

3 Ergebnisse

3.1 Artenbestand und Blühphänologie der Pflanzen

Artenbestand der nicht-kultivierten Pflanzen: Ackerwildkräuter und andere Samenpflanzen, die im Untersuchungszeitraum auf der Versuchsfeldanlage an Felddrainen, auf Wirtschaftswegen und Ackerbrachen („Grünland“) sowie am Waldrand in Blüte standen, sind in Tab. 45 im Anhang aufgeführt. Die Kartierung der Süßgräser (Poaceae) erfolgte nur auf der Versuchsfeldanlage.

Neben den angebauten Feldfrüchten und den in Habitatinseln künstlich ausgebrachten Kreuzblütlern wurden im Untersuchungsgebiet 65 weitere Arten gezählt, die im Zeitraum der Untersuchung zur Blüte gelangten (Tab. 45). Für eine Pollenübertragung und einen möglichen Gentransfers vom Raps auf andere Pflanzen sind die Vertreter der Kreuzblütler bedeutsam. Von diesen wurden im Gebiet nur drei wildwachsende Arten festgestellt. Während *Erysimum cheiranthoides* nur an einer Lokalität gesichtet wurde, treten *Capsella bursa-pastoris* und *Thlaspi arvense* in großen Bestandsdichten auf. *Capsella bursa-pastoris* erreichte insbesondere auf dem 1999 angelegten Brachstreifen in der Mantelsaat einen hohen Deckungsgrad.

Das Vorkommen einer artenreichen Zönose blütenbesuchender Insekten ist von der Diversität der Blütenpflanzen abhängig. Trotz intensiver Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung kommen zahlreiche nicht-kultivierte Pflanzenarten auf der Versuchsfeldanlage vor, allerdings viele davon nur in kleinen Bestandsgrößen. Die wichtigsten Nahrungspflanzen für Bienen und Schwebfliegen, die in der unmittelbaren Umgebung des Versuchsfeldes größere Bestände bilden, sind vor allem die Korbblütler *Senecio vernalis*, *Taraxacum officinale* agg., *Matricaria chamomilla* und *Tripleurospermum inodorum*, der Schmetterlingsblütler *Trifolium repens* sowie der Lippenblütler *Lamium amplexicaule*. Diese Pflanzen werden zur Nektarversorgung auch von solchen Bienen besucht, die den Pollen zur Versorgung ihrer Brut ausschließlich oder überwiegend an Brassicaceen sammeln.

Blühphänologie der kultivierten Brassicaceen: Im Jahr 1998 setzte die Rapsblüte am 19. April ein. Am 12. Mai war die Hauptblüte des Rapses beendet und

am 20. Mai wurden Rapsblüten nur noch ganz vereinzelt registriert. Die Blütezeit der Kreuzblütler in den Habitatsinseln begann Anfang Mai und reichte bis weit in den Juni hinein (Tab. 5). In den Habitatsinseln kam zunächst der Hederich, dann der Sareptasenf und schließlich der Schwarze Senf zur Blüte. In derselben Reihenfolge endete auch die Blüte.

Tab. 5: Blütezeiten von Raps und verwandten Brassicaceen auf dem Versuchsfeld 1998 und 1999.

1998					
19.-24.IV.	25.-30.IV.	01.-06.V.	07.-12.V.	13.-20.V.	21.V.-09.VI.
Beginn Rapsblüte	Hauptblüte 1	Hauptblüte 2	Hauptblüte 3	Ende Rapsblüte	
Blütezeit der Brassicaceen in den Habitatsinseln					
1999					
24.-30.IV.	01.-06.V.	07.-12.V.	13.-18.V.	19.-27.V.	28.V.-16.VI.
Beginn Rapsblüte	Hauptblüte 1	Hauptblüte 2	Hauptblüte 3	Ende Rapsblüte	
Blütezeit der Brassicaceen in den Habitatsinseln					

Im Jahr 1999 begann die Rapsblüte am 24. April. Die Raps-Vollblüte endete am 18. Mai und am 27. Mai war der Raps weitgehend verblüht. Auch in 1999 dauerte die Blüte der Brassicaceen in den Habitatsinseln von Anfang Mai bis in den Juni hinein an (Tab. 5). Die Pflanzen blühten und verblühten in gleicher Reihenfolge wie im Vorjahr.

3.2 Artenbestand Bienen

3.2.1 Anzahl und Gefährdung der Arten

Anzahl Arten: Auf dem Versuchsfeld und auf angrenzenden Flächen wurden 94 Bienenarten aus zwölf Gattungen nachgewiesen. Tab. 6 gibt eine systematische Übersicht der nachgewiesenen Taxa bis zur Gattung. In Tab. 7 sind die Arten in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Tab. 6: Systematische Reihung der nachgewiesenen Bienen bis zur Gattung (s. WESTRICH & DATHE 1997).

Hymenoptera Aculeata: Apoidea	<u>Unterfamilie Megachilinae</u>
Familie Apidae	<i>Megachile</i> LATREILLE 1802
<u>Unterfamilie Colletinae</u>	<i>Osmia</i> PANZER 1806
<i>Colletes</i> LATREILLE 1802	<u>Unterfamilie Apinae</u>
<u>Unterfamilie Andreninae</u>	<i>Anthophora</i> LATREILLE 1803
<i>Andrena</i> FABRICIUS 1775	<i>Ceratina</i> LATREILLE 1802
<u>Unterfamilie Halictinae</u>	<i>Nomada</i> SCOPOLI 1770
<i>Halictus</i> LATREILLE 1804	<i>Bombus</i> LATREILLE 1802
<i>Lasioglossum</i> CURTIS 1833	<i>Apis</i> LINNAEUS 1758
<i>Sphecodes</i> LATREILLE 1805	

Mit 94 Bienenarten wurden 24,5 % der aus Brandenburg bekannten 383 Arten nachgewiesen (DATHE & SAURE 2000). Vor dem Hintergrund des kurzen Untersuchungszeitraumes, der durch die Blütezeit des Winterrapses vorgegeben wurde, ergibt sich zwingend, dass der erfasste Bestand nur einen Ausschnitt aus dem tatsächlich im Gebiet vorhandenen Artenspektrum repräsentiert. Aus Deutschland sind zur Zeit 550 Bienenarten bekannt (DATHE 2001). Somit wurde im Untersuchungsgebiet etwa jede sechste der bundesweit bekannten Arten erfasst (17,1 %).

Tab. 7: Verzeichnis der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen 94 Bienenarten in alphabetischer Reihenfolge.

<i>Andrena alfkenella</i> PERKINS, 1914	<i>Andrena gravida</i> IMHOFF, 1832
<i>Andrena bicolor</i> FABRICIUS, 1775	<i>Andrena haemorrhoa</i> (FABRICIUS, 1781)
<i>Andrena bimaculata</i> (KIRBY, 1802) s.l.	<i>Andrena helvola</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Andrena chrysopyga</i> SCHENCK, 1853	<i>Andrena labiata</i> FABRICIUS, 1781
<i>Andrena chrysoseles</i> (KIRBY, 1802)	<i>Andrena minutula</i> (KIRBY, 1802)
<i>Andrena cineraria</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Andrena nigroaenea</i> (KIRBY, 1802)
<i>Andrena dorsata</i> (KIRBY, 1802) s.l.	<i>Andrena nitida</i> (MÜLLER, 1776)
<i>Andrena flavipes</i> PANZER, 1799	<i>Andrena niveata</i> FRIESE, 1887
<i>Andrena fucata</i> SMITH, 1847	<i>Andrena ovatula</i> (KIRBY, 1802)
<i>Andrena fulva</i> (MÜLLER, 1766)	<i>Andrena pilipes</i> FABRICIUS, 1781

Andrena scotica PERKINS, 1916
 [= *A. carantonica* PÉREZ, 1902]
Andrena semilaevis PÉREZ, 1903
Andrena subopaca NYLANDER, 1848
Andrena suerinensis FRIESE, 1884
Andrena tibialis (KIRBY, 1802)
Andrena vaga PANZER, 1799
Andrena wilkella (KIRBY, 1802)
Anthophora plumipes (PALLAS, 1772)
Anthophora retusa (LINNAEUS, 1758)
Apis mellifera LINNAEUS, 1758
Bombus bohemicus SEIDL, 1838
Bombus cryptarum (FABRICIUS, 1775)
Bombus distinguendus MORAWITZ, 1869
Bombus hortorum (LINNAEUS, 1761)
Bombus lapidarius (LINNAEUS, 1758)
Bombus lucorum (LINNAEUS, 1761)
Bombus muscorum (LINNAEUS, 1758)
Bombus pascuorum (SCOPOLI, 1763)
Bombus pratorum (LINNAEUS, 1761)
Bombus ruderarius (MÜLLER, 1776)
Bombus rupestris (FABRICIUS, 1793)
Bombus subterraneus (LINNAEUS, 1758)
Bombus sylvarum (LINNAEUS, 1761)
Bombus sylvestris (LEPELETIER, 1832)
Bombus terrestris (LINNAEUS, 1758)
Bombus vestalis (GEOFFROY, 1785)
Ceratina cyanea (KIRBY, 1802)
Colletes similis SCHENCK, 1853
Halictus maculatus SMITH, 1848
Halictus quadricinctus (FABRICIUS, 1776)
Halictus rubicundus (CHRIST, 1791)
Halictus sexcinctus (FABRICIUS, 1775)
Halictus tumulorum (LINNAEUS, 1758)
Lasioglossum brevicorne (SCHENCK, 1868)
Lasioglossum calceatum (SCOPOLI, 1763)
Lasioglossum leucopus (KIRBY, 1802)
Lasioglossum leucozonium (SCHRANK, 1781)
Lasioglossum lucidulum (SCHENCK, 1861)
Lasioglossum minutissimum (KIRBY, 1802)
Lasioglossum morio (FABRICIUS, 1793)
Lasioglossum parvulum (SCHENCK, 1853)
Lasioglossum pauxillum (SCHENCK, 1853)
Lasioglossum punctatissimum (SCHENCK, 1853)
Lasioglossum quadrinotatum (KIRBY, 1802)
Lasioglossum sexnotatum (KIRBY, 1802)
Lasioglossum sexstrigatum (SCHENCK, 1868) s.str.
Lasioglossum villosulum (KIRBY, 1802)
Lasioglossum xanthopus (KIRBY, 1802)
Megachile circumcincta (KIRBY, 1802)
Nomada bifasciata OLIVIER, 1811
Nomada fabriciana (LINNAEUS, 1767)
Nomada flava PANZER, 1798
Nomada flavoguttata (KIRBY, 1802)
Nomada fucata PANZER, 1798
Nomada fulvicornis FABRICIUS, 1793
Nomada goodeniana (KIRBY, 1802)
Nomada lathburiana (KIRBY, 1802)
Nomada marshamella (KIRBY, 1802)
Nomada moeschleri ALFKEN, 1913
Nomada panzeri LEPELETIER, 1841
Nomada ruficornis (LINNAEUS, 1758)

<i>Nomada succincta</i> PANZER, 1798	<i>Sphecodes ephippius</i> (LINNAEUS, 1767)
<i>Osmia bicornis</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Sphecodes geoffrellus</i> (KIRBY, 1802)
[= <i>O. rufa</i> (LINNAEUS, 1758)]	<i>Sphecodes gibbus</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Osmia brevicornis</i> (FABRICIUS, 1798)	<i>Sphecodes marginatus</i> HAGENS, 1882
<i>Osmia caerulescens</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Sphecodes miniatus</i> HAGENS, 1882
<i>Osmia uncinata</i> GERSTAECKER, 1869	<i>Sphecodes monilicornis</i> (KIRBY, 1802)
<i>Sphecodes crassus</i> THOMSON, 1870	<i>Sphecodes pellucidus</i> SMITH, 1845

In 1999 gelang der Nachweis von deutlich mehr Bienenarten als 1998 (85 resp. 63 spp.). Nur 57,4 % der Arten (54 von 94 spp.) wurden sowohl 1998, als auch 1999 nachgewiesen. Trotz der hohen Untersuchungsintensität in beiden Jahren bestehen somit auffällige Unterschiede in dem jeweils erfassten Arteninventar.

Rote Liste-Arten: Nach der Roten Liste des Landes Brandenburg (DATHE & SAURE 2000) sind 16 Bienenarten nicht ungefährdet, davon zwei Arten stark gefährdet (Kategorie 2), drei Arten gefährdet (Kategorie 3), eine Art mit anzunehmender Gefährdung (Kategorie G), eine Art mit defizitärer Datenlage (Kategorie D) und neun Arten der Vorwarnliste (Kategorie V) (Tab. 46, Anhang). In der Roten Liste der Bienen Deutschlands (WESTRICH et al. 1998) werden sogar 23 der ermittelten Arten als nicht ungefährdet eingestuft. Sechs Arten sind bundesweit stark gefährdet (Kategorie 2), neun Arten gefährdet (Kategorie 3), drei Arten gefährdet mit unklarer Gefährdungssituation (Kategorie G), drei Arten besitzen eine defizitäre Datenlage (Kategorie D) und zwei Arten gehören der Vorwarnliste an (Kategorie V) (Tab. 46).

Zu den bemerkenswertesten Funden zählen zwei von 27 nachgewiesenen Arten der Gattung *Andrena*, nämlich *A. chrysopyga* und *A. suerinensis*. Diese Arten sind sowohl landes-, als auch bundesweit sehr selten und stark gefährdet. Die wenigen Vorkommen in Brandenburg sind DATHE & SAURE (2000) zu entnehmen. Während *A. chrysopyga* im Untersuchungsgebiet nur in einem Individuum erfasst wurde, tritt *A. suerinensis* in einer individuenreichen Population auf. Dadurch ist die letztere Art auch populationsbiologisch von Bedeutung. Beide Arten sind submediterrane Faunenelemente mit hohem Wärmebedürfnis. Sie sind charakteri-

stische Bewohner offener strukturreicher Feldfluren, *A. chrysopyga* kommt darüber hinaus auch in Sandheiden vor (WESTRICH 1989).

Zwei weitere bemerkenswerte Bienenarten sind *Andrena niveata* und *Osmia brevicornis*, die beide in Brandenburg und in Deutschland in die Rote Liste-Kategorie 3 (gefährdet) eingestuft werden. Die Sandbiene *A. niveata* ist eine typische Bewohnerin des wärmebegünstigten Offenlandes. Die Mauerbiene *O. brevicornis* ist dagegen aufgrund ihrer Nistweise (Nester überwiegend in Käferfraßgängen in totem Holz) an gehölzreiche Lebensräume wie Waldränder, Obstwiesen, Gärten und Parks gebunden (WESTRICH 1989).

Hummeln sind mit 16 Arten im Gebiet vertreten. Davon sind vor allem drei Arten bemerkenswert, nämlich die Deichhummel *Bombus distinguendus*, die Mooshummel *B. muscorum* und die Tonerdhummel *B. subterraneus*. Diese Arten sind charakteristische Offenlandarten, die Feldfluren, Wiesen und Weiden bewohnen. Deich- und Mooshummel gelten bundesweit als stark gefährdet (WESTRICH et al. 1998).

In Deutschland ebenfalls stark gefährdet sind die Furchenbienen *Lasioglossum quadrinotatum* und *L. sexnotatum*. Man trifft sie überwiegend an trocken-warmen Stellen in Sand- und Lössgebieten an. Dem Vorzugsbiotop entsprechend fällt die Gefährdungssituation dieser Arten in Brandenburg deutlich günstiger aus als im gesamten Bundesgebiet. *L. quadrinotatum* ist auf der Versuchsfeldanlage sogar eine der häufigsten Bienenarten.

3.2.2 Biologie und Ökologie der Arten

Angaben zur Biologie und Ökologie der nachgewiesenen Bienenarten sind im Anhang (Tab. 46) aufgeführt.

Ökologische Anspruchstypen: Tab. 8 zeigt die Verteilung der Bienenarten hinsichtlich ihrer ökologischen Ansprüche (Habitatpräferenzen). Demnach ist mehr als jede dritte nachgewiesene Art eine charakteristische Offenlandart, teils mit hohen Ansprüchen an Trockenheit und Wärme. Nahezu die Hälfte der Arten sind mesophile Bewohner von Offenland und Wald, wobei diese Arten auch im Wald die sonnenexponierten Standorte (Waldwege, Lichtungen) bevorzugen. Nur zwei

Arten (*Andrena fucata*, *Osmia uncinata*) gelten als typische Waldarten. Diese Arten, die im Untersuchungsgebiet am Waldrand vorkommen, sind auf der offenen wärmebegünstigten Versuchsfeldanlage kaum zu erwarten.

Tab. 8: Einteilung der erfassten Bienenarten nach ihrer Habitatpräferenz.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
Ubiquisten (U)	14	14,9 %
xerophile Offenlandarten (X.1)	7	7,4 %
mesophile Offenlandarten (M.1)	28	29,8 %
mesophile Offenland- und Waldarten (M.2)	43	45,7 %
mesophile Waldarten (M.3)	2	2,1 %

Ökologische Verbreitungstypen: Die Verteilung der Bienenarten nach ökologischen Verbreitungstypen ist in Tab. 9 dargestellt. Bemerkenswert ist das Vorkommen von zwei stenök-hylophilen (*Andrena fucata*, *Osmia uncinata*) und zwei stenök-eremophilen Arten (*Andrena suerinensis*, *A. niveata*). Die beiden letzteren Arten sind auf Brassicaceen als Pollenquellen spezialisiert (s.u.).

Tab. 9: Einteilung der erfassten Bienenarten nach dem ökologischen Verbreitungstyp.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
stenök-hylophil	2	2,1 %
euröök- hylophil	37	39,4 %
hypereuröök-intermediär	29	30,9 %
euröök-eremophil	24	25,5 %
stenök-eremophil	2	2,1 %

Parasitierung und Nestbau: 25 der nachgewiesenen Bienenarten leben parasitisch. Ihr Anteil an der Gesamtzahl der erfassten Arten beträgt 26,6 % und entspricht damit etwa dem überregionalen Durchschnittswert von 25 % (berechnet

nach WESTRICH & DATHE 1997). Die Wirte der „Kuckucksbienen“ sind im Anhang (Tab. 46) aufgeführt. Die Wirtsbeziehung der Wespenbiene *Nomada moeschleri* ist noch nicht endgültig geklärt, allerdings deuten zahlreiche Beobachtungen auf *Andrena haemorrhoa* als Wirt hin (SAURE 1996). Auch im Untersuchungsgebiet wurden beide Arten syntop am Waldrand beobachtet.

Die Blutbiene *Sphecodes pellucidus* parasitiert vorwiegend die Sandbiene *Andrena barbilabris*, daneben kommen *A. argentata*, *A. humilis* und *A. ventralis* als weitere Wirte in Betracht (WESTRICH 1989). Keine dieser Wirtsarten wurde im Untersuchungsgebiet festgestellt. Die Nachweise zweier Weibchen der Blutbiene im Grünland und am Waldrand weisen aber darauf hin, dass zumindest eine der Wirtsarten im Gebiet vorkommen muss.

Nicht-parasitische, nestbauende Bienen sind mit 69 Arten im Gebiet vertreten. Dabei überwiegen deutlich Arten, die ihre Nester im Erdboden entweder selbst graben (50 spp.) oder vorgefundene Hohlräume im Boden nutzen (5 spp.) (Tab. 10). Den bodennistenden Arten bieten sich in denjenigen Bereichen des Grünlandes, die keiner mechanischen Bodenbearbeitung unterliegen, Möglichkeiten zur Nestanlage (Feldraine, Grasstreifen, Ruderalstellen). Für solche Bienen fungiert das Versuchsfeld als Gesamtlebensraum.

Tab. 10: Einteilung der erfassten Bienenarten nach ihrer Nistweise.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
endogäisch 1 / 2	50	53,2 %
endogäisch 4	5	5,3 %
hypergäisch 1 / 2	5	5,3 %
hypergäisch 5	5	5,3 %
endogäisch und hypergäisch	4	4,3 %
nicht nestbauend (=parasitisch)	25	26,6 %

Nur zehn der erfassten Bienenarten zählen zu den obligat hypergäisch nistenden Spezies (Tab. 10). Neben der Honigbiene und den Hummeln *Bombus hortorum*,

B. muscorum, *B. pratorum*, *B. ruderarius* gehören dazu die Keulhornbiene *Ceratina cyanea* sowie die Mauerbienen *Osmia bicornis*, *O. brevicornis*, *O. caerulescens* und *O. uncinata*. Die Anzahl oberirdisch nistender Arten ist aufgrund des Mangels an geeigneten Nistplätzen erwartungsgemäß gering. Streng hypergäisch nistende Arten werden deshalb das Versuchsfeld vorrangig als Nahrungshabitat nutzen.

