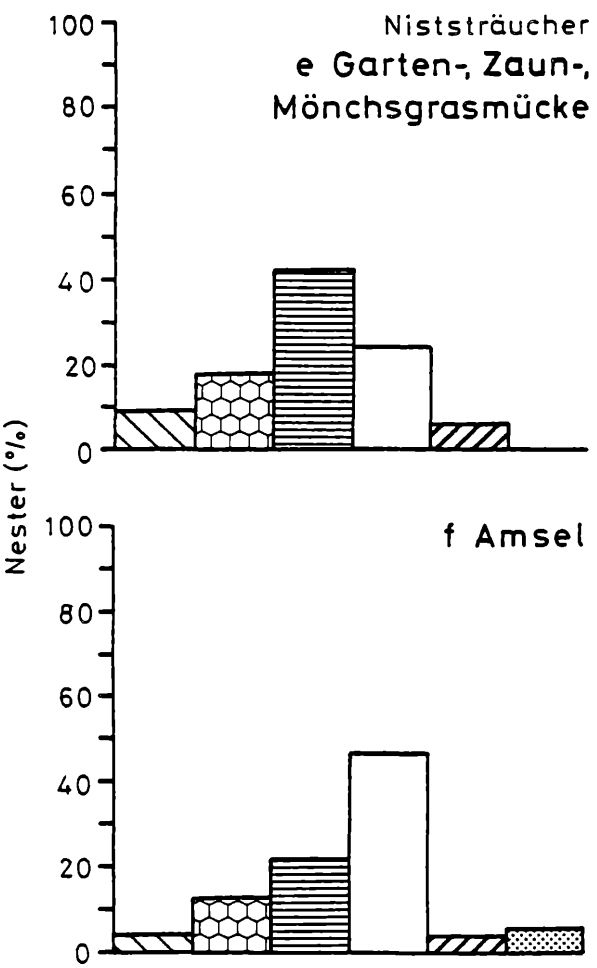


Abbildung 49 a-j: *(s. a. Fortsetzung)*





(Fortsetzung)

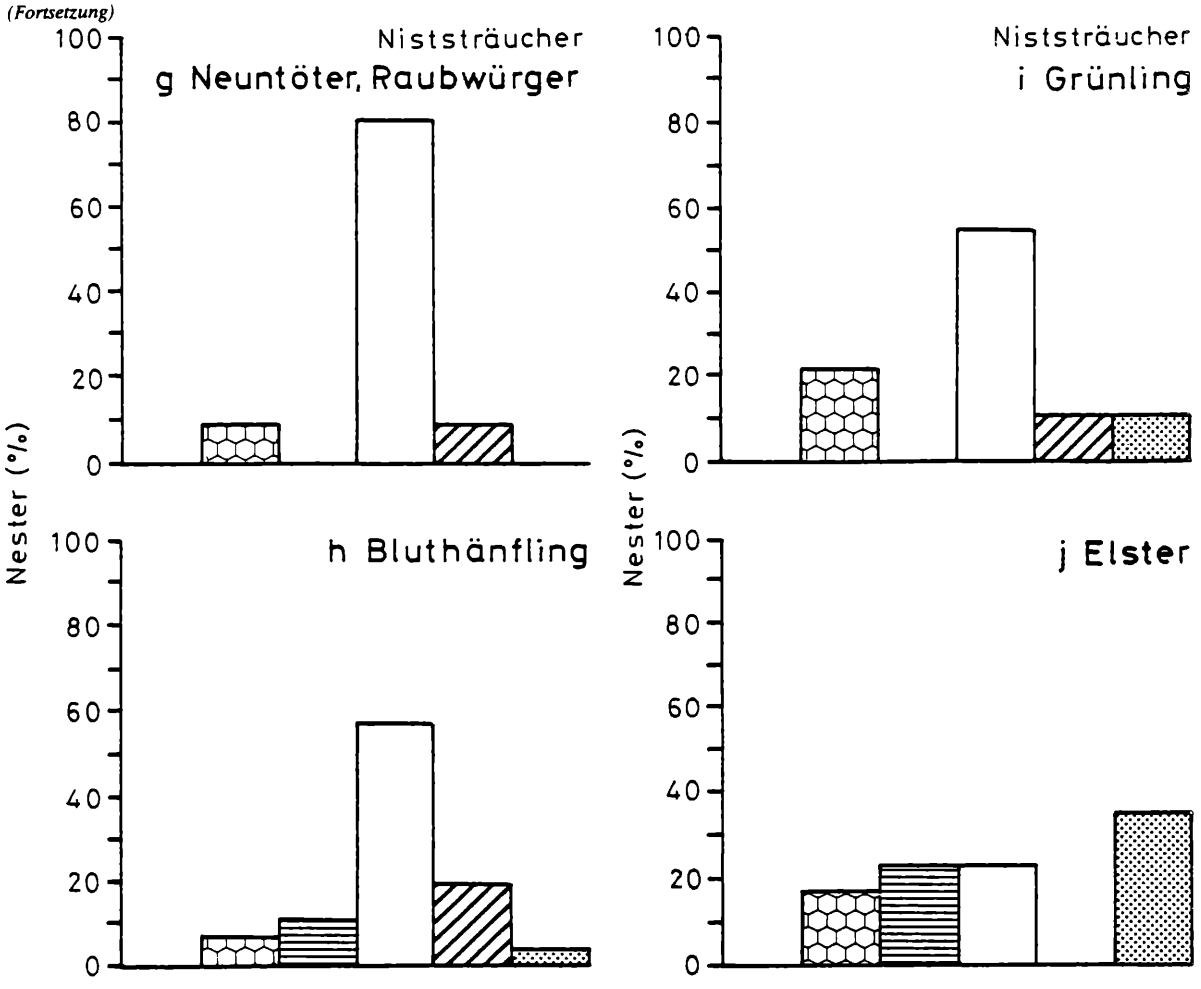


Abbildung 49:

Niststrauch-Präferenzen bei Buschbrüterarten
Ordinate = %-Anteil am Gesamt-Nesternachweis der betreffenden Vogelart

a Goldammer
b Sumpfrohrsänger
c Dorngrasmücke
d Heckenbraunelle
e Garten-, Zaun- und Mönchsgrasmücke
f Amsel
g Neuntöter, Raubwürger
h Bluthänfling
i Grünling
j Elster

Figure 49

Frequency distribution of bird nests on different substrates (small shrubs, wild rosebushes, sloe, hawthorn, various other shrub species, trees)

a Yellowhammer
b Marsh Warbler
c Whitethroat
d Dunnock
e Blackcap, Garden Warbler, Lesser Whitethroat
f Blackbird
g Red-backed Shrike, Great Grey Shrike
h Linnet
i Greenfinch
j Magpie

Die folgenden Arten *(Zaungrasmücke, Gartengrasmücke* und *Mönchsgrasmücke)* zeigen als Artengruppe eine Präferenz für die Heckenaltersklasse III (Abb. 45 d). Die Nisthöhe der 3 Arten ist trotz Überlappung recht unterschiedlich. Auch bezüglich der Strauchraumdichte fand BLANA Anzeichen für unterschiedliche Präferenzen, so daß z. B. eine Trennung der Arten schon über diese beiden Kriterien möglich sein kann. Die Zaungrasmücke und die Gartengrasmücke kommen in gleichen Strauchraum-Dichte-Bereichen vor, während die Mönchsgrasmücke ihr Maximum erst in den Nadelholzschonungen erreicht. Für die Arten dieser Gruppe waren keine Präferenzen für bestimmte Pflanzenarten nachweisbar, denn die Präferenz-Liste entsprach der unterschiedlichen Häufigkeit der Straucharten in den Hecken (Abb. 49 e).

Für die *Amsel* mit ihrer deutlich höheren Neststelle (Abb. 48) geht aus den Erhebungsdaten eine Bevorzugung der höherwüchsigen Altersklasse III und IV hervor (Abb. 45 e). Wie aus der Altersklassendiagnose (Tabelle 34) ersichtlich, haben die Sträucher in diesen beiden Typen etwa die gleiche Höhe. Der Hauptunterschied liegt hier im Anteil von Baumarten. BLANA zeigt in seiner Zusammenstellung auch auf, daß die Amsel zwar hohe Werte in den Buschgebieten erreichen kann, aber daß ihr eigentliches Maximum erst im Waldbereich liegt. Für die Amselnester in Hecken konnte *Crataegus* als bevorzugter Trägerstrauch festgestellt werden (Abb. 49 f). Das vergleichsweise schwere und große Nest liegt meist zwischen den Hauptästen im Zentrum des Busches.

Eine noch deutlichere Präferenz für die Weißdornbüsche zeigt der *Neuntöter,* der sein Nest meist im oberen, zentralen Bereich errichtet. Er benutzt denselben Busch oder benachbarte als Ansitz für seine Beutejagd, die bevorzugt auf den freien Bodenflächen zwischen Einzelbüschen stattfindet und zieht als Biotoptyp lockere *Crataegus*-Ödländer (Abb. 49 g)

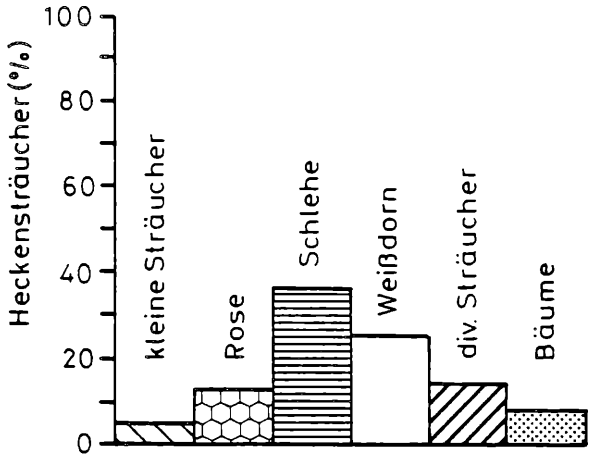


Abbildung 50:

Anteil der einzelnen Straucharten (gewichtetes Mittel) am Gesamtbestand erfaßter Sträucher

Figure 50

Relative frequencies of the substrates controlled for bird nests (symbols as in Fig. 49)

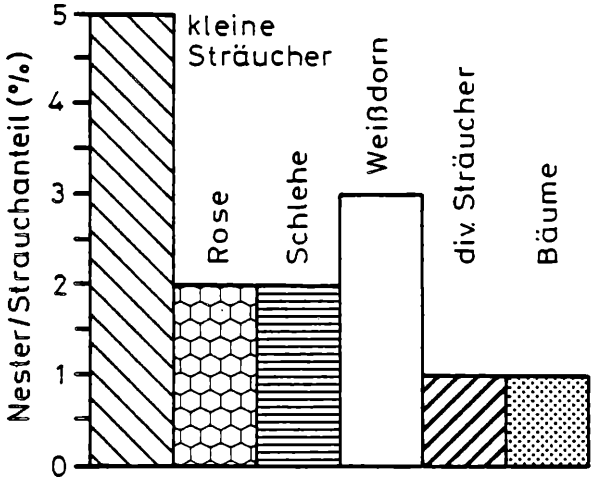


Abbildung 51:

Häufigkeitsverteilung der gefundenen Vogelnester (gewichtet nach dem jeweiligen Anteil kontrollierter Straucharten)

Figure 51

Frequency distribution of bird nests on different substrates (symbols as in Fig. 49) corrected for differences in the assessment of the single substrates

vor. BLANA fand entsprechend seine höchsten Bestandsdichten in den Buschödländern mit geringeren Strauchraumdichten (Abb. 45 f).

Bluthänflinge und *Grünling* unterscheiden sich nach den vorliegenden Befunden nur geringfügig bezüglich ihrer Nistplatzhöhe (Abb. 48). Ein deutlicher Unterschied, wie ihn RIESS (1973) bezüglich der Höhe fand, tritt bei unseren Ergebnissen aber in der Altersklassenpräferenz auf. Der Grünling wurde z. B. nur in ausgewachsenen Hecken der Altersklasse II und IV festgestellt, durch deren jeweilige Höhe die Nesthöhe begrenzt wurde (Abb. 45 g, h). Hänflingsnester konnten dagegen sogar in der Altersklasse I im niedrigen Bestand gefunden werden. Während BLANA den Grünling bei seiner Strauchraumdichtebetrachtung nicht aufführt, zeigt er für den Bluthänfling einen breiten Vorkommensbereich mit einer Bevorzugung der niedrigen Strauchraumdichten. Bluthänfling und Grünling bevorzugen Weißdorn-Sträucher, die von den Hauptheckensträuchern erfahrungsgemäß die größte Höhe erreichen und wegen der günstigen Zweigdichte in ihren oberen Partien Jungbäumen und anderen, ähnlich hoch werdenden Straucharten als Nistgelegenheit überlegen sind (Abb. 49 h). Möglicherweise spielt auch die Schutzwirkung der Bedornung eine gewisse Rolle bei der Strauchwahl.

Als Bewohner einer weiteren Höhenklasse, die jedoch meist von Baumarten gebildet wird, treten die *Elster*, die *Turtel-* und die *Türkentaube* in Hecken auf. Die Altersklassenpräferenz der Elster ist möglicherweise dadurch etwas verschoben, daß alle Nester, also auch die Zweit- und Ausweichsnester mit aufgenommen wurden. Die Turteltaubennestfunde stammen alle aus Bäumen, die über den Buschbestand ragen, aber noch Kronenkontakt aufweisen, also eigentlich Altersklasse V zuzurechnen sind (Abb. 45i,j; Abb. 49j).

3.2 Einfluß des Nahrungsangebotes

Für alle betrachteten Arten gibt es noch weitere Faktoren, die die Bindung an Hecken bzw. Heckensträucher verstärken. So weist z. B. TURCEK (1958) auf den hohen Anteil von ornithochoren Pflanzenarten in Hecken hin und sieht einen Zusammenhang zwischen deren hohen Fruchterträgen und den hohen Heckenvogeldichtewerten. Erwähnenswert ist dabei, daß auch viele insektenfressende Heckenvogelarten in Notzeiten Beeren verschiedener Heckensträucher fressen (BERTHOLD, 1976). Der Einfluß von Vögeln auf Insektenpopulationen wurde in der älteren Literatur aufgrund der ermittelten hohen Futtermengen pro Vogel und Saison oft überschätzt. Bisher wurden nur in wenigen Fällen und dann nur in Teilbereichen gefunden, daß Vögel positiv dichteabhängig auf eine Insektenpopulation einwirken können (FRANZ, 1962). Die meisten Untersuchungen zu dieser Frage wurden an »Schadinsektenarten« durchgeführt. Über die Verhältnisse bei selteren Arten liegen vorläufig noch keine Erkenntnisse vor.

Von der Menge her dürften auch bezüglich des Angebotes an Nahrung für Insektenfresser die Hecken und natürlichen Feldgehölze im Vergleich zu Waldbiozoenosen recht günstig liegen. Zwar wurden im Rahmen unserer Untersuchungen keine direkten Vergleiche durchgeführt, aber nachdem laut Literatur in Wäldern (mit Ausnahme von Kalamitäten in Monokulturen) maximal 5–10 % der Blattbiomasse von Phytophagen gefressen werden und unsere Untersuchungen deutlich höhere Werte ergaben, kann man davon ausgehen, daß in Hecken auch relativ mehr pflanzenfressende Insekten vorhanden sind. Bezogen auf Volumeneinheiten schneiden die Hecken mit einer relativ großen Oberfläche und damit günstigen Energieaufnahmesituationen außerdem noch bei der pflanzlichen Produktivität günstiger ab.

4 Der Vogelbestand in Abhängigkeit von Heckentyp und Areal

4.1 Datenvergleich 1977–1980 für ein Untersuchungsareal

Für die Charakterisierung von Vogelpopulationen und für die Wertung von Arealen ist neben einer möglichst umfassenden Aufnahme des Ist-Bestandes eine Aussage über die Populationsdynamik der Vogelarten im betreffenden Gebiet notwendig. Vielfach ist das Ver-

hältnis von Reviergröße zu Areal so ungünstig, daß von seltenen Arten nur wenige Paare in einem Gebiet vorkommen. Zudem gilt, je kleiner die Populationsgröße einer Tierart ist, desto größer wird der Einfluß von Zufallsereignissen auf die jeweilige Population. Diese Unschärfe kann bis zu einem gewissen Grad durch mehrjährige Beobachtungen ausgeglichen werden.

Aus unseren Beobachtungsdaten ist ein Jahresvergleich für einen Teilbereich des Untersuchungsareals »Weinberg« möglich (Tab. 33). Zusätzlich zum reinen Feldhecken- und Ödlandbereich dieses Gebietes wurde ein alter Obstbaumbestand und der Buschrand eines Erlenniederwaldes miteinbezogen. Das Vogelspektrum ist hier durch die Aufnahme von Boden- und Höhlenbrütern erweitert.

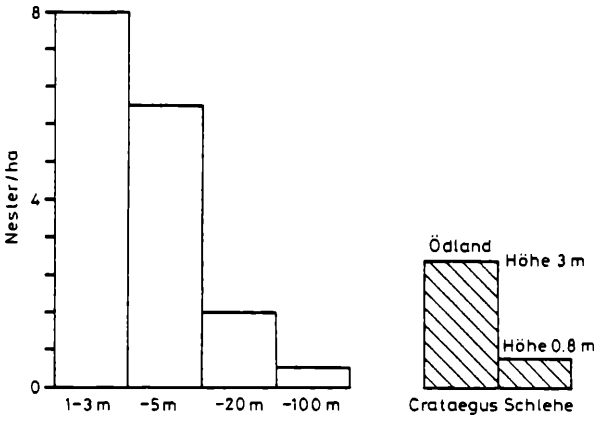


Abbildung 52:

Vogelnestdichte (N/ha) in Gebieten mit Einzelbüschen (weiße Säulen) und verbuschtem Ödland (schraffierte Säulen). Für Einzelbüsche ist der jeweilige Abstand zur nächsten Hecke angegeben

Figure 52

The density of bird nests (n/ha) on isolated shrubs (white columns) and on shrubs in dry grassland (hatched columns). Isolated shrubs are classified according to their distance to the next hedgerow. Shrubs in dry grassland are hawthorn (height 3 m) and sloe (height 0.8 m)

Es ist nicht zu erwarten, daß alle singenden Männchen einer Brut entsprechen, auch kann diese Abweichung von Art zu Art unterschiedlich sein (BERTHOLD, 1976). Erstaunlich ist an den Jahresvergleichsdaten die relativ geringe Schwankung des Brutvogelbestandes. Das überrascht umso mehr, da das betreffende Areal relativ klein (8 ha) ist und relativ viele Arten nur mit einem Brutpaar vertreten sind. Bemerkenswert ist weiter, daß nahezu das ganze in unseren Gebieten für Heckengebiete zu erwartende Brutvogelspektrum vertreten ist und zudem die Brutpaare der meisten Arten jährlich nahezu an den gleichen Stellen zu finden sind. Die Werte für Anzahl Brutpaare pro Hektar für die Einzelarten und den Brutvogelbestand stimmen größenordnungsmäßig mit den Angaben aus der verfügbaren Literatur überein (z. B. BLANA, 1978).

Die Mittelwerte über den Vergleichszeitraum (Spalte 6 und 7, Tab. 33) ermöglichen eine gewisse Aussage über die Konstanz der betreffenden Art im Untersuchungsgebiet. Werte deutlich unter 1 sind kennzeichnend für Arten, die entweder allgemein selten sind, andere Biotoppräferenzen haben oder größere Reviere beanspruchen. Für die Beurteilung der Situation solcher Arten müssen größere Areale herangezogen werden. Auch bei Arten mit Indizes zwischen 1 und 2 ist besonders bei Auftreten von 0-Werten in den Beobachtungsdaten eine Gebietsvergrößerung anzuraten. Erst bei höheren Werten aus mindestens 4jährigen Bestandserfassungen kann eigentlich von einer gewissen Konstanz gesprochen werden. Aus den Indizes lassen sich neben solchen methodischen Hinweisen auch noch Informationen über Mindestarealgrößen für den Schutz bestimmter Arten gewinnen.

4.2 Diversität und Evenness

Ohne die grundsätzliche Problemetik der Bioindikatoren zu erörtern, sollen hier die Werte der Vogelbestandsgrößen vergleichend diskutiert werden. Trotz der unterschiedlichen Bewertung in Ornithologen- und

Tabelle 35

Diversität/Evenness: Buschbrüterbestand – Heckenaltersklassen

Gebiet	I: 1–5 J		II: 5–10 J		III: 10–20 J		IV: 20–50 J		Ödland		Div. gesamt		Div. mittel	Div. Pflanzen	
	H_S	Ev.	H_S	Ev.	H_S	Ev.	H_S	Ev.	H_S	Ev.	H_S	Ev.		H_S	ev.
1 Hummelgau	0,868	79,0	0,943	85,9	1,765	84,9	0,693				1,700	77,4	1,067 ± 0,477	1,708	66,0
2 und 3 Oschenbg.	0,637	91,8	1,410	78,7	1,732	89,0	1,720	96,0	—		2,121	85,0	1,375 ± 0,514	1,258	52,5
4 Weinberg	—		1,471	91,4	1,845	94,8	0,796	72,5	1,465	91,0	1,980	90,2	1,207 ± 0,544	1,116	80,5
5 Gosen	—		—		1,665	85,6	1,352	97,5	1,618	90,3	1,717	82,6	1,230 ± 0,396	1,223	76,0
6 Stadt-Steinach	0,639	58,2	0,927	57,6	1,622	83,3	1,561	97,0	—		1,858	70,4	1,187 ± 0,482	2,025	78,9
7 Zettmeisel	—		—		1,907	91,7	1,332	96,1	—		2,150	93,4	1,285 ± 0,491	1,557	67,6
Mittelwerte der Akl.	0,715 ± 0,133		1,188 ± 0,293		1,756 ± 0,107		1,242 ± 0,412		1,541 ± 0,108		1,921 ± 0,195		1,225 ± 0,103	1,481 ± 0,547	

H_S = Diversitäts-Index Ev. = Evenness (in %)

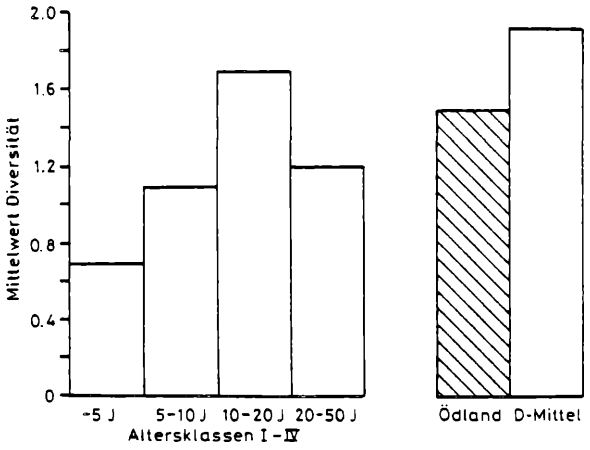


Abbildung 53:

Mittlere Diversität (H_S) von Buschbrüterarten aufgegliedert nach Heckenaltersklassen und verbuschtem Ödland (D-Mittel = Gesamt-Diversität)

Figure 53

Mean species diversity (H_S) of bird species breeding on shrubs, classified according to the age of the hedgerow. Ödland = shrubs on dry grassland. D-Mittel = total species diversity

Ökologenkreisen sollen als Kenngröße die Artenzahl, Einzelartendichte, die Diversität und die Evenness des Buschbrüterbestandes verwendet werden. Für das Artenspektrum aus den vorliegenden Untersuchungen sind die Forderungen nach einer einheitlichen trophischen Ebene und ähnlicher Biomasse mit geringen Einschränkungen erfüllt.

In Tabelle 35 wurden die nach SHANNON-WEAVER (REICHHOLF & BEZZEL, 1974) berechneten Diversitätswerte für die Heckengebiete zusammengestellt. Auch eine Aufschlüsselung nach Heckenaltersklassen wurde jeweils durchgeführt. In weiteren Rubriken wurden jeweils ein Mittelwert der Altersklassendiversitätswerte und die Diversität der Hauptheckensträucher aufgenommen. Zur besseren Verdeutlichung der unterschiedlichen Größenverhältnisse wurden die Werte der Tabelle für die Untersuchungsgebiete außerdem in Histogrammform in Abb. 53 u. 54 dargestellt. Dabei kommt deutlich zum Ausdruck, daß in jedem unserer Untersuchungsgebiete die Heckenaltersklasse III den jeweils höchsten Diversitätswert besitzt. Dieses Phänomen kann als Hinweis gewertet werden, daß dieser Mitteltyp bezüglich Alter und Struktur noch für den größten Teil des Artenspektrums

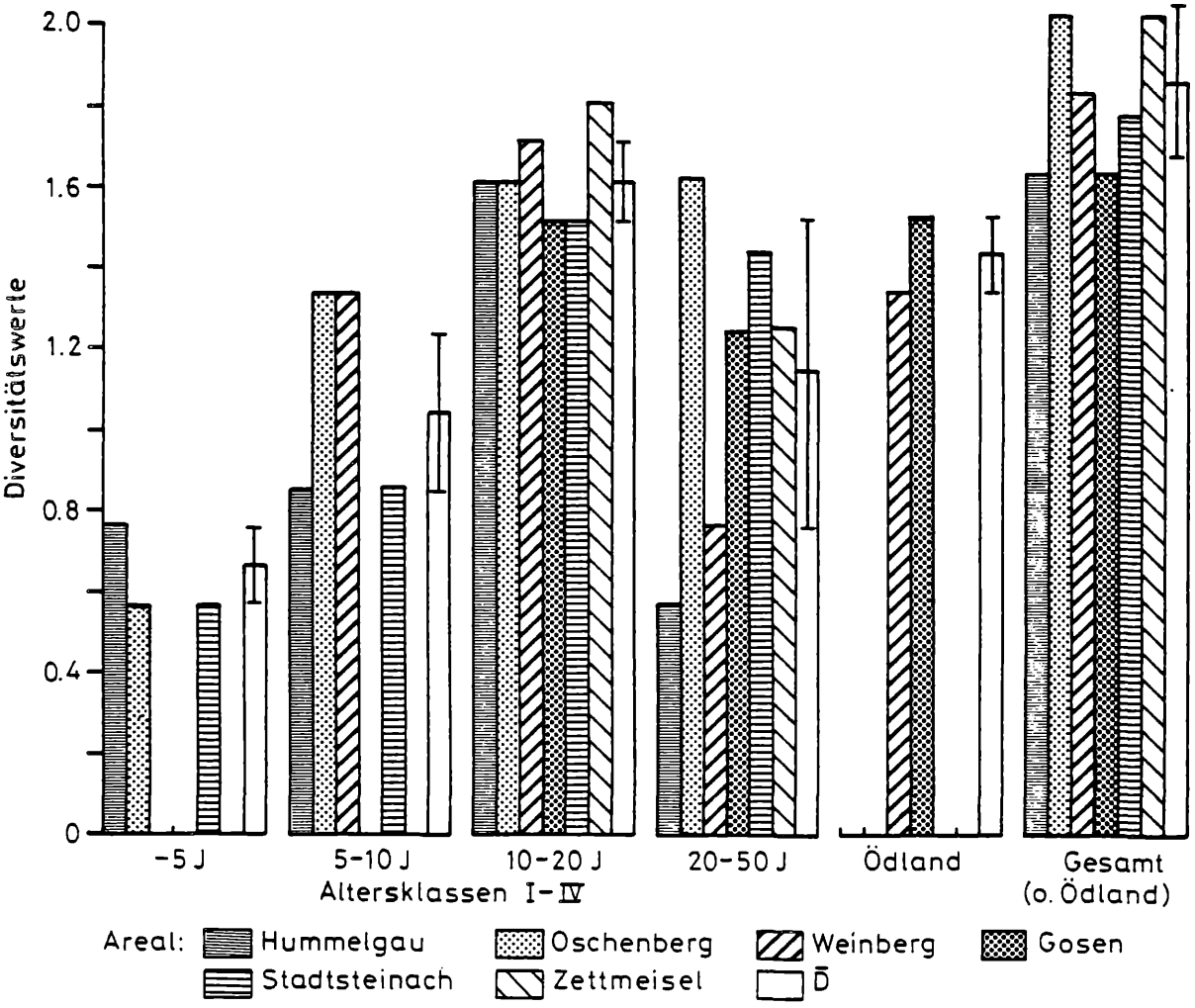


Abbildung 54:

Mittlere Diversität-Werte von Buschbrüterarten aufgegliedert nach Heckenaltersklassen und Standorten
Weiße Säulen = mittlere Diversität der 6 Standorte

Figure 54

Species diversity of birds breeding on shrubs, classified according to observations localities and age classes of the hedgerow. White columns = Mean diversity of the single age classes of shrubs. Gesamt = Species diversities pooled for all age classes (without shrubs in dry grassland)

annehmbare Bedingungen bietet. Im Vergleich dazu sind in den Altersklassentypen I und II die Bedingungen für den hohen Anteil an »Waldvogelarten« im Heckenvogelspektrum (vgl. ROTTER & KNEITZ, 1977) noch zu ungünstig. Entsprechend scheinen die Bedingungen in Altersklasse IV für einige Arten schon wieder zu waldähnlich zu sein. Bei den Einzelwerten für diese Altersklasse IV fällt auf, daß sie untereinander sehr stark differieren. Als Erklärungsmöglichkeit bieten sich unterschiedliche Waldnähe und Randschleppenausbildung an, zumal die Areale 5–7 mit ihrer jeweils einheitlicheren Bewirtschaftung und homogeneren Ausprägung sehr wenig untereinander differieren. Ein Blick auf die Nesterdichtewerte der Altersklassen I–IV (Tab. 36 und Abb. 46) zeigt, daß die Einzelwerte für die Altersklasse IV aufgrund der allgemein geringen Dichte und auch der relativ hohen Schwankung überhaupt wenig aussagekräftig sein dürfte. Ein Vergleich von Abb. 46 mit den entsprechenden Diversitätswerten macht den Einfluß der Artenverteilung auf die Höhe der Diversitätswerte deutlich: Altersklasse I mit höchster Nesterdichte hat die niedrigste Diversität aufgrund des Vorherrschens von wenigen Arten in diesem Heckentyp. Entsprechendes gilt auch für Typ IV, nur unter anderem Vorzeichen. Die beiden Diversitäten für Ödländer zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen lockeren, höheren »Weißdorn-Ödländern« und niedrigeren, weniger strukturierten »Schlehen-Ödländern« (vgl. Abb. 47 und 52).

Die Diversitätswerte für das jeweilige »Gesamtgebiet« liegen mit einer Ausnahme deutlich über den jeweils höchsten Heckenaltersklassenwerten und zeigen damit an, daß die Bedingungen auf der Ebene des Gesamtareals einen deutlichen Einfluß auf den Vogelbestand haben. Das wird besonders deutlich beim Vergleich dieser Werte mit den jeweiligen Mittelwerten aus den 4 Altersklassen (unterste Reihe, Tab. 35), da diese noch weit niedriger liegen. Bei jeweils gleichem Artenspektrum in allen Altersklassen und gleicher Verteilung wäre der Gesamtwert der Erwartungswert für die Diversität des Gesamtareals.

Nur in Areal 1 liegt die Gesamtdiversität unter dem höchsten Einzelwert (Altersklasse III). Im Vergleich zu den übrigen Untersuchungsgebieten ist Areal 1 sehr heterogen bezüglich der Verteilung der Heckenbestandteile. So sind zwei Drittel des Gebietes Einzelbuschareale und der Heckendichtewert von 20 m/ha wird dort weit unterschritten. Der geringe Anteil an Feldhecken (meist Akl. III) ist in einem kleinen optimalen Bereich konzentriert. Für sich allein betrachtet, kommt dieser Bereich auf einen beachtlichen Diversitätswert von 1.784 bei einer Evenness von 85,8 %. Im übrigen Gebiet dominiert die Goldammer sehr stark, so daß die tieferen Diversitätswerte nicht verwunderlich sind. Ein Hinweis auf die Werteverschiebung bei Einbeziehung der Bodenbrüter kann aus den Tabellenwerten für 1980 (Tab. 33) gewonnen werden.

Deshalb wurden für das betreffende Areal u.a. auch die Kenngrößen unter Ausschluß von Boden- und Höhlenbrütern berechnet (Tab. 33) und dabei deutlich höhere Werte als für die Großareale gefunden. Der im Vergleich zu den Werten in Tabelle 35 deutlich höhere Diversitätswert für 1980 bestätigt, daß die Einbeziehung aller Brutvögel und eine Einbeziehung weiterer Biotoptypen (Randbereiche, Ödland, Wochenendgrundstücke) eine Angleichung an Literaturwerte (z. B. ERDELEN, 1978) bringt.

Aus den jeweils höchsten Einzelartenabundanzen aller Areale wurde eine theoretische Diversität berechnet. Dabei ergab sich ein Diversitätswert von 2.187 und ein Evennesswert von 88 %. Der Vergleich der Einzelarealwerte mit diesem Wert zeigt, daß die Areale 2, 4 und 7 noch recht nahe am theoretischen Wert liegen. Als wichtigste Gemeinsamkeit weisen diese Areale eine Südexposition auf. Verstärkt durch die zusätzliche Schutzwirkung von Waldpartien in den oberen Hangbereichen liegen hier klimatisch besonders günstige Bedingungen vor, was neben der Vielgestaltigkeit der Areale der Grund für die relativ hohe Dichte des Neuntöters, der Zaun-, Garten-, Mönchs- und der Dorngrasmücke sein dürfte. Diese Vogelarten reagieren als Insektenfresser durch die Nahrungsbindung wesentlich sensibler auf Unterschiede im Kleinklima ihrer Brutgebiete und können z. B. bei Schlechtwetterlegen kaum Ausweichsmöglichkeiten finden.

