

# **Basisstudie zur Wechselwirkung von gentechnisch verändertem MON810-Mais mit spezifischen Schmetterlingsarten**

Auftraggeber:

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft  
Ref. 55/Bio- und Gentechnik, Chemikalien

Bearbeiter:

Martin Musche, Josef Settele & Walter Durka  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ

---

Basisstudie zur Wechselwirkung von gentechnisch verändertem MON810-Mais  
mit spezifischen Schmetterlingsarten

Auftraggeber:           Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft  
Ref. 55/Bio- und Gentechnik, Chemikalien

Bearbeiter:            Dr. Martin Musche<sup>1</sup>, PD Dr. Josef Settele<sup>2</sup> & Dr. Walter Durka<sup>3</sup>  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ  
Department Biozönoseforschung  
Theodor-Lieser-Str. 4  
06120 Halle

<sup>1</sup>Tel.: 0345 5585310           martin.musche@ufz.de

<sup>2</sup>Tel.: 0345 5585320           josef.settele@ufz.de

<sup>3</sup>Tel.: 0345 5585314           walter.durka@ufz.de

Bearbeitungsdatum:       29.04.2009

Helmholtz-Zentrum für  
Umweltforschung GmbH – UFZ  
Sitz der Gesellschaft: Leipzig  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig  
PF 500136  
04301 Leipzig  
Tel +49 341 235-0  
Fax +49 341 235-2791  
[info@ufz.de](mailto:info@ufz.de)  
[www.ufz.de](http://www.ufz.de)

Registergericht: Amtsgericht Leipzig  
Handelsregister Nr. B 4703  
Vorsitzender des Aufsichtsrats:  
MinDirig Hartmut F. Grübel  
Wissenschaftlicher Geschäftsführer:  
Prof. Dr. Georg Teutsch  
Administrativer Geschäftsführer:  
Dr. Andreas Schmidt

Bankverbindung:  
HypoVereinsbank Leipzig  
BLZ 860 200 86  
Kto.-Nr. 5080 186 136  
Swift(BIC)-Code HYVEDEMM495  
IBAN-Nr. DE12860200865080186136  
UST-Ident-Nr. DE 141 507 065  
Steuer-Nr. 230/124/00144

---

## Inhalt

0	Zusammenfassung.....	1
1	Einleitung.....	4
2	Biologie der Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie.....	6
2.1	Euphydryas aurinia.....	6
2.2	Euphydryas maturna.....	7
2.3	Lycaena dispar.....	8
2.4	Maculinea nausithous.....	9
2.5	Maculinea teleius.....	12
2.6	Euplagia quadripunctaria.....	13
2.7	Überblick über die Biologie weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten....	14
3	Mögliche Auswirkungen des Bt-Mais MON 810 auf die Schmetterlingsarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie.....	16
3.1	Grundlagen für die Abschätzung des potentiellen Risikos durch Bt-Mais MON810 16	
3.2	Bekannte Auswirkungen Cry1Ab-exprimierender Maispollen auf Schmetterlinge	17
3.3	Toxinkonzentrationen in Pollen und Antheren verschiedener Bt-Mais-Linien.....	23
3.4	Pollenflug und Pollenablagerung bei Mais.....	24
4	Expositionswahrscheinlichkeit der bearbeiteten Arten.....	27
4.1	Euphydryas aurinia.....	27
4.2	Euphydryas maturna.....	27
4.3	Lycaena dispar.....	29
4.4	Maculinea nausithous.....	29
4.5	Maculinea teleius.....	32
4.6	Euplagia quadripunctaria.....	32
4.7	Die Expositionswahrscheinlichkeit weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten.....	33
5	Einschätzung der potentiellen Gefährdung.....	35
5.1	Vorgehensweise.....	35
5.2	Abschätzung der potentiellen Gefährdung der bearbeiteten Arten.....	36
5.3	Berechnung kritischer Entfernungen.....	39
5.4	Diskussion.....	41
6	Literatur.....	43

---

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1</b>	Labor- und Freilandexperimente zum Einfluss Cry1Ab-haltiger Maispollen und Antheren auf verschiedene Lepidopterenarten	48
<b>Tabelle 2</b>	Die Konzentration von Cry1Ab in den Pollen und Antheren verschiedener transgener Maislinien	18
<b>Tabelle 3</b>	Die Deposition von Maispollen in Abhängigkeit von der Entfernung	55
<b>Tabelle 4</b>	Sicherheitsfaktoren für die ökotoxikologische Risikoanalyse	36
<b>Tabelle 5</b>	Erwartete Pollendeposition in Abhängigkeit von der Pollenquelle nach Hofmann (2007)	40
<b>Tabelle 6</b>	Übersicht über die in Sachsen vorkommenden typischen Schmetterlingsarten der Lebensräume des Anhangs I der FFH-Richtlinie	58

## 0 Zusammenfassung

Pflanzen des in der EU zugelassenen transgenen Mais MON810 exprimieren das Bt-Toxin Cry1Ab, welches spezifisch auf Lepidopteren wirkt und den Befall durch den Maiszünsler *Ostrinia nubilalis* verhindern soll. Die Toxinexpression findet auch in den Pollen statt, welche während der Maisblüte in die Umgebung der Maisfelder verdriftet werden können. Dort können sie auf den Wirtspflanzen von Nichtziel-Schmetterlingsarten abgelagert werden und potentiell deren Larvalstadien schädigen.