Larvennahrung: Sieben von 69 nestbauenden, d.h. pollensammelnden Bienenarten sind oligolektisch und damit auf bestimmte Pollenquellen für die Versorgung ihrer Brut angewiesen (Tab. 11). Mit 10 % liegt ihr Anteil deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 30 % (WESTRICH 1989).

Tab. 11: Einteilung der erfassten nestbauenden Bienenarten nach ihrer Nahrungspräferenz.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
oligolektisch an Brassicaceae	3	4,3 %
oligolektisch an Asteraceae	2	2,9 %
oligolektisch an Fabaceae	1	1,4 %
oligolektisch an Salicaceae	1	1,4 %
polylektisch	62	89,9 %

Unter den nachgewiesenen oligolektischen Arten sind drei Kreuzblütler-Spezialisten (*Andrena niveata*, *A. suerinensis*, *Osmia brevicornis*), für die der Raps eine Pollenquelle darstellt. Da die Flugzeit dieser Arten aber erst gegen Ende der Rapsblüte beginnt, benötigen sie zum Aufbau stabiler Populationen weitere Kreuzblütler in ausreichender Bestandsdichte (vgl. WESTRICH 1989, BANASZAK & CIERZNIAK 1994). Im Untersuchungsgebiet profitierten diese Bienenarten von den Habitatinseln, die über die Rapsblüte hinaus Pollen und Nektar produzieren.

Im Gebiet wurden weitere oligolektische Bienenarten beobachtet, darunter zwei Asteraceen-Spezialisten (*Colletes similis*, *Lasioglossum brevicorne*) und ein Fabaceen-Spezialist (*Andrena wilkella*). Die Sandbiene *Andrena vaga* besucht zur

Pollenaufnahme ausschließlich Weiden (*Salix* spp.). Ihre Pollenquelle liegt außerhalb der Versuchsfeldanlage, aber Nachweise beider Geschlechter am Waldrand bzw. in der Mantelsaat deuten an, dass das Gebiet zumindest als Teillebensraum zur Eigenversorgung mit Nektar, evt. auch als Nistplatz genutzt wird.

Die weitaus meisten Bienenarten im Untersuchungsgebiet sind polylektisch. Auch diese können aber Präferenzen für bestimmte Pollenquellen aufweisen. Die Sandbiene *Andrena ovatula* besucht im Gebiet bevorzugt Fabaceen. *Andrena pilipes*, *Lasioglossum quadrinotatum* und *L. xanthopus* zeigen auf der Versuchsfeldanlage eine deutliche Affinität zu Kreuzblütlern. Für die Pollenübertragung von Raps auf verwandte Pflanzenarten sind die auf Brassicaceen streng spezialisierten bzw. diese zumindest bevorzugenden Arten von großem Interesse. Das gilt insbesondere für diejenigen Arten, die im Gebiet hohe Individuendichten erreichen, wie *Andrena suerinensis* und *Lasioglossum quadrinotatum*.

Lebenszyklen: Als Folge des von der Rapsblüte vorgegebenen Untersuchungszeitraumes zählen die festgestellten Bienenarten ganz überwiegend zu den Arten, deren Flugzeit auf das Frühjahr bzw. auf den Frühsommer beschränkt ist (univoltin.1: 30 spp.) oder zu denjenigen Arten mit langer Flugzeit, deren hibernierende Weibchen bereits im Frühjahr erscheinen (univoltin.3: 45 spp.) (Tab. 12).

Tab. 12: Einteilung der erfassten Bienenarten nach ihrem Lebenszyklus.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
univoltin.1	30	31,9 %
univoltin.2	4	4,3 %
univoltin.3	45	47,9 %
bivoltin	11	11,7 %
fakultativ bivoltin	3	3,2 %
mehrfährig	1	1,1 %

Elf Bienenarten sind bivoltin, bilden also eine Frühjahrs- und eine Sommergeneration aus. Bei drei weiteren Arten kommt es nur in Jahren mit günstigen klimati-

schen Bedingungen zur Ausbildung einer Sommergeneration (fakultativ bivoltin: *Andrena subopaca*, *Osmia caerulescens*, *Nomada flavoguttata*). Nur die eusoziale Honigbiene besitzt einen mehrjährigen Entwicklungszyklus.

Darüber hinaus gelang auf der Versuchsfeldanlage auch der Nachweis von vier charakteristischen Hochsommerarten (univoltin.2). Von *Andrena semilaevis* wurde bereits in der ersten Maihälfte ein früh fliegendes Männchen in einer Malaise-falle erfasst (7.-11. Mai). Die übrigen drei Arten erschienen erst spät im Anschluss an die Rapsblüte (*Andrena wilkella*: erster Nachweis am 27. Mai, *Colletes similis*: erster Nachweis am 03. Juni, *Megachile circumcincta*: erster Nachweis am 16. Juni).

3.2.3 Die Bienenfauna in Vergleichsstudien

Als Vergleichsstudien wurden vier Untersuchungen zur Bienenzönose auf Winter-rapsfeldern und in den jeweils feldbegleitenden Habitatstrukturen im westlichen, mittleren und östlichen Polen ausgewählt. Tab. 13 gibt die Rahmenbedingungen wieder. Eine Gegenüberstellung der erfassten Arten erfolgt in Tab. 47 (Anhang). Die Ergebnisse werden in Tab. 14 zusammengefasst.

Tab. 13: Bienenarten am Raps im Vergleich mehrerer Publikationen [in der Untersuchung von MICZULSKI (1967) blieben die Hummeln unbearbeitet].

Autor	Region	Zeitraum (Jahre)	Anzahl Arten
GALUSZKOWA (1965)	Umgebung Wroclaw (Bres-lau), Westpolen	4	82
MICZULSKI (1967)	Umgebung Lublin, Ostpolen	6	37
PAWLIKOWSKI (1978)	Umgebung Torun (Thorn), Mittelpolen	3	43
BANASZAK (1982)	Umgebung Poznan (Posen), Westpolen	4	47
eigene Untersuchung	Dahnsdorf südl. Berlin, Bran-den-burg	2	94

Tab. 14: Anzahl Bienenarten gesamt und Anzahl Arten mit hoher Stetigkeit (in mindestens vier von fünf Studien) am Winterraps und feldbegleitenden Strukturen im Untersuchungsgebiet und in Vergleichsuntersuchungen (s.o.).

Gattung	Arten gesamt	Arten mit hoher Stetigkeit
<i>Andrena</i>	39	12
<i>Lasioglossum</i>	33	7
<i>Bombus</i>	24	6
<i>Nomada</i>	14	0
<i>Sphecodes</i>	10	1
<i>Halictus</i>	6	1
<i>Osmia</i>	6	0
<i>Anthophora</i>	2	0
<i>Colletes</i>	2	0
<i>Apis</i>	1	1
<i>Ceratina</i>	1	0
<i>Eucera</i>	1	0
<i>Megachile</i>	1	0
Summe	140	28

Insgesamt wurden im Rahmen der vier zum Vergleich herangezogenen Studien sowie in der eigenen Untersuchung 140 Bienenarten aus 13 Gattungen erfasst (Tab. 47). Besonders zahlreich sind Sandbienen der Gattung *Andrena* (39 spp.) und Furchenbienen der Gattungen *Halictus* und *Lasioglossum* (ebenfalls 39 spp.) vertreten, daneben auch Hummeln (Gattung *Bombus*, 24 spp.). Sandbienen, Furchenbienen und Hummeln werden übereinstimmend als die arten- und individuenreichsten Wildbienen-gattungen am Winterraps bezeichnet.

Bienenarten, die mit hoher Stetigkeit, d.h. in mindestens vier von fünf Studien nachgewiesen wurden, werden als typische Besucher von Winterrapskulturen im nördlichen Mitteleuropa angesehen. Dazu zählen neben der Honigbiene 27 weitere Arten (Tab. 14, 47). Von diesen wurden nur zwei Arten im Untersuchungsge-

biet bei Dahnsdorf nicht beobachtet, nämlich *Andrena varians* (in Brandenburg sehr selten, vgl. DATHE & SAURE 2000) sowie *Lasioglossum albipes* (eine in Brandenburg häufige Art, die im weiteren Umkreis um das Versuchsfeld sicherlich vorkommt). Beide Arten besiedeln bevorzugt den Übergangsbereich vom Wald zum Offenland (WESTRICH 1989).

3.2.4 Stylopierte Bienen

Einige der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Bienen zeigten einen Befall mit Strepsipteren. Es wurden zwei Strepsipterenarten der Familie Stylopidae festgestellt, und zwar *Stylops melittae*² und *Halictoxenos arnoldi* (Tab. 15). Die Weibchen dieser Stylopiden leben dauerhaft im Körper ihrer Wirtsorganismen. Sie sind am sklerotisierten Cephalothorax gut zu erkennen, der zwischen den Abdominalsegmenten des Wirtsorganismus hervorragt.

Tab. 15: Im Untersuchungsgebiet nachgewiesene Strepsipteren mitsamt den Wirten (*S.m.* = *Stylops melittae*, *H.a.* = *Halictoxenos arnoldi*, *A.b.* = *Andrena bimaculata*, *A.n.* = *Andrena nigroaenea*, *L.x.* = *Lasioglossum xanthopus*).

Parasit		Wirt		Funddatum	Habitatstruktur	Nachweismethode
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.b.</i>	1 ♀	13.05.1999	Konv. Raps	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♀	20.04.1999	Grünland	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	22.04.1998	Konv. Raps	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	27.04.-01.05.1999	Konv. Raps	Malaisefalle
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	27.04.-01.05.1999	Konv. Raps	Malaisefalle
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	29.04.1998	Konv. Raps	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	29.04.1999	Waldrand	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	30.04.1999	Grünland	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	07.05.1999	Grünland	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	09.05.1999	Grünland	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♀	10.05.1999	Trans. Raps	Kescher

² *Stylops melittae* wird von verschiedenen Autoren als Komplex aus mehreren Arten angesehen (vgl. ULRICH 1930, BORCHERT 1963, KINZELBACH 1978).

Parasit		Wirt		Funddatum	Habitat- struktur	Nachweis- methode
<i>S.m.</i>	3 ♀♀	<i>A.n.</i>	1 ♀	17.05.1999	Konv. Raps	Kescher
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	17.05.-21.05.1999	Waldrand	Malaisefalle
<i>S.m.</i>	1 ♀	<i>A.n.</i>	1 ♂	25.05.1999	Trans. Raps	Kescher
<i>H.a.</i>	1 ♀	<i>L.x.</i>	1 ♀	07.06.1999	Grünland	Kescher

Stylops melittae parasitiert zahlreiche Bienenarten der Gattung *Andrena* (s. KINZELBACH 1978). Der Parasit ist in Brandenburg keineswegs selten und wird regelmäßig nachgewiesen (SAURE 1994). *Andrena bimaculata* und *A. nigroaenea* wurden aber bislang in Brandenburg als Wirte von *Stylops melittae* noch nicht genannt.

Die überregional sehr selten nachgewiesene Art *Halictoxenos arnoldi* wird hier erstmals für Brandenburg gemeldet. Sie parasitiert verschiedene Furchenbienen der Gattung *Lasioglossum* (Untergattung *Lasioglossum*) (KINZELBACH 1978).

3.3 Artenbestand Schwebfliegen

3.3.1 Anzahl und Gefährdung der Arten

Anzahl Arten: Im Bereich der Versuchsfeldanlage wurden 48 Schwebfliegenarten aus 23 Gattungen nachgewiesen. Tab. 16 gibt eine systematische Übersicht der nachgewiesenen Taxa bis zur Gattung. In Tab. 17 sind die erfassten Schwebfliegenarten in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Tab. 16: Systematische Reihenfolge der nachgewiesenen Schwebfliegen bis zur Gattung (s. TORP 1994, SSYMANK et al. 1999).

Diptera Brachycera: Cyclorrhapha	<i>Platycheirus</i> LEPELETIER & SERVILLE,
Familie Syrphidae	1828
<u>Unterfamilie Syrphinae</u>	<i>Chrysotoxum</i> MEIGEN, 1803
<i>Paragus</i> LATREILLE, 1804	<i>Syrphus</i> FABRICIUS, 1775
<i>Melanostoma</i> SCHINER, 1860	<i>Epistrophe</i> WALKER, 1852
	<i>Eupeodes</i> OSTEN-SACKEN, 1877

<i>Scaeva</i> FABRICIUS, 1805	<i>Pipizella</i> RONDANI, 1856
<i>Dasysyrphus</i> ENDERLEIN, 1938	<i>Cheilosia</i> MEIGEN, 1822
<i>Meligramma</i> FREY, 1946	<i>Rhingia</i> SCOPOLI, 1763
<i>Parasyrphus</i> MATSUMURA & ADACHI, 1917	<i>Neoascia</i> WILLISTON, 1886
<i>Episyrphus</i> MATSUMURA & ADACHI, 1917	<i>Eumerus</i> MEIGEN, 1822
<i>Sphaerophoria</i> LEPELETIER & SERVILLE, 1828	<i>Helophilus</i> MEIGEN, 1822
<u>Unterfamilie Eristalinae</u>	<i>Eristalis</i> LATREILLE, 1804
<i>Pipiza</i> FALLEN, 1810	<i>Eristalinus</i> RONDANI, 1845
	<i>Syritta</i> LEPELETIER & SERVILLE, 1828

Eine Gesamtartenliste der Schwebfliegen Brandenburgs existiert gegenwärtig nicht. WOLFF (1998) führt für Berlin und Umgebung 253 Arten an, davon ausgehend wird der Bestand für Brandenburg auf ca. 300 Arten geschätzt. Der Anteil der erfassten Arten am landesweiten Bestand beträgt somit etwa 16 %. Wie für Bienen gilt auch für Schwebfliegen, dass die tatsächlich im Gebiet vorkommende Artenzahl größer ist als die ermittelte Artenzahl, da nur ein jahreszeitlich eingeschränkter Aspekt berücksichtigt wurde. Bundesweit kommen nach SSYMANK et al. (1999) 440 Syrphidenarten vor. Das erfasste Arteninventar repräsentiert somit 10,9 % der Schwebfliegenfauna Deutschlands.

Tab. 17: Verzeichnis der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen 48 Schwebfliegenarten in alphabetischer Reihenfolge.

<i>Cheilosia praecox</i> (ZETTERSTEDT, 1843)	<i>Episyrphus balteatus</i> (DEGEER, 1776)
<i>Chrysotoxum cautum</i> (HARRIS, 1776)	<i>Eristalinus sepulchralis</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Chrysotoxum vernale</i> LOEW, 1841	<i>Eristalis abusiva</i> COLLIN, 1931
<i>Dasysyrphus albostrigatus</i> (FALLÉN, 1817)	<i>Eristalis arbustorum</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Dasysyrphus pauxillus</i> (WILLISTON, 1887)	<i>Eristalis interrupta</i> (PODA, 1761)
<i>Dasysyrphus venustus</i> (MEIGEN, 1822)	<i>Eristalis pertinax</i> (SCOPOLI, 1763)
<i>Epistrophe eligans</i> (HARRIS, 1780)	<i>Eristalis tenax</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Epistrophe melanostoma</i> (ZETTERSTEDT, 1843)	<i>Eumerus strigatus</i> (FALLEN, 1817)
<i>Epistrophe nitidicollis</i> (MEIGEN, 1822)	<i>Eupeodes corollae</i> (FABRICIUS, 1794)
	<i>Eupeodes luniger</i> (MEIGEN, 1822)

<i>Helophilus pendulus</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Platycheirus fulviventris</i> (MACQUART, 1829)
<i>Helophilus trivittatus</i> (FABRICIUS, 1805)	
<i>Melanostoma mellinum</i> (LINNAEUS, 1758)	<i>Platycheirus peltatus</i> (MEIGEN, 1822)
<i>Meligramma triangulifera</i> (ZETTERSTEDT, 1843)	<i>Platycheirus scutatus</i> (MEIGEN, 1822)
<i>Neoascia tenur</i> (HARRIS, 1780)	<i>Platycheirus tarsalis</i> (SCHUMMEL, 1837)
<i>Paragus haemorrhous</i> MEIGEN, 1822	<i>Rhingia campestris</i> MEIGEN, 1822
<i>Paragus majoranae</i> RONDANI, 1857	<i>Scaeva pyrastris</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Parasyrphus punctulatus</i> (VERRALL, 1873)	<i>Scaeva selenitica</i> (MEIGEN, 1822)
<i>Pipiza bimaculata</i> MEIGEN, 1822	<i>Sphaerophoria batava</i> GOELDLIN DE TIEFENAU, 1974
<i>Pipizella virens</i> (FABRICIUS, 1805)	<i>Sphaerophoria rueppellii</i> (WIEDEMANN, 1830)
<i>Platycheirus albimanus</i> (FABRICIUS, 1781)	
<i>Platycheirus ambiguus</i> (FALLEN, 1817)	<i>Sphaerophoria scripta</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Platycheirus angustatus</i> (ZETTERSTEDT, 1843)	<i>Syritta pipiens</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Platycheirus clypeatus</i> (MEIGEN, 1822)	<i>Syrphus ribesii</i> (LINNAEUS, 1758)
<i>Platycheirus europaeus</i> GOELDLIN DE TIEFENAU, MAIBACH & SPEIGHT, 1990	<i>Syrphus torvus</i> OSTEN-SACKEN, 1875
	<i>Syrphus vitripennis</i> MEIGEN, 1822

Auch bei den Syrphiden wurden im zweiten Untersuchungsjahr deutlich mehr Arten festgestellt als im Jahr 1998 (43 resp. 29 spp.). Nur für jede zweite Art (24 von 48 spp.) gelang der Nachweis in beiden Untersuchungszeiträumen. Der ermittelte Artenbestand unterscheidet sich trotz intensiver Geländetätigkeit in beiden Jahren deutlich voneinander.

Rote Liste-Arten: Von 48 Schwebfliegenarten sind nur zwei Arten bundesweit einer Gefährdungstufe zugeordnet, und zwar *Platycheirus ambiguus* der Kategorie G und *P. tarsalis* der Kategorie 3. Zwei weitere Arten (*Platycheirus fulviventris*, *Chrysotoxum vernale*) werden in der Vorwarnliste geführt (SSYMANK & DOCZKAL 1998) (Tab. 48, Anhang). Eine Rote Liste der Schwebfliegen Brandenburgs existiert bisher nicht, aber es ist anzunehmen, dass zumindest die Art *P. tarsalis* auch in Brandenburg in ihrem Bestand gefährdet ist. WOLFF (1998) er-

wähnt diese Art für Berlin und Umland nicht, FLÜGEL (2001) gibt jedoch einen aktuellen Fund für Oderberg (Ostbrandenburg) an.

3.3.2 Biologie und Ökologie der Arten

Angaben zur Biologie und Ökologie der nachgewiesenen Schwebfliegenarten sind Tab. 48 im Anhang zu entnehmen.

Ökologische Anspruchstypen: Nahezu jede zweite der nachgewiesenen Syrphidenarten (23 spp.) zählt zu den mesophilen Arten, die gleichermaßen Offenland, wie auch Wald besiedeln (Tab. 18). Fünf Arten sind ebenfalls mesophil, zeigen jedoch Vorlieben entweder für Offenland- oder für Waldbiotope. Als ausgesprochen eurytop werden zehn Arten eingestuft.

Tab. 18: Einteilung der erfassten Schwebfliegenarten nach ihrer Habitatpräferenz.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
Ubiquisten (U)	10	20,8 %
xerophile Offenlandarten (X.1)	3	6,3 %
mesophile Offenlandarten (M.1)	1	2,1 %
mesophile Offenland- und Waldarten (M.2)	23	47,9 %
mesophile Waldarten (M.3)	4	8,3 %
hygrophile Offenlandarten (H.1)	6	12,5 %
hygrophile Offenland- und Waldarten (H.2)	1	2,1 %

Schwebfliegen mit deutlicher Vorliebe für feuchte oder trockene Lebensräume sind im Untersuchungsgebiet weniger zahlreich vertreten. Neben sieben hygrophilen wurden nur drei xerophile Arten festgestellt, nämlich *Paragus haemorrhous*, *P. majoranae* und *Sphaerophoria rueppellii*. Im Vergleich zur überregionalen Situation sind xerophile Arten im Untersuchungsgebiet unterrepräsentiert (bundesweit 10 % nach RÖDER 1990). Die drei Arten mit hohem Wärmebedürfnis kommen in Deutschland nur lokal vor und sind an ihren Fundstellen in der

Regel selten (RÖDER 1990). Sie zählen zu den bemerkenswertesten Schwebfliegenarten im Untersuchungsraum.