Aus dem Buschbrüterspektrum wäre die Ausprägung dieser Artengruppe gut als Differenzierungsmerkmal für die gesamte Brutvogelfauna zu verwenden, da die Zahl und jeweilige relative Dichte gerade dieser Arten die Diversitätswerte und die Evenness über den Durchschnitt der Arealdiversitäten von 1.921 (Evenness 83,2 %) (vgl. Tab. 35) heben.

Nach den Aussagen über die Diversitätssteigerung bei Einbeziehung von Randbereichen und besonderer Strukturen ist die Gegenläufigkeit der Buschbrüterdiversität und der Diversität der Heckensträucher (Tab. 35) zunächst überraschend, zumal die Sträucher die Grundvoraussetzung für die Ansiedlung der Vogelarten sind. Klar wird aber, daß der Wert der relativen Dichte besonders der selteneren Arten durch Mechanismen wie Brutpflanzenpräferenzen oder Nahrungsangebot bestimmt wird. Gerade bezüglich dieser Qualitäten bestehen aber erhebliche Unterschiede zwischen den Straucharten (Abb. 49a-j).

Tabelle 36

N/100 m der Heckenaltersklassen

Gebiet	Altersklassen: I	II	III	IV	Ödland
1. Hummelgau	(3)	2,4 ± 2,2	1,6 ± 1,4	0,33 ± 2,9	0,4/ha
2. Oschenberg Laineck	5,5 ± 4,3	6,6	(5,7) ± 1,0	0,31 ± 0,5	
3. Oschenberg Döhlau	2,5 ± 1,2	2,47 ± 1,5	2,26 ± 2,0	0,55 ± 0,38	
4. Weinberg	—	3,83	1,26 ± 0,6	0,85	
5. Gosen	—	3,4	2,8	1,12 ± 1,5	4,7/ha
6. Stadtsteinach		2,62 ± 2,3	1,17 ± 1,0	0,46 ± 0,6	
7. Zettmeisel	—	—	1,55 ± 1,0	0,58	
x	3,5 ± 1,35	3,55 ± 1,6	1,66 ± 0,65	0,6 ± 0,29	

± = Standardabweichung
Nesterdichte (N/100 m) Buschbrüter (Bestandeserhebung 1980)

4.3 Nesterdichte und Biotopcharakter

Wie bei der Einzelartenbetrachtung aufgezeigt, gibt es bei verschiedenen Vogelarten deutliche Präferenzen für bestimmte Altersklassen von Hecken. Dabei wurde bereits darauf hingewiesen, daß das entscheidende Merkmal dabei die jeweilige Strukturvielfalt ist. Sie wird beeinflußt durch die Pflanzenzusammensetzung, durch unterschiedliche Pflegemaßnahmen und durch Einflüsse aus dem Umland. Die Einteilung der Hekken in Altersklassen dient deshalb auch der schnellen Beschreibung der Strukturdiversität von Einzelhekken. Die Bedeutung dieser Qualität kann man besonders gut an Hecken zeigen, die in ihrem Längsverlauf einen Übergang von einer Altersklasse in eine andere aufweisen, wie das bei den Hecken 9a und 9d (Tab. 31) der Fall ist. Hecke 9a weist in ihrem Altersklasse-III-Teil eine mehr als doppelt so hohe Nesterdichte als im Altersklasse-IV-Abschnitt auf. Bei 9d wurde im älteren Teil (Akl. V) kein Nest, im jungen Abschnitt (Akl. II) dagegen 3 Nester auf 20 m gefunden.

Der Einfluß bestimmter Heckenstrukturen wird auch am Beispiel 9c (Tab. 31) deutlich. Hier wurden in einer 600 m langen Flurbereinigungshecke kein Nest und in einer 150 m langen Naturhecke (Akl. III) 4 Nester festgestellt. Dieser deutliche Unterschied ist wohl zum Teil auf die Verwendung von untypischen bzw. sogar fremdländischen Gehölzen in der Anpflanzung zu suchen. Diese Hecke wies kaum einen Rand auf und war trotz Doppelreihe sehr winddurchlässig. Die Feldhecke (9c) bestand dagegen hauptsächlich aus Schlehe und Weißdorn mit dichtem Bodenschluß und gewachsenem Strukturgefüge.

Eine besonders günstige Randstruktur ist die Randschleppe mancher Hecken. Sie ist der bevorzugte Neststandort in Hecken der Altersklassen IV und V.

Zur Gewinnung von Stammholz werden bei der Hekkenernte oft einzelne Jungbäume verschont. Sie dienen dann als Singwarte bzw. Ansitz von Goldammer, Heckenbraunelle, Baumpieper und Neuntöter.

Neben den Pflanzenbestandteilen können aber auch Lesesteinwälle, Stützmauern oder Geländeabstürze, an oder auf denen sich die Hecke befindet, von besonderer Bedeutung sein. Besonders für Goldammern reichen solche Strukturen bereits als Heckenersatz aus. In Areal 6 ist der Bestand an Lesesteinwällen besonders hoch und entsprechend war hier auch die höchste Goldammerdichte feststellbar.

Waldränder mit Strauchvegetation stellen in mehrfacher Hinsicht eine Übergangssituation dar. In den Beispielen aus den Untersuchungsarealen liegen sie bezüglich der Nesterdichte noch deutlich unter den Werten der Heckenaltersklassentypen IV und V. Eine Ausnahme bildete lediglich der Rand eines Kiefernhochwaldes in Areal 1, der mit Schlehen und Rosen der Altersklassen I und II locker bewachsen und mit 1 Nest/100 m besetzt war. Eine in Buschgruppen aufgelöste Akl. I-Hecke am Rand einer lockeren, alten Hochstamm-Obstplantage wies dagegen 3 Nester auf 100 m Länge auf und deutet damit an, daß hier eine noch günstigere Kombination der entsprechenden Strukturmerkmale auftrat.

Auch auf das jeweilige Areal bezogen, spielt die Vielfältigkeit von Strukturen eine bedeutende Rolle. Als wichtige Größen treten hier dann Einzelbuschabstände, Heckendichte und der Anteil von Hecken der Altersklassen I bis III in Erscheinung. Die Auswirkungen auf die Nesterdichte und Vogeldiversität sind aus den Abbildungen 56 (Abstände – Nesterdichte), 55 (Nesterdichte – Akl.-Anteile), 57 (Diversität – Anteil Akl. I–III) und 58 (Diversität – Heckendichte) zu ersehen.

Für die Nesterdichte zeichnet sich dabei z. B. ab, daß bei Annäherung der Heckendichte an eine Waldsituation auch die entsprechenden Dichtewerte von Waldvogelbeständen erreicht werden. Das Artenspektrum würde ebenfalls zugunsten der Waldvogelarten verändert. Ein Beispiel dafür sind Rebhühner, die in Areal I in der Nähe einer kleinen Einzelhecke beobachtet wurden und Fasane, die erst ab einer hohen Hecken-

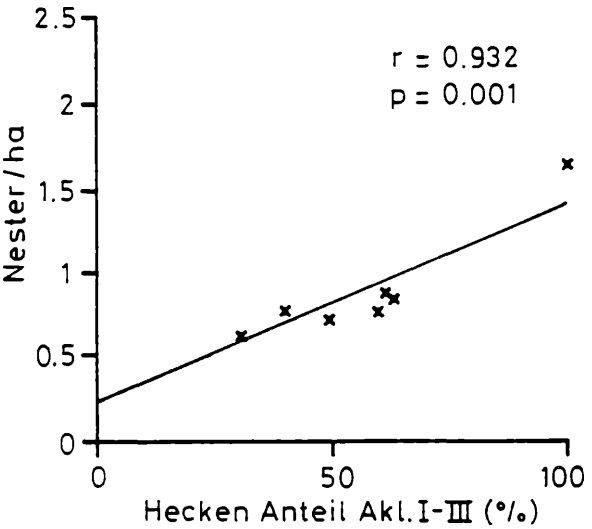


Abbildung 55:

Nesterdichte (Buschbrüter) pro ha in Abhängigkeit vom Anteil der Altersklassen I–III am gesamten Altersklassenspektrum

Figure 55

Density of bird nests/ha (only species breeding on bushes) as a function of the % frequency of shrub age classes I–III (1–20 years) in the hedgerow

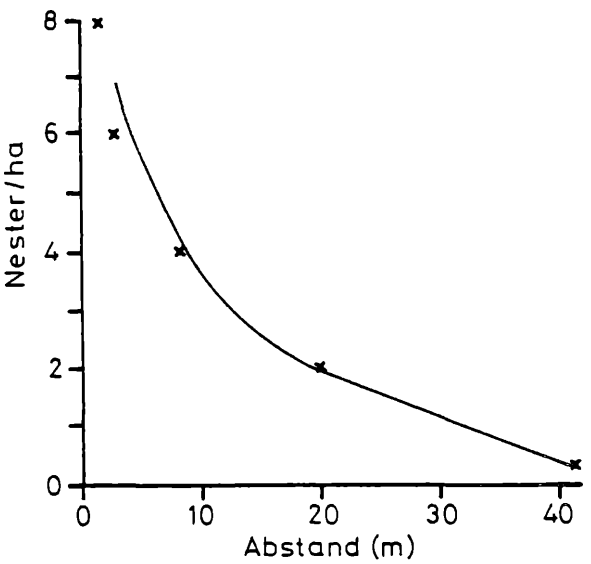


Abbildung 56:

Nesterdichte (Buschbrüter) pro ha in Abhängigkeit vom Abstand der kontrollierten Einzelbüsche von der Hecke

Figure 56

Density of bird nests/ha (only species breeding on isolated shrubs) as a function of the distance of the shrub from the next hedgerow

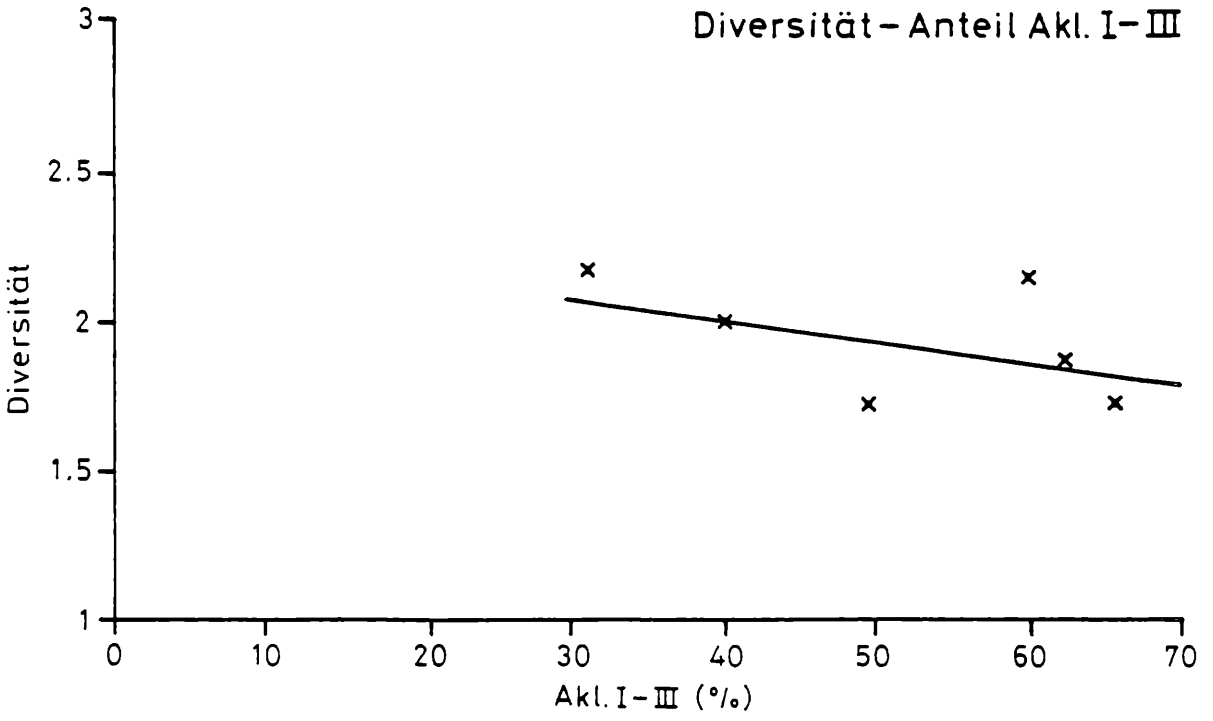


Abbildung 57:

Diversität (H_S) (Buschbrüter) in Abhängigkeit vom Anteil der Altersklassen I–III an der Gesamthecke

Figure 57

Diversity of bird species breeding on bushes as a function of the % frequency of shrub age classes I–III (1–20 years) in the hedgerow

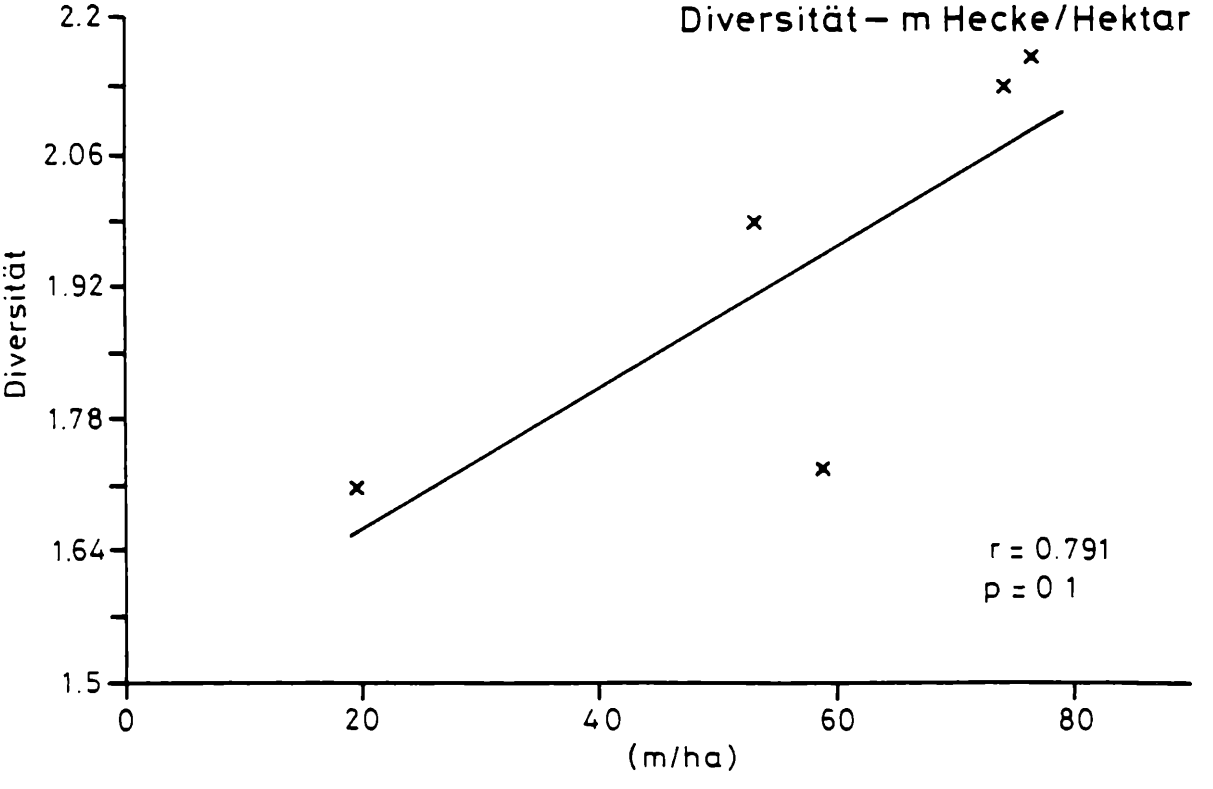


Abbildung 58:

Diversität von Buschbrüter-Arten in Gebieten mit unterschiedlicher Heckendichte (Definition in Text)

Figure 58

Diversity of bird species breeding in bushes as a function of the »hedgerow density« of an area (m hedgerow/ha calculated for 20 ha areas)

dichte (über 80 m/ha) in entsprechender Dichte auftraten.

Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Frage nach Unterschieden zwischen der Besiedlung von Einzelhecken und Einzelbüschen in der offenen Landschaft. Die erwähnten Rebhühner in Areal 1 zogen deutlich kleine Strauchgruppen oder Hecken den echten Einzelbüschen vor. Nach dem Bild aus Schneeverwehungen ließ sich schließen, daß die Hekken im Vergleich zu den einzelnen Weißdornbüschen einen besseren Schutz boten. Entsprechend wiesen 5 bis 15 m lange Kleinhecken der Akl. I aus dem gleichen Gebiet Nesterzahlen von 1 bis 3 auf und zwar von Goldammer, Dorngrasmücke und Bluthänfling, während die Einzelbüsche in geringer Dichte nur von der Goldammer besiedelt waren. Beispiel 9b (Tab. 31) besteht aus einer etwa 40 m und einer etwa 100 m langen Feldhecke in offenem Gelände mit jeweils 5 Nestern von 5 verschiedenen Vogelarten, unter denen jeweils die Dorngrasmücke und der Neuntöter zu finden waren.

Eine Sonderbetrachtung verdienen die Straßenböschungspflanzungen: Die Autobahnböschungshecken in Areal 5 wiesen 2,8–3,4 Nester pro 100 m auf, was aber in erster Linie durch das Vorkommen einer Hänflingskolonie bedingt war. Die Kontrolle weiterer Autobahnpflanzungen erbrachte bei gleichem Alter und ähnlicher Lage nur tiefere Werte. Böschungshekken an der Straße durch Areal 2 bis 4 beherbergten auf der Talseite bis 2,5 N/100 m, während auf der Hangseite keine Nester gefunden wurden. Die 2,5 N/100 m der Talseite liegen im oberen Dichtebereich von lockeren Hecken vergleichbarer Altersklassen, während das Fehlen der Nester in der straßenzugeneigten Böschung möglicherweise mit der verkehrsbedingten starken Lärm-, Spritzwasser- und Windbelastung dieser Seite in Verbindung steht. So wurden hier mehrmals tote Vögel auf der Fahrbahn gefunden.

5 Beobachtungen von weiteren Vogelarten in Heckengebieten

Bei den ergänzenden Sommerbeobachtungen zum Brutvogelbestand unserer Untersuchungsareale wurden auch alle weiteren Vogelarten und deren Aktivitäten, soweit sie in Beziehung zum Beobachtungsgebiet standen, erfaßt. Die Bilanz dieser zufälligen Beobachtungen ist mit insgesamt 68 Arten (Tab. 37) recht beachtlich und beinhaltet bestimmt noch nicht alle möglichen Arten. Neben den Buschbrütern treten hier z. B. die Bodenbrüter, vereinzelt Höhlenbrüter der Althecken oder Obstanlagen sowie Gelegenheitsbrutgäste, die im Rahmen der Nesterbestandsaufnahme und der Sommerkontrollen (vgl. 2) nicht erfaßt wurden, in Erscheinung. Als häufige Gruppe kommen hier natürlich die Feldbrüter hinzu, bei denen noch zu überprüfen wäre, inwieweit ein lockerer Heckenbestand im Vergleich zur heckenleeren, intensiv bewirtschafteten Feldflur eine bestandsfördernde Funktion besitzt. Ferner treten hier einige Greifvogelarten auf, die sicher ebenfalls von den besonderen Bedingungen in Heckenlandschaften profitieren. Besonders bei den selteneren Arten wie Baumfalke und Wespenbussard waren die Beobachtungen in den Heckengebieten während des Zeitraums von 1977 bis 1980 unsere einzigen Nachweise.

Tabelle 37

Liste der im Kontrollgebiet Weinberg festgestellten Vogelarten Beobachtungsbereich:

Greifvögel:	Aktivität:	Beobachtungen:	Stelle, Futtersuchbereich
Mäusebussard	F	R	Luzerneacker, Ödland, offen
Habicht	F	Z	Ödland, Mähwiese
Sperber	F	Z	Ödland, Erlendickung
Wespenbussard	F	E	Ödland, mit lockerem Schlehenbestand
Turmfalke	F	R	Ödland, Äcker, Wiesen
Baumfalke	F	E	Ödland
Hühnervögel:			
Rebhuhn	S,F	R	Ödland, offen
Jagdfasan	F	R	Randbereich, Erlendickung und Wald
Wachtel	S	Z	oberes offenes Ödland
Taubenartige:			
Ringeltaube	F	R	Ödland, Talhecke
Türkentaube	N,S	R	Talhecke
Turteltaube	W,S	R	Althecke
»Haustauben«	F	R	Äcker, Mähwiese
Kuckucksvögel:			
Kuckuck	S,F	R	Erlendickung, Talhecke
Seglerartige:			
Mauersegler	F	R	Überflug, Flugjagd
Spechte:			
Grauspecht	S,F	R	Obstgarten, Ödland
Grünspecht		Z	Althecke, Obstgelände
Buntspecht	F	R	Obstgarten, Talhecke, Waldrand
Kleinspecht	S,F	Z	Althecke, Randbereich
Wendehals	S,F	R	Althecke, Randbereich, Obstgarten

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

Sperlingsvögel:	Aktivität:	Beobachtungen:	Stelle, Futtersuchbereich
Feldlerche	S	H	Ödland, offen, Luzerne
Rauchschwalbe	F	R	Über Ödland u. Mähwiese, an Hecken entlang
Mehlschwalbe	F	R	Über Ödland u. Mähwiese
Rabenkrähe	F	R	oberes Ödland
Saatkrähe	F	Z	Äcker, Überflug
Dohle	F	Z	Überflug
Tannenhäher	F	R	Erlendickung, Waldrand, Althecke
Eichelhäher	F	R	Feldhecke, Talhecke, Waldrand
Elster	N	R–	Einzelbaum, Ödland, Feldhecke, Straßenhecke
Kohlmeise	N,S	R	Feldhecke, Talhecke, Obstgarten, Wald
Blaumeise	S	R	Feldhecke, Talhecke, Waldrand, Erlendickung
Sumpfmeise	S	R	Feldhecke, Straßenhecke, Erlendickung
Schwanzmeise	S,F	R	Feldhecke, Talhecke, Erlendickung
Gartenbaumläufer	S	R	Obstgarten, Talhecke
Zaunkönig	S,W	R	Talhecke, Erlendickung, Wald
Amsel	N,W,S	H	Tal mit Wochenendhaus
Wacholderdrossel	F	R	Mähwiese bei Obstbäumen
Singdrossel	(S) W	R	Randbereich zu Fichten (Oschenberg)
Misteldrossel	(S)	Z	Randbereich mit Eichen (Oschenberg)
Pirol	F	Z	Althecke, Obstgartenbereich
Rotkehlchen	S	R	Talhecke bei Wochenendhaus
Schlagschwirl	S	E	Einzelhecke
Feldschwirl	S	R	Feldhecke, Randhecken, Straßenhecken
Schilfrohrsänger	S	Z	Feldhecke
Sumpfrohrsänger	W,S	R	Brombeer-Brennesseln-Bestand(SH)
Dorngrasmücke	S,W	H	Feldhecken, Ödland
Mönchsgrasmücke	W,S	H	Feldhecke, Randhecke, Waldrand, zu Erlendickung
Gartengrasmücke	S,W	H	Randbereich zu Erlendickung
Zaungrasmücke	S,W	H	Feldhecke, Randhecke, Ödlandgebüsch
Weidenlaubsänger	S,W	R	Talhecke, Erlendickung, randlich, Obstgarten
Fitislaubsänger	S	R	Talhecke, Erlendickung, Waldrand, Obstgarten
Heckenbraunelle	S,W	H	Feldhecke, Straßenhecke
Baumpieper	S	H	Feldbirnbaum, Feldhecke, Obstgarten
Raubwürger	F	Z	Einzelbüsche, groß, Ödland
Neuntöter	S,W	R–	Oberste Randhecke, Ödland
Star	F	H	Mähwiese, Obstgarten, Feldhecke
Stieglitz	F,W	H	Ödlandbereich, offen, Feldhecke
Bluthänfling	F,W,S	H	Ödlandbereich, randlich, Feldhecken
Grünling	S,W	H	Talhecke, Straßenhecke, Althecke
Girlitz	S	R	Althecke, Obsthecke
Gimpel	F	R	Talhecke, Fichtenforst, randlich
Erlenzeisig	F	R	Randbereiche
Buchfink	(S)	R	Obstgarten, Althecken
Birkenzeisig	F	Z	Randbereich, Althecken
Goldammer	N,W,S	H	Feldhecke, Randhecke, Einzelbüsche
Kirschkernbeißer	F	Z	Randbereiche
Hausrotschwanz	S,F	R	Althecken
Gartenrotschwanz	S,F	Z	Obstgarten, Althecke

Zeichenerklärung:
F: Nur bei Futtersuche bzw. Jagd beobachtet
S: Singendes ♂, Beobachtung an verschiedenen Tagen
N: Nestfund (Sommer)
W: Nestnachweis (Winter)

E: Einzelbeobachtung
Z: unter 10 Beobachtungen
R: regelmäßige Beobachtungen (in mehreren Arealen mindestens einmal)
H: häufige Beobachtungen (in über 50 % der Protokolle enthalten)

Untersuchungszeitraum: Sommer 1977 – Sommer 1981

Die Informationen aus den Spalten Aktivität, Häufigkeit und Beobachtungsort der Tabelle 37 erlauben in den meisten Fällen Rückschlüsse auf die eigentlichen Heimatbiotope der Nichtheckenbrüter, auf die Bedeutung von Heckengebieten als reine Nahrungsreviere und auf die Vogelfaunenänderung bei Überalterung einer Hecke. Für eine genaue Analyse all dieser Zusammenhänge wären aber vor allem gezielte Detailuntersuchungen über Nahrungsspektren, Beuteerwerb (z. B. Nahrungsrevier) und Reaktion einzelner Vogelarten auf Über- und Unterbesetzung ihrer Biotope notwendig.

6 Einfluß vom Umland und Heckennutzung

6.1 Die Rolle des Umlands

Da, wie in Teil 2.1 ausgeführt wurde, das Relief und die Nutzung des Umlands einen entscheidenden Einfluß auf die Erhaltung von Hecken in unserem Beobachtungsgebiet hat, spielen diese Faktoren auch für die Vogelwelt der Hecken eine Rolle. Dort, wo in den letzten Jahrzehnten wegen zu starker Hangneigung eine landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben bzw. auf extensiven Weidebereich umgestellt wurde, blieben umfangreichere Heckenriegel und damit der Lebensraum für die Brutvögel der Hecke weitgehend erhalten. Dies trifft für Teile unserer Beobachtungsareale 2, 3, 4, 5 und 8 zu. Vielfach werden solche Brachflächen aber mit Fichten aufgeforstet, die als junge Schonungen sogar eine kurzfristige Steigerung der jeweiligen Vogelartenzahl und Dichtewerte bedingen können. Die natürliche Sukzession auf den genannten Ödländern würde vermutlich zu wärmeliebenderen Buchenwaldgesellschaften mit Übergängen zu Eichen-Hainbuchenwäldern führen, die auf jeden Fall eine artenreiche Vogelfauna beheimaten würden.

In Abb. 59 ist für Areal 2, 3, 4 und 6 angegeben, wie sich das Umland auf das Brutverhalten von 7 Heckenvogelarten auswirkt. Dabei wird dargestellt, wieviel Prozent der pro Vogelart festgestellten Nester sich an Grünland bzw. an Ackerland angrenzende Hecken fanden. Dabei muß allerdings betont werden, daß das unterschiedliche Ausmaß von Wiesen- und Ackeranteilen im Umland der einzelnen Hecken im Diagramm nicht berücksichtigt wurde.

Abb. 59 zeigt, daß der Sumpfrohrsänger in seiner Nistplatzwahl eine ausgesprochene Präferenz für an Äcker (insbesondere Getreidefelder) grenzende Hecken hat. Bei der Goldammer könnte eine leichtere Präferenz für solche Hecken bestehen. Alle anderen Arten nisteten häufiger in Grünlandhecken. Besonders ausgeprägt ist dies beim Neuntöter, dessen Nester sich allerdings zumeist in locker bebuschten, extensiv genutzten Grasländern fanden. (Das einzige beobachtete Brutnest des Raubwürgers lag am Rande einer solchen Fläche).

Für die Grasmücken und die Amsel dürfte die Heckenstruktur, d. h., die Ausbildung einer Randschleppe und der Bodenschluß der Hecke allerdings noch wichtiger als die angrenzenden Feldkulturen sein, da sie die Hecken als Nestplatz und als Nahrungsrevier nutzen. Bei Mähwiesen ist der Randkontakt und die Übergänge von Umland zur Hecke meist fließend. Durch randliche Häufung von Umbelliferen entsteht auf solchen Wiesen im Sommer eine »Randschleppe auf Zeit«.

Landwirtschaftliche Intensiv-Kulturen liefern allerdings oft auch Beispiele für verhängnisvolle Wechsel-

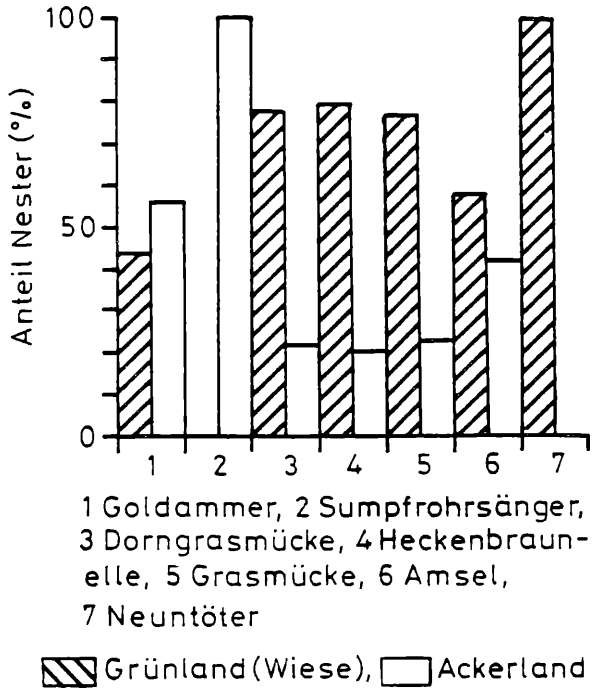


Abbildung 59:

Häufigkeitsverteilung der Nester von 7 Buschbrüterarten bei an Grünland bzw. Ackerland angrenzenden Hecken

Figure 59

Frequency distribution of nests of bird species (1 = Yellowhammer, 2 = Marsh Warbler, 3 = Whitethroat, 4 = Dunnock, 5 = Blackcap, Garden Warbler, 6 = Blackbird, 7 = Red-backed Shrike) in hedgerows in grassland (hatched columns) and adjacent to cultivated fields (white columns)

beziehungen mit Kontaktkulturen: aus Nistkästen im Kontaktbereich einer Waldrandhecke zu einer Rapsanbaufläche starben sämtliche Nestlinge in 5 besetzten Nistkästen (Kohl- und Blaumeise), nachdem gegen Rapsschädlinge gespritzt wurde. Der gleiche Fall wiederholte sich 3 Jahre später an gleicher Stelle. Bruten in Nachbargebieten flogen jeweils zu fast 100 % aus. Neben Raps ist auch Mais ein Beispiel für eine sehr spritzintensive Kultur, wobei hier allerdings die Herbizide überwiegen. Verstärkter Herbizid- und Düngereinsatz bei den Spezialkulturen führen auf die Dauer deutlich zur Verarmung der Heckensaumflora und schmälern damit die Nahrungsbasis vieler Heckenvogelarten. Bei Anbau von Mais in Kontakt zu Hecken fiel auf, daß, wenn dieselbe Heckenflanke noch mit anderen Kulturen Kontakt hatte, diese deutlich höhere Nesterdichten aufweisen: von 7 Nestern einer 250 m langen Heckenflanke in Areal 8 lag nur eines im 130 m langen Kontaktbereich zu einem Maisfeld und die restlichen in Kontakt zu einer Grünfläche. In Areal 7 lagen die 4 Nester einer 150 m langen Hecke nicht auf der günstigeren Südseite im Kontaktbereich zu einer Maiskultur, sondern in der Nordflanke. Bei diesen Beispielen ist bemerkenswert, daß die meisten dieser Nester gebaut wurden, als der Mais noch sehr klein war und entsprechend intensiv betreut werden mußte.

6.2 Heckennutzung und Brutvogelbestand

Da in den angeführten Arealen mit einer Gesamthekkenlänge von über 16740 m während der Kontrollzeit nur ein einziger Fall eines Heckenschnitts beobachtet werden konnte, muß hier auf mehr zufällige Einzelbeobachtungen aus anderen Gebieten bzw. auf die

Hinweise, die sich auch der Alterklassenbetrachtung ergeben, zurückgegriffen werden (im Vergleich zu den wenigen Beispielen herkömmlicher Heckennutzung zur Brennholzgewinnung traten im gleichen Zeitraum mehrere Fälle der Beseitigung von Hecken im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren auf).