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, abzuschätzen, ob und unter welchen Umständen bestimmte Schmetterlingsarten durch MON810-Pollenaustrag gefährdet sind. Im Mittelpunkt standen dabei die in Sachsen vorkommenden Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie sowie weitere typische Arten der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie.

Das Risiko einer Schädigung wird von der Sensibilität sowie der Expositionswahrscheinlichkeit einer Art gegenüber dem Toxin Cry1Ab bestimmt. Daher wurde zunächst die aktuelle wissenschaftliche Literatur ausgewertet, um zu klären, (1) ab welcher Konzentration bzw. Dosis Schmetterlingsraupen durch Cry1Ab-haltige Pollen geschädigt werden können; (2) in welcher Höhe das Toxin in den Pollen exprimiert wird und (3) wie sich die Deposition von Maispollen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Maisfeld verhält. Anschließend wurden spezifische, in Sachsen vorkommende Schmetterlingsarten daraufhin untersucht, ob sie aufgrund ihrer Phänologie und anderer artspezifischer Eigenschaften potentiell gegenüber Maispollen exponiert sind. Auf der Grundlage aller vorhandenen Daten zur Sensibilität und Expositionswahrscheinlichkeit erfolgte eine Einschätzung, unter welchen Umständen mit einer Gefährdung der Arten zu rechnen ist.

Insgesamt wurden Datensätze zu 14 Arten und drei Bt-Maislinien (Bt176, Bt11, MON810) ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass Schmetterlingsraupen sehr variabel auf Cry1Ab-haltige Maispollen reagieren. Diese Variabilität kann auf ein breites Sensibilitätsspektrum innerhalb und zwischen den untersuchten Arten, Unterschiede in der Toxinexpression zwischen verschiedenen transgenen Maislinien sowie auf unterschiedliche methodische Ansätze zurückgeführt werden. Bislang wurden vier Schmetterlingsarten (*Danaus plexippus*, *Papilio polyxenes*, *Pieris rapae*, *Plutella xylostella*) auf ihre Empfindlichkeit gegenüber MON810-Pollen getestet bzw. waren Gegenstand von Abundanzhebungen in Feldstudien. In diesen Untersuchungen wurden entweder keine negativen Effekte gefunden oder eine Schädigung der Raupen trat nur dann ein, wenn die Pollendichte 1000 Pollen/cm<sup>2</sup> überschritt, oder eine Kontamination mit Antheren bestand. Eine detaillierte Bewertung aller Studien zeigte jedoch, dass im Falle des Monarchfalters, *Danaus plexippus*, durchaus mit niedrigeren Effektschwellen gerechnet werden muss. Zur Interpretation vieler Versuchsergebnisse fehlen oftmals wichtige Angaben. Zu nennen wäre insbesondere die fehlende Bestimmung der Toxinkonzentration des Testpollens. Ohne diese Angabe ist jedoch eine realistische Aussage über die Empfindlichkeit einer bestimmten Art nur schwer möglich.

Das Bt-Toxin Cry1Ab ist in den Pollen der untersuchten Bt-Maislinien in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten. MON810- und Bt11-Pollen weisen eine geringere Toxinkonzentration als Pollen von Bt176 auf. Jedoch besteht auch innerhalb der einzelnen transgenen Maislinien eine erhebliche Variabilität. Für MON810 liegen drei Untersuchungen vor. Die ermittelten Toxinkonzentrationen decken einen Bereich von 0,001 bis 0,13µg Toxin pro g Pollen ab und können den vom Hersteller angegebenen Wert von 0,09µg/g sowohl

unter- als auch überschreiten. Diese Variabilität kann auf Unterschiede in der Toxinexpression zwischen einzelnen Pflanzen, Standorten, aber möglicherweise auch auf unterschiedliche Methoden der Toxinquantifizierung zurückgeführt werden. Ein repräsentativer Wert, der auf einer größeren regionalen Stichprobe basiert, existiert nicht.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zur Pollendeposition zeigen, dass die Dichte der pro Flächeneinheit abgelagerten Maispollen mit zunehmender Entfernung vom Maisfeld exponentiell sinkt. Die meisten Erfassungen beschränken sich auf den Nahbereich (bis ca. 50m Entfernung), in dem ein Großteil der Pollen abgelagert wird. Dagegen existiert nur ein Datensatz, der die Pollendeposition bis zu einer Entfernung von 2000m beschreibt.