Larvennahrung: 35 der im Gebiet erfassten Syrphidenarten sind dem zoophagen Ernährungstyp zuzuordnen (Tab. 19). Davon ernährt sich nur die Larve von *Epi-syrphus balteatus* von einem breiten Spektrum an Beutetieren, zu welchem die unterschiedlichsten Kleinarthropoden gehören (RÖDER 1990). Die übrigen zoophagen Arten ernähren sich ausschließlich oder ganz überwiegend von Blattläusen (aphidiphage Ernährungsweise).

Tab. 19: Einteilung der erfassten Schwebfliegenarten nach der Ernährungsweise ihrer Larven.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
zoophag	35	72,9 %
phytophag	2	4,2 %
saprophag	11	22,9 %

Nur zwei der nachgewiesenen Arten besitzen phytophage Larven. *Eumerus strigatus* entwickelt sich vorwiegend in den Zwiebeln von Liliengewächsen (z.B. *Allium*), aber beispielsweise auch in den auf der Versuchsfeldanlage angebauten Kartoffeln. Die Larve von *Cheilosia praecox* miniert Blätter des Kleinen Habichtskrautes (*Hieracium pilosella*), möglicherweise auch Blätter anderer Asteraceen. *Ch. praecox* konnte zusammen mit dem Kleinen Habichtskraut nur am Waldrand festgestellt werden (vgl. Tab. 45).

Elf Arten besitzen saprophage Larven. Zum aquatisch-saprophagen Ernährungstyp zählen die Arten der Gattungen *Eristalis*, *Eristalinus* und *Helophilus*. Man findet ihre Larven gewöhnlich in stark eutrophen Gewässern oder in nassen, fauligen Substraten wie faulige Pfützen, Jauchegruben oder Abwasserkanälen. Die Larven von *Rhingia campestris* und *Syrirta pipiens* sind vom terrestrisch-saprophagen Typ. Sie entwickeln sich in Dung, letztere auch in Kompost. Einen Übergang zur phytophagen Ernährungsweise zeigt *Neoscia tenur*, deren Larven

sich von verrottenden Pflanzenteilen ernähren (schizo-phytophag). Ein Misthaufen am Rand des Versuchsfeldes bietet zumindest einigen der saprophagen Arten ideale Entwicklungsbedingungen.

Im Vergleich zur bundesweiten Situation sind Arten mit zoophagen Larven im Untersuchungsgebiet überdurchschnittlich zahlreich vertreten. In Deutschland gehören 37 % der Schwebfliegenarten dem zoophagen Ernährungstyp an (RÖDER 1990), im Untersuchungsgebiet beträgt ihr relativer Anteil 73 %.

Lebenszyklen: Schwebfliegen mit einer Generationen im Jahr lassen sich in Frühjahrsarten (univoltin.1: Hauptaktivitätsphase im April/Mai) und Sommerarten (univoltin.2: Hauptaktivitätsphase im Juli/August) unterteilen. Dem Untersuchungszeitraum entsprechend wurden auf der Versuchsfeldanlage und am Waldrand zehn univoltine Frühjahrsarten und keine Sommerart festgestellt (Tab. 20).

Tab. 20: Einteilung der erfassten Schwebfliegenarten nach ihren Lebenszyklen.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
univoltin.1	10	20,8 %
bivoltin	4	8,3 %
fakultativ bivoltin	5	10,4 %
polyvoltin	17	35,4 %
fakultativ polyvoltin	2	4,2 %
unklar	10	20,8 %

Daneben kommen vier bivoltine und fünf fakultativ bivoltine Arten vor. Polyvoltine Syrphiden (mit drei oder mehr Generationen im Jahr) sowie fakultativ polyvoltine Arten überwiegen im Gebiet mit 19 Arten. Weitere zehn Arten zeichnen sich durch unklare Generationsverhältnisse aus.

Wanderverhalten: Etwa jede zweite nachgewiesene Spezies zeigt kein Wanderverhalten (stationäre Arten, Tab. 21). Die übrigen Arten sind saisonale Wanderer, davon 15 Spezies Migranten mit einer richtungsorientierten Wanderung und acht Spezies Dismigranten ohne Richtungsorientierung. Jeweils drei Migranten und

Dismigranten zeigen eine nur schwache Wanderneigung, die übrigen 17 Arten sind durch ein ausgeprägtes Wanderverhalten charakterisiert.

Tab. 21: Einteilung der erfassten Schwebfliegenarten nach ihrem Wanderverhalten.

	Anzahl Arten	Anteil Arten
saisonale Migranten mit starker Wanderneigung	12	25,0 %
saisonale Migranten mit geringer Wanderneigung	3	6,3 %
saisonale Dismigranten mit starker Wanderneigung	5	10,4 %
saisonale Dismigranten mit geringer Wanderneigung	3	6,3 %
stationäre Arten	25	52,1 %

3.4 Räumliche und zeitliche Verteilung von Bienen und Schwebfliegen

3.4.1 Artenverteilung auf Habitatstrukturen

Abb. 5 zeigt die Zahl der Bienen- und Schwebfliegenarten in den verschiedenen Habitatstrukturen (vgl. Tab. 49 u. 50). Bienen sind am artenreichsten im Grünland vertreten (65 spp.). Am Waldrand wurden in Fallen 62 Arten, durch Handfänge aber nur 35 Arten ermittelt. Am konventionellen Raps der Mantelsaat wurden 38 Arten festgestellt. In den übrigen Teilhabitaten des Versuchsfeldes und an der Raps-Produktionsfläche wurden nur jeweils zwischen 21 und 26 Bienenarten nachgewiesen.

Schwebfliegen sind insbesondere in den Fallen am Waldrand und in den Fallen am Rapsfeld artenreich vertreten (25 resp. 23 spp.). Durch Kescherfänge konnten am Waldrand 19, im Grünland 17 und in der Raps-Mantelsaat 15 Arten nachgewiesen werden. An den übrigen Habitatstrukturen wurden zwischen 6 und 13 Arten erfasst.

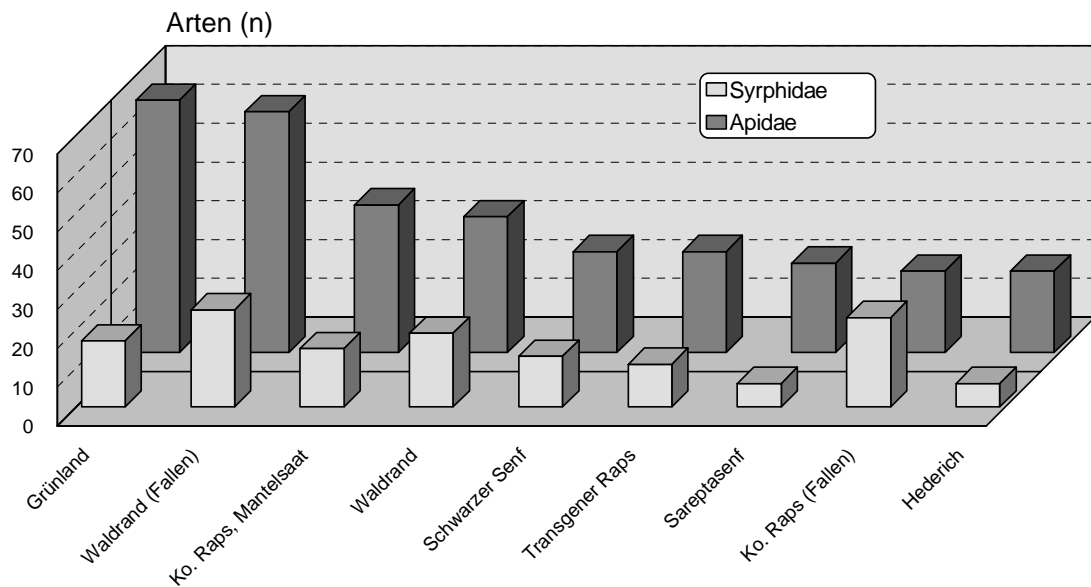


Abb. 5: Verteilung der Bienen- und Schwebfliegenarten auf die Habitatstrukturen.

In Abb. 6 wird der Grad der Übereinstimmung von Artengemeinschaften in einem Dendrogramm wiedergegeben. Grundlage für die Cluster-Darstellung sind die Artenidentitäten der Habitatstrukturen nach SOERENSEN bezüglich der Bienen und Schwebfliegen (s. auch die Darstellung als Trellis-Diagramm in Abb. 25 im Anhang). Ganz offensichtlich bestehen große faunistische Ähnlichkeiten zwischen den Kreuzblütlerbeständen des Versuchsfeldes. Der transgene Raps und der konventionelle Raps der Mantelsaat zeigen den höchsten Grad an Übereinstimmung (Artenidentität von 68,9 %). Annähernd hoch sind die faunistischen Ähnlichkeiten zwischen transgenem Raps und Hederich (68,8 %) sowie zwischen Sareptasenf und Schwarzem Senf (67,7 %). Die Artenidentität zwischen allen Kreuzblütlerbeständen des Versuchsfeldes beträgt 64,7 %.

Die Fünfergruppe [Mantelsaat – Transgener Raps – Sareptasenf - Schwarzer Senf – Hederich] weist den höchsten Grad an Übereinstimmung mit dem Grünland auf (Artenidentität von 52,7 %). Geringere Ähnlichkeiten bestehen zwischen dem Waldrand (Kescher und Fallen) und der Raps-Produktionsfläche „GbR“ (48,2 %) sowie zwischen diesen Habitatstrukturen und der oben genannten Fünfergruppe des Versuchsfeldes (45,8 %). Dieses Ergebnis spiegelt die mikroklimatischen und

strukturellen Unterschiede zwischen Waldrand und Offenland wider, verdeutlicht aber auch den Einfluss der Fangmethode. So ist die Artenidentität zwischen Waldrand (Kescher) und Waldrand (Fallen) mit 61,0 % vergleichsweise gering. Auch der Artenbestand der Raps-Produktionsfläche, welcher ausschließlich mit Fallen erfasst wurde, weicht deutlich von demjenigen anderer Habitatstrukturen ab (eine Artenidentität von mehr als 55 % besteht nur zur Mantelsaat).

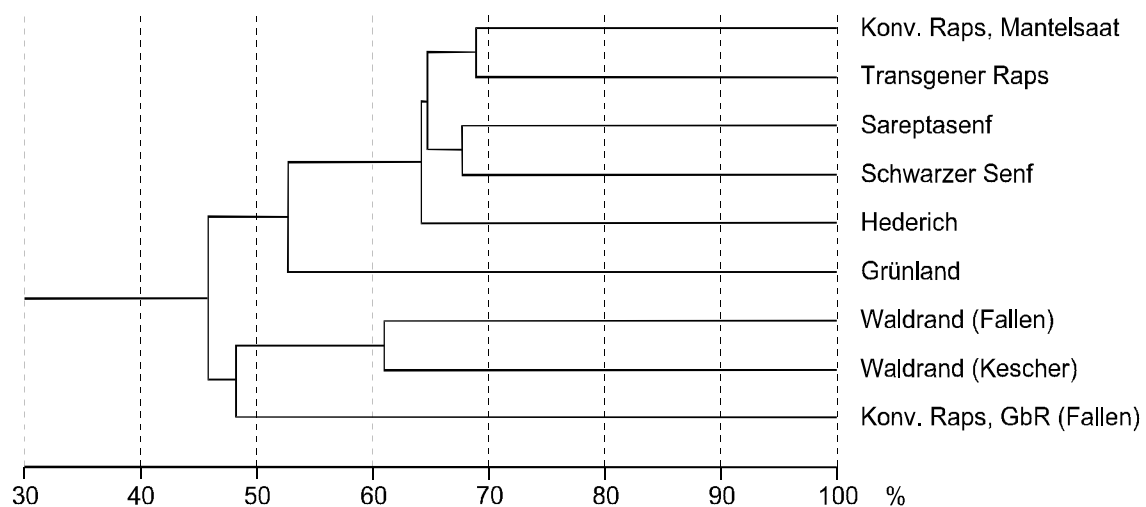


Abb. 6: Dendrogramm der faunistischen Ähnlichkeiten der Habitatstrukturen (SOEREN-SEN-Index) für Bienen und Schwebfliegen.

3.4.2 Dominanzstrukturen und Phänologien in den Teilhabitaten des Versuchsfeldes

Apidae und Syrphidae: Die bei den Zählungen blütenbesuchender Insekten im transgenen Raps, im konventionellen Raps der Mantelsaat und in den Habitatinseln ermittelten Arten- und Individuenzahlen sind Tab. 22 und Abb. 7 bis 9 zu entnehmen.

Tab. 22: Die bei Blütenbesuchszählungen am transgenen Raps, am konventionellen Raps und in den Habitatinseln ermittelten Arten- und Individuenzahlen von Bienen und Schwebfliegen.

	Trans. Raps 1998	Konv. Raps 1998	Habitat- inseln 1998	Trans. Raps 1999	Konv. Raps 1999	Habitat- inseln 1999
Apidae						
Summe Arten	23	28	20	14	20	23
Summe Individuen	179	214	127	376	516	333
Syrphidae						
Summe Arten	3	6	8	8	7	9
Summe Individuen	9	26	18	12	13	31

Die Anzahl der bei Blütenbesuchszählungen an Habitatstrukturen des Versuchsfeldes ermittelten Bienenarten schwankt zwischen 14 und 28 (Tab. 22). Ein weit- aus größerer Unterschied besteht hinsichtlich der Individuenzahlen, die um mehr als das Vierfache differieren (Minimum:127, Maximum 516 Individuen). Das lässt sich auf die Dominanz weniger Arten, insbesondere der Honigbiene zurück- führen (s.u.). In beiden Untersuchungsjahren wurden mit den standardisierten Zählungen im konventionellen Raps der Mantelsaat mehr Individuen erfasst als im transgenen Raps.

Schwebfliegen wurden bei den Zählungen in deutlich geringeren Arten- und Indi- viduenzahlen registriert (Tab. 22). Die Individuenverteilung der Schwebfliegen im Vergleich zu den Bienen zeigt Abb. 7. Die Honigbiene bleibt in dieser Grafik un- berücksichtigt, dennoch werden bei Bienen merklich höhere Individuenzahlen erreicht als bei Schwebfliegen.

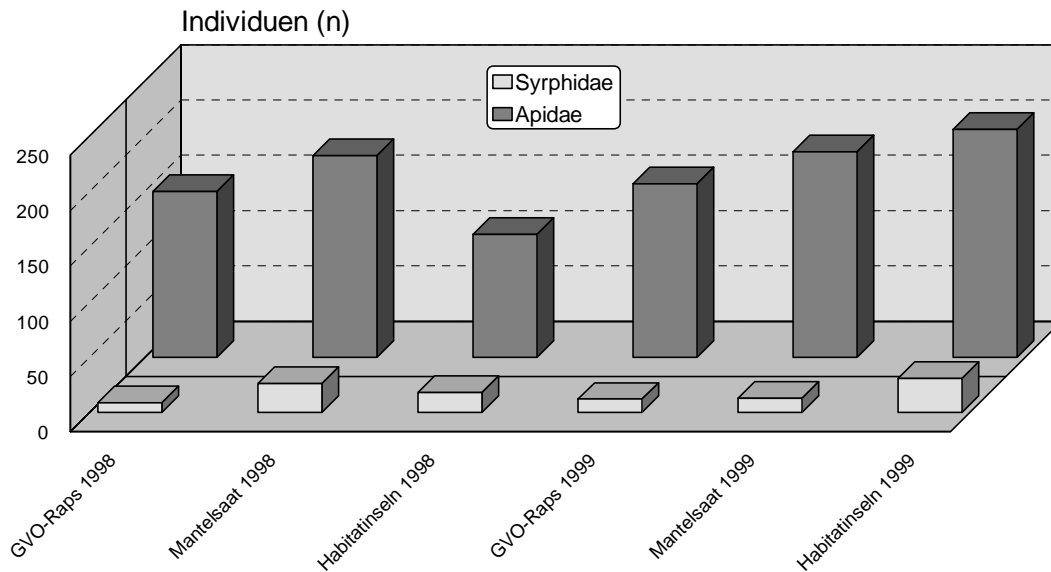


Abb. 7: Vergleich der Individuenzahlen von Syrphidae und Apidae (ohne *Apis mellifera*) im Raps (GVO = transgen, Mantelsaat = konventionell) und in den Habitatinseln nach Blütenbesuchszählungen 1998 und 1999.

In Abb. 8 und 9 sind die Arten- und Individuenzahlen für jeden einzelnen Zählgang dargestellt. Die Fangergebnisse sind von unterschiedlichen Faktoren abhängig, insbesondere von der Witterung. Eine Korrelation zwischen den Arten- und Individuenzahlen und der Tagestemperatur bzw. der Niederschlagshöhe (Kap. 2.1.4) ist aber nicht zu erkennen, da an kalten oder regenreichen Tagen keine Blütenbesuchszählungen durchgeführt wurden.

Zum Ende der Rapsblüte (etwa Ende Mai) ist ein Anstieg der Arten- (1998, 1999) und Individuenzahlen (1998) zu verzeichnen. Die Habitatinseln sind erst deutlich nach Beginn der Rapsblüte für nektar- und pollensuchende Insekten von Bedeutung, bedingt durch die spät einsetzende Blütezeit von Sareptasenf, Schwarzem Senf und Hederich. Eine Pollenübertragung von Raps auf die verwandten Kreuzblütler durch blütenbesuchende Insekten ist deshalb unter den gegebenen Versuchsbedingungen erst in der letzten Phase der Raps-Hauptblüte bzw. zum Ende der Rapsblüte wahrscheinlich.

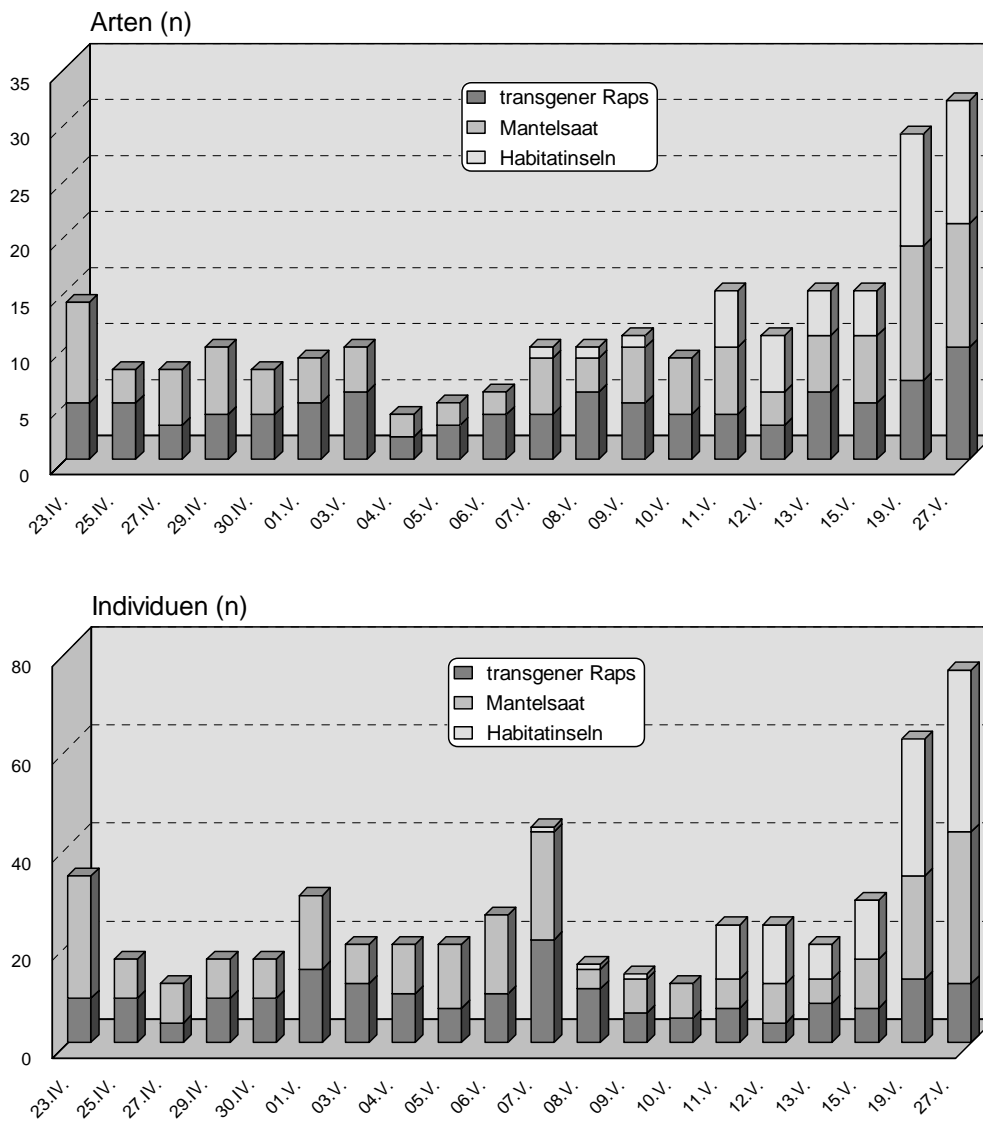


Abb. 8: Arten- und Individuenzahlen (Syrphidae, Apidae) im Raps (transgen, konventionell) und in den Habitatinseln nach Blütenbesuchszählungen 1998.