Zwar stellt das Zurückschneiden einer Hecke zunächst eine tiefgreifende Änderung des ökologischen Systems dar, jedoch konnten wir bereits im Folgejahr eine Wiederbesiedlung durch Heckenvögel beobachten: In Areal 3 fand sich im Neuaufwuchs einer auf Stock gesetzten Hecke ein Dorngrasmückennest.

Abb. 46 zeigt, daß Hecken der Alterklasse I die höchste Vogelnestdicht aufweisen. Damit führt eine Nutzung der Hecke zur Erhöhung der Nestdichte, allerdings auch zu einer vorübergehenden Senkung der Artenzahl. Mit zunehmendem Alter der Hecke geht die Nestdichte zurück (was vor allem durch ein Abnehmung der Goldammernester bewirkt wird) und die Artenzahl brütender Heckenvögel steigt. Der günstigste Zustand hinsichtlich Nestdichte und Artenzahl liegt bei einem Heckenalter von 10–20 Jahren (Altersklasse III).

Die danach hinzukommenden Vogelarten haben ohnehin meist ihre Verbreitungsschwerpunkte im Waldbereich, vielleicht mit Ausnahme der Turteltaube. Die Diversitäts- und Evennessbetrachtung für die einzelnen Altersklassen bestätigt diese Anschauung deutlicht; die Diversitätsmittelwerte sind untereinander signifikant verschieden (Abb. 53).

Als verschiedene Nutzungsformen findet man in unserem Gebiet den totalen Einschlag und alle möglichen Formen der Teilnutzung. Als Folge unterschiedlicher Besitzverhältnisse kann, wenn die Hecke auf einer Grenze steht, die Nutzungsgrenze quer oder auch längs durch eine Hecke gehen. In solchen Fällen entstehen oft besonders günstige Kombinationen von Strukturelementen, wie im Zusammenhang mit Randschleppenbildung usw. aufgezeigt wurde. Ebenfalls erwähnt wurden bereits Methoden wie das Herausschlagen oder Überstehenlassen von Bäumen. Beide Formen führen zu Strukturbereicherungen mit ihrem meist positiven Einfluß auf die Vogelfauna. Die Bäume in Hecken werden gelegentlich auch als Kopfbäume gepflegt, an denen man z. B. häufig Zäune und Gatter befestigt und die für einige seltene Vogelarten, wie Steinkauz, die wichtigsten Nistplätze sind.

Einige Hecken in den Untersuchungsarealen entstanden aus Obstbaureihen in der Feldflur, die in den meisten Fällen nicht mehr gepflegt und genutzt werden. Wenn unter solche Obstbaumreihen noch Beerensträucher gepflanzt waren, dann lag von Anfang an eine gute Ausgangsposition für die Vogelwelt vor. Besondere Bedeutung haben dabei die Stachelbeersträucher, wie sich an den Wildsträuchern in den Feldhecken und an Stachelbeerpflanzungen in Gärten deutlich machen läßt.

Neben der direkten Nutzung der Hecken als Holzlieferant seien noch die Nutzung als Grenzbepflanzungen sowie als Wind- und Sichtschutz genannt, die besonders in Siedlungen zur Strukturbereicherung und damit zur deutlichen Steigerung der Diversität und Dichte der Vogelbestände führt. In letzter Zeit wurden Versuche unternommen, bei denen bestehende Hecken zumindest teilweise versetzt wurden. Leider konnte im Rahmen dieser Erhebung kein Beispiel für eine solche Aktion untersucht werden.

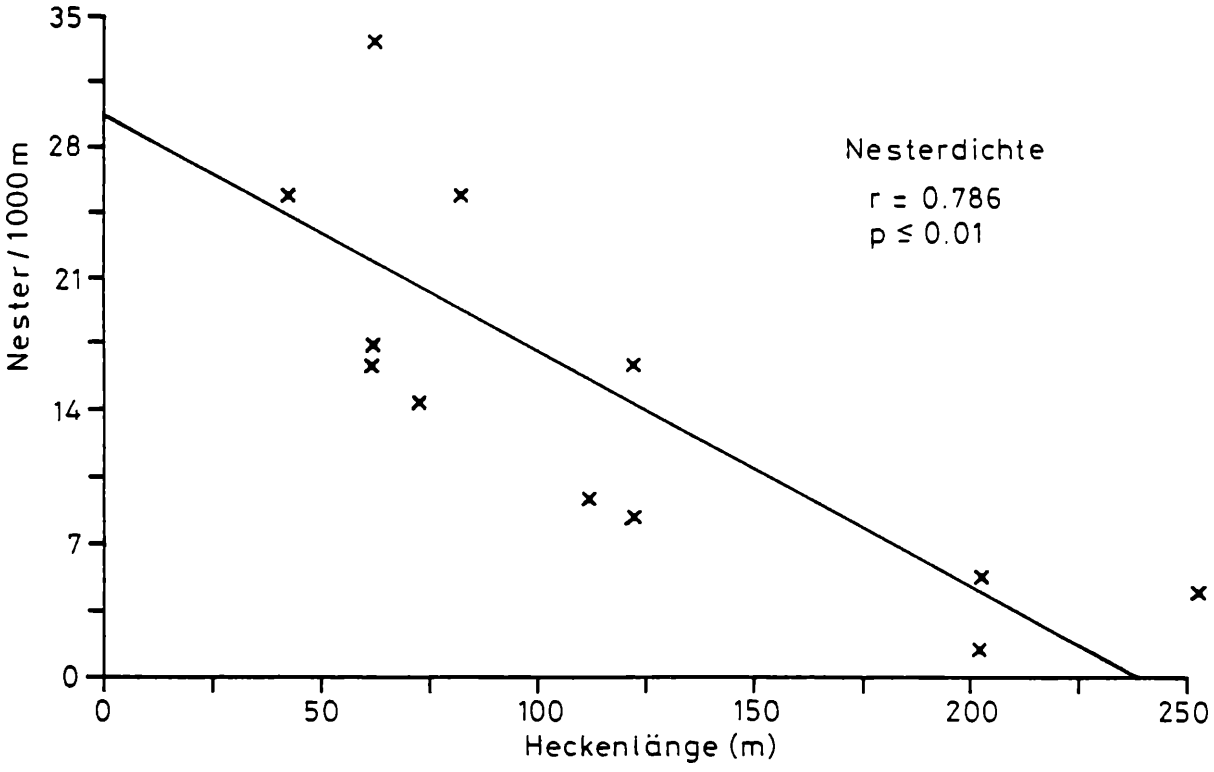


Abbildung 60:

Abhängigkeit der Vogelnestdichte (Anzahl Nester/1000 m Heckenlänge) von der Länge der untersuchten Hecken

Figure 60

The density of bird nests in hedgerows (nest/1000 m hedgerow) as a function of the length of the controlled hedgerows

7 Diskussion

7.1 Vergleich der Ergebnisse mit Literaturdaten

Vor den Arbeiten von BLANA (1978) und ERDELEN (1978) haben sich bereits PEITZMEIER (1950) und DIERSCHKE (1955) mit den Zusammenhängen von Biotopeigenschaften und Siedlungsdichte oder Artendichte des jeweiligen Vogelbestandes beschäftigt. Wie bei den erstgenannten Autoren wurden zwar die jeweiligen Bestandserhebungen nicht in ausgesprochenen Heckengebieten, aber doch in mehr oder weniger ähnlichen Biotoptypen durchgeführt. Erst RIESS (1973) hat Untersuchungen an Vogelpopulationen echter Heckengebiete im Naturpark »Hoher Vogelsberg« vorgenommen, seine Ergebnisse aber nur andeutungsweise auf Zusammenhänge mit Biotopstrukturen überprüft. In ihrer zusammenfassenden Arbeit kommen ROTTER & KNEITZ (1977) mit Hinweis auf DIERSCHKE (1955) und RIESS (1973) zu dem Schluß, daß auch für Hecken die von PEITZMEIER (1950) erarbeiteten Regeln gelten. Diese Regeln besagen, daß, je kleiner und je lichter ein Wald, desto höher die Siedlungsdichte der Vögel ist und daß die Artenzahl zwar mit wachsender Fläche zu-, die Artendichte aber abnimmt.

Auf Hecken bezogen ist bei allgemein geringeren Breiteunterschieden nur ein Bezug zwischen Heckenlänge und den jeweils beobachteten Bestandskenngrößen möglich. Eine Korrelation von Heckenlänge und Nestdichte für Hecken der Altersklasse III aus unseren Erhebungen erbrachte auch für Hecken eine sehr deutlich gegenläufige Verknüpfung der beiden Größen (Abb. 60).

Die unterschiedliche Dichte von Hecken geht über die Zusammensetzung und die Strukturunterschiede von verschiedenen alten Hecken bereits in die Altersklasseneinteilung mit ein. Entsprechend ist die unterschiedliche Nesterdichte der Altersklassentypen (Tabelle 36 und Abb. 46) und die hochsignifikante, positive Korrelation der Anteile der jungen Hecken (Akl. I–III) mit den Arealnesterdichtewerten (Abb. 55) eine Bestätigung für diesen Zusammenhang.

Aussagen über die Rolle des Isolationsgrades von Büschen ermöglichen die Ödländer bzw. Einzelbuschgebiete, denn den Grenzbereich der Bestandsdichte stellen schließlich Wiesen mit Einzelbäumen dar (DIERSCHKE, 1955). Solche Biotope beherbergen nur wenige Heckenvögel, dafür aber eine wachsende Zahl von Feldbrütern. In Abb. 56 ist dieser Zusammenhang verdeutlicht. Für die Ödlandbereiche und -hecken liegt der Optimumbereich für die Nesterdichte also bei Junghecken bzw. engbewachsenen Ödländern. Bei gleicher Dichte kann auch noch die Strauchhöhe eine wichtige Rolle spielen, wie Abb. 52 verdeutlicht.

PEITZMEIER (1950) sieht als bestimmende Faktoren für diese Zusammenhänge die Bodenbeschaffenheit, die Vegetation und die Durchwärmung der betreffenden Biotopformen an. Er nimmt an, daß diese Faktoren z. B. über ihre Auswirkung auf das Futterangebot wirksam werden können. Da unsere Ergebnisse aus den Einzelbuschgebieten jenseits des Optimumbereichs liegen (Abb. 52) scheint es, daß von einem gewissen Abstand ab die Schutzwirkung der Vegetation stark nachläßt und eine bessere Durchwärmung des Biotops auf diese Art nicht mehr erreicht werden kann. Bezeichnenderweise liegen auch ein Großteil der Nestfunde der Hecken der Altersklasse IV in der eigentlich jüngeren Randschleppe, wo Schutz- und Durchwärmungswirkung am günstigsten

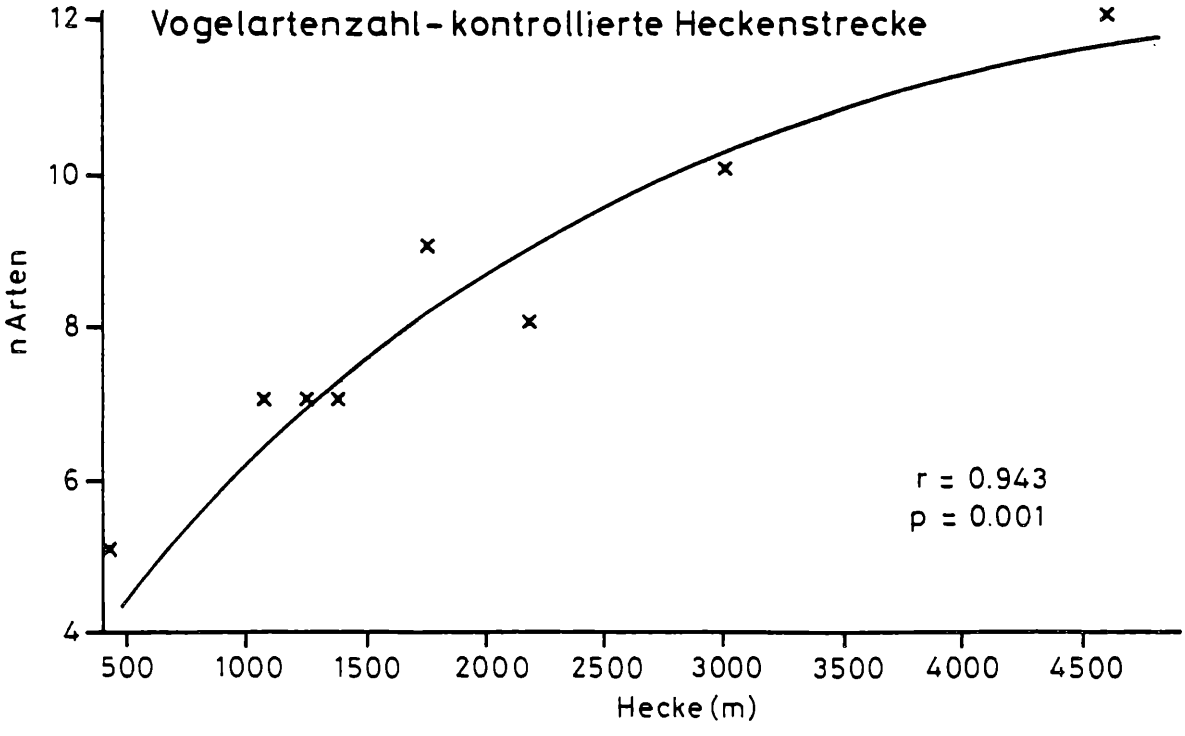


Abbildung 61

Die erfaßte Artenzahl an Buschbrütern in Abhängigkeit von der kontrollierten Gesamtheckenlänge eines Beobachtungsgebiets

Figure 61

Numbers of bird species breeding in bushes as a function of the length of hedgerows controlled in an observation area

verknüpft sind. Neben der Wirkung über das Nahrungsangebot kann aber eine bessere Durchwärmung des Brutreviers auch eine direkte Förderung der Brut bewirken.

BAIRLEIN et al. (1980) konnte eine deutliche Verzögerung des Brutbeginns bei Grasmückenarten bei Zunahme der geografischen Breite und der Höhe über NN nachweisen.

Zur Prüfung der Beziehungen zwischen Artenbestand und Arealgröße wurde die jeweilige Gesamtheckenstrecke der Areale 1–7 gegen die jeweils festgestellte Artenzahl aufgetragen (Abb. 61). Die Korrelation ist hochsignifikant. Eine Kurvenangleichung erbringt den Hinweis, daß die Kurve von 4000 m ab mit 12 Arten in einen Sättigungsbereich übergeht.

Auch die Verknüpfung von Artendichte (Anzahl Arten/ha) mit der jeweiligen Fläche der Areale (Abb. 62) ist für unsere Gebiete signifikant. Die in Abb. 61 und 62 dargestellten Zusammenhänge geben Hinweise auf Mindestarealgrößen von Schutzgebieten.

Eine Verknüpfung von Artenzahl und Siedlungsdichte stellt die Diversität des betreffenden Vogelbestandes dar. Ein Vergleich der Werte aus entsprechenden Biotopen sollte bei Einbeziehung der entsprechenden Evennesswerte eine schnelle Klassifizierung ermöglichen. Zum Vergleich mit unseren Daten können die Arbeiten von BLANA (1978) und ERDELEN (1978) herangezogen werden. BLANA (1978) findet für wesentlich großflächige Untersuchungsgebiete mit Waldanteilen und Siedlungen deutlich höhere Diversitätswerte, wobei allerdings alle Vogelarten einbezogen sind. Dagegen liegen die Diversitätswerte, die ERDELEN (1978) für Wald-, Schonungs- und verbuschte Flächen ermittelte, im Bereich der höchsten hier gefundenen Werte. Bei seinen Untersuchungen waren die Flächen deutlich kleiner. Die Unterschiede zu den beiden genannten Arbeiten dürften von den jeweils mehr als doppelt so hohen Artenzahlen herrühren, die besonders auf die Einbeziehung von Wald und Siedlungsbereichen zurückzuführen sind.

Abb. 63 zeigt, daß Artenzahl und Diversität deutlich korreliert sind. Wie bereits erwähnt, konnten aus unseren Sommerbeobachtungen für ein Areal (Tabelle 33) entsprechend höhere Werte ermittelt werden. Die Evennesswerte der Tabelle 35 für Hecken und Heckengebiete zeigen ein allgemeines hohes Niveau. Damit besteht bezüglich des Vogelbestandes eine gewisse Berechtigung, diese Strukturen als eigenständige Biotoptypen und nicht nur als eine Überschneidung von Wiesen- und Waldbiotoptypen anzusehen.

In den Arbeiten von PEITZMEIER (1950); DIRCKSEN & HÖNER (1963) und RIESS (1974) wird jeweils versucht, die Beziehungen zwischen Vogelbestand und Vegetation aufzuzeigen. ERDELEN (1978) und BLANA (1978) haben die mehr beschreibenden Aussagen der älteren Literatur konsequent für ihre Bereiche quantifiziert und Korrelationsanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse von ERDELEN (1978), der für seine Betrachtungen die Vegetation in Schichten einteilte, zeigen, daß der Vogelbestand weit mehr von unterschiedlichen Strukturmerkmalen als von der Artenvielfalt der Vegetation beeinflußt wird. Korrelationen von Vogel- und Pflanzenartendiversitätswerten sind bei ERDELEN (1978) und auch bei den vorliegenden Daten nicht signifikant. Nach unseren Daten nimmt mit wachsender Strauchartendiversität einer Hecke die Vogeldiversität sogar leicht ab. Auch auf dem Einzelartenniveau gilt, wie gezeigt wurde, das ver-

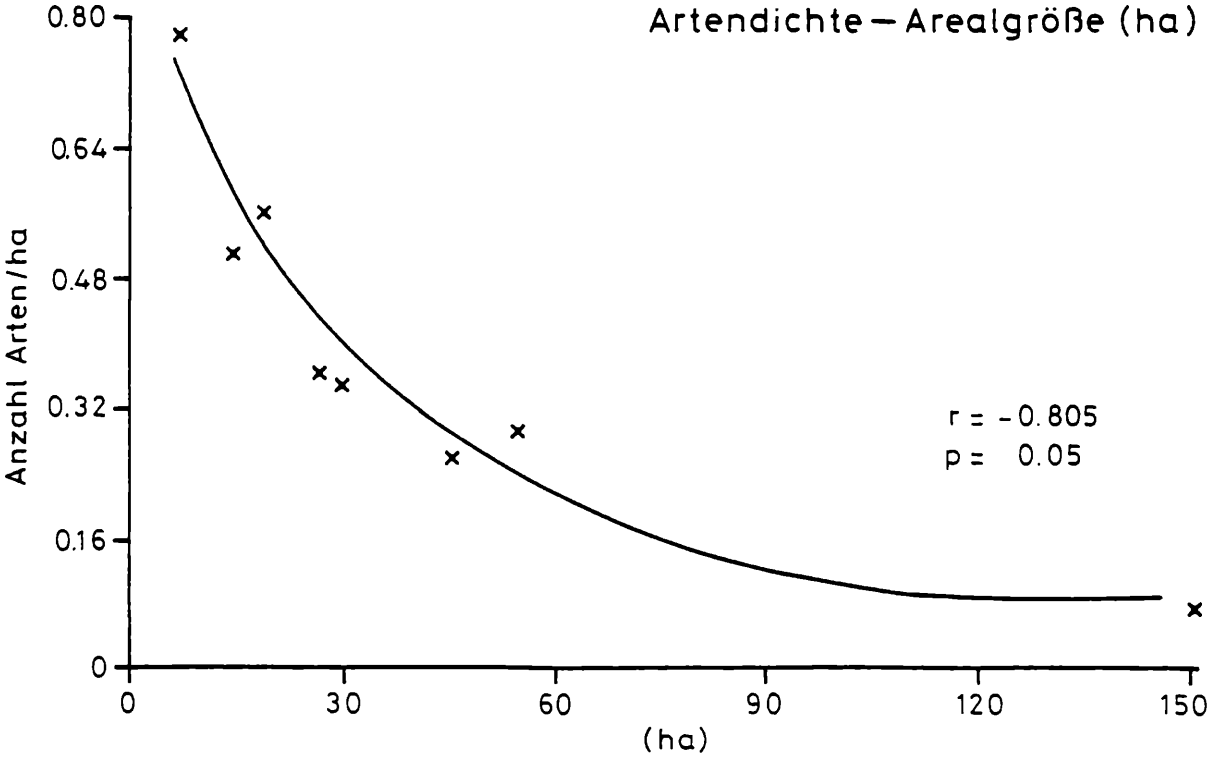


Abbildung 62:

Die Vogelartendichte (Buschbrüterarten/ha) in Abhängigkeit von der Größe des Beobachtungsareals

Figure 62

The density of bird species breeding on bushes (species/ha) as a function of the size of the observation area

schiedene Vogelarten weit mehr an Strukturen als an Pflanzenarten gebunden sind. In artenarmen Biotopen decken sich diese beiden Größen allerdings meist. Die Unterschiede, zu denen ERDELEN (1978) bei seiner Auflösung des Vegetationsbestandes in Schichten kommt, finden sich in der hier vorgeschlagenen Altersklasseneinteilung der Hecken wieder. So stellt ERDELEN eine hochsignifikante Koppelung von Struktur- und Vogelartendiversität fest, die bei den vorliegenden Daten durch die relativ höchsten Einzeldiversitätswerte von Altersklasse III zum Ausdruck kommt. Denn diese Altersklasse weist die höchste Strukturvielfalt der reinen Hecken auf. Die alten Hekken mit Baumanteilen können zwar durch Zugewinn an Strukturen in weiteren Höhenschichten den inneren Strukturverlust ausgleichen, bringen aber bei den Feldhecken, im Gegensatz zu den flächendeckenden Busch-Baumkombinationen bei ERDELEN nicht unbedingt den zu erwartenden Anstieg der Vogelartendiversität. Die Gegenläufigkeit von Artendiversität und Nestdichte bezüglich der Altersklassen, wie sie am Vergleich der Abb. 53 und Abb. 46 sichtbar wird, bestätigt diesen Zusammenhang und unterstreicht die Wirksamkeit von weiteren Faktoren. Hier werden aber auch die Anwendungsgrenzen der rechnerischen Aufbereitung deutlich. Das Präferenzverhalten einer Art (Goldammer) oder die Gewohnheit des Blütenhänflings, gelegentlich in regelrechten Kolonien zu brüten, kann zu starken Unterschieden führen. TISCHLER (1980) erklärt die Gegenläufigkeit damit, daß eine Zunahme des Waldcharakters eine Zunahme an Waldvogelarten bedingt, die diese Strukturen aber auch als Nahrungsraum nutzen müssen, während sich die echten Heckenvögel zum Teil aus dem angrenzenden offenen Gelände ernähren und damit nicht durch das Nahrungsangebot beschränkt sind. Versuche von RIESS (1974) zeigen, daß bei einer künstlichen Erhöhung der Höhlenbrüterdichte die Gelegegröße der Freibrüter abnimmt. Er sieht den kausalen Zusammenhang hierfür durch die Nahrungskonkurrenz gegeben. Erstaunlich bleibt dabei aber trotzdem, daß die Freibrüterdichte in unseren Hecken ohne Höhlenbrüterbesatz nicht höhere Werte erreicht bzw. Nistkästen in Feldhecken bereits im ersten Jahr 100 % bezogen wurden. Ein Rückgang der Nesterdichte der Freibrüter bei Nahrungskonkurrenz durch Höhlenbrüter ist auch den Angaben von RIESS (1974) nicht zu entnehmen. Zumindest eine stärkere Nutzung von höhlenbrüterfreien Bereichen wäre aber zu erwarten.

7.2 Heckenmanagement und Vogelschutz

Während der Gedanke des Vogelschutzes noch vor wenigen Jahrzehnten vor allem unter dem Gesichtspunkt der Nützlichkeit bzw. Schädlichkeit der einzelnen Vogelarten stand, hat dieser Begriff inzwischen eine Wandlung durchgemacht. Im Vordergrund steht nicht mehr ein reiner Artenschutz, der teilweise auch die Bekämpfung »schädlicher« Vogelarten mit einschloß, sondern der Schutz von Biotopen und ihren Vogelgesellschaften. Grundsätzlich wird die Erhaltung einer artenreichen und ausgeglichenen Vogelfauna vom Vogelschutz angestrebt. Die Bedeutung der Hecken wird in diesem Zusammenhang von ROTTER & KNEITZ (1977) erörtert. Diese Autoren weisen auf die ökologische Bedeutung des »edge effect« hin und zeigen, daß eine Erhöhung der Grenzliniendichte in der Agrarlandshaft zur Steigerung der Diversität- und

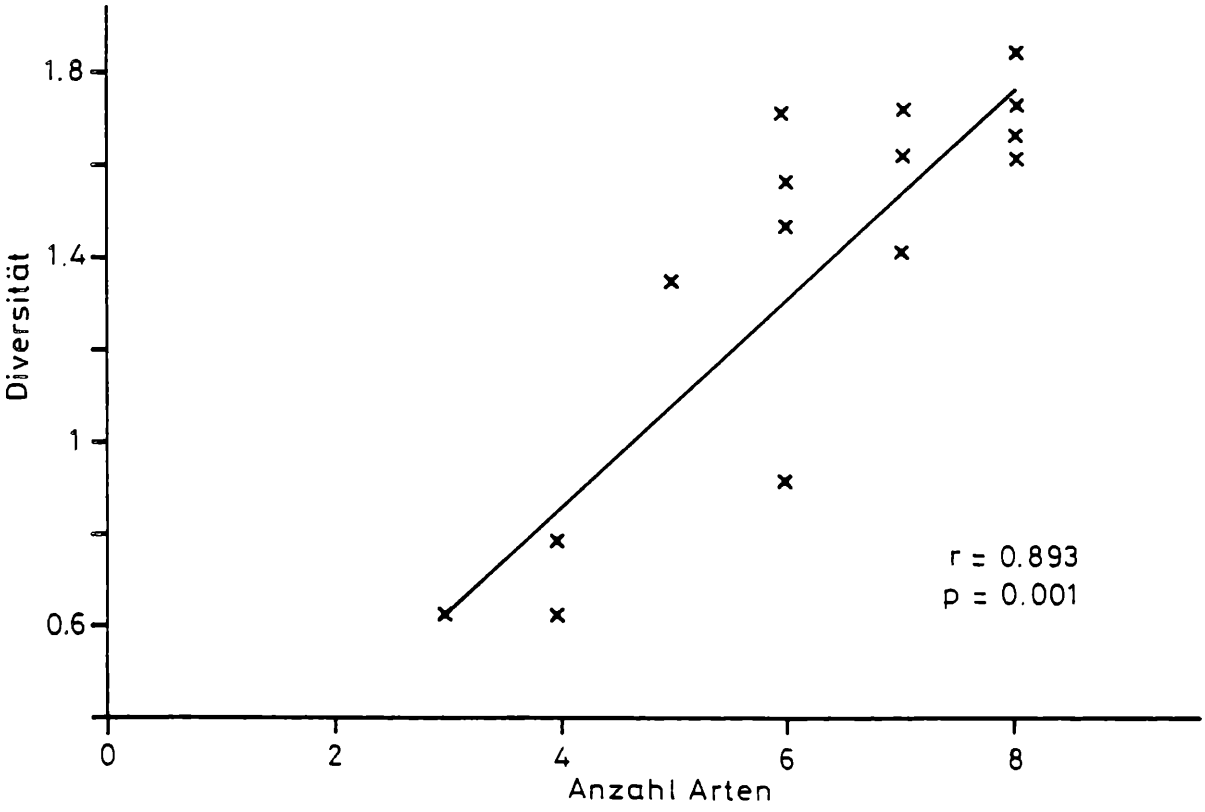


Abbildung 63:

Beziehung zwischen Diversität (H_S) und Artenzahl in den einzelnen Beobachtungsgebieten

Figure 63

Regression of the species diversity on species numbers in the observation areas

Evennesswerte führt. In den vorliegenden Untersuchungen wurde die Erhöhung der Diversität der Buschbrüterfauna bei Steigerung der Heckendichte aufgezeigt (Abb. 58) und eine obere Grenze dieser Diversitätssteigerung u.a. im Zusammenhang mit den Ödländern diskutiert.

Nach BEZZEL (1980) ist die Gruppe der Baum- und Gebüschbrüter weniger gefährdet als andere Gruppierungen. Immerhin sind aber die zwei nachgewiesenen Würgerarten der Gefährdungsstufe 2 a, Dorngrasmücke und Turteltaube der Stufe 2 b der »Roten Liste« zugeordnet. Darüber hinaus wurden einige weitere Arten der Liste wie Wachtel, Baumfalke, Pirol, Wendehals, Habicht, Sperber und Wespenbussard auf den Untersuchungsarealen beobachtet und zeigen damit gewisse Beziehungen zu Gebüschformationen in der Kulturlandschaft an. Arten der Gefährdungsstufe 1 wie der Rotkopfwürger und der Steinkauz wurden zwar im Rahmen der Untersuchung für unsere Areale nicht nachgewiesen, zeigen in ihren Verbreitungsgebieten aber eine enge Bindung an offenes Gelände mit Bäumen und Büschen.

Eine Abnahme dieser Landschaftsbestandteile würde besonders für die hier brütenden Vogelarten eine Beeinträchtigung bedeuten. Es erscheint zwar trivial, muß aber trotzdem betont werden, daß, auch wenn z.B. die Hauptursachen für den Rückgang der Dorngrasmücke und des Neuntöters wahrscheinlich außerhalb des Brutgebietes zu suchen sind (POLTZ, 1975; BERTHOLD, 1974), Hecken für die Bestandserhaltung eine Schlüsselfunktion zukommt. Gerade in den Fällen, wo eine Einflußnahme auf die Hauptursachen der Gefährdung nicht möglich ist, müssen durch Verbesserung aller anderen Bedingungen die Voraussetzungen für eine Bestandsverbesserung geschaffen werden. Auf die Heckengebiete bezogen bedeutet das, daß, auch wenn nicht alle Dorngrasmücken und Neuntöterreviere besetzt sind, die Brut- und Ernährungsbedingungen trotzdem noch optimiert werden sollten, um möglichst alle Ausfälle zu verhindern.

Ein Ansatzpunkt für die Verbesserung der Situation der Heckenvogelfauna liegt bei der Heckenpflege, d.h. der Weiterführung der Heckennutzung mit dem Ziel einer augewogenen Alters- und Formenzusammensetzung. Das einfache Unterschutzstellen hat für Hecken, wie gezeigt wurde, zwangsläufig die Überalterung und damit den Rückgang des Nutzeffektes für die Heckenvogelfauna zur Folge. Für den Vogelschutz auf Ödländern wäre vermutlich die Wiederaufnahme der früher häufig betriebenen Niederwaldnutzung nach Erreichen des Jungwaldstadiums anzustreben, vor allem sollte aber eine übereilte Aufforstung vermieden werden. Alle Erkenntnisse der Untersuchung sprechen gegen eine Ausdünnung der Heckengebiete oder die Beseitigung großer Teile dieser Landschaftsbestandteile. Landschaftsplaner und Naturschutzorganisationen streiten sich bei solchen Anlässen häufig über Mindestgrößen von Arealen für Arten oder Biozönosen.

Als Annäherung für die Ermittlung einer solchen Größe wird dann häufig die Fläche benutzt, bei der die Artenarealkurve (Abb. 61) in eine Asymptote an die theoretisch mögliche Artenzahl für den Biotoptyp übergeht. Die Folgerung, daraus aber bereits eine Mindestarealgröße für den Biotoptyp »Heckengebiet« ableiten zu können, ist abzulehnen, da diese dann nur von der Artenzahl abhängig wäre. BLANA (1978) konnte aus seinem Datenmaterial auch für die Diversitätswerte eine Sättigungskurve erstellen, wenn er sie gegen die Bezugsflächengröße auftrug. Er macht aber deutlich, daß diese Zusammenhänge von der Strukturhomogenität und der Artenzahl des Biotoptyps abhängt – je homogener und artenärmer ein Biotoptyp, desto eher erreichte die Sättigungskurve ihre asymptotische Phase (Fichtenforste erreichten sie weit schneller als Laub- oder Mischwälder). Auch die Anwendung des Diversitätswertes als Kriterium wird zweifelhaft, wenn man sich die starke Abhängigkeit unserer Werte von der Dichte der Goldammer vor Augen hält. Bei alledem wird außer acht gelassen, daß die wichtigste Größe für die Erhaltung einer Art oder einer Artengruppe zunächst die Population der Art im betreffenden Gebiet ist. Bislang ist für keine der Heckenvogelarten festgestellt worden, ob es Mindestpopulationsgrößen gibt und inwieweit zwischen Teilpopulationen Austauschprozesse stattfinden. Die Beobachtung von Unausgeglichenheit des Geschlechterverhältnisses (Dorngrasmückenbestand mit z.B. 80 % Männchen; BERTHOLD, 1974) und das nur mehr punktuelle Vorkommen einiger bedrohter Arten erfordern aber dringend solche Untersuchungen.