Alle in Sachsen vorkommenden Schmetterlingsarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie sind während ihrer Larvalentwicklung potentiell gegenüber Mais-Pollen und damit dem Toxin Cry1Ab exponiert. Für weitere 75 lebensraumtypische Arten besteht aufgrund einer zeitlichen Überschneidung von Larvalphase und Maisblüte eine hohe Expositionswahrscheinlichkeit und für weitere 34 Arten die Möglichkeit der Exposition. Inwieweit eine echte Exposition gegeben ist, kann nur im Einzelfall ermittelt werden.

Die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur ergab, dass (1) Schmetterlingsraupen durch eine bestimmte Konzentration an MON810-Pollen geschädigt werden können und (2) ein Teil der bearbeiteten Schmetterlingsarten potentiell gegenüber MON810-Pollen exponiert ist. Für diese Arten muss deshalb von einer potentiellen Gefährdung ausgegangen werden. Aufgrund der limitierten Datenlage hinsichtlich der Sensibilität von Schmetterlingen gegenüber MON810-Pollen ist jedoch eine Quantifizierung des Risikos schwierig. Für keine der sächsischen FFH-oder lebensraumtypischen Arten liegen Sensibilitätsdaten vor. Bei einer Übertragung der existierenden Daten auf andere Arten muss ein potentiell größeres Sensibilitätsspektrum berücksichtigt werden. Dies kann analog zur Risikobewertung umweltrelevanter Chemikalien durch die Veranschlagung eines Sicherheitsfaktors geschehen, dessen Höhe sich nach der Menge und der Qualität der vorhandenen Daten richtet. Darauf aufbauend ist es möglich, jene Entfernung vom Maisfeld zu ermitteln, oberhalb derer keine negativen Effekte mehr zu erwarten sind. Dabei muss die Streuung der Pollendepositionswerte mit berücksichtigt werden. Unter der Annahme eines mit Hilfe eines Sicherheitsfaktors 10 ermittelten Schwellenwertes (Predicted No Effect Concentration PNEC) im Bereich von 16 bis <36 Pollen/cm<sup>2</sup> ergeben sich unterschiedliche Entfernungen zur Anbaufläche, oberhalb derer mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, die durch die Wahl des Konfidenz-Intervalles bestimmt wird, keine negativen Effekte mehr zu erwarten sind: 100-200m (<36 Pollen/cm<sup>2</sup> PNEC, 80% Konfidenzintervall KI), 500-1000m (16 Pollen/cm<sup>2</sup> PNEC, 80% KI), bzw. 200-300m (<36 Pollen/cm<sup>2</sup> PNEC, 90% KI) und 1000m -2000m 16 Pollen/cm<sup>2</sup> PNEC, 90% KI). Eine unter Veranschlagung eines Sicherheitsfaktors 100 ermittelte PNEC (1,6 Pollen/cm<sup>2</sup>- <3,6 Pollen/cm<sup>2</sup>) würde dagegen nicht unterhalb einer Entfernung von 1000m erreicht werden. Diese Ableitung enthält verschiedene Unsicherheiten und Ermessensentscheidungen, die zeigen, dass eine explizite Formulierung von Schutzempfehlungen (Abstandsregel) nach rein wissenschaftlichen Kriterien derzeit nicht möglich ist. Die diskutierten Abstände stellen daher keine ultimativen Größen dar, die mit Sicherheit eine Gefährdung anzeigen oder ausschließen. Der Verzicht auf eine Abstandsregelung würde jedoch der Höhe des Restrisikos nicht gerecht werden. Ist der Anbau von Bt-Mais MON810 in einer Entfernung von weniger als 1000m vom nächsten FFH-Gebiet geplant, so verlangt derzeit ein Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (2007) eine Überprüfung, ob dadurch die Erhaltungsziele des Gebietes

beeinträchtigt werden könnten. Unter Veranschlagung eines mittleren Sicherheitsniveaus ist ein Abstand von 1000m vertretbar und sollte daher bis zu einer Verbesserung der Datenlage weiter als Basis für Bewertungen der Umweltverträglichkeit herangezogen werden. Feldstudien zur Auswirkung von MON810-Pollen oder anderen Cry1Ab-haltigen Maispollen auf die Entwicklung von Schmetterlingspopulationen liegen bisher nicht vor. Bereits durchgeführte Messungen der Abundanz von Schmetterlingsraupen stellen nur eine Momentaufnahme dar und sind daher nicht geeignet, die Populationsentwicklung abzubilden. Die entsprechenden Studien weisen zudem methodische Mängel auf, die diesbezügliche belastbare Aussagen nicht zulassen.