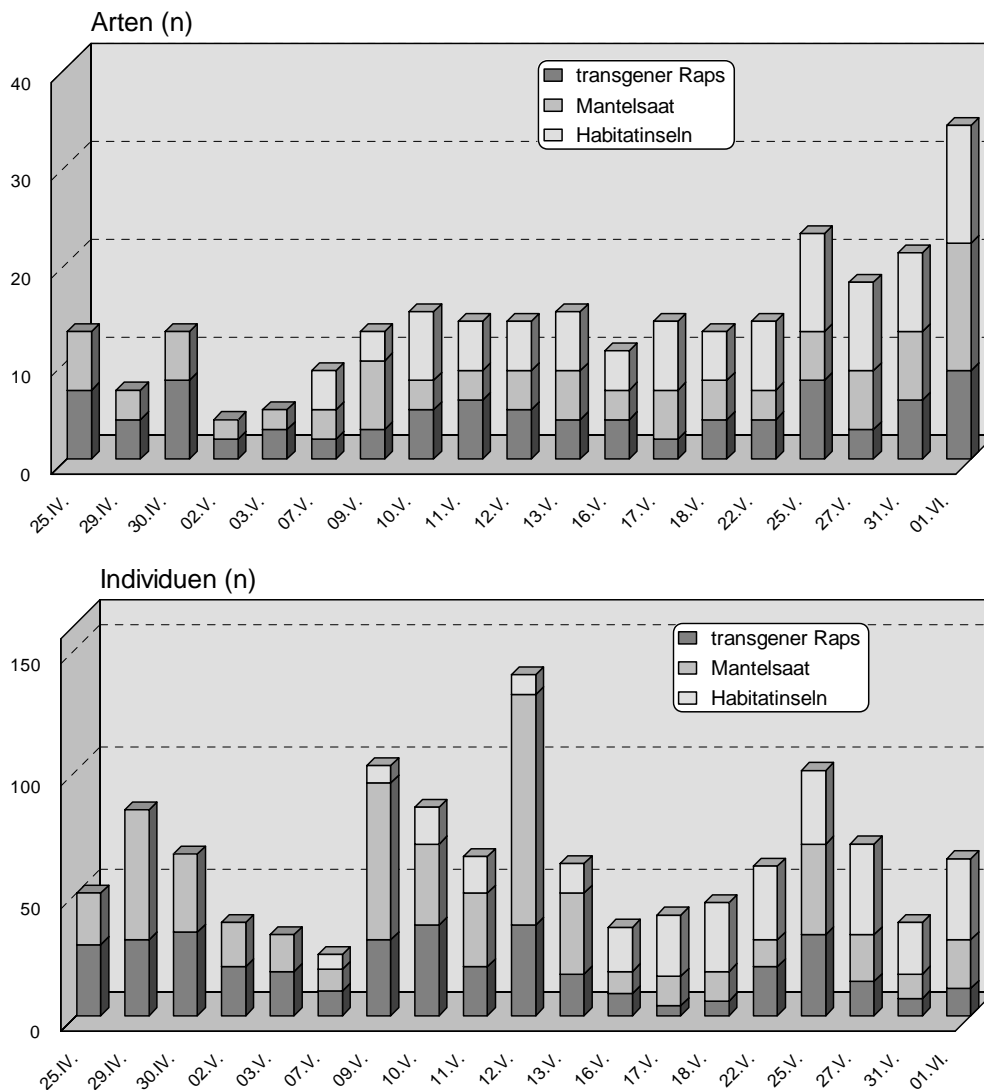


Abb. 9: Arten- und Individuenzahlen (Syrphidae, Apidae) im Raps (transgen, konventionell) und in den Habitatinseln nach Blütenbesuchszählungen 1999.

Alle auf dem Versuchsfeld durch Kescherfang und Sichtbeobachtung nachgewiesenen Bienen und Schwebfliegen werden in Tab. 51 und 52 (Anhang) aufgelistet und in Beziehung zu den Blühstadien des Rapses gesetzt. Artnachweise an der Raps-Produktionsfläche oder am Waldrand bleiben dabei unberücksichtigt. Die Ergebnisse der Tabellen werden in Abb. 10 zusammengefasst.

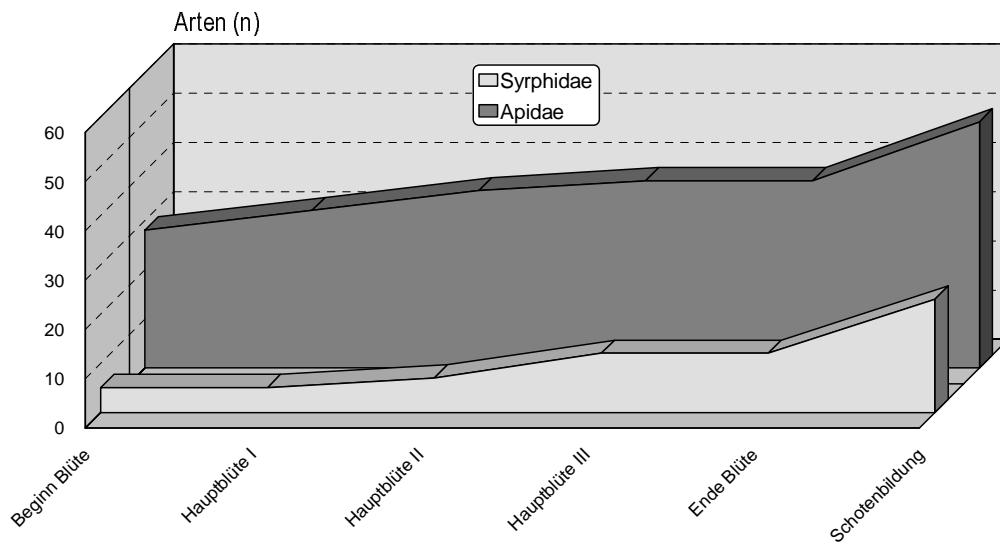


Abb. 10: Anzahl der Arten von Syrphiden und Apiden in Relation zur Blühphänologie des Rapses.

Wie auch bei der Analyse der Blütenbesuchszählungen sind die Artenzahlen in beiden Insektengruppen gegen Ende der Rapsblüte und während der Schotenbildung am größten. Das Ende der Rapsblüte und die Schotenbildung fallen mit der Vollblüte der angepflanzten Brassicaceen zusammen, so dass die Blütenbesucher in diesem Zeitintervall vor allem in den Habitatinseln erfasst wurden. Der Anstieg der Artenzahlen erfolgt bei den Apiden etwas langsamer als bei den Syrphiden (Abb. 10). Letztere Gruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass zunehmend neue Arten an den blühenden Brassicaceen erscheinen, aber keine Art im Zeitraum der Rapsblüte das Ende des Imaginalstadiums erreicht. Bei den Apiden erreichen hingegen einige Arten mit früher Phänologie während der Rapsblüte das Ende der Flugzeit. Beispiele dafür sind vor allem *Andrena*-Arten (*A. cineraria*, *A. vaga*, *A. helvola*, *A. chrysoceles*), aber auch einzelne Vertreter anderer Gattungen wie *Anthophora plumipes* oder *Sphecodes pellucidus*.

Apidae: In Abb. 11 und 12 ist die Dominanzverteilung der Bienen im transgenen Raps, in der Mantelsaat und in den Habitatinseln für 1998 und 1999 dargestellt. Den Dominanzberechnungen liegen die Blütenbesuchszählungen zugrunde. Die Grafiken enthalten für 1998 alle Hauptarten und für 1999 für die Habitatinseln die

Hauptarten sowie für den transgenen und konventionellen Raps zusätzlich die rezedenten Begleitarten (vollständige Dominanzspektren sind den Tab. 53 und 54 im Anhang zu entnehmen). Auf eine Dominanzanalyse der Schwebfliegen wird aufgrund der geringen Arten- und Individuenzahlen bei den Blütenbesuchszählungen verzichtet.

Ein Vergleich der Dominanzstrukturen zeigt für das Jahr 1998 eine große Ähnlichkeit zwischen transgenem und konventionellem Raps (Abb. 11). Erdhummeln (*Bombus lucorum*, *B. terrestris*), die Honigbiene und die Sandbiene *Andrena nigroaenea* sind die dominanten Arten. Weibchen von *B. lucorum* und *B. terrestris* lassen sich im Freiland nicht eindeutig voneinander trennen und wurden deshalb bei den Blütenbesuchszählungen zusammengefasst. *B. terrestris* erwies sich nach der Determination von Tieren aus Handfängen und Fallenausbeuten auf dem Versuchsfeld als die weitaus häufigere Art. Eine Trennung der beiden Erdhummelarten bei der Dominanzanalyse hätte zur Folge, dass der ohnehin flache Kurvenverlauf mit *B. terrestris* als dominanter Art noch weiter abflachen würde.

Die Dominanzverteilung der Bienen in den Habitatinseln weicht im Jahr 1998 deutlich von den Verteilungen im transgenen und konventionellen Raps ab. Erdhummeln treten als Hauptarten nicht in Erscheinung, dagegen sind Arten dominant bzw. subdominant, die am Raps als Blütenbesucher keine wesentliche Rolle spielen, da ihre Flugzeit erst gegen Ende der Rapsblüte beginnt (z.B. *Lasioglossum sexnotatum*, *L. parvulum*, *Andrena suerinensis*). Die Unterschiede sind auf die jahreszeitlich später beginnende Blüte der Brassicaceen in den Habitatinseln zurückzuführen. Wie beim transgenen und konventionellen Raps zeichnen sich aber auch die Habitatinseln 1998 durch einen ausgeglichenen, flachen Dominanzkurvenverlauf aus.

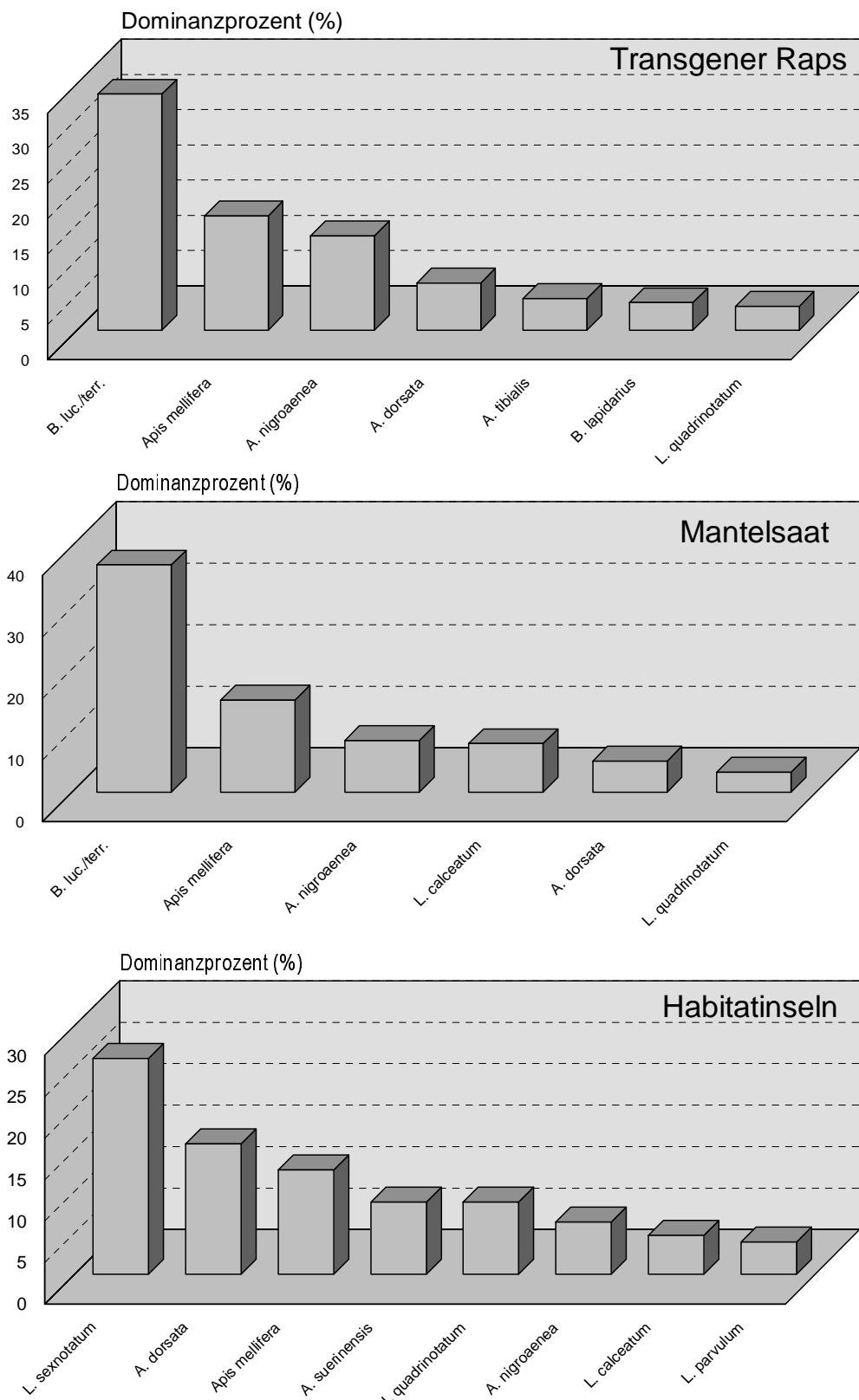


Abb. 11: Dominanzstruktur der Apidae im Jahr 1998.

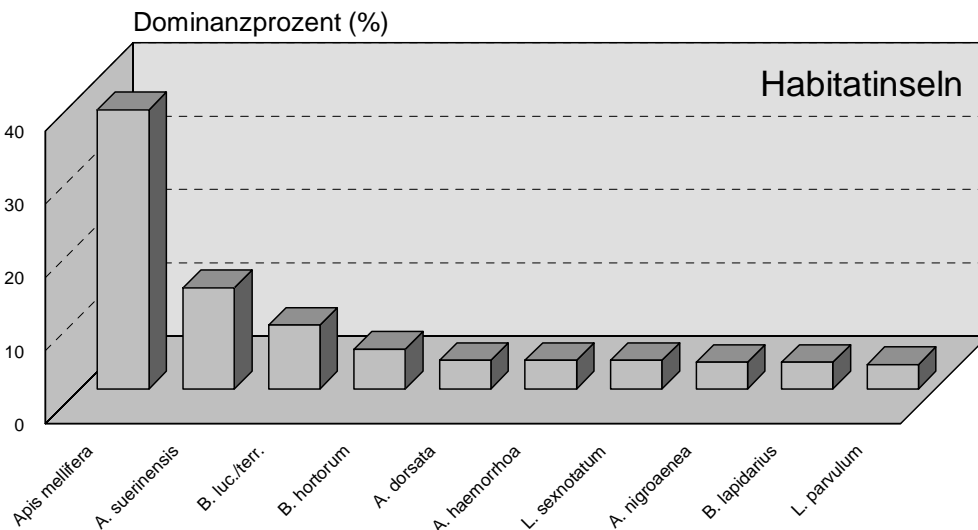
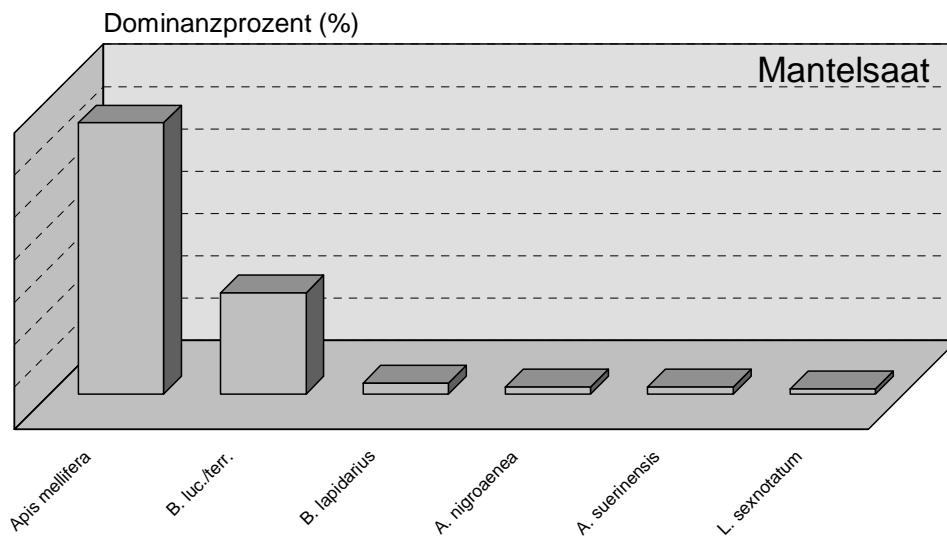
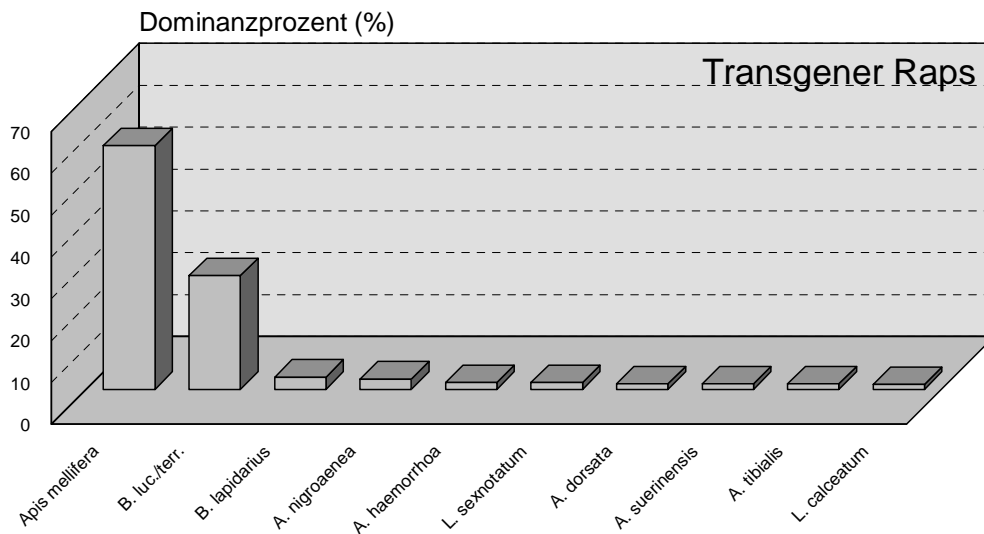


Abb. 12: Dominanzstruktur der Apidae im Jahr 1999.

Für das Jahr 1999 ist ebenfalls eine große Ähnlichkeit in den Dominanzspektren im transgenen und konventionellen Raps festzustellen. *Apis mellifera* ist jeweils die einzige eudominante und *Bombus terrestris* (zusammen mit *B. lucorum*) die einzige dominante Spezies. Als rezedente Arten folgen jeweils an dritter und vierter Stelle *B. lapidarius* und *Andrena nigroaenea*. Die hohen Individuenzahlen von *Apis mellifera* haben einen sehr steilen Verlauf der Dominanzkurven zur Folge. Die Anzahl der Bienenvölker war jedoch in beiden Jahren mit etwa 50 gleich. Allerdings wurden die Bienenstände 1998 ca. 1500 m und 1999 nur etwa 800 m vom Freisetzungsversuch entfernt plaziert. Dieser Distanzunterschied machte das Versuchsfeld 1999 für die Honigbienen zu einer ergiebigeren Tracht.