Zusammenfassung

a) Beobachtungsumfang

Während der Jahre 1977–1981 wurden in 8 Beobachtungsarealen in der Umgebung Bayreuths Bestandsaufnahmen von singenden Vogelmännchen und Vogelnestern in Hecken und Einzelbüschen durchgeführt. Dabei wurden Feldhecken von einer Gesamtlänge von 16 740 m bearbeitet. Der Untersuchungsschwerpunkt lag bei den in Hecken bzw. Sträuchern brütenden Arten. Von dieser Gruppe wurden je Gebiet zwischen 5 und 13 Arten (Mittelwert = 9 Arten) festgestellt. Insgesamt wurden 68 Vogelarten im Bereich der Hecken unseres Beobachtungsgebietes nachgewiesen. Die Nestdichte (ohne Bodenbrüter) lag 1980 zwischen 0,8 und 2,4 pro 100 m Hecke (Mittelwert = 1,35). Bei Einbeziehung der im Heckenbereich auf dem Boden brütenden Arten dürfte sich dieser Wert um 20–30 % erhöhen.

b) Arten-Areal-Beziehungen

1) Zwischen der Heckengesamtlänge eines Areals und den als Heckenbrüter nachweisbaren Vogelarten besteht ein eindeutiger Zusammenhang. Bei Kontrolle einer Heckenstrecke von 4000 m dürfte mit 12 Buschbrüter-Arten der Hauptteil des in unserer Region möglichen Artenspektrums erfaßt sein.

2) Im Gegensatz zur absoluten Artenzahl an Heckenbrütern ist die »Artendichte« (= Anzahl von Heckenbrüter-Arten pro ha) negativ mit der Ausdehnung des Hecken- bzw. Einzelbuschareals korreliert. Kleinflächige Areale (10–15 ha) zeigten Werte von 0,5 bis 0,8 Heckenbrüter-Arten pro ha, während in ausgedehnteren Arealen diese Werte immer stärker absinken (in einem 150 ha großen Heckenareal wurde nur noch eine Artendichte von 0,08 Heckenbrüter pro ha gefunden).

3) Bei 10–20jährigen Hecken besteht eine signifikante negative Beziehung zwischen der Nestdichte (nur Buschbrüter, ohne Bodenbrüter) und der Länge der jeweiligen Einzelhecken. Bei einer Heckenlänge von 10–15 m konnte ein Nestdichte-Index (= Nestzahl pro 100 m Hecke) zwischen 1,4 und 3,5 nachgewiesen werden; steigt die Länge der Einzelhecken auf 100 bis 150 m, so fällt dieser Index auf 0,8 bis 1,5 und bei Heckenlängen von mehr als 200 m liegt er unter 0,7.

4) Bei Einzelbüschen im Grasland wird die Nestdichte wesentlich beeinflußt durch die Dichte des Buschbestandes. Die Vogelnestdichte sinkt hier deutlich, wenn der Abstand zum Nachbarbusch mehr als 10 m beträgt. Isolierte Einzelbüsche (Abstand zum Nachbarbusch über 40 m) ergeben eine 20fache geringere Nestdichte als Verbände nah benachbarter Einzelbüsche (Abstände 5 m und weniger).

5) Im Vergleich zu Einzelbüschen sind kleine, 5–15 m lange Hecken mit jungen Sträuchern für die Heckenbrüter (z.B. Dorngrasmücke und Bluthänfling), aber auch für Rebhühner attraktiver, wobei vermutlich die gegenüber isolierten Einzelbüschen höhere Schutzwirkung ausschlaggebend ist.

c) Präferenzen für unterschiedliche Altersstrukturen der Hecke

1) Bei der Nistplatzwahl zeigen die untersuchten Vogelarten unterschiedliche Präferenzen für Strauchaltersklassen. Goldammer und Dorngrasmücke bevorzugen junge Sträucher; Mönchs-, Garten- und Zaungrasmücke, Neuntöter, Amsel und Bluthänfling nisten sowohl in jüngerem wie auch älterem Strauchwerk; Heckenbraunnelle, Grünling, Turtel- und Türkentaube sowie Elstern bevorzugen eindeutig Strauchaltersklassen über 20 Jahre.

2) Die höchsten Nestdichten (Buschbrüter) wurden in Strauchkomplexen der Altersklasse bis 5 Jahre (3,5 Nester pro 100 m) und der Altersklasse von 5–10 Jahren (3,55 Nester pro 100 m) beobachtet. In der Altersklasse zwischen 10–20 Jahren lag dieser Nestdichte-Index bei 1,66, in der Altersklasse zwischen 20 und 50 Jahren sank er auf 0,6. Dadurch steigt mit dem Anteil jüngerer Heckenteile die Nestdichte signifikant an.

3) Der Index der Artenmannigfaltigkeit (H_s = Diversität) der Heckenbrüterfauna erreicht in der Altersklasse der 10–20jährigen Hecken mit einem Mittelwert von 1,756 sein Maximum.

4) Je vielfältiger in einem Heckenareal die einzelnen Heckenaltersklassen vertreten sind, desto höher liegt der Mannigfaltigkeitsindex der Heckenbrüter. In den 8 Beobachtungsgebieten wurden bei gemeinsamer Berücksichtigung aller vorhandenen Altersklassen Diversitätswerte zwischen 1,7 und 2,15 (Mittel = 1,921) gefunden.

d) Einfluß der Straucharten der Hecke

1) Keine der untersuchten Vogelarten beschränkte sich bei der Nistplatzwahl auf eine einzige Pflanzenart. Bei einigen Heckenbrütern waren deutliche Präferenzen zu beobachten:
Amseln, Neuntöter, Raubwürger und Grünling bevorzugten Weißdornarten; Goldammer, Heckenbraunelle und die vier Grasmückenarten nisteten dagegen am häufigsten auf der Schlehe. Bei Berücksichtigung der Anteile am Gesamtgehölzbestand der Hecken zeigt sich eine gewisse Vorliebe bestimmter Vogelarten für Brombeere und Stachelbeere.

2) Zwischen der Gehölzart, auf der das Nest gebaut wird, und der mittleren Nistplatzhöhe besteht eine lockere Beziehung. Relativ bodennah (unter 1 m Höhe) wurden die Nester von Goldammer, Sumpfrohrsänger, Heckenbraunelle, Dorngrasmücke und Gartengrasmücke gefunden. Etwas höher brüten Mönchsgrasmücke und Amsel. Über 1,5 m liegt die mittlere Nesthöhe von Neuntöter, Zaungrasmücke, Bluthänfling und Grünling. In einer Höhe über 4 m wurden die Nester der Elster festgestellt.

e) Einfluß des Umlands der Hecken

1) Nestdichte und Artenspektrum der Heckenvögel wird von der *Nutzungsform des landwirtschaftlichen Umlands* mitbestimmt. Nester des Sumpfrohrsängers fanden sich meist in Hecken, die an Ackerland grenzten. Bei der Goldammer und Amsel war keine deutliche Präferenz für an Acker- oder an Grünland grenzende Hecken bei der Nistplatzwahl festzustellen. Demgegenüber wurden die Nester der Heckenbraunelle, der Garten-, Mönchs-, Zaun- und Dorngrasmükke bevorzugt in Hecken, die an Grünland angrenzen, angelegt. Neuntöter-Nester wurden ausschließlich in Grünlandhecken beobachtet. Bei an Ackerland grenzenden Hecken lag die Nestdichte dort, wo es sich um Maisfelder handelte, unterdurchschnittlich tief.

2) Mit einem Nistkasten-Experiment konnte gezeigt werden, daß bei den an Ackerland angrenzenden Hekken grundsätzlich die Gefahr besteht, daß Insektizidbehandlungen (etwa auf Rapsanbauflächen) zum vollständigen Absterben der Brut führen.

3) In straßenbegleitenden, aber ortsfernen Hecken konnten Nestdichten festgestellt werden, die mit 2,5 bis 3,4 Nestern pro 100 m durchaus im Bereich der in reinen Feldhecken gefundenen Werte liegen. Allerdings spielt bei straßenbegleitenden Hecken die jeweilige Exposition eine große Rolle: In stark den Störeinflüssen des Straßenverkehrs ausgesetzten Heckenbereichen wurden kaum Vogelnester festgestellt.

f) Einfluß der Hecken-Nutzung und der Gehölzwahl bei Neuanpflanzungen

1) In auf Stock gesetzten Heckenbereichen nimmt mit der dadurch bewirkten Verjüngung der Strauchvegetation die *Nestdichte* schnell zu, wogegen die *Artenzahl* der Heckenbrüter zunächst gleich bleibt. Ein Heckenareal, bei dem sich ein größerer Anteil der Strauchvegetation jeweils in der Altersklasse zwischen 10 und 20 Jahren befindet, stellt im Hinblick auf Artenzahl und Diversität der Heckenbrüter zweifellos ein Optimum dar, wenn auch die Nesterdichte hier tiefer liegt als in Heckenbereichen der jüngsten Altersklasse. In nicht genutzten bzw. zurückgeschnittenen Hecken, in denen die Vegetation allmählich ein Niederwaldstadium erreicht, nimmt der Anteil an Waldvogelarten zu, während die typischen Heckenbesiedler zurückgehen.

2) Besondere Nutzungsform von Hecken, wie das Aussparen einzelner Jungbäume als Überhälter oder Kopfbaum-Nutzung, wirken sich günstig auf die Vogelfauna aus, da hier Singwarten, Ansitzplätze (z.B. für Goldammer, Heckenbraunelle, Baumpieper, Neuntöter) oder spezielle Nistmöglichkeiten entstehen.

3) Vergleichende Beobachtungen an im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren neu angelegten und im selben Areal bereits vorhandenen Hecken ergeben, daß sich die Verwendung fremdländischer Straucharten und eine Heckenstruktur mit *ungenügendem Rand- und Bodenabschluß* ungünstig auf die Nistbereitschaft von Heckenbrütern auswirkt. Umgekehrt führt etwa eine Kombination von Schlehe und Weißdorn zu einer ausgesprochen günstigen Heckenstruktur und zu günstigen mikroklimatischen Verhältnissen für die in den Hecken brütenden Vogelarten.

g) Hecken und Vogelschutz

1) Folgende der in unserem Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Heckenbrüter gehören zu den *gefährdeten Arten:* Neuntöter und Raubwürger (beide Gefährdungsstufe 2a der »Roten Liste«), Dorngrasmücke und Turteltaube (beide Gefährdungsstufe 2b). Weitere in der »Roten Liste« aufgeführte Arten sind zwar keine Heckenbrüter, zeigen aber in der Habitatwahl Beziehungen zur hecken-bestandenen Kulturlandschaft: Rebhuhn, Wachtel, Baumfalke, Pirol, Wendehals, Sperber, Wespenbussard (alle diese Arten wurden in unseren Beobachtungsgebieten gelegentlich im Bereich von Heckenlandschaften beobachtet). Auch zwei nicht in unseren Beobachtungsgebieten vorkommende Arten (Rotkopfwürger, Steinkauz, beide Gefährdungsstufe 2) haben einen Lebensraum, der Hekkenlandschaften einschließt.

2) Vom Standpunkt des Vogelschutzes aus ist eine zu einer ausgewogenen Altersstruktur der Hecke führende Nutzung wichtig. Lediglich unter Schutz gestellte und sich selbst überlassene Hecken führen zu einer Überalterung des Strauch- und Baumbestandes und damit zu einem Rückgang der Heckenvogelfauna. Bei Hecken und Einzelbüschen im Bereich der Sozialbrache läge es im Interesse des Vogelschutzes, statt einer übereilten Aufforstung eine Wiederaufnahme der früher weit verbreiteten Niederwaldnutzung anzustreben.

3) Bei einer Neuanlage von Hecken entsprechen alle Maßnahmen, die zu einer hohen Strukturdiversität der Hecke führen (mosaikartiges Vorkommen unterschiedlicher Straucharten und Altersklassen, guter Bodenschluß, Vorhandensein eines Saumbereichs mit niederen Sträuchern und krautartigen Pflanzen), den Interessen des Vogelschutzes, da sie sich positiv auf die Artenzahl und Artendiversität auswirken.

Anhang VIII

Wildspurendichte und Wildverbiß im Heckenbereich

Gerd Heusinger und Helmut Zwölfer

Im Rahmen unseres Forschungsprojektes sollte versucht werden, die Bedeutung der Flurhecken für einige Wildtierarten (Säugetiere) unseres Beobachtungsgebietes herauszuarbeiten. Wir haben uns dabei auf die Wintersaison beschränkt, die uns mit Hilfe einer Analyse der Wildspurenverteilung im verschneiten Gelände die Möglichkeit bot, die Aktivitätsdichte von Wildtierarten im Bereich der Hecke und im Umland zu vergleichen. Eine ähnliche Methode haben ITTIG und NIEVERGELT (1977) bei ihrer Untersuchung über den Einfluß von Brachland auf das Verteilungsmuster einiger Wildtierarten in der montanen Stufe der Schweizer Zentralalpen angewendet. Es sollen zunächst die Beobachtungsgebiete und die beobachteten Wildarten angegeben werden. Sodann werden vergleichende Daten über die Wildspurendichte im Heckenbereich und im Umland gebracht und schließlich folgen einige Angaben über das von uns im Winter 1980/81 beobachtete Ausmaß des Wildverbisses.

1 Beobachtungsgebiete und beobachtete Arten

A) 5.1.80 Gelände zwischen Unternschreez und Obernschreez (6,5 km südlich Bayreuth). Wiesen mit Einzelbüschen, Hecken und Waldrand (Fichtenforst).
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Reh, Hase und Rebhuhn.

B) 6.1.80 Gelände zwischen Unternschreez und der Bockmühle bei Haag (8 km südlich Bayreuth). Waldferne Wiesen mit Einzelbüschen, Hecken und Brachland mit Schlehen- und Weißdornjungwuchs.
Beobachtet: Spuren von Reh und Hase.

C) 13.1.80 Gelände zwischen Unternschreez und Rödensdorf (5,5 km südlich Bayreuth). Waldnahe Wiesen, Waldrand, Hecken und Einzelbüsche.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Dachs, Marder (Art nicht bestimmbar), Reh, Hase, Rebhuhn.

D) 17.1.80 Gelände zwischen Eckersdorf und Mistelgau. (7 km westlich Bayreuth). Waldferne Wiesen mit isolierten Einzelbüschen und einer stark isolierten Hecke.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Marder (Art nicht bestimmbar), Hase und Rebhuhn. Auswertung: Abschnitt 3.

E) 31.1.81 Gelände zwischen Unternschreez und dem Sophienberg-Nordhang (6 km südlich Bayreuth). Waldnahe Wiesen mit Hecken, Einzelbüschen und Waldrand. Beobachtet: Spuren von Fuchs, Marder (Art nicht bestimmbar), Iltis (?), Reh, Wildschwein, Hase, Eichhörnchen.

F) 13.2.81 Gelände nordöstlich Döhlau (Südosthang des Oschenbergs, 6 km östlich Bayreuth). Nach Süden exponiertes Grünland und Ackerland auf Muschelkalk mit zahlreichen Hecken.
Beobachtet: Marder (Art nicht bestimmbar), Mauswiesel, Hase. Auswertung: Marder- und Mauswieselspuren fanden sich vorwiegend im Randbereich der Flurhecken. An 10 Stellen des Beobachtungsgebietes am Heckenrand starker Verbiß durch Hasen.

G) 14./15.2.81 Gelände nördlich Döhlau (»Weinberg«, 8 km östlich Bayreuths). Waldfernes Grasland mit zahlreichen Heckenriegeln.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Dachs, Marder (Art nicht bestimmbar), Mauswiesel, Hermelin, Hase.
Auswertung: Fuchs- und Dachsspuren fanden sich sowohl im freien Gelände wie auch entlang von Hekkenrändern. Marderspuren wurden vorwiegend im Bereich von Flurhecken beobachtet. Die Spuren von Mauswiesel und Hermelin verliefen ebenfalls vor allem im Heckenbereich. Beim Hasen war an zwei nach Südwesten zu exponierten Feldhecken starker Verbiß zu beobachten.

H) 16.2.81 Gelände westlich von Döhlau (Südhang des Oschenbergs, 5 km östlich von Bayreuth). Hekkenreiche Feldlandschaft auf Muschelkalk.
Beobachtet: Spuren vom Dachs, Marder (Art nicht bestimmbar), Mauswiesel und Hermelin.

Auswertung: Dachsspuren verliefen sowohl am Hekkenrand entlang wie auch im freien Feld. Marderspuren und Spuren von Hermelin und Mauswiesel fanden sich vorwiegend direkt im Heckenbereich.

I) 22.2.81 Gelände südwestlich von Stadtsteinach (7 km nordöstlich von Kulmbach). Grünland und Akkerland auf Muschelkalk, stark entwickelte Heckenriegel auf Lesesteinwällen, waldfernes Gelände.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Marder (Art nicht bestimmbar), Mauswiesel, Reh, Hase. Auswertung: Die Spuren von Fuchs, Marder, Reh und Hase verliefen sowohl im offenen Gelände wie auch im Randbereich von Hecken. Die Mauswieselspuren zeigten eine enge Bindung an den Heckenbereich.

J) 26.2.81 Gelände zwischen Donndorf und Oberpreuschwitz (5 km westlich von Bayreuth). Waldfernes Grünland mit Hecken und Einzelbüschen.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Marder (Art nicht bestimmbar), Iltis, Mauswiesel.
Auswertung: Fuchsspuren wurden vorwiegend im freien Gelände beobachteet. Die Spuren von Iltis und Marder fanden sich sowohl im Heckenrandbereich wie auch im freien Gelände. Mauswieselspuren wurden lediglich am Heckenrand und im Bereich eines isolierten Einzelbusches festgestellt.

K) 26.2.81 Gelände zwischen Eckersdorf und Oberwaiz (7 km westlich Bayreuth). Grünland und Ackerland mit wenigen Hecken, einigen isolierten Einzelbüschen und etwa 200 m Waldrand.
Beobachtet: Spuren von Fuchs, Marder (Art nicht bestimmbar), Iltis und Mauswiesel.

Auswertung: Die Spuren vom Fuchs und Iltis verliefen vorwiegend im offenen Gelände, die Marderspuren hielten sich teilweise an den Waldrand, teilweise an Einzelbüsche und teilweise durchzogen sie offenes Gelände. Die Spuren des Iltis wurden ausnahmslos im offenen Gelände festgestellt, Mauswieselspuren fanden sich bevorzugt an kleinen Hecken und Einzelbüschen, zum Teil auch im freien Gelände.

2 Quantitative Auswertung: Spuren-Strecken-Kartierung

Bei den vom 13.2.81 bis zum 26.2.81 durchgeführten Exkursionen (Exkursion F bis H) wurden die Wildspuren auf Flurkarten im Maßstab 1:5000, auf denen auch Hecken und Einzelbüsche eingetragen waren, kartiert.

Eine Ausmessung der kartierten Spuren-Strecken gibt ein relatives Maß für den Grad, in dem einzelne Wildtierarten sich im Bereich von Hecken, Einzelbüschen oder im freien Feld bewegt hatten:

Wildarten	Kartierte Spurenstrecke	davon im freien Feld	davon im Heckenbereich	davon im Bereich von Einzelbüschen
Dachs	1270 m	80,7 %	19,3 %	–
Iltis	320 m	85,9 %	14,1 %	–
Fuchs	2210 m	65,2 %	34,8 %	–
Marder	1820 m	34,3 %	65,7 %	–
Mauswiesel	1400 m	30,7 %	56,4 %	12,9 %
Hermelin	290 m	15,5 %	84,5 %	–

Die Zusammenstellung zeigt, daß Dachs- und Iltis-Spuren in unserem Beobachtungsbereich nur geringfügig den Heckenrandbereich berührten, sondern vorwiegend im freien Feld verliefen. Das gilt, allerdings in abgeschwächtem Grad, auch für den Fuchs. Marderspuren wurden dagegen vorwiegend im Heckenbereich kartiert. Auch die Spuren des Mauswiesels verliefen bevorzugt im Heckenbereich, wobei lediglich bei dieser Art auch Spuren am Rand von im Grünland isolierten Einzelbüschen festgestellt wurden. Von den Hecken aus führen relativ kurze Mauswieselspuren in das unmittelbar benachbarte Feld, wo offensichtlich nach Mäusen gejagt wurde. Eine längere Laufstrecke über das freie Schneefeld wurde nur einmal beobachtet. Am engsten an den Heckenbereich gebunden sind die Spuren des Hermelins.

3 Quantitative Auswertung: Spurendichte

3.1 Methodik

Im Verlauf der vom 5. 1. 80 bis zum 31. 1. 81 unternommenen Schnee-Exkursionen wurde ein anderes Verfahren angewandt, um die Spurenverteilung von Wildtieren quantitativ zu erfassen.
Hier wurden jeweils zunächst Beobachtungsstrecken festgelegt, die teilweise gradlinig durch das freie Feld, teilweise in einem halben Meter Abstand, um Hecken bzw. Einzelbüsche herum und teilweise, ebenfalls in einem halben Meter Abstand, einen Waldrand entlang führten. Die durchs freie Feld gelegten Strecken richteten sich nach willkürlich gewählten Fluchtpunkten, wobei darauf geachtet wurde, daß bei der Auswahl der betreffenden Strecke keine Information über eventuell in diesem Bereich vorhandene Wildspuren vorlag. Für die einzelnen Beobachtungsstrecken wurden die jeweilige Schrittzahl mit einem Schrittmesser erfaßt und mit einem Kassettenrekorder registriert. Während des Abschreitens der Beobachtungsstrecken wurde auf die gleiche Weise die Zahl der Wildspurenkontakte gezählt und festgehalten. Als Wildspurenkontakt galt einerseits jede Spur eines Wildtieres, die von der Beobachtungsstrecke gekreuzt wurde. Weiterhin wurde jede Wildspur, die sich in einem Bereich von 50 cm rechts bis 50 cm links von der Beobachterspur befand, als Wildspurkontakt festgehalten, und zwar so oft als ein Einzelschritt des Beobachters in den genannten Bereich einer Wildspur fiel. Wenn also die zuvor »blind« ausgewählte Beobachtungsstrecke über das freie Feld zufällig so mit einer Wildspur parallel lief, daß 5 Einzelschritte des Beobachters weniger als 50 cm von der Wildspur lagen, so wurden 5 Wildspurkontakte registriert. Auf stark vom Wild belaufenen Strecken, etwa entlang von Waldrändern, wurde versucht, die Zahl der einzelnen Spurstrecken zu schätzen. Da dies bei zunehmender Spurendichte nur mit beträchtlicher Ungenauigkeit möglich war, haben wir die Schneespuren-Erfassung jeweils dann durchgeführt, wenn einige Tage zuvor Neuschnee gefallen war.

3.2 Ergebnisse

Insgesamt wurden bei 5 Exkursionen (Abschn. 2.6.1, A–E) folgende Strecken abgeschritten:

Freie Schneefläche (5108 Schritte);

Randbereich isolierter Einzelbüsche (253 Schritte);
Strecke in 3–5 m Abstand parallel zum Heckenrand (648 Schritte);
Randbereich von Flurhecken (980 Schritte);
Waldrand mit Gebüsch (327 Schritte);
Um die Beobachtungen vergleichbar zu machen, wurden die registrierten Wildspurenkontakte auf jeweils 100 Beobachtungsschritte, d. h. auf 100 Beobachtungseinheiten, umgerechnet. Dabei wurden nur solche Wildtierarten berücksichtigt, die in dem betreffenden Gebiet jeweils zumindest in einem der 5 Habitat-Typen festgestellt worden waren. In der folgenden Tabelle sind die mittleren Wildspurenkontakte pro 100 Beobachterschritte sowie die kleinsten und größten in den einzelnen Exkursionsgebieten gefundenen Werte zusammengestellt:

	Hase	**Reh**	**Rebhuhn**	**Dachs, Fuchs Marder**
Freie Schneefläche	2,97 (0,9–5,9)	1,52 (0,1–5,6)	0,26 (0–0,6)	0,23 (0–0,7)
Randbereich isolierter Einzelbüsche	36,76 (4,0–80,0)	8,77 (0–40,0)	36,7 (20–53,3)	0,50 (0–1,3)
Bereich 3–5 m vom Heckenrand	10,67	7,45	0,3	1,17
Randbereich von Flurhecken	176,39 (11,7–338)	12,73 (0–35,0)	3,52 (0–5,4)	3,09 (0–4,0)
Waldrand mit Gebüsch	122,63 (114,7–142,1)	212,23 (140–241)	0	0,9

Da die jeweils erfaßte Wildspurendichte stark vom Alter der Schneedecke abhängt, erlauben die in der Tabelle angeführten Daten keine absoluten Aussagen über die Spurendichte, sondern lediglich einen Vergleich der relativen Spurenhäufigkeiten. Die Gesamtbeobachtungen an Wildspuren (einschließlich nicht sicher identifizierbarer Spuren) ergaben auf der freien Schneefläche mit rund 5 Wildspurenkontakten pro 100 Beobachterschritte den niedrigsten Wert. Im äußeren Bereich von Flurhecken (in 3–5 m Abstand von der Hecke) lag eine rund 4 mal höhere Wildspurendichte vor. Dies erklärt sich vor allem aus dem Umstand, daß viele über das freie Feld verlaufende Wildspuren auf Hecken hinführen. In unmittelbaren Randbereich von Einzelbüschen, die isoliert im Grünland wachsen, wurden in den einzelnen Beobachtungsgebieten zwischen 60 und 120 Wildspurenkontakte pro 100 Beobachterschritte gezählt. Im Mittel war hier die Gesamtspurendichte rund 15 mal höher als auf dem freien Feld. Im Randbereich von Flurhecken ergaben sich in den einzelnen Gebieten Werte zwischen rund 70 und 340 Wildspurenkontakte pro 100 Beobachterschritte, wobei der Mittelwert fast 40 mal höher als im freien Feld lag. Die höchsten Spurendichten ergaben Waldränder mit Gebüsch, wo rund 280 bis 380 Spurenkontakte pro 100 Beobachterschritte registriert wurden und wo die mittlere Spurendichte rund 65 mal höher als im freien Feld war. Allerdings sind diese Werte zweifellos von dem Umstand beeinflußt, daß in den Wäldern, deren Ränder erfaßt wurden, Winterfütterungen für das Rehwild durchgeführt wurden.

Die Tabelle zeigt, daß die höchsten Spurendichten des Feldhasen sich im Randbereich von Flurhecken und dann im Bereich von mit Gebüsch bestandenen Waldrändern befanden. Hier wurde auch ein starker Verbiß an Weißdorn, Schlehe und einigen weiteren Gehölzen festgestellt. Interessanterweise waren isolierte Einzelbüsche für den Feldhasen wesentlich weniger attraktiv als Heckenkomplexe.

Das Rehwild bevorzugte eindeutig den Waldrandbereich, wo die höchsten überhaupt beobachteten Spurendichten gefunden wurden. Der Randbereich von Hecken und Einzelbüschen war vom Rehwild nur geringfügig aufgesucht worden. Dabei mögen allerdings der relative Waldreichtum des Beobachtungsgebietes und die intensiv durchgeführten Winterfütterungen eine Rolle gespielt haben.

Rebhühner zeigten in den drei Beobachtungsgebieten, in denen sie vorkommen, eine deutliche Präferenz für Einzelbüsche und kleine Hecken. Im Randbereich großer Flurhecken war die Spurendichte rund 10 mal geringer, im Bereich das Waldrandes wurden während unserer Exkursionen überhaupt keine Rebhuhn-Spuren nachgewiesen.

Die Spuren von Fuchs, Dachs und Marder wurden während unserer Auszählung am häufigsten im Hecken-Randbereich angetroffen. Jedoch liegen hier alle Werte so tief, daß keine Aussagen über Zusammenhänge zwischen Spurendichte und Biotop-Typ gemacht werden können.

4 Quantitative Auswertung: Wildverbiß

4.1 Fragestellung und Methodik

Ziel dieser Untersuchung war es, eine Vorstellung über die Größenordnung zu gewinnen, in der in unserem Beobachtungsgebiet Zweigspitzen von Weißdorn und Schlehe im Winter vom Rehwild, bzw. von Feldhasen als Äsung genutzt werden. Dazu wurden Ende März (29.3.1981) 6 km südlich Bayreuth von Weißdorn und Schlehe an je zwei verschiedenen Hecken die einem Meter Heckenkante entsprechenden Äste, soweit sie Wildverbiß-Spuren aufwiesen, eingesammelt und zur Auszählung ins Labor gebracht. Es wurde notiert, ob Verbiß vom Reh bzw. Hasen vorlag, ob der Verbiß frisch oder alt war und welchen Durchmesser das Zweigende an der Verbiß-Stelle hatte. Durch einen Vergleich mit unbeschädigten Zweigspitzen des jeweiligen Astes wurde versucht, den durch den Verbiß entstandenen jeweiligen Knospenverlust und den Verlust an Zweigsubstanz (Frischgewicht) zu schätzen.

4.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Weißdorn	Verbiß durch Reh		Verbiß durch Hase	
	Hecke 1	Hecke 2	Hecke 1	Hecke 2
Verbißstellen (neu) pro m	19	39	10	45
Verbißstellen (alt) pro m	11	7	13	22
Durchmesser der Abbißstelle				
$\bar{x}$	2,12mm	2,05mm	2,6mm	2,49mm
VB	± 0,23mm	± 0,16mm	± 0,3mm	± 0,19mm
Geschätzter Knospenverlust pro Abbiß-Stelle				
$\bar{x}$	4,27	5,15	4,65	5,0
VB	± 0,75	± 0,38	± 0,78	± 0,39
Schlehe				
Verbiß-Stellen (neu) pro m	67	8	70	20
Verbiß-Stellen (alt) pro m	21	4	29	61
Durchmesser der Abbiß-Stelle				
$\bar{x}$	1,57mm	1,68mm	1,57mm	1,61mm
VB	± 0,11mm	± 0,17mm	± 0,17mm	± 0,46mm
Geschätzter Knospenverlust pro Abbiß-Stelle				
$\bar{x}$	5,44	4,83	4,66	6,43
VB	± 0,74	± 0,97	± 0,73	± 0,46

Die gefundenen Werte erlauben den Schluß, daß in unserem Beobachtungsgebiet im Winter 1980/81 bis Ende März an der Schlehe Knospen in der Größenordnung von 160–690 pro Meter Heckenkante von Hase und Reh gefressen worden waren. Für den Weißdorn betragen die entsprechenden Werte 125 und 425 Knospen pro Meter Heckenkante.

Beim Verbiß von Schlehe wurde hinsichtlich des Durchmessers der Abbiß-Stellen kein Unterschied zwischen Reh ($\bar{x}$ =1,57–1,68 mm) und Hase ($\bar{x}$ =1,57-1,61 mm) gefunden. Am Weißdorn sind dagegen die Querschnitte der vom Hasen abgebissenen Zweigenden (Durchmesser $\bar{x}$ = 2,49–2,6 mm) statistisch signifikant größer als die entsprechenden Werte beim Reh ($\bar{x}$ = 2,05–2,12). Das bedeutet, daß im Durchschnitt pro Verbiß-Stelle vom Hasen größere Zweigabschnitte gefressen werden als vom Reh. Da bei frischen Verbiß-Stellen vom Hasen öfters einzelne Weißdorn-Stacheln im Schnee gefunden wurden, scheinen Hasen, im Gegensatz zu dem vor allem die Knospen fressenden Rehwild, in der Lage zu sein, die Stacheln des Weißdorns zu entfernen, bevor sie das Zweigende des Weißdorns fressen.

Durch einen Vergleich verbissener und nicht verbissener Zweige wurde für unser Beobachtungsgebiet und für den Winter 1980/81 das Ausmaß der von Hase und Reh gefressenen Zweig- und Knospenmasse (Frischgewicht) pro Meter Heckenkantenlänge auf 5–30 g/m bei der Schlehe und auf 15–50 g/m beim Weißdorn geschätzt. Dabei ist allerdings die durch das Schälen der Rinde noch zusätzlich entnommene Gehölz-Biomasse nicht enthalten.

5 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Flurhecken und Einzelbüsche bieten im Winter verschiedenen Wildtierarten Schutz und Nahrung. Andererseits tragen manche Arten (insbesondere der Feldhase) durch den winterlichen Verbiß, der sich beispielsweise an Weißdorn- und Schlehen-Hecken Jahr für Jahr an den gleichen Lokalitäten wiederholen kann, zur Ausprägung bestimmter Wuchsformen dieser Heckengehölze bei.

Die Kartierung von Schneespuren ergab, das sich im Beobachtungsgebiet vor allem das Hermelin und das Mauswiesel im unmittelbaren Bereich der Flurhecken bewegen. Auch Marder-Spuren (die Marderart konnte nicht bestimmt werden, vermutlich handelt es sich um Steinmarder) fanden sich bevorzugt im Randbereich von Flurhecken. Fuchs, Iltis und Dachs zeigten demgegenüber keine besondere Präferenz für den Heckenbereich.