## 1 Einleitung

Das Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* produziert eine Reihe an Toxinen, die im Laufe des 20. Jahrhunderts eine große Bedeutung als Pestizide gegen Arthropoden erlangt haben (Hilbeck & Schmidt 2006). Die von verschiedenen Bakterienstämmen produzierten Toxine können hinsichtlich ihrer Wirkungsspezifität in Cry1, Cry2 (Lepidoptera, Diptera), Cry3 (Coleoptera) und Cry4 (Diptera) eingeteilt werden (Höfte & Whiteley 1989). Cry-Proteine werden von den jeweiligen Organismen mit der Nahrung aufgenommen und greifen nach einer chemischen Reaktion deren Verdauungstrakt an (Bravo et al. 2007). Bt-Toxine kommen als Spray, Granulate und in gentechnisch veränderten Pflanzen zum Einsatz. Um den Maiszünsler, *Ostrinia nubilalis*, wirksam bekämpfen zu können wurde mit Hilfe gentechnischer Methoden eine bakterielle DNA-Sequenz zur Expression des Toxins Cry1Ab in die Maispflanze eingebracht. Aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Promotoren unterscheiden sich die einzelnen Maislinien hinsichtlich der Expressionsstärke und -muster. Während Bt176 das Toxin hauptsächlich in den Blättern und Pollen exprimiert (Fearing et al. 1997) geschieht das bei MON810 in allen grünen Pflanzenteilen (Nguyen & Jehle 2007). Raupen des Maiszünslers, die das Bt-Toxin aufnehmen, stellen die Nahrungsaufnahme ein und sterben ab. Auch andere Schadinsekten aus der Ordnung der Lepidoptera zeigen nach der Aufnahme von Bt-Mais eine erhöhte Mortalität (Dutton et al. 2005, Hubert et al. 2008).

Neben den gewollten Effekten des Bt-Toxins auf den Maiszünsler sind auch ungewünschte Effekte auf Nichtzielorganismen zu erwarten (Marvier et al. 2007). Aufgrund der Wirkungsspezifität von Cry1Ab sind insbesondere Lepidopteren einem potentiellen Risiko ausgesetzt. Dies wurde erstmals anhand von Raupen des nordamerikanischen Monarchfalters *Danaus plexippus* gezeigt, die unter einer erhöhten Mortalität litten, wenn sie mit Cry1Ab-haltigen Pollen kontaminierte Nahrung zu sich nahmen (Losey et al. 1999). Die Ergebnisse dieser Studie fanden eine weite Beachtung, da *Danaus plexippus* vornehmlich in landwirtschaftlich genutzten Habitaten des nordamerikanischen Getreidegürtels reproduziert und somit von einer potentiellen Gefährdung der Population ausgegangen werden musste. Es wurden weitere Studien initiiert, um die Sensibilität und Exposition gegenüber dem Toxin Cry1Ab zu untersuchen (Hellmich et al. 2001, Oberhauser et al. 2001, Pleasants et al. 2001, Stanley-Horn et al. 2001, Wraight et al. 2000). Die gewonnenen Daten fanden Eingang in eine Risikoanalyse, auf deren Basis eine Gefährdung der Gesamtpopulation des Monarchfalters ausgeschlossen wurde (Sears et al. 2001).

Der zunehmende Anbau des in der Europäischen Union zugelassenen Maises MON810 wirft die Frage auf, ob geschützte Schmetterlingsarten durch die Verdriftung von transgenem Pollen gefährdet sind. Ein besonderes Interesse gilt den Schmetterlingsarten der Flora Fauna Habitat (FFH) -Richtlinie der Europäischen Union, deren Lebensraumqualität sich durch äußere Eingriffe nicht verschlechtern darf. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die potentiellen Risiken, die von einem Anbau von MON810 für die in Sachsen vorkommenden Schmetterlingsarten des Anhangs 2 der FFH-Richtlinie ausgehen, abzuschätzen und geeignete Schutzmaßnahmen zu formulieren. Außerdem wird das Gefährdungspotential für weitere Arten analysiert, die aufgrund ihrer engen Habitatbindung typisch für bestimmte Lebensräume sind. Im **Abschnitt 2** wird zunächst die Biologie der betreffenden Arten dargelegt, wobei der Schwerpunkt auf solchen Merkmalen liegt, die für die Risikobewertung von hoher Relevanz sind, z.B. Phänologie, Fraßmuster, Habitatbindung und Populationsstruktur. Außerdem erfolgt eine Kurzcharakterisierung weiterer in Sachsen vorkommender Arten, die typisch für bestimmte FFH-Lebensraumtypen sind. Im **Abschnitt 3**

wird der aktuelle Forschungsstand zur Sensibilität von Schmetterlingen gegenüber toxischen Pollen, zur Toxinkonzentration von Pollen sowie zur Deposition von Pollen in der Landschaft dargestellt. Auf dieser Grundlage und unter Einbeziehung biologischer Eigenschaften werden im **Abschnitt 4** die Sensibilität und Expositionswahrscheinlichkeit der betreffenden FFH-Anhangsarten und weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten diskutiert. Die Abschätzung der potentiellen Gefährdung durch MON810 (**Abschnitt 5**) erfolgt auf Grundlage der Erkenntnisse zur Sensibilität und Expositionswahrscheinlichkeit.