Auch in den Habitatinseln trat 1999 die Honigbiene als einzige eudominante Art in Erscheinung. Die weitere Artenzusammensetzung weicht aber wie im Vorjahr stark von derjenigen im transgenen und konventionellen Raps ab. Als einzige dominante Art in den Habitatinseln tritt *Andrena suerinensis* in Erscheinung, die am Raps nur eine Begleitart darstellt. Die hohen Individuenzahlen dieser Art sind erstaunlich, nicht nur aufgrund der bundesweiten Seltenheit und starken Gefährdung. *A. suerinensis* ist auf Kreuzblütler als ausschließliche Pollenquellen spezialisiert und damit für eine Pollenübertragung vom Raps auf andere Brassicaceen prädestiniert, allerdings aufgrund ihrer Phänologie nicht in der Anfangsphase der Rapsblüte. Auch später fliegende Bienenarten wurden wie 1998 in nennenswerten Individuenzahlen nur in den Habitatinseln nachgewiesen, z.B. die Furchenbiene *Lasioglossum parvulum*. Die im Vergleich zum Raps spät einsetzende Blüte der angepflanzten Kreuzblütler machte sich auch 1999 durch eine vom Raps deutlich abweichende Dominanzverteilung bemerkbar.

3.4.3 Dominanzstrukturen an den Fallenstandorten

Apidae: Die Auswertung der Fallen am Waldrand und an der Raps-Produktionsfläche gibt Auskunft über die Aktivitätsdichten der dort vorkommenden Arten. Die Ergebnisse der Dominanzanalysen werden in Tab. 23 vorgestellt. Dabei werden nur die Hauptarten aufgelistet, und zwar jeweils in absteigender

Dominanzfolge. Die Auswertung der Malaisefalle am Waldrand erbrachte im Jahr 1998 keine Nachweise.

Tab. 23: Liste der Hauptarten von Bienen in den Fallen des Untersuchungsgebietes (A. = *Andrena*, Ant. = *Anthophora*, L. = *Lasioglossum*, N. = *Nomada*).

Jahr	Raps-Produktionsfläche		Waldrand	
	Gelbschale	Malaisefalle	Gelbschale	Malaisefalle
1998	<i>Apis mellifera</i>	<i>A. nigroaenea</i>	<i>A. flavipes</i>	keine Fangergebnisse
	<i>A. nigroaenea</i>	<i>A. nitida</i>	<i>A. nigroaenea</i>	
	<i>A. nitida</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>L. sexnotatum</i>	
	<i>A. haemorrhhoa</i>	<i>A. haemorrhhoa</i>	<i>A. haemorrhhoa</i>	
	<i>A. dorsata</i>	<i>L. leucopus</i>		
	<i>A. flavipes</i>	<i>L. parvulum</i>		
1999	<i>Apis mellifera</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>A. nigroaenea</i>
	<i>A. nigroaenea</i>	<i>A. nigroaenea</i>	<i>A. flavipes</i>	<i>Apis mellifera</i>
	<i>A. dorsata</i>	<i>A. cineraria</i>	<i>A. nigroaenea</i>	<i>A. flavipes</i>
	<i>A. cineraria</i>			<i>Osmia bicornis</i>
	<i>A. nitida</i>			<i>L. parvulum</i>
	<i>A. haemorrhhoa</i>			<i>Ant. plumipes</i>
	<i>L. sexnotatum</i>			<i>L. sexnotatum</i>
			<i>N. flavoguttata</i>	

Die Dominanzfolgen, differenziert nach Fallenstandort, Fallentyp und Untersuchungsjahr, zeigen ähnliche Muster. *Apis mellifera* und *Andrena nigroaenea* weisen fast immer die höchsten Dominanzen auf. Darüber hinaus kommt am Waldrand *A. flavipes* in hohen Individuenzahlen vor. Die Sandbienen *A. nitida* und *A. cineraria* besitzen dagegen am Raps die höheren Aktivitätsdichten.

Abb. 13 zeigt die Dominanzstruktur der Bienen (Hauptarten und rezedente Arten) am Waldrand und an der Raps-Produktionsfläche. Dabei werden die Ausbeuten der beiden Untersuchungsjahre und der unterschiedlichen Fallentypen zusammengefasst (zur Dominanzstruktur aller erfassten Bienenarten s. Tab. 55 im Anhang).

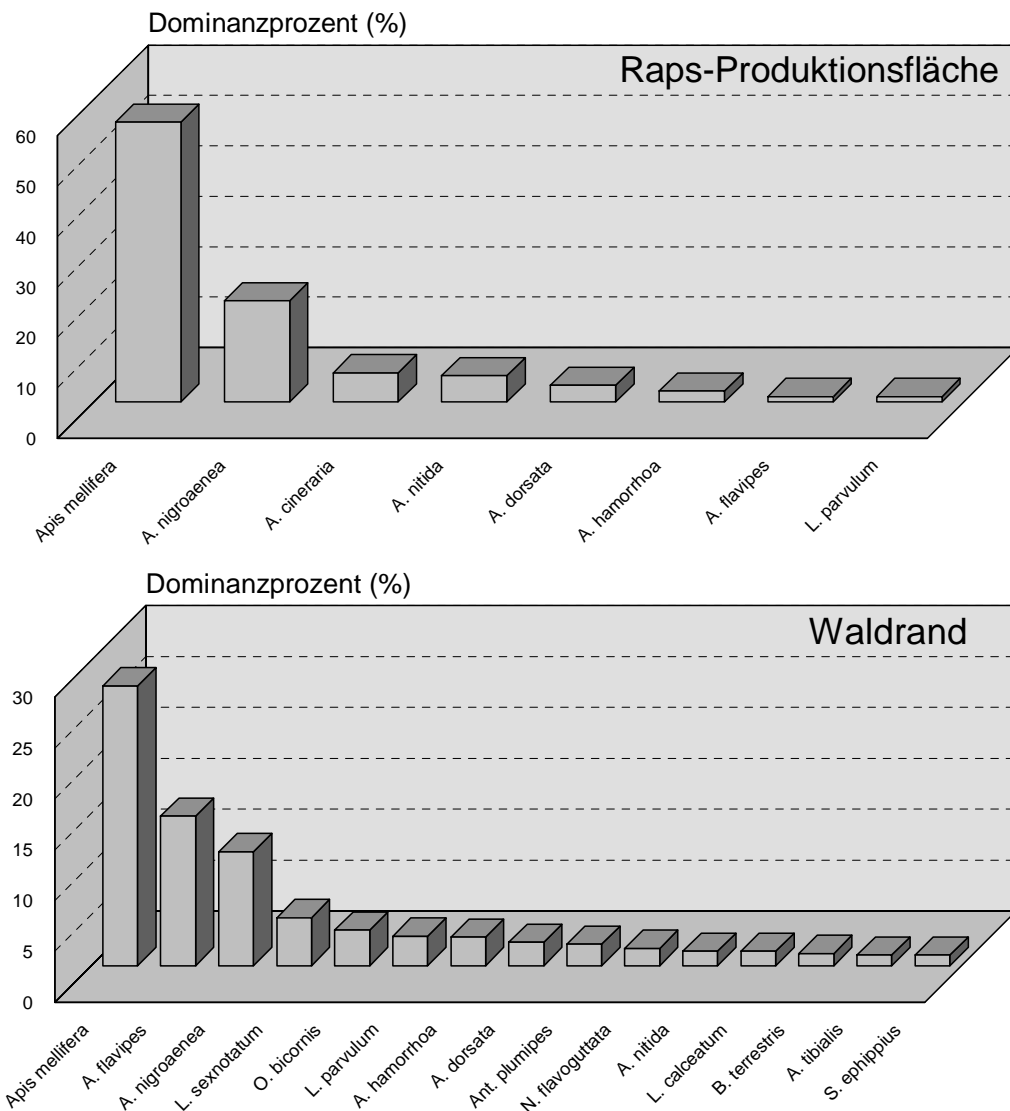


Abb. 13: Dominanzstruktur der Apiden (eudominante bis rezedente Arten) 1998/1999 in den Fallen an der Raps-Produktionsfläche und am Waldrand. Die Gattungen sind wie folgt abgekürzt: A. = *Andrena*, Ant. = *Anthophora*, B. = *Bombus*, L. = *Lasioglossum*, N. = *Nomada*, O. = *Osmia*, S. = *Sphecodes*.

In den Fallen an der Raps-Produktionsfläche ist die Honigbiene die eudominante Art. Auch *Andrena nigroaenea* erreicht als einzige dominante Spezies vergleichsweise hohe Aktivitätsdichten. Die fünf in der Dominanzhierarchie folgenden Arten sind ebenfalls Sandbienen der Gattung *Andrena*. Die Dominanzkurve

ist stark ausgeprägt, bereits die beiden dominanten Arten sind mit einer relativen Häufigkeit von 75,6 % in den Fallen vertreten. Neben der staatenbildenden und sehr individuenreich auftretenden Honigbiene spielt sicherlich auch die solitär lebende Art *Andrena nigroaenea* aufgrund ihrer Häufigkeit bei der Blütenbestäubung auf dem Rapsfeld eine wichtige Rolle.

Die Auswertung der Fallen am Waldrand zeigt eine Dominanzverteilung, die schwächer als am Rapsfeld ausgeprägt ist (Abb. 13). Keine Bienenart ist eudominant, drei Arten sind dominant (*Apis mellifera*, *Andrena flavipes*, *A. nigroaenea*) und zwei Arten sind subdominant (*Lasioglossum sexnotatum*, *Osmia bicornis*). Die Bienen-Zönose ist am Waldrand deutlich artenreicher als an der Raps-Produktionsfläche. Während in den Fallen am Raps nur 21 Arten erfasst wurden, kommen in den Fallen am Waldrand mit 62 spp. annähernd dreimal so viele Arten vor (Tab. 55). Das Rapsfeld fungiert als zeitlich begrenztes Nahrungshabitat, Nistplätze für Wildbienen sind kaum vorhanden. Im Gegensatz dazu stehen am Waldrand unterschiedliche Nahrungs- und Nisthabitate zur Verfügung. Eine Art, die hier ihr Schwerpunkt vorkommen besitzt, ist *Andrena flavipes*. Das belegen nicht nur die Fallenausbeuten, sondern auch zahlreiche Sichtbeobachtungen.

Syrphidae: Die Auswertung der Schwebfliegen in den Fallen am Waldrand und an der Raps-Produktionsfläche, aufgegliedert nach Untersuchungsjahr und Fallentyp, ist Tab. 24 zu entnehmen (nur Hauptarten).

Die Schwebfliegen zeigen in den Fallen eine weniger einheitliche Häufigkeitsverteilung als die Bienen (s.o.). In der Malaisefalle am Rapsfeld sind *Sphaerophoria scripta* und *Melanostoma mellinum* die dominanten Arten, in der Malaisefalle am Waldrand zwei *Platycheirus*-Arten. In den Gelbschalen treten mehrere *Eristalis* spp. als dominante Arten in Erscheinung.

Tab. 24: Liste der Hauptarten von Schwebfliegen in den Fallen des Untersuchungsgebietes (*Das.* = *Dasysyrphus*, *E.* = *Episyrphus*, *Epi.* = *Epistrophe*, *Eri.* = *Eristalis*, *H.* = *Helophilus*, *Mel.* = *Melanostoma*, *Pla.* = *Platycheirus*, *Sph.* = *Sphaerophoria*).

Jahr	Raps-Produktionsfläche		Waldrand	
	Gelbschale	Malaisefalle	Gelbschale	Malaisefalle
1998	<i>Sph. scripta</i>	<i>Sph. scripta</i>	<i>Cheilosia praecox</i>	keine Fangergebnisse
	<i>Eri. arbustorum</i>	<i>Mel. mellinum</i>	<i>Das. albostrigatus</i>	
	<i>Eri. tenax</i>		<i>Sph. scripta</i>	
	<i>E. balteatus</i>			
	<i>Mel. mellinum</i>			
	<i>Pla. albimanus</i>			
1999	<i>Eri. arbustorum</i>	<i>Sph. scripta</i>	<i>Eri. arbustorum</i>	<i>Pla. clypeatus</i>
	<i>Eristalinus</i>	<i>Mel. mellinum</i>	<i>Eri. pertinax</i>	<i>Pla. angustatus</i>
	<i>sepulchralis</i>	<i>Pla. clypeatus</i>	<i>Das. venustus</i>	<i>Epi. melanostoma</i>
	<i>Eri. abusiva</i>	<i>Syrphus ribesii</i>	<i>E. balteatus</i>	<i>Sph. scripta</i>
	<i>Eumerus strigatus</i>	<i>Eri. abusiva</i>	<i>H. pendulus</i>	<i>Epi. eligans</i>
	<i>H. pendulus</i>	<i>Pla. ambiguus</i>	<i>Syrphus ribesii</i>	<i>Mel. mellinum</i>
		<i>Syrphus vitripennis</i>	<i>Syrphus vitripennis</i>	

In Abb. 14 werden die Ergebnisse der Dominanzanalysen zusammengefasst (ausführliche tabellarische Darstellung s. Tab. 56 im Anhang). In den Fallen (Gelbschale und Malaisefalle) an der Raps-Produktionsfläche ist *Sphaerophoria scripta* mit 77,8 % die eudominante Art. Daneben gibt es mit *Melanostoma mellinum* und *Platycheirus clypeatus* nur zwei subdominante Spezies. Die Dominanzhierarchie ist sehr stark ausgebildet. Alle drei Hauptarten sind Wanderarten mit starker Wanderneigung. Das macht diese Schwebfliegen zu geeigneten Pollenüberträgern auch über weite Distanzen. Insbesondere *Sphaerophoria scripta* kann aufgrund der lokalen Häufigkeit für den Pollentransfer vom Raps auf andere Kreuzblütler bedeutsam sein.

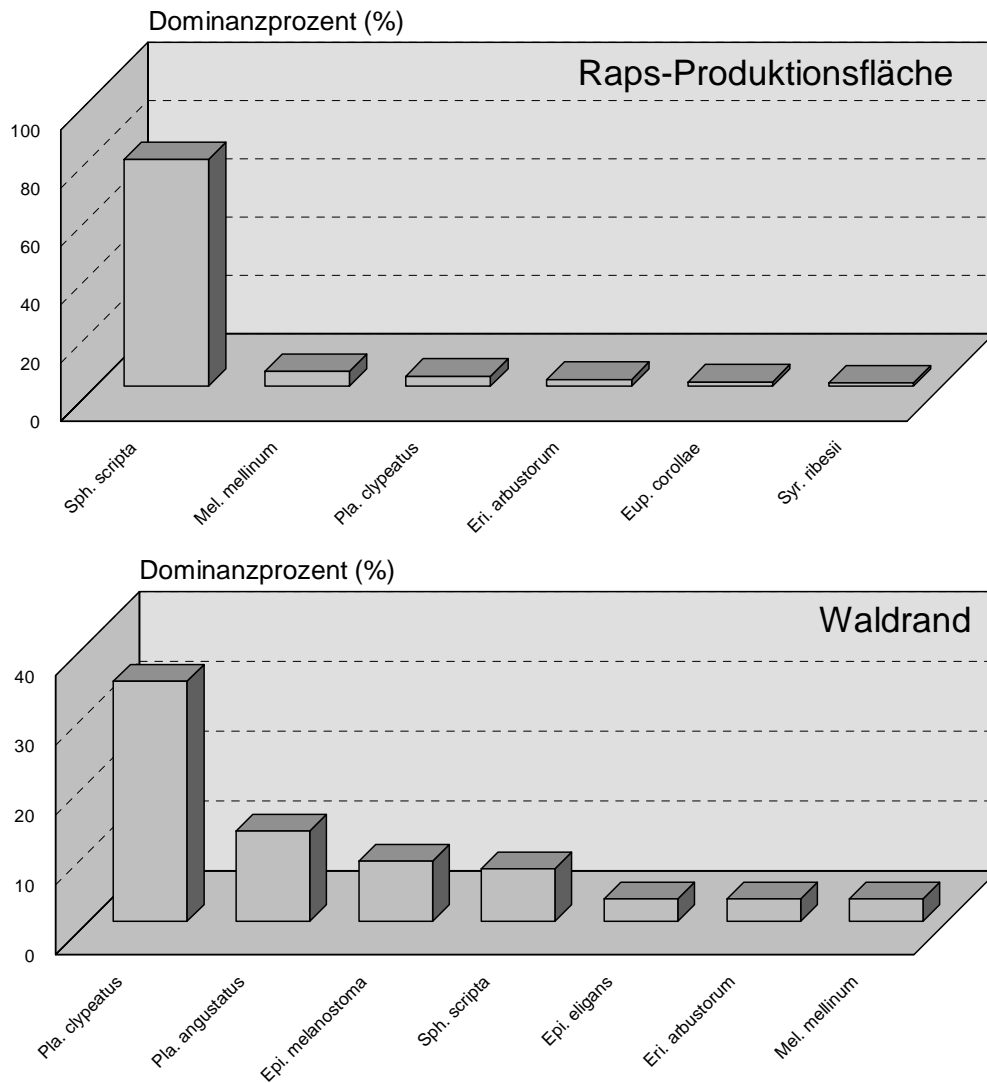


Abb. 14: Dominanzstruktur der Syrphiden 1998/1999 in den Fallen an der Raps-Produktionsfläche (eudominante bis rezedente Arten) und am Waldrand (nur Hauptarten). Die Gattungen sind wie folgt abgekürzt: *Epi.* = *Epistrophe*, *Eri.* = *Eristalis*, *Eup.* = *Eupoedes*, *Mel.* = *Melanostoma*, *Pla.* = *Platycheirus*, *Sph.* = *Sphaerophoria*, *Syr.* = *Syrphus*.

Am Waldrand ist *Platycheirus clypeatus* die eudominante Art, gefolgt von *P. angustatus* (dominant) sowie den subdominanten Arten *Epistrophe melanostoma*, *Sphaerophoria scripta*, *Epistrophe eligans*, *Eristalis arbustorum* und *Melanostoma mellinum* (Abb. 14). Die Dominanzkurve ist schwächer ausgeprägt

als am Fallenstandort „Rapsfeld“. Auch zwischen den Aktivitätsdichten der Arten bestehen an beiden Standorten große Unterschiede. So wurde beispielsweise *S. scripta* am Waldrand viel seltener in Fallen gefangen als am Rapsfeld. Dazu entgegengesetzt verhält sich *P. clypeatus*. Die Arten *P. angustatus*, *Dasysyrphus albostriatus* und *Cheilosia praecox* wurden sogar ausschließlich am Waldrand in Fallen nachgewiesen. Die Arten- und Individuenverteilung am Rapsfeld und am Waldrand unterscheiden sich deutlich voneinander. Ein Pollentransfer von Blüten des Versuchsfeldes zu Blüten am Waldrand ist deshalb durch Schwebfliegen weniger wahrscheinlich als durch Bienen.

3.4.4 Verteilung der Arten nach der Fangmethode

Tab. 25 zeigt die Verteilung von Bienen und Schwebfliegen, differenziert nach unterschiedlichen Nachweismethoden.

Tab. 25: Vergleich der durch unterschiedliche Methoden erfassten Artenzahlen und ihre relativen Anteile an der jeweiligen Gesamtartenzahl.

	Kescherfang, Sichtbeobachtung	Gelbschalen	Malaisefallen
Apidae	82 (87,2 %)	38 (40,4 %)	56 (59,6 %)
Syrphidae	36 (75,0 %)	16 (33,3 %)	30 (62,5 %)
Summe	118 (83,1 %)	54 (38,0 %)	86 (60,6 %)

Apidae: Die meisten der im Gebiet festgestellten Bienenarten (82 spp.) wurde durch Kescherfänge bzw. durch Sichtbeobachtungen nachgewiesen, 31 Arten sogar ausschließlich durch diese Methode. Mit Malaisefallen wurden 56 Arten erfasst, darunter zehn Arten nur durch diese Fangmethode. In den Gelbschalen wurden 38 Bienenarten gezählt. Die einzige ausschließlich in Gelbschalen festgestellt Bienenart war die Schmarotzerhummel *Bombus sylvestris*. Für die Bienenerfassung erwies sich damit die Methode des Sicht- und Kescherfangs am erfolgreichsten.

Gelbschalen besitzen eine anziehende Wirkung auf Bienen und andere Insekten, die (gelbe) Blüten zur Pollen- und Nektaraufnahme besuchen (z.B. KUGLER 1970, PESCHKEN 1965). In den Fangschalen am Waldrand sind Bienen sowohl arten-, als auch individuenreicher vertreten als in denen am blühenden Rapsfeld. Im Untersuchungszeitraum wurden am Rapsfeld 17 Bienenarten in 122 Individuen in Gelbschalen erfasst. Am Waldrand summiert sich die Anzahl von Arten auf 35 und die Anzahl von Individuen auf 290. Am blütenarmen Waldrand hebt sich die Gelbschale deutlich von der Umgebung ab, am Feldrand verschwindet sie optisch im gelben Blütenmeer des Rapses. Die Attraktivität der Gelbschale ist für Bienen offensichtlich am Waldrand größer als am Rapsfeld.