Eine vergleichende Analyse der Dichte von Wildspuren auf der freien Schneefläche, im Randbereich isolierter Einzelbüsche, im Randbereich von Flurhekken und im Bereich von mit Gebüsch bestandenen Waldrändern ergab beim Rehwild eine sehr stark ausgeprägte Präferenz für den Waldbereich und beim Hasen eine Präferenz für den Randbereich von Flurhecken, wobei allerdings auch Waldränder mit Gebüsch hohe Spurendichten zeigten. Während isolierte Einzelbüsche im Grünland (fast immer Weißdorn) vom Rehwild kaum und vom Hasen weniger intensiv als Flurhecken aufgesucht wurden, zeigten solche Einzelbüsche und kleine isolierte Hecken im Randbereich und im angrenzenden freien Feld die höchsten Spurendichten

des Rebhuhns. Im Randbereich größerer Flurhecken wurden Rebhuhnspuren nur in geringem Umfang festgestellt, am Waldrand wurden sie überhaupt nicht beobachtet. Damit liegen bei der Nutzung von Einzelbüschen, Flurhecken und Waldrändern durch Rebhuhn, Hase und Reh jeweils unterschiedliche Schwerpunkte vor.

Eine quantitative Erfassung des Wildverbisses ergab, daß der Weißdorn, im Gegensatz zur Schlehe, von Hase und Reh unterschiedlich genutzt wird. Die vom Hasen abgebissenen Zweigenden des Weißdorn sind größer als die vom Rehwild abgebissenen Zweigspitzen. Pro Meter Heckenkante wurden in einem unserer Beobachtungsgebiete im Winter 1980/81 an der Schlehe durchschnittlich zwischen 160 und 690 Blatt- und Blütenknospen und 5–30 g Zweig- und Knospenmasse durch Wildverbiß genutzt. Für den Weißdorn betragen die entsprechenden Werte 125–425 Blatt- und Blütenknospen und 15–50 g Zweig- und Knospenmasse (Frischgewicht).

Anhang IX

Analyse des Blatt-Biomasse-Konsums an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen durch phytophage Insekten

Nikolaus Lange

1. Einführung

Ziel dieser im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführten Untersuchungen war es, das Ausmaß und den jahreszeitlichen Verlauf des Blattmasse-Konsums an den drei Hauptgehölzarten der Hecken quantitativ zu erfassen und im Zusammenhang mit den Ergebnissen des Klopfprobenprogramms (Anhang I) darzustellen. Damit sollte ein Einblick in die »trophische Funktion« der Flurhecken (Abschn. 2.1) gewonnen werden. Es sollte herausgefunden werden, welcher Anteil der in der Blattbiomasse investierten Primärproduktion der wichtigsten Heckengehölze von phytophagen Insekten genutzt wird und damit für den Energiefluß und Stofftransport der mit den Flurhecken in Zusammenhang stehenden Nahrungsnetze zur Verfügung steht.

Der Konsum von Assimilaten durch saugende Insekten wurde bei dieser Untersuchung nicht erfaßt. Die Messungen beschränkten sich auf Heckenkomplexe. Einzelbüsche konnten in das Programm nicht aufgenommen werden. Infolge der beträchtlichen taxonomischen Schwierigkeiten wurde bei unseren Untersuchungen nicht zwischen einzelnen Arten der Gattungen *Rosa* und *Crataegus* unterschieden.

2. Untersuchungsgebiete und Methodik

A) Untersuchungsgebiete

Beide Untersuchungsgebiete, a) der sogenannte »Weinberg« bei Untersteinach, Gem. Weidenberg, b) das Stadtsteinacher Hecken-Gebiet, liegen am Abhang des Muschelkalk-Rückens zwischen Weidenberg und Kronach in 360–470 m auf lehmigem Boden (Terra fusca), unterscheiden sich jedoch von ihrer Exposition (S bzw. NO) und Ausdehnung (3.7 bzw. 12.3 ha) her deutlich.

B) Probenentnahme

Es wurden in etwa monatlichen Abständen von August – Oktober 1980 und April – August 1981 Zweigproben von ca. 30–40 cm Länge ohne Rücksicht auf Art und Ausmaß der Verzweigung aus zufällig ausgewählten Heckenabschnitten beider Gebiete genommen. Diese Abschnitte (=Bereiche unterschiedlicher Länge einer oder fast ausschließlich einer der genannten Straucharten in einer Heckenseite) waren im Frühjahr 80 markiert worden und umfaßten in beiden Gebieten 99 Schlehen-, 86 Weißdorn- und 78 Rosen-Abschnitte in insgesamt 14 Heckenriegeln mit einer Gesamtlänge von ca. 2110 m.

Die Proben-Zweige wurden innerhalb dieser Bereiche nach zufälligen Koordinaten (Höhe 0.5 – 2 m) ausgewählt. (Fraß an Blättern in dieser Höhe wird ausschließlich von phyllophagen (=blattfressenden) Insekten verursacht). Die Proben-Anzahl pro Strauchart und Gebiet schwankte zwischen 4 und 10, betrug meist aber 5 oder 8.

Im Labor wurden die Blätter von den Zweigen entfernt. Durch ein erneutes Zufalls-Stichprobenverfahren wurden darauf diejenigen Einzelblätter beziehungsweise Blattreste bestimmt, die mit dem Flächenmeßgerät vermessen werden sollten.

Der relative Fraßanteil (=apparenter Verlust assimilierender Oberfläche) in % der potentiellen Blattfläche ergibt sich als: Fraß-Fläche/(Fraß-Fläche + Rest-Fläche).

Die Rest-Flächen wurden mit dem Areameter gemessen; ebenso nach Übertragung auf durchsichtige Folie die Fraß-Flächen geringeren und mittleren Ausmaßes. Diese graphische Rekonstruktion der potentiellen Blattfläche wird bei stark befressenen Blättern problematisch und ungenau. Daher mußten vor intakten Blättern verschiedene Eichkurven zur Berechnung der Blattfläche aus bestimmten Parametern erstellt werden. Folgende Parameter wurden verwendet:

Schlehe und Weißdorn: Blattstiel-Länge, Blatt-Länge, Blatt-Breite, Länge x Breite der Blätter.

Rose: Länge der Verwachsung von Stiel und Nebenblättern, Länge von Stiel + Mittelrippe, Länge der Endfieder (Ef), Breite (Ef), Länge x Breite (Ef), Fläche (Ef).

Der Gleichungstyp aller Eichkurven: Blatt-Fläche = $y=a+bx^c$

Als Beispiele seien hier einige Gleichungen solcher Eichkurven angeführt:

Schlehe
(y = Blattfläche, x = Blattlänge)
$y = 0{,}12 + 0{,}0012\ x^{2{,}29}$

Weißdorn
(y = Blattfläche, x = Blattlänge mal Blattbreite)
$y = 0{,}0061\ x^{0{,}998}$

Wildrose
(y = Blattfläche, x = Länge von Stiel und Mittelrippe)
$y = 0{,}8 + 0{,}0012\ x^{2{,}465}$
(y = Blattfläche, x = Fläche der Endfieder)
$y = 0{,}2 + 3{,}32\ x^{1{,}13}$

C) Auswertung

Der apparente relative Fraßanteil eines Proben-Zweiges (K_{app}) errechnet sich aus: Σ der Fraß-Flächen/ Σ der potentiellen Blattflächen der gemessenen Blätter dieses Zweiges. Der Monatsmittelwert für eine Strauchart wurde als entsprechend der jeweiligen Gesamtblattfläche der einzelnen Probenzweige gewichtetes Mittel berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Überblick über die wichtigsten Phyllophagen

Die wichtigsten phyllophagen Insekten an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen (nach abnehmender Bedeutung für den Gesamt-Blattkonsum geordnet): La = Larvenstadien, I = Imagines

Schlehe: Gespinstmotten-La, Frostspanner-La, Rüsselkäfer-I, andere Lepidopteren-La

Weißdorn: Frostspanner-La, Gespinstmotten-La (hauptsächlich bei sehr hohen Dichten von Schlehe her übergreifend), andere Lepidopteren-La, Rüsselkäfer-I, Blattkäfer-I, Blattwespen-La.

Wildrosen: Frostspanner-La, Blattwespen-La, Rüsselkäfer-I, andere Lepidopteren-La. Blattminierende Arten treten erst ab Juli/August auf und sind insgesamt, was die konsumierte Blattmasse betrifft, bedeutungslos.

3.2 Das apparente Fraßbild

Das Fraßbild an einem Zweig ändert sich im Laufe eines Jahres durch folgende, einander überlappende Vorgänge:

a) zusätzlicher Fraß
b) Wachstum der Blätter
c) Zunahme der Fraßlöcher mit dem Wachstum der Blätter
d) vorzeitiger Blattfall, bisweilen mit dem Ausmaß des Fraßes besonders bei *Crataegus* und *Rosa* steigend, wobei z.T. sicher Infektionen des Blattes mit Bakterien oder Viren durch den Fraß eine Rolle spielen. Bei Rosen auch starker Verlust einzelner Blatt-Fiedern ab August.
e) Austrieb neuer Blätter und Sekundärtriebe ebenfalls mit dem Ausmaß des Fraßes ansteigend, hauptsächlich bei *Prunus spinosa* zu beobachten (Johannis-Trieb).

3.3 Der relative Fraßanteil im Jahresverlauf

Auf getrennte Darstellung der Ergebnisse in beiden Gebieten wird der Kürze wegen verzichtet. Es soll lediglich erwähnt werden, daß fast alle Werte von April bis August 81 für das Gebiet Weinberg höher liegen als die Werte aus Stadtsteinach, was auf größere Dichten bei Frostspanner und Gespinstmotte am Weinberg zurückzuführen ist.

Abb. 64 zeigt die Monatsmittelwerte der relativen Fraßanteile für die drei Straucharten, wobei die Daten von beiden Untersuchungsgebieten zusammengefaßt wurden.

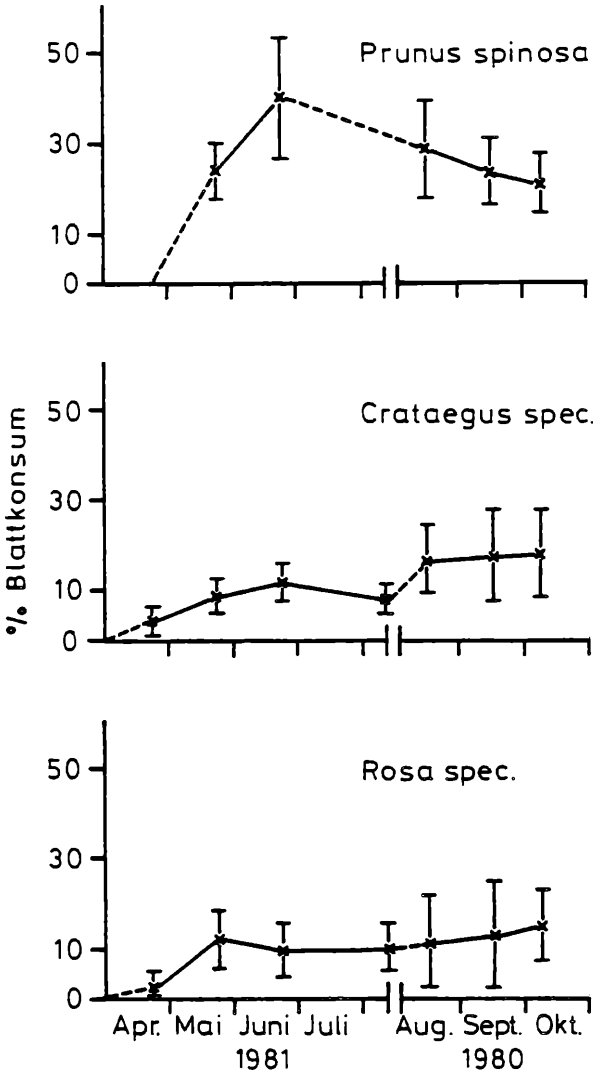


Abbildung 64:

Monatsmittelwerte des Blattkonsums phytophager Insekten (% gefressener Blattmasse, erfaßt als »apparenter Fraß«) an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen (1980, 1981) (Mittelwerte und VB ($p<0.05$)

Figure 64

Monthly mean values (and confidence intervals, $p<0.05$) of leaf biomass consumed by phytophagous insects on sloe, hawthorn and rosebushes. The values refer to »apparent consumption«, given as % of the total biomass present at the observation date

Zu a) Schlehe: Der Blattaustrieb der Schlehe setzte erst Ende April ein, so daß die ersten Proben erst im Mai genommen wurden. Im Juni beginnt z.T. schon während des maximalen Phytophagen-Auftretens (teilweise Kahlfraß der Schlehen-Büsche) der zweite Blattaustrieb, der im Juli abgeschlossen ist. (Abfall des Wertes von Juni auf August). Daneben kommt es bis zum Ende der Vegetationsperiode zum Abfall von Resten – insbesondere Blattstielen – stark befressener Blätter (Abfallende Werte ab August!). So kann z.B. Ende Juli bei blattlosen Knospen nicht mehr entschieden werden, ob sie im Juni kahlgefressen wurden, oder ob es sich um tote oder »schlafende« Knospen handelt.

Durch die genannten Umstände verlieren die Angaben von relativen Fraßanteilen ab Juni an Informationsgehalt, weshalb im August 81 auch keine Schlehen-Proben genommen wurden, sondern versucht wurde, das Fraßgeschehen nach Juni an Schlehen auf andere Weise aufzuklären.

Zu b) Weißdorn: Auffallend ist der niedrige Wert für August 81 im Vergleich zu Aug. 80 und der Abfall von Juni auf August 81. Da ein zweites Austreiben von Weißdorn-Büschen nicht beobachtet wurde,kann die Ursache hierfür nur in besonders starkem vorzeitigem Blattfall von stärker befressenen Blättern im Juli 81 gesehen werden (möglicherweise witterungsbedingt). Dies wird auch durch die Tatsache belegt, daß die durchschnittliche Blattanzahl pro Kurztrieb (=1cm) z.B. für Stadtsteinacher Proben im August 81 nur 2.9, im August 80 dagegen 4.3 beträgt!

Zu c) Rose: Wildrosen verlieren ab Juli sehr viele Blätter und Fiedern durch Blattfall besonders an der Basis der neuen Langtriebe. Qualitative Beobachtungen ließen vermuten, daß besonders stark befressene Blätter davon betroffen sind. Da jedoch die Werte der relativen Fraßanteile keinen Abfall zeigen, ist entweder diese Vermutung nicht zutreffend, oder der Fraß an den verbliebenen Blättern wirkt sich ausgleichend aus. In letzterem Fall wären die Werte für Rose am Ende der Vegetationsperiode geringfügig unterschätzt, wenn sie auf die potentielle Gesamt-Blattproduktion bezogen werden. Vereinzelt und besonders an der Spitze gut licht-exponierter Langtriebe hält das Austreiben neuer Blätter bis September an.

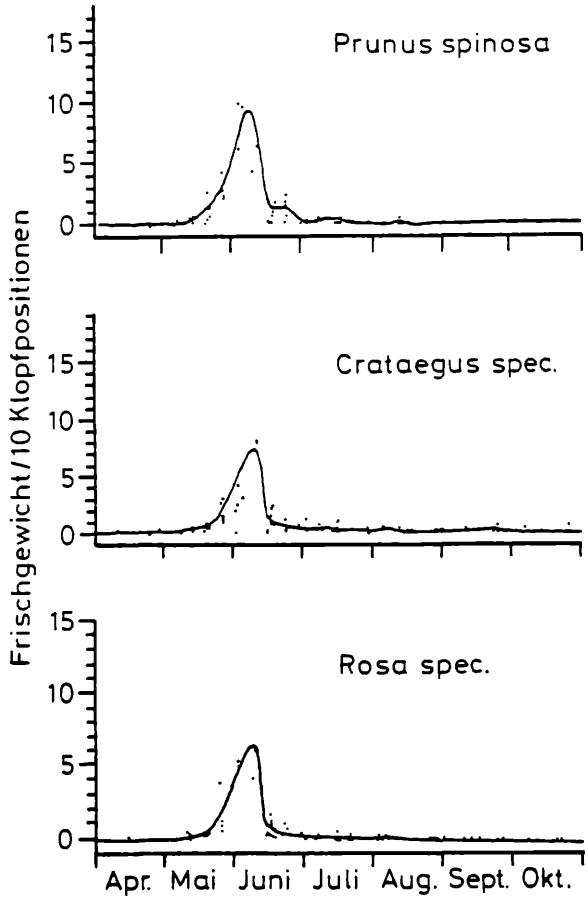


Abbildung 65:

Frischgewichte blattfressender Heckeninsekten während der Monate April–Oktober. Mittelwerte berechnet anhand der Klopfproben 1979–81

Figure 65

Seasonal changes in the freshweight of leaf-feeding insects assessed on sloe (above), hawthorn (middle) and rosebushes (below) during the standard sampling program 1979–1981

3.4 Korrektur des »Wachstumseffekts«, der reale Konsum

Da die apparenten relativen Fraßanteile wegen des »Mitwachsens« der Fraßflächen keine Aussage über die tatsächlich von phytophagen Insekten konsumierten Blattanteile zulassen, wurde eine Methode entwickelt, die eine annähernde Korrektur dieses Effekts ermöglicht:

Benötigt werden dazu Daten über die jahreszeitliche Änderung der Fraßaktivität der Insekten und Angaben über das durchschnittliche Wachstum der Blätter im Laufe eines Jahres. Erstere Daten habe ich aus dem 3jährigen Klopfprogramm erhalten:

Abb. 65 zeigt die Fangergebnisse (in g FG/10 Klopfpositionen) für sämtliche in den verschiedenen Gebieten zwischen 1979 und 81 durchgeführten Klopfproben (ca. 160) wobei nur wirklich an den Heckenpflanzen fressende Gruppen und Stadien, nämlich Schmetterlings- und Blattwespen-Larven, sowie bestimmte Käfer-Gruppen berücksichtigt wurden (Blattkäfer ohne Erdflöhe; Schnellkäfer; Wollkäfer; Rüsselkäfer ohne kleine Arten der Gattungen *Sitona, Apion* usw.). Dabei wurde das Gewicht der Schmetterlings-Larven mit dem Faktor 2.5 multipliziert, um ihre bei der Klopfmethode schlechtere Fängigkeit im Vergleich zu Hymenopteren und Coleopteren auszugleichen (G. HEUSINGER). Da jedoch die maximalen Biomasse-Werte bei Schlehe in Abb. 65 trotz der wesentlich größeren Fraßbelastung (Abb. 64) nicht höher liegen als an Weißdorn und Rose, wäre insbesondere für Gespinstmotten-Larven (größter Anteil an Lepidopteren-Biomasse an Schlehe; sehr schlechte Fängigkeit) ein größerer Faktor einzusetzen, wenn Abb. 65 die an 10 Klopfpositionen zu erwartende Biomasse darstellen soll. Dies ist aber hier nicht angestrebt. Maßgeblich für weitere Berechnungen ist nicht die absolute Biomasse, sondern die relativen Werte in Bezug auf den Gesamtfang/Saison, und außerdem soll dieses rechnerische Verfahren bei Schlehe nur bis Juni – also nicht nach dem Ende des Auftretens von Gespinstmotten-Larven – angewandt werden (s.u.), weshalb der resultierende Fehler vernachlässigbar wird. Vorausgesetzt wird, daß die in den Hecken vorgefundene Phytophagen-Biomasse direkt proportional der Fraßaktivität dieser Phytophagen ist.

Wie aus Abb. 65 ersichtlich spielt sich fast das gesamte Fraßgeschehen Ende Mai bis Anfang Juni bei noch im Wachstum befindlichen Blättern ab. Denn zu diesem Zeitpunkt sind die Blätter noch zart und weisen große Mengen leicht verwertbarer Stickstoff-Verbindungen auf, die der Pflanze zum Aufbau von Zellstrukturen dienen und ebenso von den Phytophagen dringend benötigt werden.

Als Näherung für das Wachstum der Blätter wird die Änderung der durchschnittlichen Blattfläche an den Proben-Zweigen verwendet. Abb. 66 zeigt als Beispiel die Verhältnisse für Weißdorn.

Wertet man die Kurven des Phytophagen-Auftretens und der durchschnittlichen Blattfläche an den Proben-Zweigen zusammen aus, so erhält man den realen Konsum K_r (in % der potentiellen Blattfläche am Ende der Vegetationsperiode) nach folgender Formel:

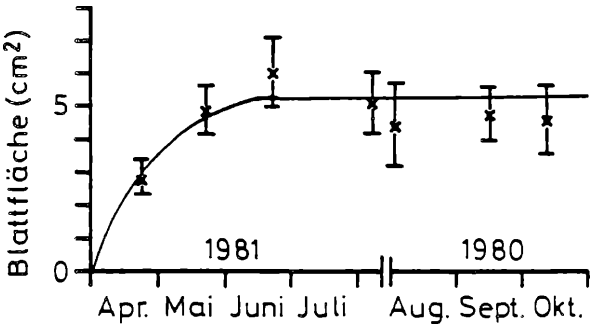


Abbildung 66:

Enwicklung der Blattfläche (in cm^2, Mittelwerte und VB ($p<0.05$), an Weißdorn-Zweigen

Figure 66

Development of the leaf surface (in cm^2, means and confidence intervals ($p<0.05$)) on hawthorn

$$K_r = \frac{K_{app}\ 100}{F_E \cdot \Sigma\,(P_t/F_t)}$$

mit K_{app} = apparenter Fraßanteile am Ende der Vegetationsperiode (t = E) in %.
F_E = durchschnittliche Blattfläche am Ende der Vegetationsperiode

F_t = durchschnittliche Blattfläche zur Zeit t
P_t = Phytophagen – Auftreten zur Zeit t in % des Gesamtauftretens.

Die so mit den apparenten Fraß-Werten am Ende der Vegetationsperiode, also nach Abschluß von Blattwachstum und -trieb berechneten K_r-Werte stellen gleichzeitig den relativen Anteil MR (material removed), also die von der maximalen potentialen Blatt-Produktion entfernte Biomasse dar.

Realer Konsum am Weißdorn

Der apparente Konsum (K_{app}) zu Ende der Vegetationsperiode (Abb. 64) betrug hier im Mittel 19,1 % der Blattfläche. Der reale Konsum (K_r) lag mit 17,75 % um etwa 7 % tiefer. Der relativ geringe Unterschied beruht darauf, daß beim Weißdorn das Blattwachstum während des Zeitpunkts des maximalen Phytophagen-Auftretens weitgehend abgeschlossen ist.

Realer Konsum an Wildrosen

Hier war (Abb. 64) ein apparenter Konsum von 15,3 % der zu Ende der Vegetationsperiode vorliegenden Blattfläche festgestellt worden. Der reale Konsum liegt mit 12,10 % etwa 20 % tiefer. Diese Differenz ergibt sich daraus, daß hier nach dem Ende der Hauptfraßperiode noch ein beträchtliches Wachstum der Blattflächen stattfand, wodurch sich gleichzeitig die Fraßlöcher vergrößerten.

Realer Konsum an der Schlehe

Die unmittelbare Berechnung von K_r nach diesem Schema ist für Schlehe wegen des Verlusts von Blattresten und dem Trieb neuer Blätter nur bis Juni sinnvoll. Man erhält: K_{app} (Juni) = 41.1 % (Abb. 64) und K_r=25.85 %, einen fast um die Hälfte niedrigeren Wert, da die Phytophagen-Biomasse-Akkumulation bereits einsetzt, wenn die Schlehen Blätter im Durchschnitt weniger als zwei Drittel ihrer Größe Ende Juni erreicht haben.

Um das Fraßgeschehen an Schlehe nach Juni aufzuklären, wurden in beiden Untersuchungsgebieten Ende Juni 81 je 20 neue, möglichst wenig befressene Langtriebe der Schlehe (Länge ca. 10–40 cm) markiert, die weggefressene Fläche notiert und in 2 Blätter/Trieb (Basis und Spitze) je ein Loch bekannter Größe gestanzt. Diese Triebe wurden Mitte August abgeschnitten und die nötigen Parameter gemessen. Daraus ergab sich für Ende Juni – Mitte August ein apparenter Fraßverlust von durchschnittlich (908 Blätter) 1.6 % der Mitte August potentiell vorhandenen Blattfläche. Außerdem wurden Anfang August 80 ebenfalls in beiden Gebieten insgesamt 38 einzelne Schlehen-Blätter wie oben geschildert behandelt und Mitte Oktober vermessen:

Apparenter Fraßverlust (August – Mitte Oktober): 0.7 % der potentiellen Blattfläche Mitte Oktober.

Mit Hilfe der Werte für die Ausdehnung der gestanzten Löcher läßt sich abschätzen, daß von Ende Juni ab weniger als 2 % der im Oktober potentiell vorliegenden Blattfläche konsumiert wird, was den geringen Phytophagen-Dichten in diesem Zeitraum entspricht (s. Abb. 65). Dies gilt sowohl für die nach dem maximalen Phytophagen-Auftreten noch vorhandenen Restflächen, als auch für ab Juni neu ausgetriebene Blätter.

Für Blatt-Produktion und -Konsum an Schlehe ergibt sich also Folgendes:

Erster Trieb: Produktion (incl. Wachstum) bis Juni = P (1)

Konsum bis Juni=$K_r(1)$ =25.9 % + 1.8 % für Juni-Oktober = $K_r(2)$

Zweiter Trieb: Produktion ab Juni incl. Wachstum bis Oktober = P (2)

Konsum = 0.7 % = K_r (2)

Um den relativen Konsum an der Gesamt-Blattproduktion als wichtige ökologische Größe zu berechnen, wäre demnach nötig, das genaue Verhältnis P (1) / P (2) zu kennen. Untersuchungen hierüber waren jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Man kann von der Hypothese ausgehen, daß die Pflanze »bestrebt ist«, durch einen zweiten Produktions-Schub den ihr durch Fraß verlorengegangenen Anteil der assimilierenden Oberfläche des ersten Triebes wiederzubekommen; also

$$P(2) = \frac{K_{app}(1)\ \% \cdot P\,(1)}{100}$$

Dies trifft zwar nach qualitativen Beobachtungen für die einzelne Schlehen-Pflanze zumindest in extremen Fällen nicht zu, denn ein total kahl gefressener Strauch erreicht seine »alte« Gesamt-Blattfläche durch zweiten Austrieb meist nicht mehr und bei gänzlich unbefressenen Pflanzen kommt es dennoch zu geringem Zweitaustrieb. Außerdem spielen der Vorrat an Reserve-Kohlehydraten, die Wasserversorgung usw., also die allgemeine Vitalität der Pflanze eine sicher große Rolle.

Für die Betrachtung einer ganzen Population von Schlehen dürfte diese Hypothese dennoch annähernd der Wirklichkeit entsprechen.

Der reale Gesamtkonsum (MR) an Schlehen-Blattbiomasse im Beobachtungsgebiet beträgt bei Anwendung dieser Überlegung 18,5 %.

4 Erörterung der Ergebnisse

4.1 Vergleich mit Literaturangaben

Da in der Literatur fast ausschließlich Angaben des apparenten Fraßverlustes in % der potentiellen Blattfläche am Ende der Vegetationsperiode gemacht werden, eignen sich zum Vergleich nur die hier festgestellten K_{app}-Werte:

Prunus spinosa: 41.1 (Juni) bzw. 22.3 % (Oktober) – *Crataegus* spec.: 19.1 % – *Rosa* spec.: 15.3 %

In Tab. 38 sind die z. Zt. ausgewerteten Literaturangaben über Wald-Ökosysteme zusammengestellt:

Nur in Eichen-Wäldern mit ihrer spezialisierten und zu Massenvermehrung einzelner Arten (z. B. Eichenwickler = *Tortrix viridiana* L.) neigenden Insekten-Fauna werden ähnlich hohe Werte erreicht wie bei den hier untersuchten Heckenpflanzen. Bei Angaben über die Krautschicht von Wäldern spielen sicher auch andere Konsumenten wie Schnecken, Nager und Wild eine Rolle!

Literaturangaben über nicht-waldartige Systeme wie Grasland usw. werden z. Zt. bearbeitet, aber auch dort liegen nach einem ersten Überblick die Werte für die Belastung durch phytophage Insekten nicht über den hier ermittelten.

4.2 Andere Konsumenten-Gruppen an Schlehe, Weißdorn und Wildrosen

Bisher wurde nur durch phyllophage Insekten verursachter Fraß behandelt und eine Reihe anderer Konsumenten außeracht gelassen:

a) Besonders bedeutend ist der starke Verbiß junger Schlehen- und Weißdorn-Triebe durch Reh- und Niederwild während des Winters. Er wurde auch noch nach Erscheinen von Weißdornblättern während eines Kälteeinbruchs im April '81 beobachtet.

b) Beträchtlich ist auch die Nutzung der Früchte aller drei Straucharten durch Vögel, Insekten und Kleinsäuger.

c) Besonders im Frühsommer tritt an den Hecken eine Vielzahl pflanzensaftsaugender Insekten wie Läuse, Wanzen oder Zikaden auf.

d) An niedrigen Zweigen (Höhe 0,5 m) kommt es das ganze Jahr über zusätzlich zum Konsum der Insekten zu Fraß an Trieben und Blättern durch Kleinsäuger und möglicherweise Schnecken.

4.3 Fraßbelastung durch phyllophage Insekten an anderen Heckenpflanzen

Da hier nur ein Teil der häufigsten in den hiesigen Hekkengebieten vorkommenden Pflanzenarten genau untersucht wurde, werden im folgenden Schätzungen über die Fraßbelastung anderer häufiger Heckenpflanzen beruhend auf eigenen Beobachtungen während des ganzen Untersuchungszeitraumes gegeben:

Fraßbelastung gering: 10 %; mittel: 10–20 %; hoch: 20 % (apparent)

gering: Schwarzer Holunder *(Sambucus nigra)*, Roter Hartriegel *(Cornus sanguinea)*, Brombeeren und Himbeere *(Rubus* spec.)

mittel: Feldahorn *(Acer campestre)*, Bergulme *(Ulmus glabra)*, Hasel *(Corylus avellana)*, Stachelbeere *(Ribes uva-crispa)*

hoch: Traubenkirsche *(Prunus padus)*, Pfaffenhütchen *(Evonymus europaeus)*, Gemeiner Schneeball *(Viburnum opulus)*

4.4 Auswirkungen auf die Pflanze

Zusätzlich zu dem hier ermittelten Verlust von assimilierender Oberfläche (K_{app}) wird die potentielle Blattfläche im wesentlichen durch drei weitere Auswirkungen des Fraßgeschehens reduziert:

1. Absterben von Blattgewebe um die Fraßflächen (Nekrotisierung) und 2. Krüppelwuchs der Blätter nach Verletzung der Mittelrippe besonders durch saugende Insekten oder der Blattspitzen durch Phyllophage; beides ist besonders stark bei Weißdorn, aber vernachlässigbar an Schlehen-Blättern. 3. Absterben von ganzen Blättern oder Fiedern durch Infektionen als Folge des Fraßes; wie bereits erwähnt, wurde dies fast ausschließlich bei Weißdorn und Rose beobachtet.

Insgesamt sind die Auswirkungen des Fraßes auf Pflanzen außerordentlich schwer abzuschätzen (CRISP, D.J., 1964; ELLISON, L., 1960; KULMAN, H.M., 1971; u.a.).

Neuere Ansichten gehen dahin, daß Fraß leichteren und mittleren Ausmaßes keine negativen Folgen wie Produktionsminderung für die Pflanzen haben (MATTSON, W. J. und ADDY, N.D., 1975; OWEN, D.F. und WIEGERT, R.G., 1976). Dies setzt jedoch eine annähernd gleichmäßige Streuung der Fraßbelastung über den Pflanzenbestand voraus, die im Fall von Wildrosen und Weißdorn eher gegeben ist als bei Schlehen (teilweise Kahlfraß im Bereich von Gespinstmotten-Kolonien). Sicher ist, daß mit zunehmender Ungleichverteilung und wachsendem Ausmaß des Fraßgeschehens die jährliche Blatt-Produktion ansteigt (zweiter Austrieb), der Zuwachs des Holzkörpers aber wegen der – zumindest zeitweise – suboptimalen Photosynthese-Fläche abnimmt. Das Überleben einer stark durch phytophage Insekten belasteten Pflanze wie etwa der Schlehen erfordert also höhere Investitionen in Form von Blatt-Trieb auf Kosten des Zuwachses der Holzteile!

4.5 Kritische Anmerkungen

Der der Pflanze entnommene Biomasse-Anteil MR setzt sich streng genommen zusammen aus tatsächlich von den Insekten aufgenommener Nahrung C (consumption) und Blattstückchen, die während des Fressens abgebissen werden, aber zu Boden fallen (NU=not used).

Dieser Anteil NU ist bei Rüsselkäfern (1 % von MR) und ebenso bei Blattwespen-Larven sehr gering. Für Lepidopteren mag er etwas größer sein. Insgesamt aber ist NU für die an Blättern in Hecken fressenden Insekten meiner Meinung nach zu vernachlässigen, also MR = C!

Streng gesehen gelten die hier gefundenen Fraßanteile nur für die Hecken-Flanken in einer Höhe zwischen 0.5 und 2 m. Die Verhältnisse im »Hecken-Dach« dürften jedoch ähnlich sein (gute Lichtexposition).