## 2 Biologie der Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie

### 2.1 *Euphydryas aurinia*

#### *Lebensweise*

*Euphydryas aurinia* (Goldener Scheckenfalter) bildet eine Generation pro Jahr aus. Als Wirtspflanze dient in Sachsen ausschließlich *Succisa pratensis* (Teufelsabbiss). Die Eiablage erfolgt in zwei- bis dreischichtigen Spiegeln auf der Unterseite der Rosettenblätter. Dabei werden exponierte Pflanzen in offener Vegetation bevorzugt (Anthes et al. 2004). Nach dem Schlupf leben die Raupen gemeinsam in einem Gespinst. Die Überwinterung erfolgt ebenfalls gemeinsam in einem Gespinst am Boden. *Euphydryas aurinia* entwickelt eine Stürzpuppe in der niedrigen Vegetation.

#### *Habitatbindung*

Während in anderen Regionen auch Populationen auf Trockenrasenstandorten existieren, ist die Art in Sachsen hauptsächlich auf Feucht- und Frischwiesen, Borstgrasrasen und Kleinseggenrieden anzutreffen. Es handelt sich dabei meist um gepflegte, einschürige Wiesen sowie Säume. Zum Flughabitat gehören außerdem feuchte Hochstaudenfluren. In Sachsen ist *Euphydryas aurinia* auf Vorkommen der Wirtspflanze *Succisa pratensis* angewiesen. Die adulten Falter benötigen zudem ein ausreichendes Angebot an Nektarpflanzen sowie Einzelstrukturen (Gehölze). Als Nektarpflanzen nennen Reinhardt et al. (2007) insgesamt 19 Pflanzenarten.

#### *Phänologie*

Die Hauptflugzeit der einzigen Faltergeneration beginnt Ende Mai und reicht bis Mitte Juni (Reinhardt et al. 2007). Einzelne Falter können bis Mitte Juli auftreten. Laut Reinhardt et al. (2007) können bis zum Schlupf der Raupe 33-39 Tage vergehen. Daher ist ab Ende Juni/Anfang Juli mit Raupen zu rechnen.

#### *Populationsbiologie*

*Euphydryas aurinia* bildet in vielen Regionen Metapopulationsstrukturen (Wahlberg et al. 2002, Anthes et al. 2004, Schtickzelle et al. 2005, Bulman et al. 2007). Betzholtz et al. (2007) stellten in einem solchen Verbund an Populationen fest, dass der Isolationsgrad und die Habitatqualität darüber entscheiden, ob ein Habitat besiedelt wird, während die Habitatgröße in dieser Untersuchung keine Rolle spielte. Dagegen ermittelten Bulman et al. (2007) in einer Metapopulationsanalyse, dass ein Habitatverbund mindestens 80ha bis 142ha an geeignetem Habitat aufweisen muss, um das Überleben einer Metapopulation von *Euphydryas aurinia* mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% zu gewährleisten. Laut Wahlberg et al. (2002) haben die Männchen eine durchschnittliche Lebenserwartung von 10,7 Tagen und die Weibchen von 8,9 Tagen.

### *Dispersal*

Wahlberg et al. (2002) ermittelten für *Euphydryas aurinia* eine mittlere Flugdistanz von 645m (Männchen) und 467m (Weibchen). Die maximalen Flugdistanzen betragen 1300m (Männchen) und 510m (Weibchen).

### *Verbreitung und Gefährdung*

Vorkommen von *Euphydryas aurinia* sind in Sachsen nur noch im Vogtland zu finden und konzentrieren sich dabei auf den ehemaligen Grenzstreifen zu Bayern und Böhmen (Reinhardt et al. 2007). Darüber hinaus existieren weitere sporadische Vorkommen im Oberen Vogtland. Generell ist die Art durch intensive Landwirtschaft oder aber auch durch fehlerhaftes Flächenmanagement gefährdet. Reinhardt et al. (2007) berichten zudem über Habitatveränderungen durch invasive oder konkurrenzstarke Pflanzenarten. Die Art wird in der Roten Liste der Tagfalter Sachsens (Reinhardt 2007) als vom Aussterben bedroht aufgeführt.

## **2.2 *Euphydryas maturna***

### *Lebensweise*

*Euphydryas maturna* (Eschen-Scheckenfalter) bildet eine Generation pro Jahr aus. Die Eiablage erfolgt ausschließlich auf der Esche (*Fraxinus excelsior*). Die Weibchen bevorzugen gut besonnte, mittelalte Bäume, an denen sie die Eier in 2m-10m Höhe auf den Blattunterseiten ablegen. Die Eiraupen beginnen mit der Anlage eines Gespinstes, welches Ende Juli verlassen wird. Die Raupen überwintern am Boden und ernähren sich im Folgejahr von verschiedenen Kräutern und Gehölzen. Ebert & Rennwald (1991) nennen *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Fraxinus excelsior*, *Lonicera spec.*, Reinhardt et al. (2007) außerdem *Plantago lanceolata* und *Veronica spec.*. Die Verpuppung erfolgt als Stürzpuppe an Baumstämmen.