Syrphidae: Die Anzahl der durch Kescherfänge ermittelten Schwebfliegenarten liegt mit 36 über den Fangzahlen in Malaisefallen (30 Arten) und Gelbschalen (16 Arten). Ausschließlich durch Sichtfang konnten zwölf Arten, in Malaisefallen zehn Arten und in Gelbschalen nur eine Art (*Dasysyrphus albostrigatus*) nachgewiesen werden. Auch bei Schwebfliegen wurden die höchsten Artenzahlen durch die Sicht- und Kescherfangmethode erreicht. In Gelbschalen sind große Arten vor allem der Gattung *Eristalis* individuenreich vertreten, die kleineren Arten z.B. der Gattungen *Melanostoma*, *Platycheirus* und *Sphaerophoria* dominieren dagegen in den Malaisefallen (Tab. 24). Offensichtlich sind größere Individuen in der Lage, Malaisefallen zu umfliegen (vgl. KENTNER & SCHRADER 1991).

3.5 Übertragung von Rapspollen durch Bienen

Wichtigste Voraussetzung für die Auskreuzung des Herbizidresistenz-Gens ist eine Pollenübertragung von einer transgenen Rapspflanze auf eine geeignete Akzeptorpflanze, d.h. auf Blüten von konventionellen Rapspflanzen oder verwandten Brassicaceen. Der Pollentransfer kann durch abiotische (Wind) oder biotische Vektoren (blütenbesuchende Insekten) erfolgen, wobei die Insektenbestäubung zielgerichtet und effektiver ist (REGAL 1982). Insekten können große Pollenfrachten mit sich führen und sie bringen den Pollen in der Regel direkt in die Blüten. Damit ist die Wahrscheinlichkeit, dass ausreichend Pollen geeignete Akzeptorpflanzen erreicht, größer als bei der Windbestäubung (VOGEL & WE-

STERKAMP 1991). Anemophile (windblütige) Pflanzen müssen deshalb in der Regel deutlich größere Pollenmengen produzieren (LEVIN & KERSTER 1974).

Im Untersuchungsgebiet kommen Bienen arten- und individuenreich an den verschiedenen Kreuzblütlerbeständen vor. Hohe Populationsdichten erreichen neben der Honigbiene insbesondere die folgenden pollensammelnden Arten: *Andrena alfkenella*, *A. dorsata*, *A. flavipes*, *A. haemorrhoea*, *A. nigroaenea*, *A. nitida*, *A. suerinensis*, *A. tibialis*, *Bombus lapidarius*, *B. pascuorum*, *B. terrestris*, *Lasioglossum calceatum*, *L. leucopus*, *L. parvulum*, *L. quadrinotatum* und *L. sexnotatum*.

WESTRICH (1989) nennt 61 Bienenarten (ohne *Apis mellifera* und *Bombus* spp.), die Pollen am Raps sammeln, davon sechs Arten, die auf Brassicaceen als Pollenlieferanten spezialisiert sind. Drei dieser oligolektischen Spezies sind im Land Brandenburg heimisch (DATHE & SAURE 2000). Von diesen Spezialisten, die alleamt auch im Untersuchungsgebiet nachgewiesen wurden (Kap. 3.2), ist insbesondere die Sandbiene *Andrena suerinensis* bemerkenswert, da sie auf der Versuchsfeldanlage große Individuenzahlen erreicht und damit sicherlich für die Bestäubung der Brassicaceen von Bedeutung ist.

Verschiedene Bienenarten wurden regelmäßig beim Blütenbesuch am transgenen Raps und beim Aufsammeln von Pollen beobachtet. Königinnen von *Bombus terrestris* wurden an Blüten des transgenen Rapses gefangen und im Labor die Pollenladungen aus den Corbiculae der Hinterbeine entfernt. Proben der Pollenladungen wurden anschließend in einem PCR-Test auf das Vorhandensein des Herbizidresistenz-Gens geprüft. Aus Abb. 15 geht hervor, dass das Transgen (*pat*-Gen) in einer gelelektrophoretischen Auftrennung tatsächlich nachzuweisen war. Die getestete Erdhummel hat damit tatsächlich transgenen Rapspollen zur Brutversorgung gesammelt.

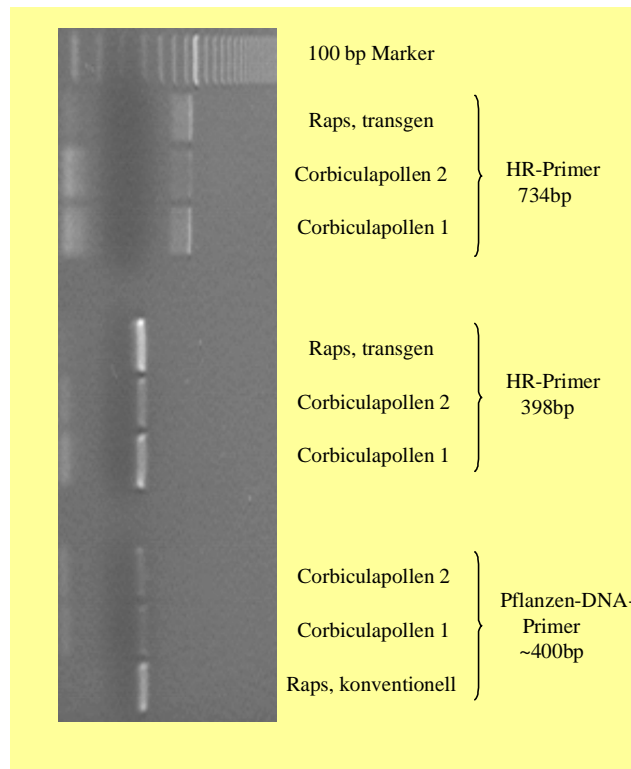


Abb. 15: PCR-Produkt des *pat*-Gens (obere und mittlere Banden) im Corbiculapollen einer Erdhummel (*Bombus terrestris*) und im transgenen Raps, unspezifische PCR-Produkte pflanzlicher DNA (untere Banden) im Corbiculapollen und im konventionellen Raps (Foto: Tober).

Markierungsversuche sollten zeigen, ob dieselben Individuen die Blüten des transgenen Rapses besuchen und anschließend Blüten des konventionellen Rapses oder von rapsverwandten Pflanzen anfliegen. Dazu wurden vor allem Weibchen von Erdhummeln (*Bombus terrestris*, *B. lucorum*) gekennzeichnet (129 Tiere), daneben auch einzelne Individuen folgender Arten: *B. lapidarius* (4x), *B. pascuorum* (1x), *B. sylvarum* (1x), *B. muscorum* (1x), *Andrena nigroaenea* (14x), *A. dorsata* (7x), *A. tibialis* (6x), *A. flavipes* (4x), *A. haemorrhoea* (1x), *A. nitida* (1x), *Lasioglossum calceatum* (6x) und *Halictus rubicundus* (1x). Die Ergebnisse werden in Tab. 26 zusammengefasst.

Tab. 26: Anzahl der markierten und wiedergefangenen Bienen.

Markierung am transgenen Raps	176 Individuen (100 %)
Wiederfang am transgenen Raps	3 Individuen
Wiederfang am konventionellen Raps	5 Individuen
Wiederfang am Sareptasenf	1 Individuum
Wiederfang am Schwarzen Senf	1 Individuum
Summe Wiederfang	10 Individuen (5,7 %)

In beiden Jahren gelang auf dem Versuchsfeld nur für wenige markierte Tiere der Wiederfund, ausnahmslos Königinnen der *Bombus terrestris/lucorum*-Gruppe. Außerhalb des Versuchsfeldes (Waldrand, Raps-Produktionsfläche) wurden keine markierten Bienen beobachtet. Die Wiederfangrate ist mit durchschnittlich 5,7 % (8,4 % im Jahr 1998 und 3,2 % im Jahr 1999) sehr niedrig. Dennoch kann bestätigt werden, dass dieselben Individuen Blüten des transgenen Rapses und zu einem späteren Zeitpunkt auch Blüten des konventionellen Rapses oder anderer Brassicaceen besuchten. Bei einem Blütenbesuch besteht prinzipiell die Möglichkeit der Pollenübertragung.

3.6 Weitere ausgewählte Insektengruppen am Raps

Die gelbe Blütenfarbe und die offene Blütenform des Rapses und verwandter Kreuzblütler sind nicht nur für Bienen, sondern auch für viele andere Insekten von hoher Anziehungskraft. Die am Raps und an verwandten Brassicaceen nachgewiesenen Schwebfliegen wurden bereits im Kap. 3.3 vorgestellt. Die größten Individuendichten erreichten auf dem Versuchsfeld die Arten *Melanostoma mellinum*, *Platycheirus clypeatus*, *Sphaerophoria scripta* und *Eristalis arbustorum*. Diese Syrphiden sind aufgrund ihrer lokalen Häufigkeit bei der Übertragung von Pollen von besonderem Interesse.

Nachfolgend werden weitere Insekten vorgestellt, die in den Jahren 1998 und 1999 im Untersuchungsgebiet am konventionellen Raps, am transgenen Raps und an Kreuzblütlern in den Habitatinseln erfasst wurden (Tab. 27). Einige Arten kommen dort in enormen Individuendichten vor. Es handelt sich dabei sowohl um

hemi- und eutrope, als auch um allotrope Blütenbesucher, also Arten mit oder ohne artspezifische Anpassungen an Blüten. Auch die allotropen Blütenbesucher können Pollen, der diffus auf der Körperoberfläche der Tiere anhaftet, von einer Blüte zu einer anderen transportieren.

Tab. 27: Insekten, die 1998 und 1999 im Untersuchungsgebiet am konventionellen Raps (K.R.), am transgenen Raps (T.R.) oder in den Habitatinseln (H.I.) festgestellt wurden, mit Angaben zur Nahrungsbiologie der Arten (n.b. = nicht bekannt). Mit „*“ gekennzeichnete Arten wurden nicht unmittelbar am Raps, sondern in Fällen am Rand der Raps-Produktionsfläche nachgewiesen.

Arten	K. R.	T. R.	H. I.	Ernährungsweise Larven	Vorzugsnah- rung Imagines
Hym.: Tenthredinidae					
* <i>Aglaostigma aucupariae</i>	x	-	-	phytophag an <i>Galium</i>	n.b.
* <i>Aglaostigma fulvipes</i>	x	-	-	phytophag an <i>Galium</i>	n.b.
* <i>Ametastegia carpini</i>	x	-	-	phytophag an <i>Geranium</i>	n.b.
<i>Ametastegia glabrata</i>	x	-	-	phytophag (?polyphag)	n.b.
* <i>Anoplonyx ovatus</i>	x	-	-	phytophag an <i>Larix de- cidua</i>	n.b.
<i>Athalia bicolor</i>	x	-	x	phytophag an ? <i>Ranunculus</i>	n.b.
* <i>Cytisogaster chambersi</i>	x	-	-	phytophag an ? <i>Linum</i>	n.b.
<i>Dolerus eversmanni</i>	x	-	-	phytophag an <i>Equisetum</i>	n.b.
<i>Dolerus gonager</i>	x	x	x	phytophag an Poaceae	n.b.
<i>Dolerus haematodes</i>	x	x	x	phytophag an Poaceae	n.b.
<i>Dolerus niger</i>	x	x	-	phytophag an Poaceae	n.b.
* <i>Dolerus nigratus</i>	x	-	-	phytophag an Poaceae	n.b.
<i>Dolerus puncticollis</i>	x	-	-	phytophag an Poaceae	n.b.
* <i>Dolerus vestigialis</i>	x	-	-	phytophag an <i>Equisetum</i>	n.b.
<i>Elinora flaveola</i>	x	x	x	phytophag an Brassicaceae	n.b.
* <i>Eutomostethus ephippium</i>	x	-	-	phytophag an Poaceae	n.b.
* <i>Halidamia affinis</i>	x	-	-	phytophag an <i>Galium</i>	n.b.
<i>Macrophya tenella</i>	x	-	-	phytophag an <i>Geranium</i>	n.b.
<i>Nematus myosotidis</i>	x	-	-	phytophag an Fabaceae	n.b.

Arten	K. R.	T. R.	H. I.	Ernährungsweise Larven	Vorzugsnah- rung Imagines
<i>*Pachynematus clitellatus</i>	x	-	-	phytophag an Poaceae	n.b.
<i>*Pachynematus fallax</i>	x	-	-	phytophag an Poaceae	n.b.
<i>*Pachyprotasis rapae</i>	x	-	-	phytophag (polyphag)	n.b.
<i>*Pristiphora kamtchatica</i>	x	-	-	phytophag an ? <i>Rosa</i>	n.b.
<i>*Stethomostus funereus</i>	x	-	-	n. b.	n.b.
<i>*Tenthredo atra</i>	x	-	-	phytophag (polyphag)	n.b.
<i>Tenthredopsis sordida</i>	-	x	-	phytophag an Poaceae	n.b.
Hymenoptera: Cephidae					
<i>Cephus pygmeus</i>	x	-	x	phytophag an Poaceae	n.b.
Hymenoptera: Vespidae					
<i>Vespula germanica</i>	-	x	-	zoophag (polyphag)	Nektar, Honigtau
Hym.: Pompilidae					
<i>*Priocnemis coriacea</i>	x	-	-	zoophag (Spinnen)	Nektar, Honigtau
<i>Priocnemis perturbator</i>	x	-	-	zoophag (Spinnen)	Nektar, Honigtau
Coleoptera: Coccinellidae					
<i>Adalia bipunctata</i>	x	x	x	aphidiphag	Blattläuse
<i>*Adalia decempunctata</i>	x	-	-	aphidiphag	Blattläuse
<i>Anatis ocellata</i>	-	x	-	aphidiphag	Blattläuse
<i>*Chilocorus bipustulatus</i>	x	-	-	aphidiphag, coccidophag	Blatt-, Schildläuse
<i>Coccinella quinquepunctata</i>	x	x	-	aphidiphag	Blattläuse
<i>Coccinella septempunctata</i>	x	x	x	aphidiphag	Blattläuse
<i>*Exochomus quadripustu- latus</i>	x	-	-	aphidiphag, coccidophag	Blatt-, Schildläuse
<i>Hippodamia tredecimpun- ctata</i>	-	x	-	aphidiphag	Blattläuse
<i>Hippodamia variegata</i>	x	-	x	aphidiphag	Blattläuse
<i>Myzia oblongoguttata</i>	-	x	-	aphidiphag	Blattläuse
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	x	x	x	aphidiphag	Blattläuse

Arten	K. R.	T. R.	H. I.	Ernährungsweise Larven	Vorzugsnah- rung Imagines
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>	-	x	-	mycetophag	MehltauPilze
<i>Scymnus suturalis</i>	x	-	-	aphidiphag	Blattläuse
Coleoptera: Nitidulidae					
<i>Meligethes</i> spp.	x	x	x	phytophag	Pollen, Knospen
Col.: Curculionidae					
<i>Ceutorhynchus</i> spp.	x	x	x	phytophag	Knospen, Samen
Neuroptera: Chrysopidae					
<i>Chrysoperla carnea</i> s. l.	x	x	x	aphidiphag	Honigtau, Pollen
Diptera: Bibionidae					
<i>Bibio marci</i>	x	x	x	saprophag	Nektar, Pollen
<i>Bibio hortulanus</i>	x	x	x	saprophag	Nektar, Pollen
<i>Bibio pomonae</i>	x	x	x	saprophag	Nektar, Pollen
Lepidoptera: Pieridae					
<i>Pieris brassicae</i>	x	x	x	phytophag an Brassicaceae	Nektar
<i>Pieris napi</i>	x	x	x	phytophag an Brassicaceae	Nektar
<i>Pieris rapae</i>	x	x	x	phytophag an Brassicaceae	Nektar
Lep.: Nymphalidae					
<i>Aglais urticae</i>	x	x	x	phytophag an <i>Urtica</i>	Nektar
<i>Inachis io</i>	x	x	x	phytophag an <i>Urtica</i>	Nektar

Pflanzenwespen (Hymenoptera Symphyta): Adulte Pflanzenwespen sind oft auf Blüten anzutreffen. Sie nehmen dort Nektar und Pollen auf oder fangen dort Kleininsekten. Im Untersuchungsgebiet wurden am Raps und in den Habitatinseln 26 Blattwespen- (Tenthredinidae) und eine Halmwespenart (Cepidae) nachgewiesen, davon jedoch 15 Arten nur in den Fallen am Rand der Raps-Produktionsfläche (Tab. 27). Bedeutend mehr Arten kamen am Waldrand vor (Tab. 58). Insgesamt summieren sich die im Untersuchungsgebiet in dem durch die Rapsblüte vorgegebenen Zeitfenster erfassten Pflanzenwespen auf 96 Arten (Tab. 57), das sind 28,6 % der aus Brandenburg bekannten 336 Arten der nachgewiesenen Familien (BLANK 1999, BLANK et al. 2001).

Eine auf dem Versuchsfeld häufige Blattwespe ist *Elinora flaveola*, deren Larve oligophag an Kreuzblütlern lebt. Mit Raps- und Senfpollen völlig gelb eingestäubte Imagines wurden regelmäßig auf Brassicaceen-Blüten beobachtet. Sicherlich tritt diese Spezies im Untersuchungsgebiet als Pollenüberträger zwischen Brassicaceen in Erscheinung.

Am Waldrand kamen zwei weitere Arten vor, deren Larvalentwicklung an Brassicaceen gebunden ist (*Athalia liberta*, *A. rosae*). Imagines dieser Arten konnten jedoch nicht beim Besuch von Rapsblüten oder den Blüten rapsverwandter Pflanzen nachgewiesen werden.

In der Gelbschale an der Raps-Produktionsfläche wurde ein Männchen von *Anoplonyx ovatus* erfasst. Die Larven dieser Art leben monophag an *Larix decidua*. Da Lärchen im Untersuchungsgebiet fehlen, muss es sich bei dem Einzelfund um ein von weither windverdriftetes Individuum handeln. Auch die Nachweise der Arten *Dolerus evermanni* und *D. vestigialis* am Rapsfeld bzw. auf der Versuchsfeldanlage (Grünland, Raps-Mantelsaat) gehen höchstwahrscheinlich auf Windverdriftung zurück. Die Larven leben oligophag an Schachtelhalmen (*Equisetum* spp.). Als Larvalhabitat kommt die Ufervegetation eines kleinen Waldtümpels in Betracht, der ca. 800 m vom Versuchsfeld entfernt liegt.

Aculeate Wespen (Hymenoptera Aculeata part.): Neben Pflanzenwespen wurden im Untersuchungsgebiet auch aculeate Wespen erfasst. Die „Stechwespen“ nehmen als Imago u.a. auch Nektar auf und treten damit als Blütenbesucher in Erscheinung. Aculeate Wespen sind in Brandenburg in 420 Arten vertreten (BURGER et al. 1998, SAURE et al. 1998). Da die Arten überwiegend im Sommer aktiv sind, konnten im vorgegebenen Zeitfenster nur 30 Arten (7,1 % der Fauna Brandenburgs) im Gebiet beobachtet werden (Tab. 59, 60). Nur zwei Wespenarten, nämlich die soziale Faltenwespe *Vespula germanica* sowie die Wegwespe *Priocnemis perturbator* wurden auf Rapsblüten gesichtet. Eine weitere Wegwespe, *Priocnemis coriacea*, wurde in Fallen am Rapsfeld nachgewiesen (Tab. 27). An den Blüten der rapsverwandten Brassicaceen fehlen „Stechwespen“ vollständig. Bei der Pollenübertragung von transgenem Winterraps auf andere Pflanzen spielen diese Wespen aufgrund ihrer Phänologie sicherlich kaum eine Rolle.