Von den untersuchten Pflanzen kommen lediglich beim Weißdorn Büsche vor, die weiter in das dunkle, sonst blattlose Heckeninnere beblättert sind. Diese tief in der Hecke liegenden *Crataegus*-Bereiche wurden bei der hier angewandten Methode der Probennahme nicht erreicht. Die Fraßbelastung von Weißdorn-Büschen scheint aber vom äußeren Heckenmantel nach

Tabelle 38

Biotop	Geogr. Lage	Art	Unts. Zeitraum	K_{app} (%) min-max	$\bar{x}$	Bem.	Autor
Luzulo-Fagetum, 60–120 J. Bestand	Solling BRD	Fagus silvatica	3 J.	–	4,8		FUNKE, W.; 1971, 1973
90 j. Buchen-W., reichh. Krautschicht	O-Jütland Dänemark	Fagus silvatica Fraxinus excels. Krautschicht	8 J. 5 J. ?	7–20 10–80 1	12,3 – –	Kr = 3–9% $\bar{x}$ = 5,7%	NIELSEN, B.; 1978
Tundra, Birken-Zone (H = 4–5 m)	N-Finnland	Betula tortuosa	1 J.	–	5,9		HAUKIOJA, E.; 1975
Birken-Eichen-Eschen-W., dichter 3 u. 7 j. Hasel-Unterwuchs, H ≈ 3–7 m	O-England	Corylus avellana	2 J.	1,8–7,2	4,2		SMITH, P.; 1972
Eichen-W., wenig Birke und Lärche, geringe Krautschicht	NW-England	Quercus petrea	4 J.	≤ 0,5–25 (K_r!)	—	Tor. vir.	CARLISLE, A. et al; 1966
Quercetum petreaecerris	Ungarn	Quercus petrea Quercus cerris	1 J. 1 J.	–28,8 (Juni) 7–12,2	17,2 9,5	(Okt) (Jn-O)	JAKUCS, O. et al.; 1975
Eichen-Linden-Eberesch.-W Strauchschicht: Corylus av. Krautschicht: Anem. nem., Conv. maj., Oxalis acet. u.a.	S-Schweden	Quercus robur Tilia cordata Sorbus aucuparia Corylus avellana	1 J. 1 J. 1 J. 1 J.	– – – –	7,8 5,9 1 14,6		ANDERSSON, F.; 1970
Eichen-Kiefern-W., dom. Quercus coccinea, Qu. alba, Pinus rigida, Qu. ilicifolia	Long Isld. N.Y., USA	Querc. coccinea Querc. alba Querc. ilicifolia Gaylussacia bacc. Vaccinium vacil. Vacc. angustif.	1 J. 1 J. 1 J. 1 J. 1 J. 1 J.	– – – – – –	15,6 8,7 7 0,05 1,6 0,02		WHITTAKER, R. et al.; 1968/69
Pineto-Quercetum/Alnetum	Polen	Baum- u. Strauchsch. Krautschicht	? ?	– –	4 12,6 (K_r!)	ein-schl. Nadel-hölzer	KACZMAREK, W.;
Pineto-Quercetum		Baum- u. Strauchsch. Krautschicht	? ?	– –	3,4 8 (K_r!)		
Vaccinio myrtilli-Pinetum		Baum- u. Strauchsch. Krautschicht	? ?	– –	9,2 10 (K_r!)		
offener Eichen-W., trockener Sandboden	S-Ontario Kanada	Quercus alba Quercus velutina Prunus serotina Prun. virginiana	3 J. 3 J. 1 J. 2 J.	8,2–14,3 6,5–12,5 – 8,8–15	10,4 9,8 3,1 11,9		BRAY, J.; 1961,64
geschlossener Ahorn-Buchen-Eichen-Linden-W., mesisch		Acer saccharum Fagus grandiflora	2 J. 3 J.	5,9–6,9 6,2–7,4	6,4 6,8		
Ahorn-Birken-Buchen-W., feuchter Sandboden		Acer saccharum Acer rubrum Betula lutea Fagus grandiflora Frax. pennsylvan.	2 J. 1 J. 1 J. 3 J. 1 J.	5,3–5,7 – – 4–7,7 –	5,5 3,2 4,1 6,3 5		
dichter 41 j. Pappel-Bestand (16 m), dichte Strand- u. Krautschicht	N-Minnes. USA	Populus tremula	1 J.	–	3,5	Ende Juli	BRAY, J.; et al.; 1963
48 j. mesophyt. Tulpenbaum Fichten-W. (12–25 m) reichh. Unterwuchs, sandiger Lehmboden	Tennessee USA	Liriodendron tulipifera	3 J.	5,6–10,1	7,7	K_r = 2,6 %	REICHLE, D. et al. 1967, 73
off.-geschloss. Kastanien-Fichten-W., dichte Strauch- u. Krautschicht	Gt. Smoky Mts., Tenn. USA	Strauch- u. Krautschicht	?	–	1–2		WHITTAKER, P.;

innen zu abzunehmen, weshalb die genannten MR-Werte für *Crataegus* geringfügig überschätzt sein könnten, wenn man den gesamten Heckenquerschnitt betrachtet!

4.6 Zum Energiefluß im Hecken-Ökosystem

Abbildung 67 zeigt den Querschnitt durch eine idealisierte Hecke von 3 m Breite und Höhe. Die Beblätterung (Heckenmantel) reicht im Durchschnitt aus allen Richtungen 0.75 m in das Heckeninnere. Der innerste Bereich ist nahezu blattlos (Lichtmangel).

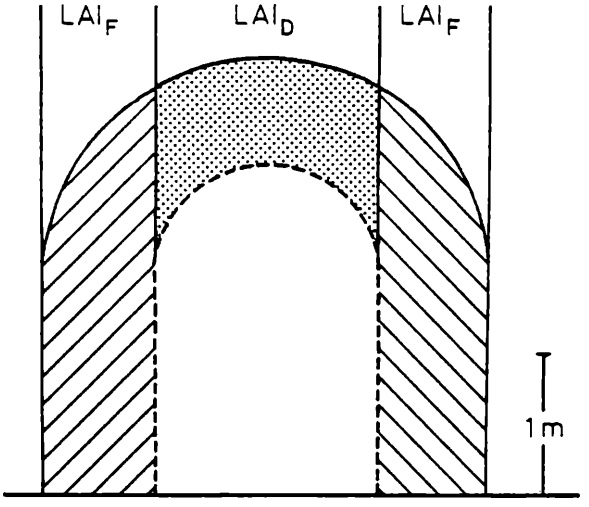


Abbildung 67:

Querschnitt durch eine »idealisierte Hecke«. Erläuterung im Text

Figure 67

Cross section through an »idealized hedgerow« (Explanation given in the text)

M. Küppers (Lehrstuhl Pflanzenökologie, UBT) erhielt bei seinen Untersuchungen einen Leaf area index (= Blattfläche/qm Bodenfläche) im Heckendach (LAI_D) von 3.8 für Schlehe und 8.5 für Weißdorn. Der LAI_D von Rose wird als 3.5 geschätzt (lockere Wuchsform!).

Wie aus Abb. 67 ersichtlich, ist der LAI in den Heckenflanken (LAI_F) bedeutend größer, nämlich in diesem Modellfall 2.7 x LAI_D!

Da die Daten von M. Küppers die Verhältnisse im Juli/August an sehr gering befressenen Heckenabschnitten wiedergeben, entsprechen die LAI-Werte bei Weißdorn und Rose annähernd der jährlichen Blattproduktion/m^2 Bodenfläche. Nimmt man, wie oben begründet, bei normal befressenen Schlehen einen zweiten Blatt-Produktionschub von ca. 41 % an, so berechnet sich die jährliche potentielle Blattproduktion zu 5.4 qm Blattfläche/qm.

Als Beispiel sei eine 3 m breite und hohe, sowie 100 m lange Hecke betrachtet, die sich zu gleichen Teilen aus Schlehe, Weißdorn und Rosen zusammensetzt:

Ihre mittlere potentielle Blattproduktion beträgt also etwa (2x2.7x5.4+5.4+2x2.7x8.5+2x2.7x3.5+3.5) /3x3 = 12.37 m^2 Blattfläche/m^2 pro Jahr, ihre Grundfläche 3x100 = 300 qm, somit ihre gesamte potentiellle Blattproduktion 3711 qm/Jahr. Der durchschnittlich konsumierte Anteil ist (18.5+17.75+12.10)/3 = 16.1 %/Jahr, also ca. **737** qm/Jahr. Als mittlere Trockengewichte der Blätter während der gesamten Vegetationsperiode wurden ermittelt:

Schlehe: 7 mg/qcm, Weißdorn: 8.5 mg/qcm, Rose: 10 mg/qcm

Die in der Modell-Hecke konsumierte Gesamtfläche entspricht daher etwa **50.83** kg TG/Jahr oder **127** kg FG/Jahr oder ca. 2.34x10^5 kcal/Jahr.

Nimmt man für die phytophagen Insekten das Verhältnis von Produktion zu Konsum – nach mehreren Autoren – als 20 % an, so wird pro Jahr in dieser Hecke eine Insekten-Biomasse (ohne saugende Insekten!) von ca. 25.4 kg FG und einem Energiegehalt von ca. 4.68 x 10^4 kcal produziert.

Diese Energiemenge reicht theoretisch für etwa 10 Vögel von der Größe eines Neuntöters (ca. 28g Lebendgew.) oder 14 von der Größe einer Dorngrasmükke (ca. 14g LG), um ihren gesamten Energiebedarf für alle Aktivitäten in der Zeit von Anfang Mai bis Ende September – also 153 Tage lang! – zu decken (nach SCHERNER, E.; 1977). Überträgt man dagegen diese Überlegungen auf die von RUNGE et al. (1973) in Buchenbeständen des Solling gewonnenen Daten, so könnte sich dort gerade *ein* Neuntöter von der über der vergleichbaren Bodenfläche (300 qm) produzierten Phyllophagen-Biomasse ernähren! In den Hecken kommen aber als Nahrungsbasis für Vögel oder andere Sekundärkonsumenten noch die zahlreichen nichtblattfressenden Insekten wie z.B. Hymenopteren, blütensuchende Dipteren usw. hinzu. Selbstverständlich wird gerade in Hecken die Energie in Form von phytophagen Insekten nicht nur über Vögel, sondern auch eine Vielzahl anderer Insektivoren weitergegeben.

4.7 Geltungsbereich

Die in dieser Arbeit in zwei ausgeprägten, relativ alten, ähnlichen Hecken-Landschaften gefundenen Ergebnisse über den Nutzungsgrad der Blattbiomasse von Hecken-Gehölzen durch phytophage Insekten sind natürlich nicht ohne weiteres auf Hecken- oder Feldgehölzbestände in anderen Gegenden zu übertragen.

Z.B. deuten Beobachtungen in der Umgebung von Hof-Rehau Ende Juni 81 an dort noch vereinzelt vorkommenden Heckenriegeln in rauherem Klimabereich auf wesentlich geringere Nutzungsanteile hin.

Es ist aber wahrscheinlich, daß die hier dargestellten Ergebnisse zumindest für die nördliche Fränkische Alb (nördlich Erlangen-Nürnberg-Amberg) Gültigkeit besitzen und möglicherweise auch für die südwestliche Fränkische Alb und Schwäbische Alb.

5. Diskussion

Von August 1980 bis August 1981 wurden in zwei heckenreichen Gebieten Oberfrankens in etwa monatlichen Abständen Untersuchungen über Ausmaß und jahreszeitlichen Verlauf des Blatt-Biomasse-Konsums phytophager Insekten (ohne Pflanzensaft-Sauger) von drei der häufigsten Heckenpflanzen, Schlehe (*Prunus spinosa*), Weißdorn (*Crataegus* spec.) und Wildrosen (*Rosa* spec.) durchgeführt. Die Methodik der Probennahme sowie der Messung und Auswertung wird beschrieben.

Die wichtigsten blattfressenden (phyllophagen) Insekten sind Gespinstmotten- und Frostspanner-Larven (Lepidoptera) sowie Rüsselkäfer (Coleoptera) und Blattwespen-Larven (Hymenoptera).

Es wurde der relative Fraßanteil = apparenter Verlust assimilierender Oberfläche in % der potentiellen Blattfläche ermittelt und im Jahresverlauf dargestellt.

Der apparente Verlust zu Ende der Vegetationsperiode ist wegen der Zunahme der Fraßflächen beim Blattwachstum größer als die tatsächlich während des Jahres von Phyllophagen entnommene Blatt-Biomasse (MR). Eine Methode zur Korrektur dieses Effekts und zur Berechnung von MR wird aufgezeigt.

Die Bedeutung anderer Primärkonsumenten für die genannten Pflanzen wie z. B. Verbiß durch Wild oder Nutzung der Früchte durch Vögel sowie die geschätzte Fraßbelastung anderer häufiger Heckenpflanzen durch phyllophage Insekten werden kurz diskutiert.

Der apparente relative Blattflächen-Verlust ist an allen drei untersuchten Pflanzen im Vergleich zu anderen bisher untersuchten Ökosystemen, insbesondere Wäldern (hier im Mittel ca. 7 %) überdurchschnittlich hoch:

Prunus spinosa: 41.1 % (Juni) bzw. 22.3 % (Oktober), *Crataegus* spec.: 19.1 %, *Rosa* spec. 15.3 %!

Die Auswirkungen des Insekten-Fraßes auf die Pflanzen sind komplex und schwer zu beurteilen, dürften sich aber bei *Crataegus* spec. und *Rosa* spec. in keiner, bei *Prunus spinosa,* hingegen in leichter Holzproduktions-Minderung äußern. Sehr stark befressene Pflanzen erhöhen ihre Blattproduktion (Zweitaustrieb).

Der tatsächlich von Insekten konsumierte Anteil an der pot. jährlichen Blattproduktion beläuft sich etwa auf:

Prunus spinosa: 18.5 %, *Crataegus spec.:* 17.8 %, Rosa *spec.:* 12.1 %.

Anhand einer 3 m hohen und breiten, zu gleichen Teilen aus den genannten Pflanzen zusammengesetzten »Modell-Hecke« werden folgende Größen pro qm errechnet:

konsumierte Blattfläche/Jahr: 2.0 qm entsprechend ca. 0.4 kg Frischgewicht und ca. 780 kcal Energiegehalt; daraus gewonnene Insekten-Biomasse/qm: ca. 85 g Frischgewicht/Jahr oder ca. 156 kcal/Jahr.

Die Blattproduktion pro Bodenfläche an den untersuchten Pflanzen im Heckenverband ist damit etwa 2–3 mal, der jährliche relative Blattflächen-Konsum etwa 3–4 mal und die daraus produzierte Insekten-Biomasse etwa 10 mal so groß wie die entsprechenden in Buchenwäldern des Solling ermittelten Größen (FUNKE, 1973).

Energetisch betrachtet füllen Hecken – und sicher auch einzeln-stehende Feldgehölze – also eine wichtige trophische Funktion aus:

Durch die ausgeprägt dreidimensionale, nicht wie bei Wäldern oder Wiesen flächige Raumstruktur kann mit Hilfe der 2–3 mal höheren Blattfläche auf gleicher Bodenfläche eine viel größere Menge Strahlungsenergie aufgefangen werden als von flächiger Vegetation. Ein überdurchschnittlicher Anteil der in der großen Blattbiomasse enthaltenen Energie wird von phytophagen Insekten konsumiert und steht von dort einer Vielzahl von Räubern zur Verfügung. Konsum von Trieben und Früchten stellen zwei weitere wichtige Energieströme für das Nahrungsnetz. Ein sicherlich beträchtlicher Teil der in Hecken produzierten und transformierten Energie wird durch Tiere, die nicht ständig in ihnen leben, aber von dort Nahrung beziehen, aus diesem System Hecke »exportiert«.

Anhang X

Begründung der Bewertungszahlen für Heckengehölzarten

In Abbildung 68 ist die Abhängigkeit der Artenzahl ausgewählter Phytophagengruppen von der Gehölzartenzahl der Heckenvegetation aufgrund von Literaturangaben dargestellt. (Kleinschmetterlinge: ECKSTEIN (1933); Blattwespen: KRAUS-LORENZ (1957); Rüsselkäfer: HOFFMANN (1964); Blattläuse: BÖRNER (1952); Wanzen: WAGNER (1967); Bockkäfer: V. DEMELT (1966)). Die Anordnung der Gehölzarten erfolgte für jede Phytophagengruppe getrennt nach abnehmendem Rang, also nach dem stetig geringer werdenden Beitrag zur jeweiligen Gesamtartenzahl der betreffenden Phytophagengruppe. Die berücksichtigten Gehölzarten sind in der Erläuterung zu Tabelle 39 aufgezählt. Diese Tabelle gibt für die betreffenden Phytophagengruppen die Regressionsgeraden an, die nach einer logarithmischen Transformation der Gehölzartenzahlen erhalten werden.

Als Mittelwert für die auf Grund von Literaturangaben errechneten Regressionsgeraden von Kleinschmetterlingen, Blattwespen, Rüsselkäfern, Blattläusen, Wanzen und Bockkäfern wurde folgende Gleichung gefunden:

$$y = 85{,}8 \cdot \log(x) + 44{,}38$$

Dabei stellt y die Artenzahl der Phytophagen (=Mittelwert der Artenzahlen der oben angeführten 6 Phytophagen-Taxa) und x die Gehölzartenzahl einer Hecke dar.

Da für die Berechnung die für die mitteleuropäische Insektenfauna vorliegenden Literaturangaben über Wirtspflanzen benutzt wurden, stellt der Wert y die potentiell im mitteleuropäischen Gesamtgebiet zu erwartende Phytophagenzahl dar, d.h. er liegt wesentlich höher als die in einem einzelnen Beobachtungsgebiet zu erwartende Insektenartenzahl. Die Bewertungszahlen für die einzelnen Gehölzarten mußten also so abgestuft werden, daß ebenfalls zwischen dem jeweiligen Gesamtindex (= Punktsumme) und dem Logarithmus der Gehölzartenzahl ein angenähert lineares Verhältnis besteht. Überdies erschien es wünschenswert, die Bewertungspunkte so zu wählen, daß bei Berücksichtigung einer größeren Zahl von Gehölzarten eine Regressionsgerade zustande kommt, deren Steigung von der oben angeführten »mittleren Regressionsgeraden« für die 6 Phytophagentaxa nicht allzu stark abweicht.

Daß dies mit dem vorgeschlagenen Bewertungssystem erreicht werden kann, zeigt das in Abschn. 3.1.4.4 gebrachte Anwendungsbeispiel. Ordnet man hier die Gehölzarten der Rangfolge nach, so erhält man die Regressionsgerade

$$y' = 9{,}13 \cdot \log(x) + 3{,}3$$

wobei y' die jeweilige Punktsumme und x wiederum die Gehölzartenzahl bedeutet. Setzt man für einen Bewertungspunkt 10 Phytophagenarten (10y'=y) ein, dann erhält man mit

$$y = 91{,}3 \cdot \log(x) + 33$$ eine Regressionsgerade,

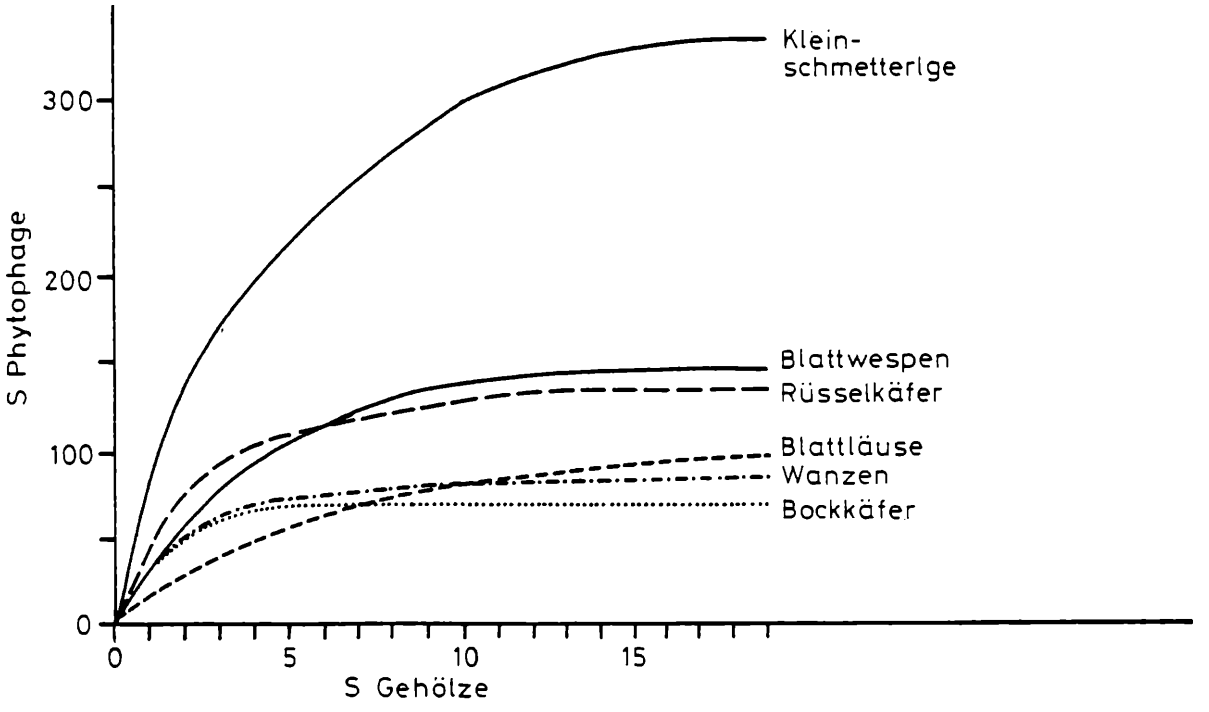


Abbildung 68:

Beziehungen zwischen der Artenzahl verschiedener im Heckenbereich vorkommender Phytophagen-Taxa und der Gehölzartenzahl, dargestellt in Form von »Arten-Areal-Kurven«. Erläuterung im Text (Anhang 1)

Figure 68

Species numbers of phytophagous taxa (Microlepidoptera, Tenthredinidae, Curculionidae, Aphidoidea, Hemiptera, Cerambycidae) as a function of the numbers of wood species in an hedgerow.
Representation as in species-area curves.
Data compiled from the literature quoted in appendix 1

die sich nicht allzu weit von der auf Literaturangaben über Phytophagen-Wirtspflanzen aufgebauten »Eichgeraden« ($y = 85{,}8 \cdot \log(x) + 44{,}38$) entfernt.

Es darf bei dem vorgeschlagenen Bewertungssystem also damit gerechnet werden, daß zwischen der für eine Gehölzartenkombination erreichten Punktsumme und der dort potentiell erreichbaren Phytophagenartenzahl ein angenähert proportionales Verhältnis besteht.

In Tabelle 39 werden Literaturangaben über die Artenzahlen ausgewählter Phytophagengruppen an verschiedenen Heckengehölzarten gebracht, wobei die eingangs angeführte Literatur verwendet wurde. Dort, wo die betreffenden Literaturangaben sich auf eine ganze Pflanzengattung und damit auch auf nicht in den Hecken vorkommende Gehölzarten beziehen, wurden die betreffenden Werte in Klammern gesetzt. Die unterschiedlichen Artensummen wurden in Abschn. 3.1.4.1 bei der Ausarbeitung des Bewertungsschemas berücksichtigt.

Tabelle 39

Beziehungen zwischen potentiellen Phytophagen-Artenzahlen und Gehölzartenzahlen in Hecken

Phytophagengruppe	Datenquelle	Regressionsgerade	Korrelationskoeffizient	P
Kleinschmetterlinge	Eckstein (1933)	$y = 219{,}5 \cdot \log(x) + 70{,}1$	0,997	0,001
Blattwespen	Kraus-Lorenz (1957)	$y = 94{,}3 \log(x) + 37{,}7$	0,98	0,001
Rüsselkäfer	Hoffmann (1964)	$y = 67{,}9 \cdot \log(x) + 59{,}2$	0,976	0,001
Blattläuse	Börner (1952)	$y = 68{,}8 \cdot \log(x) + 11{,}8$	0,997	0,001
Wanzen	Wagner (1967)	$y = 36{,}7 \cdot \log(x) + 42{,}7$	0,948	0,001
Bockkäfer	v. Demelt (1966)	$y = 27{,}7 \log(x) + 44{,}8$	0,92	0,001
mittlere Regressionsgerade für die 6 Phytophagen-Taxa		$y = 85{,}8 \cdot \log(x) + 44{,}4$		

Erläuterung: y ist die auf Grund der betreffenden Literaturquelle zu erwartende potentielle Artenzahl der betreffenden Phytophagengruppe. x gibt die Gehölzartenzahl (nach abnehmender Rangfolge geordnet) wieder. Berücksichtigt wurden Crataegus spp., Salix caprea, Corylus, Rubus spp., Acer campestre, Prunus avium, Rosa spp., Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Ligustrum, Sorbus aucuparia, Ribes spp., Viburnum spp., Evonymus, Lonicera spp., Frangula, Rhamnus, Humulus, Sambucus. Die Phytophagen-Gehölzarten-Kurven sind in Abbildung 68 dargestellt.

Tabelle 39a

Aufschlüsselung	Bock-käfer	Wanzen	Rüssel-käfer	Blatt-wespen	Blatt-läuse	Klein-schmet-terlinge	Summe Arten
1 Salix caprea (Salix)	(38)	(31)	30	26	11	77	(213)
2 Crataegus spp.	10	19	48	13	17	56	163
3 Prunus spinosa (Prunus)	(15)	5	23	14	7	73	(137)
4 Corylus avellana	25	24	23	16	2	22	112
5 Rosa spp.	10	3	10	33	16	31	103
6 Rubus spp.	–	7	13	29	4	32	85
7 Acer campestre (Acer)	(15)	2	13	3	7	33	(73)
8 Sorbus aucuparia	2	5	12	9	3	41	72
9 Lonicera spp.	1	1	1	11	4	22	40
10 Rhamnus (+Frangula) spp.	(6)	3	–	2	6	28	(45)
11 Cornus sanguinea	2	–	5	1	8	16	32
12 Ribes spp.	–	2	2	7	7	12	30
13 Ligustrum vulgare	–	1	4	2	3	11	21
14 Evonymus europaeus	7	1	1	–	5	7	21
15 Viburnum spp.	2	1	2	2	4	6	17
16 Sambucus nigra	–	2	–	–	2	15	15
17 Humulus lupulus	–	2	–	–	2	11	15

Anhang XI

Liste der aus Kleinschmetterlingen an Heckenpflanzen gezogenen Parasitenarten und der phytophagen Schädlinge, welche als Wirte für die betreffenden Parasiten in THOMPSON's Katalogwerk angegeben werden. Die als Alternativ-Wirte angegebenen Arten sind in KEILBACH (1966) als landwirtschaftliche oder forstliche Schädlingsarten aufgeführt.
Es bedeuten (R), (S), (W) = Wildrosen, bzw. Schlehen oder Weißdorn (= Heckenpflanze, auf der die Kleinschmetterlingsart und ihr Parasit von uns nachgewiesen wurde). E, L, P, = Ei-, Larven-, Puppenparasit.

ICHNEUMONIDAE

Im Verlauf des Projekts gezogener Parasit	Wirt aus dem Heckenbereich	parasitiertes Stadium	Schädlinge, für welche der Parasit nachgewiesen wurde
Acropimpla pictipes G.	Notocelia roborana D. & S. (R) (Tortricidae)	L	Tortrix viridana L. Yponomeuta malinellus Z. Plutella porectella L.
Agrypon anxium W.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L–P	Yponomeuta malinellus Z.
Campoplex difformis G.	Pardia tripunctana S. Notocelia roborana D.&S. (R) (Tortricidae)	L	Carpocapsa pomonella L. Zeiraphera diniana G. Lymantria dispar L. Earis chlorana L. Operophtera brumata L. Pieris brassicae L. Tortrix viridana L.
Campoplex rufinator A.	Swammerdamia caesiella Hb. (S) (Yponomeutidae)	L	
Diadegma armillatum G.	Yponomeuta padellus L. (S) Swammerdamia lutarea Hb. (C) (Yponomeutidae)	L	Yponomeuta malinellus Z. Plutella maculipennis C. Pyrausta nubilalis Hb.

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

ICHNEUMONIDAE

Im Verlauf des Projekts gezogener Parasit	Wirt aus dem Heckenbereich	parasitiertes Stadium	Schädlinge, für welche der Parasit nachgewiesen wurde
Diadegma apostata G.	Notocelia roborana D.&S. (R) (Tortricidae)	L	Yponomeuta malinellus Z. Plutella porectella L.
Diadegma praerogator L.	Notocelia roborana D.&S. (R) Ancylis achatana F. (C) (Tortricidae)	L	
Diadegma areolaris H.	Hedya pruniana H. (S) (Tortricidae)	L	Polychrosis botrana S.
Diadegma crataegellae T.	Scytrophia crataegella L. (S) (Yponomeutidae) Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae)	L	Argyrestia conjugella Z. Dasychira pudibunda L.
Diadegma fenestrale H.	Swammerdamia lutarea H. (C) (Yponomeutidae)	L	Ceutorrhynchus quadridens P. Cnephasia wahlbomiana auct. Yponomeuta malinellus Z. Plutella maculipennis C. Polychrosis botrana S. Sparganothis pilleriana S.
Diadegma truncatus H.	Argyresthia mendica H. (S) (Yponomeutidae)	L	
Diadegma sordipes T.	Swammerdamia caesiella H. (S) (Yponomeutidae)	L	
Herpestomus brunneicornis G.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	(L)–P	Yponomeuta malinellus Z.
Itoplectis alternans G.	Yponomeuta padellus I. (S) (Yponomeutidae) Coleophora anatipennella H. (S) (Coleophoridae)	P	Argyrotaenia politana H. Depressaria depressella H. Diprion pini L. Grapholita molesta B. Yponomeuta malinellus Z. Ips typographus L. Pieris brassicae L.
Itoplectis alternans G.			Plutella maculipennis C. Polychrosis botrana S. Rhyacionia buolina S. Sparganothis pilleriana S. Tortrix viridana L.
Itoplectis maculator F.	Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae) Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae) Argyroploce ochroleucana D. Tortrix bergmanniana L. (R) Ancylis achatana F. (C) (Tortricidae)	P	Archips crataegana H. Cnephasia wahlbomiana auct. Coleophora anatipennella H. Cosmotriche potatoria L. Diarsia brunnea S. Earis chlorana L. Epinotia tedella C. Yponomeuta malinellus Z. Malacosoma neustria L. Olethreutes pruniana H. Pandemis ribeana H. Polychrosis botrana S. Sophronia humerella S. Sparganothis pilleriana S. Tortrix viridana L.
Pimpla instigator F.	Hedya pruniana H. (S) (Tortricidae)	P	Abraxas grossularia L. Aporia crataegi L. Bupalus piniarius L. Cosmotriche potatoria L. Dasychira pudibunda L. Dendrolimus pini L. Dicranura vinula L. Lymantria monacha L. Malacosoma neustria L. Panolis flammea S. Pieris brassicae L. Polia oleracea L.