### *Habitatbindung*

*Euphydryas maturna* besiedelt vor allem Auenwälder mit überdurchschnittlicher Wasserversorgung und hoher Luftfeuchte. Laut Reinhardt et al. (2007) ist die Art auf gut besonnte, linienförmige Geländestrukturen angewiesen, z.B. Wegränder, innere und äußere Waldsäume. Von hoher Bedeutung sind das Vorhandensein lichter Eschenbestände in einem Alter von 20-40 Jahren, eine gut ausgebildete Bodenvegetation, sowie Strauch- und Staudensäume mit randständigen Eschen. Freese et al. (2006) heben besonders die Notwendigkeit der Strukturierung von Wäldern für das Überleben der Art hervor.

### *Phänologie*

In Sachsen fliegt die einzige Faltergeneration von Ende Mai bis Anfang Juli. Bis Ende Juli befinden sich die Raupen auf der Esche (Reinhardt et al. 2007), und danach in Gespinsten am Boden (Ebert & Rennwald 1991).

### *Populationsbiologie*

Für die Sächsischen Populationen existieren keine populationsbiologischen Untersuchungen. Konvicka et al. (2005) berichten, dass die Art in der Tschechischen Republik nur noch in einer kleinräumigen Metapopulation lebt. Sie ermittelten außerdem eine niedrigere Überlebensrate für Männchen als für Weibchen. In Finnland besitzt die Art andere Habitatsprüche als in Zentraleuropa, kommt dort aber auch in Metapopulationsstrukturen vor (Wahlberg et al. 2002). Laut Autoren haben die Männchen eine durchschnittliche Lebenserwartung von 13,3 Tagen und die Weibchen von nur 3,3 Tagen.

### *Dispersal*

Konvicka et al. (2005) prognostizierten auf Basis einer Fang-Wiederfang-Untersuchung, dass weniger als 5% aller Individuen eine Strecke von 500m zurücklegen, und dass die Überwindung darüber hinausgehender Distanzen unwahrscheinlich ist. Wahlberg et al. (2002) stellten für männliche Tiere eine mittlere Flugstrecke von 238m und für weibliche Tiere von 141m fest. Die maximalen Flugdistanzen betragen 640m bzw. 141m.

### *Verbreitung und Gefährdung*

Die Bestände von *Euphydryas maturna* sind in Sachsen stark rückläufig. Derzeit kommt die Art nur noch in wenigen Restpopulationen im Leipziger Auenwald vor (Schiller & Graul 2000, Reinhardt et al. 2007). Das Auftreten dieser Populationen ist zudem räumlich und zeitlich begrenzt. In der Roten Liste der Tagfalter Sachsens (Reinhardt 2007) wird *Euphydryas maturna* als vom Aussterben bedroht aufgeführt.

## **2.3 *Lycaena dispar***

### *Lebensweise*

*Lycaena dispar* (Großer Feuerfalter) bildet in Sachsen zwei Generationen aus. Als Wirtspflanze dienen verschiedene Ampferarten. In Sachsen ist *Rumex hydrolapathum* (Teichampfer) die bevorzugte Art, während *Rumex obtusifolius* (Stumpfpflättriger Ampfer) und *Rumex crispus* (Krauser Ampfer) nur vereinzelt genutzt werden (Reinhardt et al. 2007). Dagegen stellen *Rumex obtusifolius* und *Rumex crispus* in anderen Regionen Deutschlands die wichtigsten Wirtspflanzen dar (Loritz & Settele 2002). Die Eiablage erfolgt meist einzeln auf der Blattoberseite neben der Mittelrippe. Nach dem Schlupf wechseln die Raupen auf die Blattunterseite. Die Raupen hinterlassen typische Fensterfraßmuster. Die Überwinterung erfolgt als Raupe. Ein großer Teil der Eier kann durch Hymenopteren parasitiert werden (Reinhardt et al. 2007). Außerdem wurden Tachiniden als Raupenparasiten beobachtet (Musche, persönliche Beobachtung).

### *Habitatbindung*

In Sachsen besiedelt *Lycaena dispar* Feuchtwiesen, Grabensysteme und Teichränder mit Vorkommen der Wirtspflanze *Rumex hydrolapathum* (Reinhardt et al. 2007). Die Fundstellen sind folgenden Verbänden zuzuordnen: *Calthion palustris* (Feuchtwiesen), *Phragmition australis* (Röhrichte) und *Magnocaricion* (Großseggenriede). Da die Art unter Umständen

auch andere Wirtspflanzen nutzen kann, ist die Erschließung weiterer Habitate ohne Vorkommen von *Rumex hydrolapathum* vorstellbar. Die adulten Falter nutzen ein breites Spektrum an Nektarpflanzen zur Nahrungsaufnahme. Dabei sind sie auch außerhalb der Larvalhabitate anzutreffen (Ebert & Rennwald 1991).