Marienkäfer (Coccinellidae): Am konventionellen Raps, am transgenen Raps und in den Habitatsinseln wurden 13 Marienkäferarten nachgewiesen, davon drei Arten ausschließlich in Fallen am Rand der Raps-Produktionsfläche (Tab. 27). Zuzüglich der Nachweise im Grünland und am Waldrand summierte sich die Anzahl der Arten auf 21, das sind 31,3 % des landesweiten Artenbestandes (67 spp. nach KÖHLER & KLAUSNITZER 1998) (Tab. 61, 62). Die meisten Spezies ernähren sich als Larve und als Imago von Blattläusen. Imagines vertilgen aber auch Pollen, wie auch eigene Untersuchungen zeigen konnten. Einige der am konventionellen und transgenen Raps gefangenen Marienkäfer der Art *Coccinella septempunctata* wurden im Labor präpariert. Der Darminhalt wies neben sklerotisierten Arthropodenfragmenten teils auch große Anteile gleichförmiger kleiner Pollenkörner auf. Es wird vermutet, dass es sich dabei um Rapspollen handelt. Der Nachweis von Pollen im Darmtrakt der Marienkäfer belegt, dass die adulten Tiere Blütenbesucher sind. Dafür spricht auch, dass am Körper der Käfer mehrerer Arten, insbesondere in der Behaarung der Abdominalsternite und der Extremitäten, diffus anhaftender Pollen festgestellt wurde.

Glanzkäfer (Nitidulidae): Glanzkäfer der Gattung *Meligethes* waren in den Blüten des Rapses sehr häufig anzutreffen. Die Käfer fressen im zeitigen Frühjahr junge Blättchen und Knospen, nach dem Blütebeginn ernähren sie sich vor allem von Pollen (FREUDE et al. 1967). Neben *M. aeneus* (Raps-Glanzkäfer) besuchten sicherlich weitere der in Brandenburg bekannten 35 *Meligethes*-Arten (KÖHLER & KLAUSNITZER 1998) die verschiedenen Pflanzenbestände. Gegen Ende der Rapsblüte stieg die Individuenzahl der Glanzkäfer in den Brassicaceen-Blüten der Habitatsinseln stark an. Offensichtlich wechselten die Käfer bei nachlassendem Angebot an Rapsblüten auf andere Kreuzblütler über.

Rüsselkäfer (Curculionidae): Auch Rüsselkäfer der Gattung *Ceutorhynchus* waren am Raps individuenreich und vermutlich mit mehreren der aus Brandenburg bekannten 46 Arten (KÖHLER & KLAUSNITZER 1998) vertreten. Die adulten Rüsselkäfer fressen zunächst an Knospen und Blütenstielen des Rapses, später an Schoten (FREUDE et al. 1983). Nach dem Abblühen der Rapskulturen wechselten auch die Rüsselkäfer auf andere blühende Pflanzenbestände.

Florfliegen (Chrysopidae): *Chrysoperla carnea* s.l. erreichte auf der Versuchsfeldanlage hohe Individuendichten. *Ch. carnea* s.l. entspricht nicht einer einzigen Spezies, sondern einem Artenkomplex, der allein in Deutschland drei Arten beinhaltet (vgl. SAURE 1999). Florfliegen-Imagines der Gattung *Chrysoperla* ernähren sich vor allem von den zuckerhaltigen Ausscheidungen der Blattläuse („Honigtau“), daneben auch von Nektar und Pollen (CANARD et al. 1984). Sie wurden im Gebiet oft auf Brassicaceen-Blüten beobachtet.

Haarmücken (Bibionidae): Unter den im Gebiet vorkommenden Dipteren fallen neben den Schwebfliegen vor allem die häufigen Haarmücken (Gattung *Bibio*) auf. Die Adulten ernähren sich von Nektar und Pollen (PROCTOR et al. 1996). Auf dem Versuchsfeld wurden *Bibio*-Arten sehr häufig beim Blütenbesuch am Raps und anderen Kreuzblütlern beobachtet. Blütenpollen verfängt sich leicht in der dichten Körperbehaarung der Mücken, so dass zahlreiche Individuen mit Pollen vollkommen eingestäubt waren.

Weißlinge (Pieridae), Fleckenfalter (Nymphalidae): Die auf dem Versuchsfeld erfassten Tagfalter besitzen ein weites Spektrum an Nektarpflanzen. Sie besuchen Blüten verschiedenster Pflanzen, darunter auch Raps und andere Brassicaceen. Insbesondere *Pieris brassicae*, *P. napi* und *P. rapae*, deren Larven oligophag an Kreuzblütlern sind (EBERT & RENNWALD 1991), wurden regelmäßig als Imago an Brassicaceen-Blüten beobachtet.

3.7 Übertragung von Rapspollen durch Wind

Da Rapsfelder auch bei Ausschluss von Insekten gute Erträge liefern, ist eine Pollendispersion über den Luftweg anzunehmen (LANDRIDGE & GOODMAN 1982). Dafür spricht auch, dass Rapspollen mit einem Durchmesser von 25 µm sehr klein und leicht mit dem Wind zu transportieren sind (MCCARTNEY & LACEY 1991).

Der Pollenflug wurde im Untersuchungsgebiet mit Pollenfallen gemessen, die unmittelbar neben den Habitatinseln und neben den Parzellen mit transgenem Raps positioniert waren. Die dominierende Windrichtung im Untersuchungsgebiet

ist West-Süd-West. Da die Windrichtung aber nicht nur tagesweise, sondern auch stündlich wechseln kann, ist in Tab. 29 für jeden Messtag und für den Zeitraum der Fallenausbringung (10⁰⁰ bis 16⁰⁰ Uhr) die mittlere Windrichtung angegeben, soweit sich eine einheitliche Richtung feststellen ließ. Die Einzelwerte der Windrichtung sind Tab. 28 zu entnehmen.

Tab. 28: Windrichtung (360-teilige Skala) im Messzeitraum an den Aufstellungstagen der Pollenfallen (Klimastation Versuchsfeld Dahnsdorf).

Datum	Windrichtung						
	10 Uhr	11 Uhr	12 Uhr	13 Uhr	14 Uhr	15 Uhr	16 Uhr
07.05.1998	256	241	243	260	242	196	262
10.05.1998	320	305	163	134	97	190	215
13.05.1998	36	53	53	37	80	68	55
07.05.1999	140	120	128	144	149	145	117
17.05.1999	66	42	52	46	61	82	52
19.05.1999	112	101	105	105	102	105	113

Tab. 29: Mittlere Anzahl der Rapspollen pro Zählkammer (28,3 mm²) der Pollenfallen an den Habitatinseln Nord, Ost, Süd und West und die Windrichtung (16-teilige Skala) während der Exposition der Fallen.

Datum	mittlere Anzahl der Rapspollen pro Zählkammer				Windrichtung
	Nord	Ost	Süd	West	
07.05.1998	3,9	11,5	3,6	6,9	W-S-W
10.05.1998	6,1	12,8	8,0	3,6	unbeständig
13.05.1998	2,1	3,6	2,3	3,5	E-N-E
07.05.1999	29,8	6,9	10,9	3,5	S-E
17.05.1999	39,8	13,6	9,0	50,6	E-N-E
19.05.1999	58,8	11,3	24,9	80,6	E-S-E

Am 07.05.1998 herrschte West-Süd-West-Wind vor. Erwartungsgemäß wies die Falle an der Habitatinsel Ost die höchste Anzahl Pollen auf (Tab. 29). Das trifft auch für den zweiten Termin 1998 zu, allerdings bestand an diesem Tag keine einheitliche Windrichtung. Am 13.05.1998 kam der Wind aus Ost-Nord-Ost, so dass die höchste Pollenzahl an der Habitatinsel West zu erwarten war. Die Verteilung des Pollens war jedoch in alle Himmelsrichtungen einheitlich. Am 07.05.1999 herrschte Wind aus Süd-Ost vor, so dass die Pollenfallen „Nord“ bzw. „West“ die größte Fängigkeit aufweisen sollten. Das traf für die Pollenfalle „Nord“ zu. Am 17.05.1999 sollte bei Wind aus Ost-Nord-Ost die Falle „West“ die meisten Rapspollen enthalten. Auch das wurde durch die Auszählung der Fallen bestätigt. Am letzten Untersuchungstermin war bei Wind aus Ost-Süd-Ost ebenfalls die höchste Anzahl Pollen in der westlich stationierten Pollenfalle nachzuweisen. Die Auswertung der Pollenfallen konnte zeigen, dass der erwartete Zusammenhang zwischen der Anzahl Pollen und der Windrichtung tatsächlich besteht.

Die Konzentration von Rapspollen in der Luft nimmt bereits in geringer Entfernung von den Rapsbeständen deutlich ab (Tab. 30). In 1998 betrug die mittlere Anzahl Pollen an den Rapsparzellen durchschnittlich 127,4 und an den Habitatinseln durchschnittlich nur noch 5,7. Habitatinseln und Rapsparzellen waren jeweils etwa 10 m voneinander entfernt. Somit ging die Pollenkonzentration in einer Entfernung von 10 m vom Rapsbestand auf 4,5 % zurück. Im Jahr 1999 betrug die mittlere Anzahl Pollen an den Habitatinseln 28,3 und in den Fallen am transgenen Raps 78,2. Die Pollenkonzentration an den Habitatinseln lag damit um durchschnittlich 37,1 % unter derjenigen an den Rapsparzellen.

Tab. 30: Vergleich der Anzahl der Rapspollen am Rand der transgenen Raps-Parzelle und an den Habitatinseln.

Datum	mittlere Anzahl der Rapspollen pro Zählkammer		relative Pollendichte an den Habitatinseln
	Transgener Raps	Habitatinseln	
07.05.1998	117,9	6,5	5,5 %
10.05.1998	223,9	7,6	3,4 %
13.05.1998	40,5	2,9	7,2 %
Mittelwert 1998	127,4	5,7	4,5 %
07.05.1999	45,5	12,8	28,1 %
17.05.1999	56,6	28,3	50,0 %
19.05.1999	132,4	43,9	33,2 %
Mittelwert 1999	78,2	28,3	37,1 %

Die relative Pollendichte an den Habitatinseln war im ersten Untersuchungsjahr fast um eine Zehnerpotenz niedriger als 1999. Aus dem Witterungsverlauf 1998 (Abb. 4) geht hervor, dass zwischen dem Tag der ersten (7. Mai) und letzten Pollenzählung (13. Mai) kein Regen fiel und die mittleren Tagestemperaturen 14°C bis 20°C erreichten. Die trocken-warme Witterung führte offenbar zur Freisetzung großer Pollenmengen, die durch die Luftzirkulation stark im Luftraum verteilt wurden. In den Pollenfallen an den Habitatinseln waren Pollen nur in geringer Zahl nachzuweisen (Tab. 29 u. 30).

Im Messzeitraum 1999 (erste Pollenzählung am 7. Mai, letzte am 19. Mai) fiel 25,2 mm Niederschlag und die mittleren Tagestemperaturen schwankten zwischen 8,5°C und 15,6°C (Abb. 4). Die im Vergleich zum Vorjahr kühlere Temperatur und höhere Feuchtigkeit führten zur Emission geringerer Rapspollenmengen und zur kleinräumigeren Verfrachtung des Pollens, so dass deren Zahl an den Habitatinseln größer war als im Jahr zuvor (Tab. 29 u. 30).

3.8 Auskreuzungsuntersuchungen

3.8.1 Biotests

Der in den Habitatsinseln geerntete Brassicaceen-Samen stand für Auskreuzungsuntersuchungen zur Verfügung. In Tab. 31 ist der Samenertrag je Pflanzenart und Habitatsinsel aufgeführt.

Tab. 31: Samenertrag der Kreuzblütler in den Habitatsinseln Nord, Ost, Süd und West im Jahr 1998 und 1999.

Jahr	Art	Samenertrag der Habitatsinseln (g)			
		Nord	Ost	Süd	West
1998	<i>Brassica juncea</i>	36,99	32,20	63,26	29,43
	<i>Brassica nigra</i>	76,39	43,71	87,20	62,43
	<i>R. raphanistrum</i>	59,13	9,03	34,12	16,83
	Summe	172,51	84,94	184,58	108,69
1999	<i>Brassica juncea</i>	54,96	44,32	37,68	116,10
	<i>Brassica nigra</i>	70,71	47,10	31,38	48,61
	<i>R. raphanistrum</i>	46,70	42,40	31,70	25,30
	Summe	172,37	133,82	100,76	190,01

Während 1998 die Habitatsinseln Süd und Nord den höchsten Ertrag erzielten, waren im zweiten Untersuchungsjahr die Habitatsinseln West und Nord am ertragreichsten. Ein Vergleich der Samenproduktion mit der Hauptwindrichtung im Gebiet ergibt keinen Zusammenhang. In der Habitatsinsel Ost, in der man bei Einfluss des Windes die meisten befruchteten Blüten erwartet hätte, kamen in beiden Jahren sogar nur vergleichsweise wenige Samen zur Reifung.

Zur Ermittlung der Auflaufraten wurde eine definierte Anzahl von Samen im Gewächshaus ausgesät und die Keimlinge gezählt. Neben den Kreuzblütlern der Habitatsinseln kamen zusätzlich Weißer Senf (geerntet auf einem Acker am Waldrand), Acker-Hellerkraut und Hirtentäschel (geerntet im Grünland innerhalb der

Mantelsaat) und transgener Raps zur Aussaat. Die Auflafraten werden in Tab. 32 aufgeführt.

Tab. 32: Bestimmung der Auflafrate verschiedener Kreuzblütler.

Art	Ernte des Jahres	Samen (n)	Auflafrate (%)
<i>Brassica juncea</i>	1998	600	87,7
	1999	800	89,4
<i>Brassica nigra</i>	1998	600	65,8
	1999	700	89,4
<i>Raphanus raphanistrum</i>	1998	600	20,2
	1999	711	22,4
<i>Sinapis alba</i>	1999	200	95,5
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1998	150	34,7
<i>Thlaspi arvense</i>	1998	150	6,0
<i>Brassica napus</i> (GVO)	1998	150	90,7

Je nach Pflanzenart sind die Auflafraten sehr unterschiedlich. Hederich, Hirtentäschel und insbesondere Acker-Hellerkraut liefen schlecht auf. Die höchste Auflafrate erreichte mit 95,5 % der Weiße Senf (*Sinapis alba*).

Die geernteten Samen von Sareptasenf, Schwarzem Senf und Hederich, kleinere Samenmengen von Brassicaceen aus der Umgebung des Freisetzungsversuchs und zu Vergleichszwecken auch Samen vom transgenen Raps wurden teils im Gewächshaus, teils auf der Versuchsfeldanlage unter kontrollierten Bedingungen ausgesät und im Zwei- bis Drei-Blatt-Stadium mit dem Komplementärherbizid Glufosinat (LIBERTY®) behandelt. Die Herbizidapplikationen wurden je nach Bedarf ein- bis dreimal wiederholt. Mögliche Hybridpflanzen, die aus einer erfolgreichen Bastardisierung mit transgenem Raps hervorgegangen sind, sollten die Spritzungen überleben (Abb. 16 u. 17).

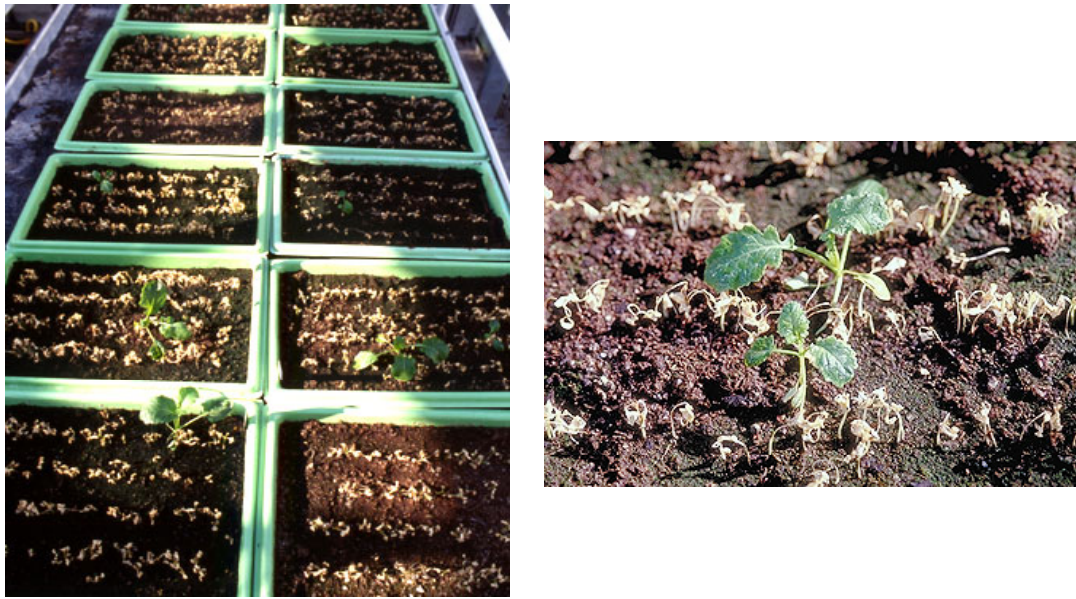


Abb. 16: Junge Pflanzen von *Brassica juncea* nach der Herbizidapplikation im Gewächshaus. Überlebende Pflanzen sind höchstwahrscheinlich Hybride (rechts: Detailaufnahme) (Fotos: Saure).



Abb. 17: Pflanzen von *Brassica juncea* und *B. nigra* im Freiland vor (links) und nach der Herbiziapplikation (rechts) (Fotos: Saure).

Sareptasenf: Unter kontrollierten Gewächshausbedingungen entwickelten sich aus den 1998 in der Habitatinsel Ost geernteten Samen 7676 Pflanzen. Jeweils 150 Samen je Habitatinsel der Ernte 1998 wurden zur Bestimmung der Auflafrate ausgebracht. Daraus keimten zusätzliche 526 Pflanzen („Ost“ = 131, „Süd“ =

124, „West“ = 135, „Nord“ = 136 Pflanzen). Der größte Teil der Sareptasenf-Samen der Ernte 1998 (Habitatinseln Nord, West und Süd) wurde im Freiland ausgesät (Abb. 17). Die Biotests mit der gesamten Samenernte des Jahres 1999 fanden im Gewächshaus statt. Eine Zählung der im Freiland 1998 und im Gewächshaus 1999 zahlreich aufgelaufenen Pflanzen erfolgte nicht.

Die Herbizidapplikationen überlebten im Gewächshaus (Ernte 1998) 20 Pflanzen der Habitatinsel Ost (Abb. 16) und eine Pflanze der Habitatinsel Süd. Auf dem Versuchsfeld betrug die Anzahl der überlebenden Pflanzen (Ernte 1998): 15 (Habitatinsel Süd), 18 (Habitatinsel Nord) und 6 (Habitatinsel West). Von der Ernte 1999 überlebten im Gewächshaus eine Pflanze der Habitatinsel Süd, eine Pflanze der Habitatinsel Nord und fünf Pflanzen der Habitatinsel West.

Hederich: Der Hederich-Samen wurde vollständig im Gewächshaus ausgebracht. Von den aus der Ernte 1998 aufgelaufenen 840 Pflanzen überstand keine die Resistenzbonitur. Eine Zählung der aus der 1999er Ernte aufgelaufenen Pflanzen erfolgte nicht (mit Ausnahme von 159 Pflanzen aus der Auflaufratenbestimmung). Auch von diesen Pflanzen überlebte keine die Herbizidapplikation.

Schwarzer Senf: Die 1998er Samenernte der Habitatinsel Ost wurde teils im Gewächshaus, teils zusammen mit dem Ertrag der übrigen Habitatinseln im Freiland ausgesät. Die Ausbringung des Samens der Ernte 1999 erfolgte im Gewächshaus. Gezählt wurden nur die aufgelaufenen Pflanzen aus der Bestimmung der Auflauftrate 1998 (395 Pflanzen), der Bestimmung der Auflauftrate 1999 (626 Pflanzen) sowie aus der Ernte 1998 (nur Habitatinsel Ost: 8203 Pflanzen). Keine der aus der Ernte 1998 und 1999 hervorgegangenen Pflanzen überlebte die Herbizidanwendungen.

Hirtentäschel, Acker-Hellerkraut, Weißer Senf: 1998 wurden auf dem Versuchsfeld Stichproben von Hirtentäschel- und Hellerkraut-Schoten und 1999 am Waldrand Stichproben von *Sinapis alba*-Schoten geerntet. Aus den im Gewächshaus ausgesäten Samen entwickelten sich 52 Pflanzen des Hirtentäschels, neun Pflanzen des Acker-Hellerkrauts sowie 191 Pflanzen des Weißen Senfs. Keine Pflanze überlebte die Herbizidbehandlungen.

Transgener Raps: Aus 150 Samen des transgenen Rapses keimten 136 Pflanzen. Erwartungsgemäß überlebten alle 136 Pflanzen die Herbizidapplikation.

3.8.2 Charakterisierung der Hybridpflanzen

Molekulargenetischer Nachweis des Transgens: Von den getesteten Kreuzblütlern überlebten nur einzelne *Brassica juncea*-Pflanzen die Biotests (s.o.). Eine Auskreuzung der Herbizidresistenz vom transgenen Raps auf Schwarzen Senf, auf Weißen Senf, auf Hederich, Hirtentäschel oder Acker-Hellerkraut konnte damit unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht festgestellt werden.