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

ICHNEUMONIDAE

Im Verlauf des Projekts gezogener Parasit	Wirt aus dem Heckenbereich	parasitiertes Stadium	Schädlinge, für welche der Parasit nachgewiesen wurde
Pimpla instigator F.			Lymantria dispar L. Tortrix viridana L.
Pimpla turionellae L.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	P	Clysia ambiguella H. Coleophora laricella H. Dendrolimus pini L. Lymantria monacha L. Polychrosis botrana S. Rhyacionia buolina S. Sparganothis pilleriana S.
Pimpla sp.	Cerostoma herridella T. (S)	P	
Pristomerus vulnerator P.	Rhodophaea advenella Z. (C) (Pyralidae)	L	Anthomya albimana Z. Archips podana S. Carpocapsa pomonella L. Dendrolimus punctatus W. Depressaria nervosa H. Etiella zinckiella T. Grapholita molesta B. Hedya nubiferana H. Polychrosis botrana S. Spilonota ocellana L. Lymantria dispar L. Pyrausta nubilalis H. Rhyacionia buolina S. Sphaeroeca ocellana P.
Scambus annulatus K.	Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae) Rhodophaea advenella Z. (C) (Pyralidae) Rhagoletis alternata F. (R) (Trypetidae)	L	Cnephasia wahlbomiana auct. Coleophora anatipennella H. Cosmotriche potatoria L. Diarsia brunnea S. Earis chlorana L. Epinotia tedella C. Yponomeuta malinellus Z. Malacosoma neustria L. Olethreutes pruniana H. Pandemis ribeana H. Polychrosis botrana S. Sparganothis pilleriana S. Tortrix viridana L.
Scambus brunneus B.	Argyroploce ochroleucana D. (R) (Tortricidae)	L	Anthonomus pomorum L. Malacosoma neustria L.
Scambus sp.	Hedya nubiferana H. (C) (Tortricidae)	L	
Trieces tricarinatus H.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L–P	Yponomeuta malinellus Z.
	BRACONIDAE		
Apanteles coniferae	Swammerdamia luterea H. (C) (Yponomeutidae)	L	
Apanteles onaspis N.	Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae)	L	
Apanteles xanthostigma H.	Argyresthia nitidella F. Swammerdamia caesiella H. (S) (Yponomeutidae)	L	
Apanteles laevigatus (group)	Notocelia roborana D.&S. (R) (Tortricidae) Coleophora gryphipennella B. (S) (Coleophoridae)	L	
Ascogaster quadridentata M.	Hedya nubiferana H. Ancylis achatana F. (C) (Tortricidae)	E–L	Carpocapsa pomonella L. Grapholita molesta B. Spilonota ocellana L. Polychrosis botrana S.
Ascogaster ratzeburgii M.	Notocelia roborana D.&S. (R) (Tortricidae)	E–L	

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

BRACONIDAE

Im Verlauf des Projekts gezogener Parasit	Wirt aus dem Heckenbereich	parasitiertes Stadium	Schädlinge, für welche der Parasit nachgewiesen wurde
Bracon sp.	Notocelia roborana D.&S. Argygroploce ochroleucana D. (R) (Tortricidae)	L	
Habrobracon brevicornis W.	Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae)	L	Achroia grisella F. Acrobasis obliqua Z. Aporia crataegi L. Archips murinana H. Dioryctria abietella D. Ephestia elutella H. Ephestia kueniella Z. Galleria mellonella L. Pieris brassicae L. Lymantria dispar L. Pyrausta nubilalis H. Tortrix viridana L.
Macrocentrus nitidus W.	Pandemis heparana S. (S) (Tortricidae)	E–L	
Macrocentrus pallipes	Hedya nubiferana H. (C) (Tortricidae)	E–L	
Macrocentrus toracicus N.	Hedya nubiferana H. (C) (Tortricidae)	E–L	Archips crataegana H. Depressaria nervosa H. Tortrix viridana L.
Meteorus confinis	Acleris rhombana D.&S. (C) (Tortricidae)	L	Adoxophya orana F.
Microchelonus sp.	Swammerdamia lutarea H. (C) Swammerdamia caesiella H. (S) (Yponomeutidae)	E–L	
Phanerotoma minor S.	Rhodophaea advenella Z. Rhodophaea marmorea H. (C) (Pyralidae)	L	
	CHALCIDOIDEA		
Ageniaspis atricollis D.	Argyresthia nitidella F. Argyresthia albistria H. A. mendica H. (S) (Yponomeutidae)	L	Argyresthia ephippiella F.
Ageniaspis fuscicollis D.	Argyresthia albistria H. Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L	Yponomeuta malinellus Z.
Copidosoma sp.	Hedya nubiferana H. (C) (Tortricidae)	L	
Crysocharis prodice W.	Nepticula centifoliella Z. (R) (Nepticulidae)	L	
Elachertus argissa W.	Notocelia roborana D.&S. (R) (Tortricidae)	L	
Elasmus sp.	Pardia tripunctana S. (R) (Tortricidae)	L	
Screptothelis deione W.	Nepticula centifoliella Z. (R) (Nepticulidae)	L	
Tetrastichus evonymellae B.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L	Yponomeuta malinellus Z.
Trichogramma sp.	Ancylis achatana F. (C) Notocelia roborana D.&S. Pardia tripunctana S. (R) (Tortricidae) Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae)	E	

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

TACHINIDAE

Im Verlauf des Projekts gezogener Parasit	Wirt aus dem Heckenbereich	parasitiertes Stadium	Schädlinge, für welche der Parasit nachgewiesen wurde
Bactromya aurulenta M.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L	Mamestra pisi L.
Eumea westermanni Z.	Archips podana S. (S) (Tortricidae)	L	Carpocapsa pomonella L. Cacoecia rosana L.
Eurysthaea scutellaris R.	Yponomeuta padellus L. (S) (Yponomeutidae)	L	Yponomeuta malinellus Z. Sparganothis pilleriana S. Cacoecia rosana L. Bupalus piniarius L.
Nemorilla floralis F.	Platyptilia rhododactyla F. (R) (Pterophoridae) Ancylis achatana (C) (Tortricidae)	L	Sparganothis pilleriana S. Cacoecia rosana L. C. podana S. C. murinana H. Pandemis heparana S. P. ribeana H. Tortrix viridana L. Polychrosis botrana S. Yponomeuta malinellus Z. Agrotis c- nigrum L. Mamestra persicariae L. Dendrolimus pini L.
Pseudoperichaeta insidiosa R.	Yponomeuta padellus L (S) (Yponomeutidae)	L	Etiella zinckenella F. Dioryctria abietella S. Pyrausta nubilalis H. Sparganothis pilleriana S. Cacoecia podana S. C. rosana L. Pandemis heparana S. Tortrix viridana L. Laspeyresia molesta L.

Anhang XII

Heckenpflanzen als Wirte landwirtschaftlicher Schadorganismen

Dieser Aufstellung liegen in erster Linie die bei KEILBACH (1966) gemachten Angaben zu Grunde. Eine Diskussion erfolgt in Abschnitt 3.2.4.

Heckenstrauchart	Schadorganismus	syst. Gruppe	schädlich an	Bemerkungen
Schlehe (Prunus spinosa L.)	Erreger der Scharka Krankheit	Virus	Pflaume, Pfirsich, Aprikose, Mirabelle	
"	Brachycaudus cardui L. (Gem. Pflaumen-blattlaus)	Aphididae	Pflaume, Zwetschge	Prunus – Arten sind Winterwirte (Sommerwirte = Korbblütler)
"	Hyalopterus pruni Koch (Mehlige Pflaumen-blattlaus)	Aphididae	Prunus-Arten	Prunus-Arten sind Hauptwirte (Sommerwirt = Schilf
	Phorodon humuli Schrank (Hopfenblattlaus)	Aphididae	Hopfen	Prunus-Arten sind Hauptwirte, Hopfen = Nebenwirt
"	Yponomeuta padellus L. (Pflaumengespinst-motte)	Yponomeutidae	Pflaume	nach neueren holländischen Untersuchungen stellen Y. padellus an Schlehe und Pflaume unterschiedliche Rassen dar

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

Heckenstrauchart	Schadorganismus	syst. Gruppe	schädlich an	Bemerkungen
Schlehe (Prunus spinosa L.)	Anisopterix aescularia Schiffermiller (Eschenspanner)	Geometridae	div. Obstbäume	
"	Abraxas grossulariata L. (Stachelbeerspanner)	Geometridae	Stachel-, Johannisbeere, Pflaume, Pfirsich	Schäden bes. in Hausgärten und Kleingartenanlagen durch Kahlfraß
Rosa spp. (Wildrose)	Macrosiphum rosae L. (Große Rosenblattlaus)	Aphididae	Apfel, Birne, Erdbeere	Apfel, Birne, Erdbeere, seltene Nebenwirte, Vektor für Rosenmosaik
"	Eulecanium corni Bouché (Zwetschgen-Napfschildlaus)	Lecaniidae	Zwetschge, Johannis-, Stachelbeere, Pfirsich, Aprikose, Wein	sehr polyphag
"	Quadraspidiotus perniciosus Comstock (San José-Schildlaus)	Diaspididae	Johannisbeere, Apfel Birne, Pfirsich, Zwetschge, Mirabelle, Aprikose, Quitte, Stachelbeere	polyphag (Rosen, Weißdorn, Weiden u.a. als Reservoire dienend)
"	Aulacaspis rosae Bouché (Kl. weiße Rosenschildlaus)	Diaspididae	Himbeere, Stachelbeere	
"	Lepidosaphes ulmi L. (Gem. Kommaschildlaus)	Diaspididae	Apfel, Birne, Pfirsich	♀♀ an Rosaceae
	Typhlocyba rosae L.	Typhlocybidae	Rosaceae	Vektor für Rosenmosaik
"	Stephanitis pyri F. (Birnblattwanze)	Tingitidae	Birne, Apfel, Pfirsich, Aprikose, Kirsche, Walnuß, Quitte, Schw. Johannisbeere	
"	Anisandrus dispar F.	Ipidae	u.a. Apfel, Birne, Aprikose, Zwetschge, Weinrebe	polyphag
"	Thomasiana oculiperda Rübsaamen (Okuliergallmücke)	Itonididae	div. Obstbäume	legt die Eier an Wundstellen von Rosaceae
"	Cacoecia rosana L. (Hecken- od. Rosenwickler)	Tortricidae	Kern-, Steinobst, Beerensträucher	
"	Spilotana ocellana Schiffermiller (Roter Knospenwickler)	Tortricidae	u.a. Apfel, Birne (Spalierobst)	Fraß fördert Monilia-Befall
"	Malacosoma neustria L. (Ringelspinner)	Lasiocampidae	div. Obstbäume	
Crataegus sp. (Weißdorn)	Erwinia amylovora (Feuerbranderreger)	Enterobacteriaceae	Birne, Quitte, Apfel	aus Nordamerika eingeschleppt
"	Tetranychus viennensis Zacher (Weißdornspinnmilbe)	Tetranychidae	Apfel, Birne, Steinobst	
"	Dysaphis crataegae Kaltenbach (Weißdornblattlaus)	Aphididae	Möhren	
"	Janus compressus F. (Birnentriebwespe)	Cephidae	Birne, Apfel	

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

Heckenstrauchart	Schadorganismus	syst. Gruppe	schädlich an	Bemerkungen
Crataegus sp. (Weißdorn)	Caliroa limacina Retz. (Schwarze Kirschblattwespe)	Tenthredinidae	Steinobst (bes. Kirschen), Birnen, Quitten	
"	Aporia crataegi L. (Baumweißling)	Pieridae	Apfel, Birne, Kirsche, Pflaume, Aprikose u.a.	selten geworden; eine in der »Roten Liste« angeführte Art
"	Nygmia phaeorrhoea Donovan (Goldafter)	Lymantriidae	div. Obstbäume	in manchen Gebieten »Großschädling im Obstbau« (Keilbach)
"	Synantedon myopiformis Borkhausen (Apfelbaumglasflügler)	Aegeriidae	Apfel	
	Blastodacna putripenella Zeller (Apfelmarkschabe)	Momphidae	Apfel	
"	Simaethis pariana L. (Apfelblattmotte)	Glyphipterygidae	Apfel (selten an Birne, Kirsche)	selten an Weißdorn
Evonymus europaeus (Pfaffenhütchen)	Abraxas grossulariata L. s. Schlehe			
Acer campestre (Feldahorn) u. weitere Ahornarten	Phenacoccus aceris Signoret (Ahornschmierlaus)	Pseudococcidae	Beerenobst, Obstbäume (Altholz)	
"	Phyllobius piri L. (Breiter Birngrünrüssler)	Curculionidae	Obstbäume	Larven Wurzelschädlinge an Gräsern
"	Anisandrus dispar F. s. Rosa			
Corylus avellana (Haselnuß)	Galerucella lineola F. (Gelber Weidenblattkäfer)	Chrysomelidae	Obstbäume	
"	Oberea linearis L. (Haselböckchen)	Cerambycidae	Walnuß	
"	Cacoecia rosana s. Rosa			
"	Abraxas grossulariata s. Schlehe			
Rubus idaeus (Himbeere)	Aphis idaei v.d. Goot (Kl. Himbeerblattlaus)	Aphididae	Johannisbeere (weiß, rot)	
"	Aulacaspis rosae s. Rosa			
"	Lygus pratensis L. (Gemeine Wiesenwanze)	Miridae	Klee, Erbsen, Bohnen, Sonnenblume, Kirsche, Kohl, Zuckerrübe, Luzerne, Tabak	auch an Brombeere, überträgt Kräusel- und Mosaikvirus
"	Byturus tomentosus F. (Himbeerkäfer)	Cucujoidea	Rosaceae	auch auf Brombeere
	Anthomus rubi Herbst (Himbeerblütenstecher)	Curculionidae	Erdbeere	auch an Brombeere
"	Otiorrhynchus ovatus L. (Erdbeerwurzelrüßler)	Curculionidae	Erdbeere	auch an Brombeere

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

Heckenstrauchart	Schadorganismus	syst. Gruppe	schädlich an	Bemerkungen
Rubus idaeus (Himbeere)	Otiorrhynchus sulcatus F. (Gefurchter Dickmaulrüßler)	Curculionidae	Weinrebe, Erdbeere Stachelbeere	
	Mamestra persicariae L. (Flohkrauteule)	Noctuidea	Kohl, Hanf, Leguminosen, Weinrebe	auch an Brombeere
Rubus sp. (Brombeere)	Sparganothis pilleriana Schiffermiller (Springwurmwickler)	Tortricidae	Hopfen, Erdbeere, Weinrebe (in Weinbaugebieten an Kartoffel, Tomaten)	bes. schädlich an Weinstöcken
Frangulus alnus (Faulbaum)	Aphis frangulae Kalt. (Faulbaumblattlaus)	Aphididae	Kartoffel	
Ribes uva-crispa (Stachelbeere)	Eulecanum corni Quadraspidiotus perniciosus Aulacaspis rosae s. Rosa sp.			
"	Plesiocoris rugicollis Fall. (Grüne Apfelwanze)	Miridae	Apfel, Birne, Johannisbeere	
"	Otiorrhynchus sulcatus s. Himbeere			
"	Pristiphora pallipes Lepeletier (Schwarze Stachelbeerblattwespe)	Tenthredinidae	Johannisbeere	
"	Synantedon tipuliformis Clerck (Johannisbeerglasflügler)	Aegeriidae	Johannisbeere	
"	Cacoecia podana Scop. (Eschenzwieselwickler	Tortricidae	Apfel, Birne, Pflaume, Johannisbeere	
"	Zoophodia convolutella Hübner (Stachelbeerzünsler)	Pyralidae	Johannisbeere	
"	Thamnonoma waneria L. (Johannisbeerspanner)	Geometridae	Johannisbeere	
"	Abraxas grossulariata s. Schlehe			
Sorbus aucuparia (Eberesche)	Yponomeuta evonymellus L. Traubenkirschenmotte)	Yponomeutidae	Pflaume, Kirsche	
	Simaethis pariana Synantedon myopiformis s. u. Weißdorn			
Salix spp. (Weiden)	Quadraspidiotus perniciosus s.u. Rosa			bei chemischer Bekämpfung Reservoire auf nicht behandelten Laubbäumen, u.a. Weiden
"	Plesiocoris rugicollis s.u. Stachelbeere			

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)

Heckenstrauchart	Schadorganismus	syst. Gruppe	schädlich an	Bemerkungen
Salix spp. (Weiden)	Cossus cossus L. (Weidenbohrer)	Cossidae	Obstbäume	
"	Meligethes aeneus F. (Rapsglanzkäfer) ebenso: M. coracinus M. picipes, M. viridescens	Nitidulidae	Raps, Rübsen, Apfel, Busch-, Stangenbohnen	
"	Saperda scaleris L. (Leiterbock)	Cerambycidae	Kirsche, Apfel, Nuß	
"	Galerucella lineola s.u. Hasel			
"	Anisandrus dispar s.u. Rosa			
"	Anomala aenea De Geer (Julikäfer)	Scarabaeidae	Weinrebe, Roggen (Blüten und Milchkörner)	
"	Abraxas grossulariata s.u. Schlehe			
"	Nygmaea phaeorrhoea s.u. Crataegus			
Berberis vulgaris (Berberitze)	Puccinia graminis (Getreiderost)	Uredinales	verschiedene Getreidearten	wirtswechselnd, Berberis = Zwischenwirt
Rhamnus cathartica	Puccinia coronata (Kronenrost)	Uredinales	Hafer	wirtswechselnd, Rhamnus = Zwischenwirt

Anhang XIII

Liste der verwendeten Fachbegriffe

Abiotische Faktoren:
Wirkungen der unbelebten Natur (Klima, Boden etc.) im Unterschied zu biotischen Wirkungen der belebten Natur (Nahrung, Konkurrenten, Feinde etc.)

Abundanz
Häufigkeit der Individuen einer Population

Acanthosomatidae
Stachelwanzen

Acer campestre
Feldahorn

Adulti
erwachsene, geschlechtsreife Stadien z.B. bei Insekten

Anthocoridae
Blumenwanzen

anthropogen
durch menschlichen Einfluß bedingt

Aphididae
Blattläuse

Aphis fabae
schwarze Rübenblattlaus

Araneidae = Argyopidae
Kreuzspinnen

Araneae
Spinnen

Arctiidae
Bärenspinner (Schmetterlingsfamilie)

Arthropoda
Gliederfüßer (Tiere mit gegliedertem Körper und Extremitäten und Chitinaußen-Skelett)

Binokular
Stereolupe, Stereomikroskop

Bionomie
Lebensweise und Verlauf des Lebenszyklus einer Art

Biomasse
Gewicht von Lebewesen (pro Flächen- od. Volumeneinheit)

Biotop
Lebensraum einer Lebensgemeinschaft von bestimmter Mindestgröße und einheitlicher, gegenüber der Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit

Biotopbindung
Bindung von Lebewesen an bestimmte Lebensräume

Braconidae
Brackwespen

Cantharidae
Weichkäfer

Chalcidoidea
Erzwespen

Chrysomelidae
Blattkäfer

Chrysopidae
Florfliegen

Coccinellidae
Marienkäfer

Coleoptera
Käfer

Collembola
Springschwänze (bodenlebende Urininsekten)

Cornus sanguinea
Hartriegel

Corylus avellana
Haselnuß

Crataegus sp.
Weißdorn

Curculionidae
Rüsselkäfer

Dermaptera
Ohrwürmer

Diptera
Zweiflügler (Fliegen, Mücken)

Diversität
Artenmannigfaltigkeit

Ektoparasit
an der Außenseite des Wirts lebender Schmarotzer

Empididae
Tanzfliegen

endophytisch
im Pflanzengewebe lebend

Entomophage
Insektenfresser

Entomologie
Insektenkunde

euryphag
Bezeichnung für Tiere, die bezüglich ihrer Ernährung wenig spezialisiert sind

euryök
Bezeichnung für Organismen mit großer Toleranz gegenüber Umweltfaktoren, nicht auf bestimmte Lebensräume beschränkt

Evonymus
Pfaffenhüttchen

Exhaustor
Fanggerät für kleine, schwer fangbare Insekten bestehend aus einer Saugflasche mit Ansaug- und Sammelschlauch

Faunistik
zoologische Arbeitsrichtung, die sich mit der Untersuchung der Tiere eines bestimmten Gebietes befaßt

Floristik
botanische Arbeitsrichtung, die sich mit der Erfaßung der einzelnen Pflanzen eines bestimmten Gebietes befaßt

Formicidae
Ameisen

Fundatrix
»Stammutter« bei Blattläusen, ungeflügelte, parthenogenetische Weibchen, die im Frühjahr aus den Wintereiern schlüpfen

Geometridae
Spanner (Schmetterlingsfamilie)

Gregarinae
Einzeller (Sporentierchen, Sporozoa) als Innenparasiten von Ringelwürmern und Gliederfüßern

Hämolymphe
Körperflüssigkeit (»Blut«) bei wirbellosen Tieren mit offenem Blutgefäßsystem

Heteroptera
Wanzen

Humulus
Hopfen

Hymenoptera
Hautflügler (Bienen, Wespen, Ameisen)

Hyperparasitierung
parasitärer Befall eines Insekts (z.B. einer Schlupfwespenlarve), das als Parasitoid in oder an einem Wirtsinsekt lebt

Ichneumonidae
Schlupfwespen

Imagines
geschlechtsreifes Erwachsenenstadium bei Insekten

interspezifisch
zwischenartlich, zwischen Individuen verschiedener Arten

intraspezifisch
innerartlich, zwischen Individuen einer Art

k-Wert
Maß für die Sterblichkeit ($k = \log N - \text{Log } S$, wobei N = Ausgangsdichte und S = Dichte der Überlebenden)

Kokon
Hülle, in der sich eine Insektenlarve verpuppt

Lepidoptera
Schmetterlinge

Ligustrum
Liguster

Linyphiidae
Baldachinspinnen

Lonicera
Heckenkirsche

Lincoln-Index
Formel zur Feststellung der Bevölkerungsdichte nach Wiederfang von zuvor markierten Individuen

Lygaeidae
Langwanzen

Miridae
Weichwanzen

monophag
Bezeichnung für Nahrungsspezialisten, also Tiere mit sehr engem Nahrungsspektrum

Mortalität
Sterblichkeit

Multiparasitierung
Mehrfachparasitierung, Befall eines Wirtsindividuums durch zwei oder mehr zu verschiedenen Arten gehörenden Parasitoiden

Neuroptera
Netzflügler

Opiliones
Weberknechte

Ornithologie
Vogelkunde

Orthoptera
Geradflügler (Schaben, Heuschrecken, Ohrwürmer)

Panorpa
Skorpionsfliege

Parasit
Pflanzen oder Tiere, die in oder auf einem anderen Organismus leben und sich von diesem ernähren, in der Regel ohne ihn zu töten

Parasitoid
Bezeichnung für Parasiten die ihren Wirt im Laufe ihrer Entwicklung töten

Pentatomidae
Baumwanzen

Phyllophage
Blattfresser

Phytophage
Pflanzenfresser

Phytophagen-Entomophagen-Komplex
Komplex von Pflanzenfressern und deren spezialisierten Freßfeinden

Piesmidae
Meldenwanzen

Plecoptera
Steinfliegen

polyphag
alles fressend, wenig spezialisiertes Nahrungsspektrum

Population
Gesamtheit der Individuen einer Art, die einen bestimmten Lebensraum besiedeln

Populationsdynamik
zeitliche Veränderung der Populationsdichte

Prädator
Räuber

Primärkonsument
Konsumenten 1. Ordnung = Pflanzenfresser

Primärproduktion
Produktion durch autotrophe Organismen (grüne Pflanzen); im Unterschied dazu Sekundärproduktion = Produktion heterotropher Organismen (z.B. Tiere)

Produktionsökologie
Teilgebiet der Ökologie, in dem Stoff- und Energieumsätze eines Ökosystems oder einzelner Populationen desselben untersucht werden

Prunus avium
Vogelkirsche

Prunus spinosa
Schlehe

Psocoptera
Staubläuse

Psyllidae
Blattflöhe

Pteromalidae
Erzwespen

Rhammus cathartica
Kreuzdorn

Rhammus frangula
Faulbaum

Rhopalosiphum padi
Haferblattlaus

Ribes
Stachelbeere

Rubus idaeus
Himbeere

Rubus sp.
Brombeere

Salix caprea
Sal-Weide

Sambucus ebulus
Zwerg-Holunder

Sarcophagidae
Fleischfliegen

Sexualpheromon
Sexual-Lockstoffe, die zur Partnerfindung und zum Auslösen der Fortpflanzungsbereitschaft zwischen Individuen einer Art führen

Sorbus aucupariae
Vogelbeere

Sporozoa
Sporentierchen (Einzeller, die endoparasitisch leben)

Superparasitierung
Parasitierung eines Wirts durch Belegung eines Wirtsindividuums, in dem sich nur eine Parasitoidenlarve entwickeln kann, durch zwei oder mehr Eier der gleichen Parasitoiden-Art

Syrphidae
Schwebfliegen

Tachinidae
Raupenfliegen

Tannine
sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, Gerbstoffe, in der Regel herb schmeckend, eiweißfällend

Taxa
systematische Kategorien wie Art, Gattung, Familie

Tenthredinidae
Blattwespen

Tephritidae
Bohrfliegen

Theridiidae
Haubennetzspinnen

Tortricidae
Wickler (Kleinschmetterlingsfamilie)

univoltin
eine Generation pro Jahr hervorbringend

Viburnum opulus
Gemeiner Schneeball

Yponomeutidae
Gespinstmotten

Zygaenidae
Widderchen (Schmetterlingsfamilie)

Summary

This study deals with the ecological interrelationsips between hedges of the Rhamno-Cornetum type and their fauna. The purpose of our investigations which were carried out in Upper Frankonia (North-eastern Bavaria) between 1978 und 1982, was an analysis of the functions of hedges as habitat and food resources of animals. We present scientific results of our study (Appendix, Section I to IX) and discuss criteria for a zoological evaluation of hedges (Section 3.1.1.–3.1.3). We also present a scoring system to assess the value of hedges with regard to animal life (Section 3.1.4; 3.1.5) and then evaluate hedges as part of integrated pest management concepts (Section 3.2: Appendix XI and XII).

Arthropods on hawthorn *(Crataegus* spp.), sloe *(Prunus spinosa)* and wild rosebushes *(Rosa* spp.) were assessed by a standard sampling programme using beating trays with attached removal jars (Klopfprobenmethode). In Section I (Appendix) we present the phenology of selected groups of the hedge arthropod fauna: Lepidoptera (larvae), Homoptera, Heteroptera (Anthocoridae, Miridae), Coleoptera (Curculionidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Cantharidae), Hymenoptera (Tenthredinidae, Ichneumonoidea, Chalcidoidea, Formicidae), Diptera, Dermaptera, Arachnida. The numbers of individuals und the biomass of arthropods sampled showed a distinct maximum in May/June and a less pronounced increase in August/September. If the samples are split into phytophagous and entomophagous arthropods, the population peaks for May/June are exclusively *(Rosa, Prunus spinosa)* or mainly *(Crateagus)* due to the phytophages which are in their great majority distinct »early season feeders«. From August onwards the entomophagous arthropods show an equal *(Rosa, Crataegus)* or even higher biomass *(Prunus spinosa)*.

Particular attention was paid to those insect groups which are natural enemies of pest arthropods. A large proportion of the parasitic Hymenoptera which were bred from Microlepidoptera on *Crataegus, Rosa* and *Prunus spinosa* are recorded as natural enemies of agricultural or forest pests (Appendix, Section XI). Moreover, several species of Coccinellidae, Syrphidae, Anthocoridae, Miridae und Neuroptera which are beneficial predators of orchards and agricultural pests occur regularly and often in considerable densities in hedges. Some of these predators migrate from hedges to agricultural fields. The majority of these »mobile predators« which exploit hedges and their surroundings are aphidophagous species. For them, hedges are particularly important early in the season when food and host insects are scarce in the fields.

Hedges also provide a stable, predictable und diverse food resource for these insects compared to the instability of shifting cultures with their frequent perturbations caused by agricultural practices and chemical treatments.

For some insect groups associated with sloe, hawthorn and wild rosebushes we investigated the relationship between insect species composition and abundance on the one hand and age of the hedge and location of the shrub on the other hand (Appendix, Sections II, III, VI, VII). There were no significant differences between the composition of the insect fauna on old isolated bushes in grassland and of hedges older than 10–15 years. Shrubs in hedges below that age show an impoverished insect fauna. The species richness of insect and spiders increases with increasing structural diversity of the hedge.

Habitat and/or host selection with the hedge fauna was studied for several characteristic arthropod taxa. The members of the weevil genera *Phyllobius* and *Polydrosus* (Appendix, Section VI, 1) show different preferences for hedge habitats. Adults of *Phyllobius maculicornis, Ph. arborator, Polydrosus sericeus* are typical inhabitants of hedges, whilst *Phyllobius oblongus, Ph. betulae, Ph. roboretanus* and *Ph. piri* have a strong preference for orchards. Among the Heteroptera sampled in hedges the partially or completely entomophagous species dominate with 80 % (Appendix, Section VI, 2). From 60–70 % of the Heteroptera individuals encountered in hedges play a role in the integrated pest management of orchards. Adults of *Panorpa* sp., especially *P. vulgaris* are characteristic elements of the hedge fauna.

A comparative study (Appendix, Section VI, 5) showed that the *Panorpa* species occuring in hedges have the same food spectrum but exhibit differences in their phenology and habitat selection. Among the Dermaptera, *Forficula auricularia* and *Apterygida media* occur regularly in hedges and *Forficula* also migrates to adjacent fields and meadows. The broad food spectrum of these two species is similar. In Forficula it contains about 50 % of animal origin while in *Apterygida* the animal proportion of its diet is even higher. (Appendix, Section VI, 6)

Forficula auricularia is a promising species for integrated pest control projects because of its high mobility and its predation on aphids. Spiders and daddy-long-legs constitute that group of entomophagous hedge arthropods which reaches the highest biomass. In the different hedges investigated there were always the same 7–9 spider species dominating. Their reproductive phases are spread from May to September which leads to a considerable niche differentiation. (Appendix, Section VI, 3)

A special effort was made to assess the bird fauna of the hedges of our observation area (Appendix, Section

VII). Isolated bushes and hedgerows comprising a total length of 16740 m from 8 localities were checked for singing males and bird nests. A total of 68 bird species were recorded from hedges and their environment. At the fixed observation localities from 5 to 13 species were found breeding in hedges. There exists a species-area relationship between hedgerow lengths and the number of breeding bird species. In our hedge observation sites a maximal number of 12 bird species was recorded breeding above ground where hedges of 4000 m or longer were examined. The average density of bird nests was higher in short hedges (10–15 m) compared to hedges 100 or 200 m long. Isolated bushes in grassland had relatively high nest densities where they grew in the neighbourhood of hedges or other bushes.

Optimal conditions for birds are offered in regions with high hedge densities (80 m hedge per hectar), which show considerable structural diversity with a high frequency of woody species. Moreover, short hedges of 10–15 m long are more favourable than a similar length divided into a smaller number of lang hedges. For the bird species breeding in hedges we present data on preferences for single shrub species, on nest distribution related to the age classes of the hedge, and on the average height of nests above ground. The highest densities of bird nests in hedges were observed in shrubs of up to 10 years (= 3,5 nests per 100 m hedge). On 10 to 20 year old bushes we recorded 1,7 nests/100 m hedge and in bushes older than 20 years only 0,6 nests/100 m hedge. In contrast with overall nest density species diversity of bird nests reaches a maximum in hedges containing shrubs 10 to 20 years old. The way in which the immediate surroundings of a hedge is used (e. g. grassland or cultivated fields) also influences the species composition and the density of nests. Hedges along roads can reach similar nest densities (2,5 to 3,4 nests/100 m hedge) as hedges in fields or grassland.

During the winter we assessed the density of footprints of mammals and of some bird species in the snow in the immediate surroundings of hedges and isolated bushes and compared these values to the density of mammal tracks in the open field and along forest peripheries (Appendix, Section VIII). The weasel and the ermine tracks were mainly associated with hedges. The marten however showed merely a preference for hedges, but not the fox, the polecat or the badger. Roe deer footprints were mainly found along forest peripheries or along hedges close to forests, whilst the highest density of hare tracks was recorded around hedges at some distance form the forest. Isolated bushes in grassland were not particularly attractive to roe deer or hare, in contrast to the partridge where footprints were quite common also around short hedges in the field. Buds and twigs of sloe, hawthorn and other woody species are fed by roe deer and hare and this pruning effect can influence the growth form of hawthorn and sloe considerably.

Several insect-parasitoid complexes occuring on sloe and wild rosebushes in hedges were investigated to obtain information on the food web structure, resource utilization by photophagous and entomophagous insects and processes controlling population density. One of the systems analysed was *Yponomeuta padellus* on sloe and its natural enemies (Appendix, Section V).

In the observation area a complex of 19 primary and secondary parasitoids and several unspecialized predators were associatet with eggs, larvae and pupae of *Y. padellus*. The population dynamics of this ermine moth are determined by a highly complex interplay of meterological and microclimatic factors, the spatial distribution pattern and the growth form of the host plant (sloe), the dispersal and oviposition behaviour of *Yponomeuta* females, and several natural enemy species. At preferred localities the larvae of *Y. padellus* consume from 90–100 % of the leaf biomass of sloe. Over time this feeding pressure moulds the growth form of sloe in certain habitats. In young hedges in a climatically favorable situation form 70–90 % of the leaf biomass of sloe can be destroyed by *Y. padellus*, whilst in older hedges (where the proportion of sloe is usually low) on the average only 10–30 % of the leaves are consumed. In places with a favorable microclimate ants *(Formica pratensis)* can become a dominating predator of *Y. padellus*. At such localities however, the ermine moth populations are yearly replenished by immigration from hedges where mortality by natural enemies is less severe. The effect of predacious bugs on *Y. padellus* varies greatly from year to year and from locality to locality. Among the primary parasitoids the highly specialized chalcid fly *Ageniaspis fuscicollis* is particularly important, because it is so well synchronized with the ermine moth. Total larval and pupal parasitism of *Y. padellus* is usually low (on the average below 25 %). Secondary parasitoids gain in importance if the *Y. padellus* densities increase. As they stabilize the primary parasitoids at a level well below the carrying capacity of host, they constitute a buffer system protecting the host from overexploitation by primary parasitoids.

A comparative analysis of the host-parasitoid system of the tortricid *Notocelia roborana* on *Rosa* spp. showed that the density of the host population and the composition of its parasitoid complex depends on the age of the hedge or on the accessibility of rose bushes. About 7 % of the food resource (leaves of *Rosa* spp.) is consumed by *N. roborana*, if the host plant occurs within hedges. Leaf consumption on isolated rose bushes in grassland is usually somewhat higher. The regulating mortality factor operating on *N. roborana* populations occur during the pupal stage which is spent in the soil litter. Field experiments with varying pupal densities and the evaluation of life table data demonstrate that predators operating in the litter are the factor which exactly compensates for pupulation fluctuations of the moth. Among the parasitoids, only the egg parasite *Trichogramma* sp. shows a tendency to be density dependent. The other parasitoids are either density-independent or inversely density-dependent (Appendix, Section III).

The tortricid *Pardia tripunctana* whose larvae feed in buds of *Rosa* spp. is stabilized at a population level where on the average only 10 % of the available resources are consumed (maximal consumption = 33 %).

Here, too, the parasitoids are not able to control the population density of the host. As in *Notocelia* the main component of density regulation seem to be predators attacking the *Pardia* pupae in the soil litter (Appendix, Section IV).

In the pterophorid moth *Platyptilia rhododactyla*, another Microlepidoptera associated with *Rosa* spp. in hedges, there is a considerable decrease in the population density during larval development. It could be shown with field experiments that this change is not due to parasitoids or predators but rather to intraspecific competition for food (flower buds of *Rosa*). Moreover,

interspecific competition with winter moth larvae is another factor often limiting the density of *Platyptilia* (Appendix, Section IV).