### *Phänologie*

Die erste Generation der Falter fliegt in Sachsen von Ende Mai/ Mitte Juni bis Mitte Juli. Mit der zweiten Generation ist von Mitte August bis Ende August zu rechnen (Reinhardt et al. 2007). Die früheste Falterbeobachtung stammt von einem 24. Juni und die späteste von einem 29. August (Reinhardt et al. 2007).

### *Populationsbiologie*

Es liegen kaum Untersuchungen zu populationsbiologischen Parametern vor. Am Rand seines Verbreitungsgebietes scheinen Prädation sowie Wintermortalität durch Überflutung die Populationsdynamik wesentlich zu beeinflussen (Webb & Pullin 1996, Nicholls & Pullin 2003). Die Art bildet keine hohen Dichten aus (Bink 1992). Dadurch werden Untersuchungen zu Populationsstrukturen und Mobilität erheblich erschwert.

### *Dispersal*

Bisher liegen keine detaillierten Untersuchungen zur Ausbreitungsfähigkeit und zum Flugverhalten vor. Bink (1992) kategorisiert die Art als mittelmäßig standorttreu. Die männlichen Tiere zeigen Territorialverhalten (Ebert & Rennwald 1991).

### *Verbreitung und Gefährdung*

*Lycaena dispar* kommt ausschließlich im Osten Sachsens vor. Dort werden das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet, das Oberlausitzer Gefilde und die östliche Oberlausitz besiedelt. (Reinhardt et al. 2007). Gegenwärtig zeigt die Art einen positiven Bestandstrend. In der Roten Liste der Tagfalter Sachsens (Reinhardt 2007) wird *Lycaena dispar* als ungefährdet aufgeführt. In anderen Gebieten Deutschlands wird die Melioration von Feuchtgebieten als Gefährdungsursache genannt (Ebert & Rennwald 1991).

## **2.4 *Maculinea nausithous***

### *Lebenszyklus*

Unter den schätzungsweise 6000 Bläulingsarten auf der Welt gibt es nur wenige Arten, die eine parasitische Lebensweise aufweisen (Fiedler 1998). Unter diesen befinden sich alle Arten der Gattung *Maculinea*, die in neuerer Literatur auch unter dem Namen *Phengaris* genannt wird (Fric et al. 2007). Die Schmetterlinge legen ihre Eier auf den Blütenständen ihrer Wirtspflanzen ab. Nach dem Schlupf ernähren sich die Raupen von den Blüten und Samenanlagen, bis sie das vierte Larvalstadium erreichen. In diesem Stadium verlassen die Raupen die Pflanzen und werden von Arbeiterinnen der Ameisengattung *Myrmica* adoptiert. Je nach Ernährungsstrategie leben die Raupen im Ameisennest entweder von der Ameisenbrut

(*Maculinea arion*, *Maculinea nausithous*, *Maculinea teleius*) oder werden von den Ameisen gefüttert (*Maculinea alcon/rebeli*). Der Adoptionsprozess und die Integration in die Ameisenkolonie werden durch Mimikry der chemischen Oberfläche der Ameisenbrut ermöglicht (Elmes et al. 2002). Nicht alle *Myrmica*-Arten dienen als Wirtsameisen. Vielmehr ergibt sich bei fast allen *Maculinea*-Arten ein komplexes, von regionalen Unterschieden geprägtes Bild (z.B. Als et al. 2002). Der aphytophage Lebensabschnitt endet mit dem Schlupf der Schmetterlinge und dauert ungefähr 11 Monate. Bei manchen Arten durchläuft ein Teil der Raupen eine zweijährige Entwicklungszeit (Thomas et al. 1998, Witek et al. 2006). Während ihrer Larvalentwicklung werden alle *Maculinea*-Arten von spezialisierten Hymenopteren der Gattungen *Ichneumon* (Thomas & Elmes 1993) oder *Neotypus* (Anton et al. 2007) parasitiert.

*Maculinea nausithous* (Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling) nutzt ausschließlich den Großen Wiesenknopf, *Sanguisorba officinalis*, als Wirtspflanze. Die Wahl des Eiablageplatzes erfolgt anhand von Pflanzenmerkmalen und der Vegetationsstruktur (Figurny & Woychiechowski 1998, Musche et al. 2006). Die Eier werden zwischen die Blütenknospen eines Blütenstandes gelegt. Die Raupen schlüpfen nach wenigen Tagen und ernähren sich von Blütenorganen und Samenanlagen. Dabei befinden sie sich innerhalb des kompakten Blütenstandes und sind in der Regel von außen nicht sichtbar. Nach bisherigen Erkenntnissen wird in Deutschland nur *Myrmica rubra* als Wirtsameise genutzt. Aus dem Karpatenraum wurde zudem die Parasitierung von *Myrmica scabrinodis* berichtet (Tartally et al. 2008). *Maculinea nausithous* wird zu den prädatorischen Arten gezählt, wobei dieser Status nicht ganz geklärt ist (Thomas & Settele 2004). Ein polymorphes Wachstum der Raupen deutet auf eine zum Teil zweijährige Entwicklung im Ameisennest hin (Witek et al. 2006).