Aus Blattproben von den Pflanzen, die die Resistenzbonitur überlebten, wurde DNA extrahiert. In zwei unabhängigen PCR-Ansätzen kamen spezifische Primerpaare zum Einsatz, die als positives Signal für die Anwesenheit des Transgens ein 734 bp bzw. ein 398 bp großes Fragment erzeugten. Diejenigen Proben, die keine Banden zeigten, wurden in der PCR mit einem pflanzenspezifischen Primerpaar getestet. Der Nachweis eines ~400 bp-Fragments bestätigte, dass die Probe DNA enthielt und negative Ergebnisse bei der Suche nach dem *pat*-Gen tatsächlich auf das Fehlen dieses Gens im Genom der Pflanze zurückzuführen ist.

Aus den 1998 und 1999 geernteten *Brassica juncea*-Samen entwickelten sich zahlreiche Pflanzen, von denen 67 die Biotests überlebten (Kap. 3.8.1). Im Genom von 64 Pflanzen war das *pat*-Gen eindeutig nachzuweisen (Tab. 33). Die übrigen drei Pflanzen haben die Biotests überlebt, da sie spät oder von anderen Pflanzen verdeckt aufgelaufen waren und vermutlich mit einer zu geringen Herbizidmenge in Kontakt gekommen sind.

Aus der Anzahl der Sareptasenf-Pflanzen vor der Resistenzbonitur und der Anzahl der Hybridpflanzen wurde für 1998 die Auskreuzungsrate berechnet. Zur Bestimmung der Auskreuzungsrate wurde die in der Hauptwindrichtung gelegene Habitatinsel Ost ausgewählt. Hinzu kommen die für die Auflaufratenbestimmung ausgesäten Sareptasensamen (Habitatinsel Süd, part.). Die mittlere Auskreuzungsrate beträgt 0,26 % (21 Hybride von 7931 getesteten Pflanzen).

Tab. 33: Anzahl der überlebenden *Brassica juncea*-Pflanzen nach der Herbizidapplikation und Anzahl der Hybride.

Ernte des Jahres	Habitatinsel	überlebende Pflanzen (n)	Hybridpflanzen (n)
1998	Ost	20	20
	Süd	16	16
	West	6	5
	Nord	18	17
1999	Ost	0	0
	Süd	1	1
	West	5	5
	Nord	1	0
Summe		67	64

Ob die Hybridisierungsprodukte das Ergebnis einer windbedingten, oder einer insektenbedingten Pollenübertragung sind, war nicht eindeutig festzustellen. Da die Hauptwindrichtung im Untersuchungsgebiet West-Süd-West ist, wären bei einer vorrangigen Pollenverbreitung über den Luftweg die meisten Hybridpflanzen auf Habitatinsel Ost zu erwarten. Das traf für das Jahr 1998 tatsächlich zu, allerdings bestanden nur geringe Unterschiede zu den Habitatinseln Nord und Süd (Tab. 34).

Tab. 34: Anzahl der *B. juncea* x *B. napus*-Hybride aus dem Samen der Habitatinsel Nord, Ost, Süd und West.

Jahr	Habitatinseln			
	Nord	Ost	Süd	West
1998	17	20	16	5
1999	0	0	1	5
Summe	17	20	17	10

Im Jahr 1999 wurden in der Ernte der Habitatinsel Ost keine Hybride festgestellt und fünf von sechs Hybridpflanzen entwickelten sich sogar aus Samen der gegen die Windrichtung gelegenen Habitatinsel West. Die Ergebnisse 1999 deuten eher auf eine insektenbedingte Pollenübertragung hin. Die geringe Stichprobenzahl lässt jedoch keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Art und Weise des Pollentransfers zu.

Dass im Genom der Hybridpflanzen, die aus der Auskreuzung von transgenem Raps in Sareptasenf hervorgegangen sind, tatsächlich das *pat*-Gen enthalten ist, zeigt Abb. 18. Dort ist ein Gel abgebildet, auf dessen oberen und unteren Rand ein 100bp-Marker und im mittleren Bereich jeweils Proben einer *Brassica juncea*-Hybride und einer transgenen Rapspflanze aufgetragen wurden. Die 734bp- und die 398bp-Fractionen im GVO-Raps sowie in der Hybridpflanze sind deutlich zu erkennen.



Abb. 18: Zwei Abschnitte des *pat*-Gens im transgenen Raps und in der Hybride sind in der Gelelektrophorese als deutliche Banden zu erkennen (Foto: Tober).

In einem weiteren Versuchsabschnitt wurden Raps, verwandte Brassicaceen und eine Hybridpflanze über ein DNA-Fingerprinting (RAPD-PCR) charakterisiert. Abb. 19 zeigt eine Auswahl von vier Gelen, die das intermediäre Bandenmuster der Hybride gut zeigen. Man erkennt drei Fragmente, welche die Hybridpflanze

mit dem Vater (*B. napus*) und vier Fragmente, die sie mit der Mutter (*B. juncea*) gemeinsam hat.

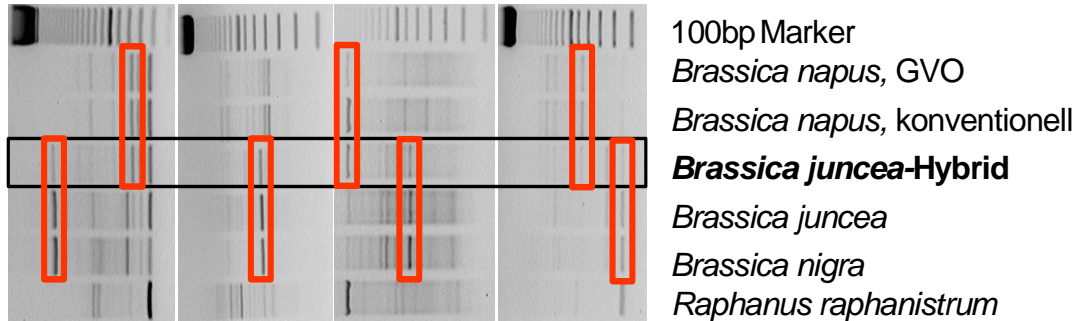


Abb. 19: Charakterisierung der Hybride über ein DNA-Fingerprinting. Am oberen Rand der Gele ist ein 100bp-Marker als Standard aufgetragen (Foto: Tober).

Zahlreiche Gele wurden mit der Software „ScanPack 3.0“ (Biometra) bearbeitet. Die Auswertung wird nachfolgend exemplarisch für ein Gel und einen Primer (Roth 180-04) vorgestellt (s. Kap. 2.6.2). Abb. 20 zeigt die Übertragung des Bandenmusters in eine Cluster-Darstellung und verdeutlicht die intermediäre Stellung der Hybride im Verhältnis zu den Eltern.

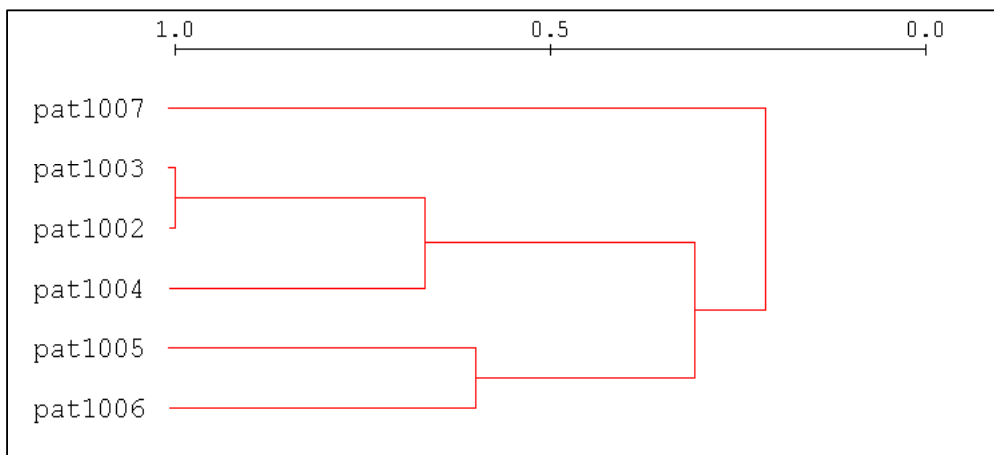


Abb. 20: Charakterisierung der Hybride mit der Software „ScanPack, Cluster Analysis“. Die Probennummern bedeuten: pat1002 = *Brassica napus* (transgen), pat1003 = *B. napus* (konventionell), pat1004 = *B. juncea* x *B. napus*-Hybride, pat1005 = *B. juncea*, pat1006 = *B. nigra*, pat1007 = *Raphanus raphanistrum*.

Cytogenetische Charakterisierung der Hybriden: *Brassica juncea* hat einen Chromosomensatz von $2n = 36$ (Genomformel AABB), *B. napus* von $2n = 38$ (AACC), die Hybriden sollten demnach einen Chromosomensatz von $2n = 37$ aufweisen. Vier Hybridpflanzen wurden daraufhin untersucht. Zählungen der Chromosomen in mitotischen Zellen aus dem Stylus (Griffel) von Blüten ergaben jeweils eine Chromosomenzahl von 37 (Abb. 21). Es lagen somit „echte“ Hybride mit einem mütterlichen und einem väterlichen Chromosomensatz vor. Die Genomformel der Hybride ist AABC.

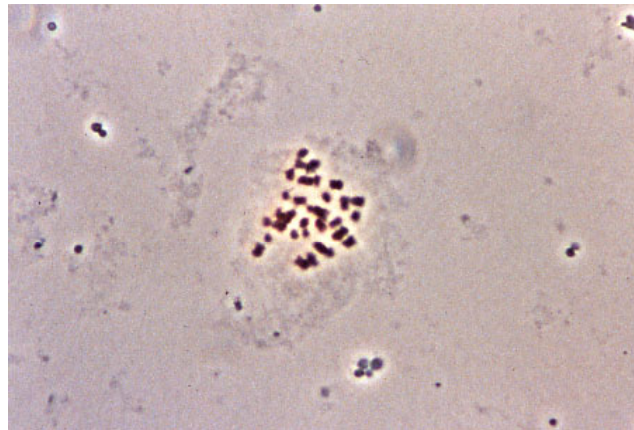


Abb. 21: Mitosestadium mit 37 Chromosomen in einer Styluszelle einer *B. juncea* x *B. napus*-Hybride (Foto: Bellin).

Von vier weiteren Hybridpflanzen (Hybride a bis d) und einem Elter (Sareptasenf) wurden Blütenknospen fixiert und meiotische Zellen aus den Antheren untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 35 zusammengestellt.

In den Antheren der Mutterpflanze *B. juncea* verlief die Meiose normal, d.h. die Paarung der Chromosomen war regelmäßig mit 18 Bivalenten in der Metaphase I (Abb. 22). Auch *B. napus* zeigte eine normale Chromosomenpaarung mit 19 Bivalenten in der Metaphase I (Abb. 22). In den Pollenmutterzellen der Hybridpflanzen verlief die Meiose dagegen erwartungsgemäß unregelmäßig. Das A-Genom des Rapses paart sich bekanntermaßen sehr gut mit dem A-Genom des Sareptasenf (Kap. 1.3.3), das C-Genom des Rapses aber kaum mit dem B-Genom des

Senfs. Durchschnittlich traten neben 13 Bivalenten noch zwölf Univalente auf (Tab. 35, Abb. 22).

Tab. 35: Untersuchung der Chromosomen in mehreren meiotischen Zellen (Metaphase I) von vier Hybridpflanzen und einer Mutterpflanze.

	Univalente	Bivalente	Quadrivalente	meiotische Zellen (n)
Hybride a	12,10	12,30	0,04	10
Hybride b	10,68	13,16	0	25
Hybride c	10,19	13,41	0	27
Hybride d	13,63	11,69	0	35
Hybride a bis d	11,77	12,61	0,004	97
<i>Brassica juncea</i>	0	18,0	0	8

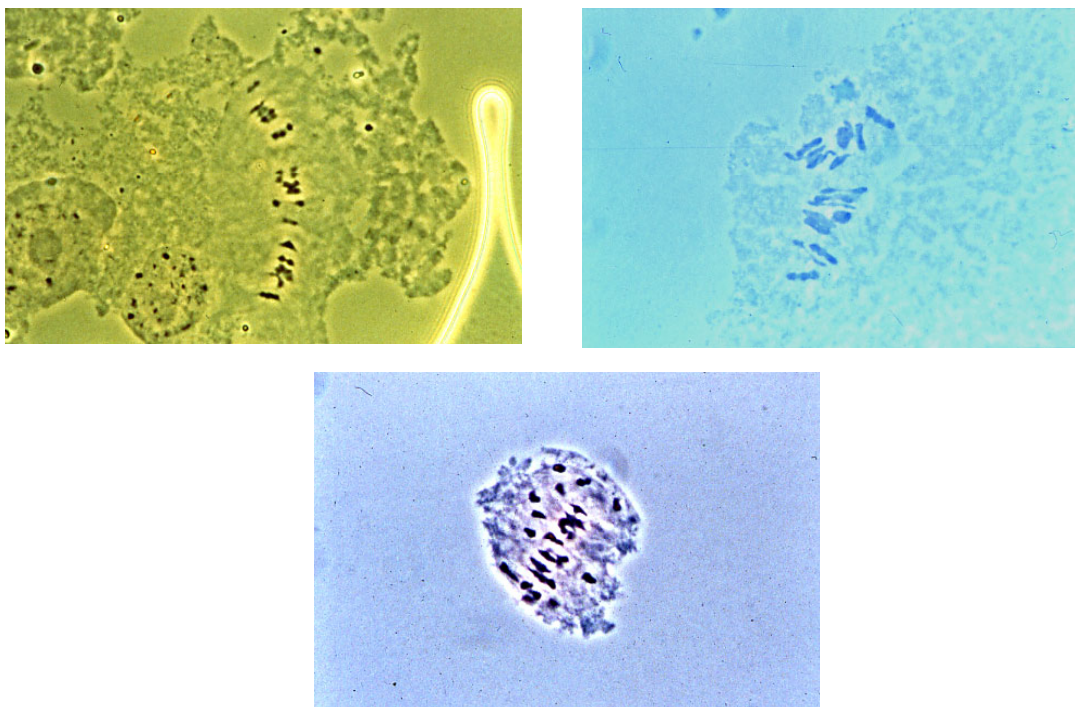


Abb. 22: Metaphase I in meiotischen Zellen von *B. napus* (oben links), von *B. juncea* (oben rechts) und von der *B. juncea* x *B. napus*-Hybridpflanze (unten) (Fotos: Bellin).

Phänotypische Charakterisierung der Hybriden: Blätter der *B. juncea* x *B. napus*-Hybride und der elterlichen Pflanzen wurden morphologisch untersucht. Das *B. napus*-Blatt ist fiederspaltig, der Spreitenrand geschweift und mit wenigen kurzen, aber deutlichen Haaren besetzt (Abb. 23). Die Nerven auf der Blattunterseite sind unbehaart. *B. juncea* besitzt zwar auch fiederspaltige Blätter, der Spreitenrand ist jedoch gezähnt und trägt vereinzelt winzige, undeutliche Haare, die kürzer sind als beim Raps (Abb. 23). Die Nerven auf der Blattunterseite sind beim Sareptasenf mit zahlreichen Haaren ausgestattet. Die Hybride besitzt dieselbe gefiederte Blattform wie der Raps. Wie bei diesem ist der Blattrand der Hybride geschweift und mit deutlichen Haaren, allerdings in größerer Zahl, besetzt. Im Gegensatz zum Raps sind die Blattnerven behaart.

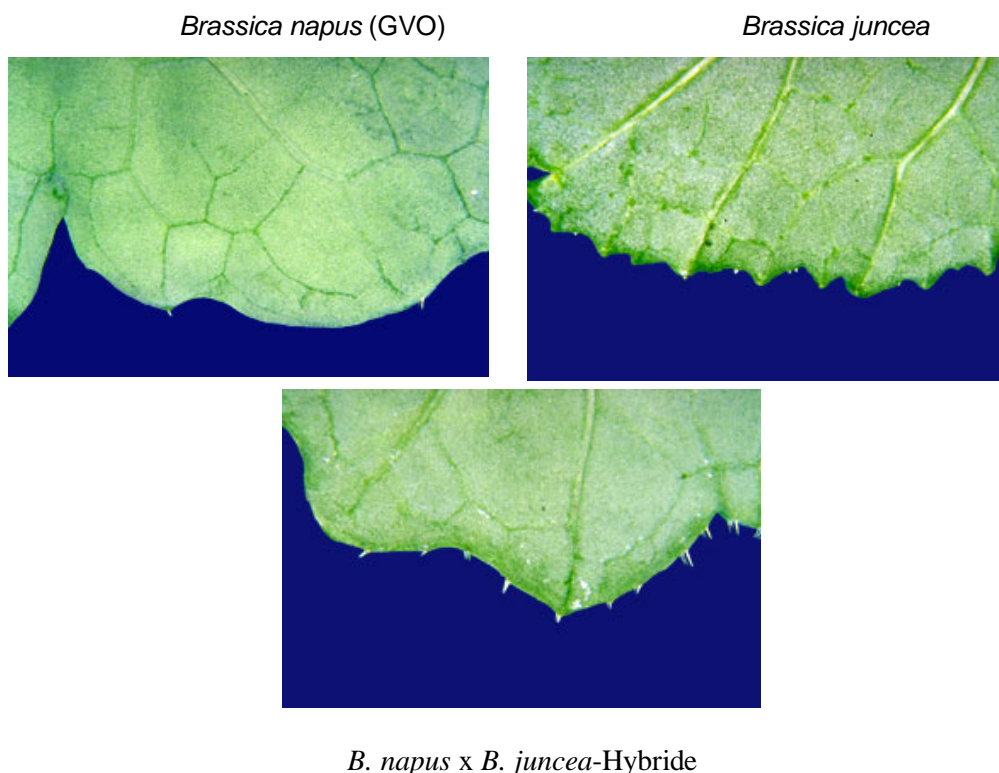


Abb. 23: Blattrand einer transgenen Rapspflanze (oben links), einer Sareptasenpflanze (oben rechts) und einer *B. juncea* x *B. napus*-Hybridpflanze (unten) (Fotos: Saure).

Die Hybridpflanze vereint somit väterliche und mütterliche Merkmale. Das Merkmal „geschweiffter Blattrand mit deutlich sichtbaren Haaren“ wurde offensichtlich von der väterlichen Pflanze, das Merkmal „behaarte Nerven auf der Blattunterseite“ von der mütterlichen Pflanze übernommen.

Fertilität der Hybriden: Samen aus allen Habitatinseln der Ernte 1998 wurden zur Bestimmung der Auflaufraten im Gewächshaus ausgesät (25.09.1998). Die angekeimten Pflanzen wurden im Anschluss an die Zählung mit dem Komplementärherbizid appliziert (09.10.1998). Dabei überlebte nur eine Pflanze aus der Habitatinsel Süd die Behandlung und erwies sich später bei der molekulargenetischen Überprüfung als echte Hybride. Diese Hybridpflanze setzte Mitte Februar 1999 im Gewächshaus die ersten Blüten an. Im Mai kam es zur Fruchtbildung und Ende Juni 1999 konnten Schoten geerntet werden.

Die auffallend kurzen Schoten enthielten jeweils nur ein bis zwei Samen. Insgesamt wurden 43 dunkelbraune Samenkörner von unterschiedlicher Größe und mit auffallend unregelmäßig-runzeliger Oberfläche entnommen (Abb. 24).



Abb. 24: Samen der F_1 –Hybride *B. juncea* x *B. napus* (Foto: Saure).

19 Hybridsamen wurden im Gewächshaus ausgelegt (25.01.2000) und nach einer Woche waren sechs Pflanzen aufgelaufen (02.02.2000). Diese wurden ebenfalls

molekulargenetisch untersucht. Dabei konnte das *pat*-Gen in zwei Pflanzen sicher nachgewiesen werden. Die übrigen vier Pflanzen zeigten im PCR-Test für beide Transgen-Fragmente keine Signale und waren damit nicht-transgen. Ob die Pflanzen der F₂ –Generation fertil oder steril sind, wurde nicht weiter verfolgt. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die F₁ –Generation zumindest teilweise keimfähige Samen produziert. Allerdings kam es nur bei einer von 64 Hybridpflanzen (1,6 %) zur Samenreifung.