In the tephritid *Rhagoletis alternata*, whose larvae exploit rose hips, population densities are regulated by the spatial pattern of egg distribution and by interference competition among the young larvae occupying the same rose hip. The egg densities often surpass the carrying capacity of the food resource, but an antagonistic behaviour of the newly hatched larvae adjusts larval densities before the resource is spoilt (Appendix, Section IV).

The leaf-miners associated with sloe, rose bushes and hawthorn in hedges (20 Microlepidoptera species and one curculionid species) are stabilized at spectacularly low population levels. The average consumption of leaf biomass by miners in the hedge is only 0.96 % of the available food resource. Parasitization of leaf miners in hedge was usually high and the available information suggests that parasitoids contribute greatly to the population control of leaf miners (Appendix, Section VI, 4).

Summarizing it can be stated that the phytophagous insect fauna of the hedge has characteristic mean population densities. Most of the species are stabilized at levels far below the carrying capacities of their food hosts. Exceptions are ermine moth, polyphagous species such as winter moth, and the rose hip tephritid *Rhagoletis alternata* which form part of a non-interactive insect-plant system. There exists a great diversity of regulating mechanisms. Among these predators operating on and in the soil, seem to be of particular importance.

Because the consumption of the primary production of the hedge is of general importance for the understanding of its trophic web, the utilization of leaf biomass of sloe, rose bushes and hawthorn by phyllophagous insects was measured during the course of the season (Appendix, Section IX). A special method had to be developed to infer the real leaf consumption from the apparent consumption, as the surface of feeding holes in the leaf tends to increase in growing leaves. The following values are the real rates of leaf consumption by phyllophagous insects (values in parentheses = apparent consumption): *Prunus spinosa* = 18.5% (41.1%); *Rosa* spp. = 12.1% (15.3%)· *Crataegus* spp. = 17.8% (19.1%). The maximum leaf consumption occurs during May and June, i.e. during the period of main productivity of the shrubs in the hedge. If the above values are compared to literature data on leaf consumption in forest exosystems, it is obvious that the leaf biomass of hedges is utilized by primary consumers at an extraordinary high degree. The available data suggest that this holds true also for buds, flowers, fruits and phloem sap.

The following criteria were used to propose a scoring system for the zoological evaluation of hedges:

a) The function of hedges as habitat of phytophagous insects.

b) The function of hedges with regard to entomophagous arthropods.

c) The function of hedges with regard to bird life.

d) The function of hedges as refuge and food reservoir for certain mammals.

e) The function of hedges with regard to insect-parasitoid complexes and other food webs.

In Section 3.1.2 we investigate how these zoological criteria are influenced by the following hedge parameters: Degree of spatial isolation of a particular shrub species; age of a shrub species; age class composition of a hedge; size of hedges; density of hedges in an area (= total length of hedges as m per ha); number and frequency of key woody species; total number of woody species in a hedge; utilization of the hedge surroundings (grassland or fields); hedge management.

The following combination of hedge parameters provide optimal conditions for animal life:

a) The key hedge species, namely *Crataegus* spp., *Rosa* spp. and *Prunus spinosa*, must be present.

b) In addition, the hedge should also contain a high number of other woody species.

c) Bushes of the age classes I to IV (age below 6 to above 20 years) should be present and age classes II and III (age from 5 to 20 years) should dominate.

d) Parts of the hedge should occasionally be cut down to rejuvenate it.

e) There should be an average density of 80 m hedge/ha (assessed for areas of about 25 ha). This high density should be comprised of many small hedges of 10 to 15 m length rather than from a few long ones.

The proposed scoring system (Section 3.1.4) considers three factors:

1) A factor based on the richness of a hedge in woody species;
2) a factor referring to the number of age classes of shrubs in a hedge;
3) a factor representing the density of hedges in an area of 25 ha.

The product obtained by multiplication of these factors can reach score values of 60 and more in hedges with extraordinary high ecological values.

The application of this scoring system provides a quick although rather superficial, evaluation method. Whereever possible it should be supplemented by additional ecological investigations which are proposed in Section 3.1.5.

Section 3.2.3 deals with the value of hedges with regard to the Integrated Pest Management approach. We discuss the role of hedges as reservoirs for beneficial arthropods, namely coccinellids, syrphids, entomophagous bugs, Neuroptera and parasitoids (Appendix XI). In Appendix XII and Section 3.2.4 the role of hedges as a source of agricultural pest organisms is also examined. We arrive at the following conclusions:

a) Interventions which reduce the structural diversity and species richness of a hedge are only justified if there are evidential risks for agriculture. This risk has to be demonstrated and a benefit/risk analysis should be made.

b) Preventive measures such as the removal of certain woody species from a hedge are not justified.

c) Particular projects of Integrated Pest Management may require the establishment of hedges with selected woody species which will maximize beneficial and minimize unfavorable functions.

d) Where agriculture is not considered (e.g. with hedges in grasslands, parks, gardens, etc.) existing hedges should be left intact and should be managed in a way which will increase its structural diversity and species richness. The species composition of old hedges of the region should first be studied prior to planting new ones, as they provide useful clues for those woody species which are specifically adapted for each particular region.

Literaturverzeichnis

ANDERSSON, F. (1970):
Ecological studies in a Scanian woodland and meadow area, Southern Sweden. II. Plant biomass, primary production and turnover of organic matter. Botaniska Notiser 123: 8–51

ANONYM, (1979):
Die Hecke. – Sondernummer 1979 des Schweizerischen Bundes für Naturschutz, 47 S.

ANONYM, (1979):
Hecken und Feldgehölze, Bedeutung – Schutz – Pflege. – Hrsg. Deutscher Naturschutzring e. V. Bundesverband für Umweltschutz, Bonn 17 S.

ANONYM, (1981):
Lebensraum Hecke. – Inst. f. Film u. Bild in Wissenschaft und Unterricht

ANONYM, (1982):
Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur. – Merkblätter für Bodenkultur, LBP, Freising, München

APPLE, J.L., SMITH, R.F., (1976):
Integrated Pest Management. – Plenum press, N.Y., 196 S.

BAER, W. (1921):
Die Tachinen als Schmarotzer der schädlichen Insekten. – Berlin

BAIRLEIN, F., BERTHOLD, P., QUERNER, U., SCHLENKER, R., (1980):
Die Brutbiologie der Grasmücken *Sylvia atricapilla, borin, communis* und *curruca* in Mittel- und Nordeuropa. – J. Orn. 121: 325–369

BALACHOWSKY, A., (1935):
Les insects nuisibles aux plantes cultivés. – Paris, 2 Bde, 1921 S.

BAUER, G. (1983):
Populationsökologische Untersuchungen an Phytophagen-Entomophagen-Komplexen der Heckenrose: Eine vergleichende Analyse von Ressourcennutzung und Dichteregulation, – Dissertation Bayreuth, 117 S.

BAUER, G. (1984):
Zur Regulation phytophager Insektenpopulationen in Hecken. – Laufener Seminarbeiträge 5/82

BEIRNE, W. (1943):
The histology and control of the small ermine moths (Hyponomeuta spp.) in Ireland. – Econ. Proc. Roy. Dublin Soc. 3 (15): 191–220

BERTHOLD, P. (1974):
Die gegenwärtige Bestandsentwicklung der Dorngrasmücke und anderer Singvogelarten im westlichen Europa bis 1973. – Die Vogelwelt 95: 170–183

BERTHOLD, P. (1976):
Animalische und vegetabilische Ernährung omnivorer Singvogelarten: Nahrungsbevorzugung, Jahresperiodik der Nahrungswahl, physiologische und ökologische Bedeutung. – J. Orn. 117: 145–209

BERTHOLD, P. (1976):
Methoden der Bestandserfassung in der Ornithologie: Übersicht und kritische Betrachtung. – J. Orn. 117: 1–69

BEZZEL, E., REICHHOLF, J. (1974):
Die Diversität als Kriterium zur Bewertung der Reichhaltigkeit von Wasservogel-Lebensräumen. – J. Orn. 115: 50–61

BEZZEL, E. (1980):
Vogelarten der Roten Liste – ein kritischer Situationsbericht. Schriften R. Natursch. Landschaftspflege 12: 187-196

BLACKMAN, R.L. (1975):
A review of the literature on *Ageniaspis fuscicollis*. – CIBC Report.

BLANA, H. (1978):
Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Vogelwelt. – Beitr. z. Avifauna d. Rheinlandes 12: 225 S.

BÖRNER, C. (1952):
Europae centralis Aphides, die Blattläuse Mitteleuropas, – Mitt. d. Thüringischen Bot. Ges., Beiheft 3: 484 S.

BORCHERT, J. (1980):
Bibliographie über Hecken und Feldgehölze. – Natur und Landschaft 10: 388–389

BOWDEN, J., DEAN, G.J.W. (1977):
The distribution of flying insects in and near a tall hedgerow. – J. appl. Ecol. 14: 343–354

BRADER, L. (1975):
Einführung in den Integrierten Pflanzenschutz. Die Klopfmethode. – OILB Wageningen 4: 142 S.

BRAY, J.R. (1961):
Measurement of leaf utilisation as an index of minimum level of primary consumption. Oikos 12: 70–74

BRAY, J.R. (1964):
Primary consumption in three forest canopies. – Ecology 45: 165–167

BRAY, J.R., DUDKIEWICZ, L.A. (1964):
The composition, biomass and productivity of two Populus forests. Bull. Torrey Bot. Club 90: 298–308

CARLISILE, A., BROWN, A.W.F., WHITE, E.J. (1966):
Litter fall, leaf production and the effects of defoliation by *Tortix viridiana* in a sessil oak (*Quercus petrea*) woodland. J. of Ecol. 54: 65–85

CLAUSEN, C.P. (Herausgeber), (1978):
Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. – Agriculture Handbook No 480. ARS, USDA. Washington. 545 S.

COLLYER, E. (1953):
The biology of some predatory insects and mites associated with the fruit tree red spider mite (*Metatetranychus ulmi* Koch) in south-eastern England. IV. The plant-predator relationship. – J. Hort. Sci. 28: 246–259

CRISP, D.J. (1964):
Grazing in terrestrial and marine environments. – Blackwell, Oxford, 322 Seiten.

DELUCCHI, V.L. (1976):
Studies in biological control – The intern. Biological Programme. – 9: 297 S.

DEMELT, C. (1966):
Bockkäfer oder Cerambycidae. I. Biologie mitteleuropäischer Bockkäfer (Col. Cerambycidae) unter besonderer Berücksichtigung der Larven. – In »Die Tierwelt Deutschlands«, Hrsg. M. Dahl u. F. Peus, 52. Teil. G. Fischer, Jena. 115 S.

DIERSCHKE, F. (1955):
Die Abhängigkeit der Siedlungsdichte der Vögel von Umfang, Gestalt und Dichte kleiner Wälder. – Waldhygiene 1: 38–45

DIJKERMAN, H.J. (1981):
Parasites of the small ermine moth of orpine. – Neth. J. Zool. 31: 613

DIRCKSEN, R., HÖNER, P. (1963):
Quantitative ornithologische Bestandsaufnahme im Raum Ravensburg – Lippe. – Abhandlungen aus dem Landesmuseum f. Naturkunde zu Münster in Westfalen 25/3.

DREYER, W. (1982):
Synökologische Untersuchungen an phytophagen und entomophagen Insekten am Weißdorn (*Crataegus*). – Dissertation Bayreuth, 126 S.

DREYER, W. (1984):
Zur Biologie wichtiger Weißdorninsekten und ihrer Parasiten. Z. ang. Ent. **97:** 286–298

ECKSTEIN, K. (1933):
Die Schmetterlinge Deutschlands. Band 5: Die Kleinschmetterlinge Deutschlands. – Stuttgart, 223 S.

ELLISON, L. (1960):
Influence of grazing on plant succesion of rangelands. – The Botanical Review 26, 1: 1–78

EMDEN, H.F. van, WILLIAMS, G.F. (1974):
Insect stability and diversity in agro-ecosystems. – An. Rev. Ent. 19: 455–475

ERDELEN, M. (1978):
Quantitative Beziehungen zwischen Avifauna und Vegetationsstruktur. – Dissertation Univ. Köln

ESCHERICH, K. (1923):
Die Forstinsekten Mitteleuropas. Band II. Berlin

FAUVEL, G. (1976):
Die räuberischen Wanzen in Obstanlagen. – in »Nützlinge in Apfelanlagen« OILB Einführung in den Integrierten Pflanzenschutz, Broschüre Nr. 3, Wageningen, S. 125–150

FISCHER, P. (1983):
Ökologische Untersuchungen an den Imagines von *Panorpa*-Arten in Hecken, Flurgehölzen und Obstanlagen des Bayreuther Umlands. – Diplomarbeit Bayreuth, 94 S.

FISCHER, R. (1983):
Die Puppenparasitoide einiger *Yponomeuta*-Arten im Raume Bayreuth und Umgebung. – Diplomarbeit Bayreuth. 121 S.

FLÜCKIGER, W., OERTLI, J.J. (1978):
Observations of an Aphid Infestation on Hawthorn in the Vicinity of a Motorway. – Naturwissenschaften 65: 654

FRANZ, J. (1962):
Die Bewertung der durch Vögel verursachten Sterblichkeit bei Schadinsekten, – Festschrift der Vogelschutzwarte f. Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland: 44–51

FRANZ, J., KRIEG, A. (1976):
Biologische Schädlingsbekämpfung – Pareys Studientexte 12: 1–222

FRAZER, B.D., GILBERT, N. (1976):
Coccinelidae and Aphids: A quantitative study of the impact of adult Ladybirds preying in the field populations of Pea Aphids (Homoptera: Aphididae), – J. ent. Soc. Brit. Columbia 73: 33–56

FRIESE, G. (1963):
Die Parasiten der paläarktischen Yponomeutidae. – Beitr. z. Entomol. 13: 311–326

FUNKE, W. (1971):
Energieumsatz von Tierpopulationen in Landökosystemen. – Verh. Dtsch. Zool. Ges. 35: 95–106

FUNKE, W. (1973):
Rolle der Tiere in Wald-Ökosystemen des Solling. Aus: ELLENBERG, H.: Ökosystemforschung. Springer, 1973. 143–164

GEIGER, R. (1961):
Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig.

GERRITS-HEYBROEK, E., HERREBOUT, W. ULENBERG, S., WIEBES, J. (1978):
Host plant preference of five species of small ermine moths (Lep.: Yponomeutidae). – Ent. exp. app. 24: 156–164

GOLLEY, F. B. (1961):
Energy values of ecological materials. –
Ecology 42: 581–584

GROOT, J. de (1974):
Een kwalitatief en kwantitatief onderzoek von het parasietenkomplex von Yponomeuta in Nederland. (Rijksuniversiteit Leiden)

GROOT, J. de, ZON, A. van der (1973):
Y. padellus en de bepaling van de predatie van Y. padellus door Formica. – Doctoraalverslag, Leiden

HARRISON, C. (1975):
Jungvögel, Eier und Nester aller Vögel Europas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens. Parey, Hamburg, 432 S.

HAUKIOJA, E. (1975):
Importance criteria in birch defoliators. – Ecol. Stud. 17(2): 189–194

HERREBOUT, W.M. (1975):
Onderzoek aan Yponomeuta in de Bierlap. Meiyendel Mededelingen 4 (1).

HERTING, B. (1960):
Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen. – Monogr. angew. Ent. Beih. Z. ang. Ent. 16: 188 S.

HERTING, B. (1976):
Die Raupenfliegen. – in »Nützlinge in Apfelanlagen«, OILB Einführung in den Integrierten Pflanzenschutz, Broschüre Nr. 3, Wageningen, S. 171–186

HEUSINGER, G. (1981):
Vergleichende Untersuchung von Mortalitätsfaktoren der Zwetschgengespinstmotte, *Y. padellus* L. auf *Prunus spinosa* unterschiedlicher Standorte, – Mitt. Dtsch. Ges. allg. ang. Ent.: 21–25

HEUSINGER, G. (1984):
Ökologie der Gespinstmotte, *Yponomeuta padellus* L., im Heckensystem. – Laufener Seminarbeiträge 5/82

HOEHER, S. (1978):
Gelege der Vögel Mitteleuropas. Neumann, Melsungen

HOFFMANN, A. (1958):
Coleopteres Curculionides. 3. Vol. 1839 S. In: Faune de France, No. 52, 59, 62. Paris

HOLLING, C.S. (1959):
The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. – Can. Ent. 91: 293–320

HORSTMANN, K. (1971):
Untersuchungen über die Parasiten der an Eichen lebenden Tortriciden während einer Massenvermehrung des grünen Eichenwicklers. – Waldhygiene 8: 226–242

IPERTI, G. (1976):
Die wichtigsten natürlichen Feinde der schädlichen Insekten und Milben. Die Marienkäfer. – In: »Nützlinge in Apfelanlagen«, IOBC Broschüre 3, Wageningen S. 111–121

ITTIG, R. und B. NIEVERGELT, (1977):
Einfluß von Brachland auf das Verteilungsmuster einiger Wildtierarten in einem begrenzten Gebiet des Mittelgoms. Natur und Landschaft **52:** 170–173

JAKUCS, P., VIRAGH, K. (1975):
Changes in the area and weight of light and shade-adapted leaves and shoots of *Quercus petrea* and *cerris* in a Hungarian oak forest ecosystem. – Acta Bot. Hung. 21: 25–36

JORDAN, K. (1915):
Über künstliche Infizierung des Heuwurms mit Schmarotzerinsekten. – Z. ang. Ent. 2: 149–157

JUNNIKKALA, E. (1960):
Life history and insect enemies of *Hyponomeuta malinellus* in Finnland. Ann. Zool. Soc. Vonamo 21: 1–45

KACZMAREK, W. (1967):
Elements of organization in the energy flow of forest ecosystems (preliminary notes). In: »Secondary productivity of terrestrial ecosystems (principles and methods)« (ed. Petrusewicz), Warszawa-Krakow, S. 663–675

KAULE, G., SCHALLER, J., SCHOBER, H.M. (1979):
Auswertung der Kartierung schutzwürdiger Biotope in Bayern, Allgemeiner Teil – Außeralpine Naturräume. – In »Schutzwürdige Biotope in Bayern«, Hrsg.: Bayer. Landesamt für Umweltschutz, R. Oldenbourg Verlag München-Wien, 669 S.

KEILBACH, R. (1966):
Die tierischen Schädlinge Mitteleuropas. – G. Fischer Verl. 669 S.

KRAUS, M., LORENZ, H. (1957):
Die Larvalsystematik der Blattwespen (Tenthredinoidea u. Megalodontoidae). – Abhandl. z. Larvalsyst. d. Insekten, Nr. 1. (Akad. Verl. Berlin), 399 S.

KRAUSE, A., LOHMEYER, W. (1980):
Schränken Pflanzenschutzbestimmungen unser Wildstrauchsortiment ein? Zur Frage verfemter Holzarten. – Natur und Landschaft 9: 335–336

KULMAN, H. (1971):
Effects of insect defoliation on growth and mortality of trees. – Ann. Rev. Ent. 16: 289–324

LANGE, N. (1982):
Ausmaß und jahreszeitlicher Verlauf des Blatt-Biomasse-Konsums phyllophager Insekten an Schlehe (*Prunus spinosa* L.), Weißdorn (*Crataegus* spp.) und Wildrose (*Rosa* spp.) in zwei Heckenlandschaften Oberfrankens. – Diplomarbeit Bayreuth, 102 S.

LEFREUVRE, J.C., MISSIONIER, J., ROBERT, Y. (1976): Rapport de Synthèse. In »Les Bocages« (Table ronde C.N.R.S.: Aspects physiques, biologiques et humains des écosystemes bocagers des régions tempérés humides). Hrsg. I.N.R.A., E.N.S.A. und Université de Rennes. 586 S.

LEWIS, T. (1969):
The diversity of the insect fauna in a hedgerow and neighbouring fields. – J. appl. Ecol. 6: 353–458

LYON, J.P., GÖLDLIN DE TIEFENAU, P. (1976):
Die Schwebfliegen als Blattlausräuber. – In »Nützlinge in Apfelanlagen«, OILB Einführung in den Integrierten Pflanzenschutz, Broschüre Nr. 3. Wageningen: 163–170

MATTSON, W., ADDY, N. (1975):
Phytophagous insects as regulators of forest primary production. – Science 190: 515–522

MATTSON, W.J. (1980):
Herbivory in relation to plant nitrogen. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11: 119–161

MENKEN, S. (1980):
Allozyme polymorphism and the speciation process in small ermine moths. – Rijksuniversiteit Leiden

MÖLLER, H. (1983):
Vergleichende Untersuchungen zur Biologie und Ökologie von Forficuliden (Dermaptera) in Feldhecken. – Diplomarbeit Bayreuth, 99 S.

MÜLLER, F. (1981):
Die Bedeutung von Rainen, Hecken und Feldgehölzen in der Landschaft. – Praxis der Naturwissenschaften 10: 289–316

NAGY, M. (1978):
Experimental analysis of the connection between leaf growth and insect consumption. – Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 24 (3–4): 307–326

NENON, J. (1974):
Parasisme naturel et experimental du genre Hyponomeuta par l'entomophage *Ageniaspis fuscicollis*. – Ann. Zool. Ecol. anim. 6: 383–406

NIELSEN, B.O. (1978):
Above ground food resources and herbivory in a beech forest ecosystem. – Oikos 31(3): 273–279

NIKOLSKAYA, N. (1952):
The Chalcid Fauna of the USSR. Moskau, 574 S.

NOLL, H. (1968):
Bestimmungstabelle für Nester und Eier einheimischer Vögel. – Basel 56 S.

NYFFELER, M., BENZ, G. (1981):
Einige Beobachtungen über die Flucht von adulten Lepidopteren aus den Netzen oriteler Spinnen. – Anz. Sch. Pflanzensch. Umweltsch. 54: 113–114

ODUM, E.P., CONNELL, C.E., DAVENPORT, L.B. (1962):
Population energy flow of three primary consumer components of old field ecosystems. – Ecology 43: 88–96

OELKE, H. (1977):
Methoden der Bestandserfassung von Vögeln: Nestersuche-Revierkartierung. – Ornith. Mitt. 29: 151–166

OWEN, D., WIEGERT, R. (1976):
Do consumers maximize plant fitness? Oikos 27: 488–492

PAG, H. (1959):
Hyponomeuta-Arten als Schädlinge im Obstbau. – Z. ang. Zool. 9: 129–189

PAINTNER, M. (1983):
Untersuchungen zum Vorkommen und zur Ökologie von Blattminierern an Heckensträuchern und Obstbäumen (Rosaceen). Diplomarbeit Bayreuth, 117 S.

PALMGREN, P. (1974):
Die Spinnenfauna Finnlands und Ostfennoskandiens V. Theridiidae und Nesticidae. Fauna Fennica 26: 1–54

PEITZMEIER, J. (1950):
Untersuchungen über die Siedlungsdichte der Vogelwelt in kleinen Gehölzen in Westfalen. – Natur und Heimat 10: 30–37

PERS, J. (1978):
Responses from olfactory receptors in femals of three species of small ermine moths to plant odours. – Ent. exp. a appl. 24: 594–598

POHLE, A. (1978):
Ökologische Bedeutung von Hecken und Wallhecken. – Mitt. Landesanst. f. Ökol., Landschaftsentwickl., Forstplan, Nordrh. Westf. 3, H 10: 249–262

POLLARD, E. (1968):
Hedges. II. The effect of removal of the bottom flora of a Hawthorn hedgerow on the fauna of the Hawthorn. J. appl. Ecol. 5: 381–390

POLLARD, E. (1971):
Hedges. VI. Habitat diversity and crop pests: a study of Brevicoryne brassicae and its syrphid predators. – J. app. Ecol. 8: 751–780

POLLARD, E., HOOPER, M., MOORE, N. (1974):
Hedges – The new naturalist 58: 256 S.

POLLARD, E., HOOPER, M.D., MOORE, N.W. (1977):
Hedges. London, 256 S.

POLTZ, W. (1975):
Über den Rückgang des Neuntöters. – Die Vogelwelt 96: 1–19.

PRINCIPI, M., CANARD, M. (1976):
Die Netzflügler (*Neuroptera*). – In »Nützlinge in Apfelanlagen«, OILB Einführung in den Integrierten Pflanzenschutz, Broschüre Nr. 3, Wageningen: 151–162

PYÖRNILÄ, M., PYÖRNILÄ, A. (1979):
Role of parsitoids in termination of a mass occurence of *Yponomeuta evonymellus* in northern Finnland. – Not. Ent. 59: 133–137

REICHHOLF, J. (1972):
Die Massenvermehrung der Gespinstmotte *Yponomeuta evonymellus* im Sommer 1971 am unteren Inn. – Nachr. d. Bayer. Ent. 21: 106–116

REICHLE, D.E., CROSSLEY, D.A. (1967):
Investigations on heterotrophic productivity in forest communities. In »Secondary productivity of terrestrial ecosystems (principles and methods)« (ed. Petrusewicz), Warszawa-Krakow, 563–587

RIESS, W. (1973):
Untersuchungen an Vogelpopulationen zweier Hekkengebiete im Naturpark »Hoher Vogelsberg«: I. Biotopanalyse und Neststudien. – Luscinia 42: 1–21

RIESS, W. (1974):
Untersuchungen an Vogelpopulationen zweier Hekkengebiete im Naturpark »Hoher Vogelsberg«. II. Zur Struktur und Fortpflanzung der Populationen. – Luscinia **42:** 109–133

RIESS, W. (1976):
Analyse und wirtschaftliche Bedeutung der Nahrung nestjunger Heckenvögel im Naturpark »Hoher Vogelsberg«. – Z. ang. Zool. 63: 51–69

ROTTER, M., KNEITZ, G. (1977):
Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft. – Waldhygiene 12: 1–82

RUNGE, M. (1973):
Der biologische Energieumsatz in Land-Ökosystemen unter Einfluß des Menschen. In: »Ökosystemforschung« (ed. H. Ellenberg), Berlin-Heidelberg-New-York, 123–140

SALZMANN, G. (1980):
Pflege und Unterhaltung von Gehölzen in der freien Landschaft. – Natur und Landschaft 55: 343–347

SAVIC, G. (1963):
Contribution to the study of the biology of *Phyllobius oblongus*. – Zastita bilja 72: 183–194

SCHERNER, E. (1977):
Möglichkeiten und Grenzen ornithologischer Beiträge zur Landeskunde und Umweltforschung am Beispiel der Avifauna des Solling. – Dissertation Univ. Göttingen

SEIBERT, P. (1980):
Ökologische Bewertung von homogenen Landschaftsteilen, Ökosystem und Pflanzengesellschaften. – Ber. ANL 4: 10–23

SMITH, P.H. (1972):
The energy relations of defoliating insects in a hazel coppice. J. anim. Ecol. 41: 567–587

SORAUER, P. (1954):
Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, Bd. 5, Teil 2, Berlin-Hamburg, 559 S.

SOTHERTON, N.W., WRATTEN, S.D., PRICE, S.B., WHITE, R.J. (1981):
Aspects of hedge management and their effects on hedgerow fauna. – Z. ang. Ent. 92: 425–433

SOUTHWOOD, T.R.E., LESTON, D. (1959):
Land and Water Bugs of the British Isles – The Wayside and woodland series: 436 S.

SOUTHWOOD, T.R.E., MORAN, V.C., KENNEDY, C.E.J. (1982):
The assessment of arboreal insect fauna: comparisons of knockdown sampling and faunal lists. – Ecol. Entomol. 7: 331–340

SOUTHWOOD, T.R.E., MORAN, V.C., KENNEDY, C.E.J. (1982):
The richness, abundance and biomass of the arthropod communities in trees. J. anim. Ecol. 51: 634–649

STAHL, A. (1982):
Untersuchungen zum Wirtspflanzenspektrum und zur Wirtswahl von *Phyllobius*- und *Polydrosus*-Arten (Col. Curculionidae). – Diplomarbeit Bayreuth, 133 S.

STECHMANN, D.H. (1982):
Zur Ökologie aphidophager Insekten in Hecken und Feldern Oberfrankens. Beobachtungen an Coccinelliden in den Jahren 1978/79. – Jahresber. natw. Ver. Wuppertal 35: 38–42

STECHMANN, D.H., BAUER, G., DREYER, W., HEUSINGER, G., ZWÖLFER, H. (1981):
Die Erfassung der Entomofauna von Heckenpflanzen (Wildrose, Schlehe, Weißdorn) mit Hilfe der Klopfprobenmethode. – Mitt. dtsch. Ges. allg. ang. Ent. – 3: 12–16

STEIN, W. (1972):
Untersuchungen zum Flug und Flugverhalten von Curculioniden. – Z. ang. Ent. 71: 368–375

STEINER, H., IMMENDORFER, G., BOSCH, J. (1970):
The arthropods occuring on apple-trees throughout the year and possibilities for their assessment. – EPPO Public. Ser. A 57: 131–146

SUTER, H., KELLER, S. (1977):
Ökologische Untersuchungen an feldbaulich wichtigen Blattlausarten als Grundlage für eine Befallsprognose. – Z. ang. Ent. 83: 371–393

TELENGA, N. (1955):
Fauna of the USSR, Hymenoptera, Braconidae

THOMPSON, W. (1953–58):
A catalogue of parasites and predators of insect pests. – CIBC Ottawa, Part 5 (1958), 3 (1954), 2 (1953)

TISCHLER, W. (1948):
Biozönotische Untersuchungen an Wallhecken. Zool. Jb. Abt. Syst. Ökol. und Geogr. 77: 284–400

TISCHLER, W. (1948):
Über die Bedeutung der Schädlingsfauna in den Wallhecken Schleswig-Holsteins. Beitr. z. Agrarwiss. 2: 40–55

TISCHLER, W. (1951):
Die Hecke als Lebensraum für Pflanzen und Tiere unter besonderer Berücksichtigung ihrer Schädlinge. Erdk. 5: 125–132

TISCHLER W. (1956):
Agrarökologie. – G. Fischer Verl., 499 S.

TISCHLER, W. (1958):
Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze. – Z. Morph. Ökol. d. Tiere 47: 54–114

TISCHLER, W. (1980):
Biologie der Kulturlandschaft. – G. Fischer Verl., 247 S.

TURCEK, F. (1958):
Gehölze, Vögel und Säugetiere in einigen Strauch- und Buschstreifen in Feldern. – Biol. Prace: 45–67

VARLEY, G.C., GRADWELL, G.R., HASSEL, M.P. (1973):
Insect population ecology. – Blackwell Scient. Publ. Oxford, 212 S.

VOLLMANN, M. (1954):
Der Schmalbauchrüssler *Phyllobius oblongus*. Ein Beitrag zur Biologie und Bekämpfung. – Z. ang. Ent. 36: 117–155

WAGNER, E. (1952):
Blindwanzen oder Miriden. – In: »Die Tierwelt Deutschlands«, (ed. F. Dahl), Teil 41, Jena, 218 S.

WAGNER, E. (1966): Wanzen oder Heteropteren. – In: »Die Tierwelt Deutschlands«, (ed. F. Dahl), Teil 54, Jena, 235 S.

WAGNER, E. (1967):
Wanzen oder Heteropteren. – In: »Die Tierwelt Deutschlands«, (ed. F. Dahl), Teil 55, Jena, 179 S.

WALDBAUER, G.P. (1968):
The consumption and utilisation of food by insects. – Adv. Insect Physiology 5: 229–228

WELLHOUSE, W.H. (1922):
The insect fauna of the genus Crataegus. – Cornell Univ. Agricultural Exp. Sta. Memoir 56: 1041–1135

WHITTAKER, R. H. (1962):
Net production relations of shrubs in the Great Smoky Mountains. – Ecology 43: 357–377

WHITTAKER, R.H., WOODWELL, G.M. (1968):
Dimension and production relations of trees and shrubs in Brookhaven forest, New York. J. Ecol. 56: 155–174

WIERSMA, J. V., BAILY, T.B. (1975):
Estimation of leaflet, trifoliate and total areas of soybeans. – Agronomy Journal 67: 26–30

ZIMMER u. RENSCH: Klasse: Vögel, Aves. – In »Die Tierwelt Mitteleuropas« (ed. Brohmer, Ehrmann, Ulmer), Bd. VII, 2. Lieferung, Leipzig, 194 S.

ZWÖLFER, H. (1963):
Untersuchungen über die Struktur von Parasitenkomplexen bei einigen Lepidopteren. – Z. ang. Ent. 51: 346–357

ZWÖLFER, H. (1981):
Hecken als ökologische Systeme. – Mitt. dtsch. Ges. allg. ang. Ent., 3: 9–11

ZWÖLFER, H. (1983):
Pflanzenschutz und Artenvielfalt – Tagung Umweltforschung, Univ. Hohenheim (21.1.1983) (Naturschutz in Agrarlandschaften). Daten u. Dokumente zum Umweltschutz, Sonderreihe Umwelttagung. H. 35: 121–131

ZWÖLFER, H. (1984):
Die Bewertung von Hecken aus tierökologischer Sicht. – Laufener Seminarbeiträge 5/82: 130–134

ZWÖLFER, H. (1984):
Hecken in tierökologischer Sicht – Einführung in den Themenkreis. – Laufener Seminarbeiträge 5/82: 61–63