### *Habitatbindung*

*Maculinea nausithous* ist auf Habitate angewiesen, in denen sowohl die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* als auch die Wirtsameise *Myrmica rubra* vorkommt. Es handelt sich meist um frische bis wechselfeuchte Wiesen und frühe Brachestadien in den Fluß- und Bachauen. Außerhalb dieser Habitate ist die Art praktisch nicht anzutreffen, da auch die Imagines ausschließlich Nektar von *Sanguisorba officinalis* aufnehmen.

### *Phänologie*

*Maculinea nausithous* bildet eine Faltergeneration pro Jahr aus. Die Flugzeit beginnt in Sachsen Mitte Juli und reicht bis Mitte/ Ende August. Einzelne Schmetterlinge wurden schon Ende Juni und auch noch Anfang September gesichtet (Reinhardt et al. 2007). Der Schlupf der Raupen aus den Eiern erfolgt nach wenigen Tagen. Die Phase der Adoption und Integration in das Ameisennest umfasst den Monat August und reicht bis Mitte September.

### *Populationsbiologie*

*Maculinea nausithous* bildet oft kleine abgeschlossene Populationen aus (Reinhardt et al. 2007). Zudem scheint die Art in typischen Metapopulationsstrukturen vorzukommen. Nowicki et al. (2007) stellten fest, dass die Individuendichte in kleinen und fragmentierten Habitaten besonders hoch ist. Eine andere Studie zeigte, dass die Dichte der adulten Falter

hauptsächlich durch die Dichte der Wirtsameisen bestimmt wird (Anton et al. 2008). Insbesondere Brachen stellen oft die wichtigen Habitate für *Maculinea nausithous* dar (Geißler-Strobel 2000, Binzenhöfer & Settele 2000, Skorka et al. 2007), da die Wirtsameise *Myrmica rubra* dort optimale Bedingungen findet. Bis zu 80% der Raupen werden auf den Pflanzen durch *Neotypus melanocephalus* parasitiert. Jedoch scheint die Parasitierungsrate sowohl unabhängig von der Raupendichte, als auch der Pflanzendichte und Habitatgröße zu sein (Anton et al. 2007). Das Geschlechterverhältnis kann sowohl zu Gunsten der Weibchen (Nowicki et al. 2005) als auch der Männchen (Binzenhöfer & Settele 2000) verschoben sein. Die Lebenserwartung der Adulten ist mit ca. 2,85 Tagen (Nowicki et al. 2005), bzw. 2,54 Tagen (Binzenhöfer & Settele 2000) relativ kurz. Jedoch wurde auch schon eine durchschnittliche Lebensdauer von 5,4 Tagen ermittelt (Geißler-Strobel 2000). Die Art der Landnutzung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Persistenz der Populationen. In einer Simulationsstudie kamen Johst et al. (2006) zu dem Ergebnis, dass der Erhalt der Populationen auf lokaler und regionaler Ebene nur durch eine einmalige späte Mahd nach der Flugzeit bzw. zweijährige Mahdzyklen gewährleistet werden kann.

### *Dispersal*

*Maculinea nausithous* wird im Allgemeinen als standorttreu betrachtet (Weidemann 1995, Bink 1992). Nowicki et al. (2005) stellten fest, dass nur 25% aller wiedergefangenen Individuen eine Fläche verließen, obwohl das nächstgelegene geeignete Habitat in nur 100m Entfernung lag. Hingegen ermittelten Binzenhöfer & Settele (2000) mit 66% Flächenwechsel einen deutlich höheren Wert, was auf regionale Unterschiede im Dispersionsverhalten hinweist. Durch Fang-Wiederfang-Untersuchungen im Steigerwald konnte gezeigt werden, dass 60% aller Flüge in einem Umkreis von ca. 100m und weitere 19% in einem Umkreis bis zu ca. 200m vom Markierungsort stattfinden (Binzenhöfer & Settele 2000). Nur noch 5% aller Individuen legten eine Strecke von mehr als 1000m zurück wobei die längste gemessene Distanz 5100m betrug (Binzenhöfer & Settele 2000). Zu ähnlichen Ergebnissen kam Geißler-Strobel (2000) in Untersuchungen in Baden-Württemberg.

### *Verbreitung und Gefährdung*

Laut Reinhardt et al. (2007) existieren in fast allen Regionen Sachsens Vorkommen von *Maculinea nausithous* wobei die Kernvorkommen in den Flusstälern der Weißen Elster, Pleiße, Zwickauer Mulde, Elbe und Neiße zu finden sind. Im Erzgebirge und dessen Vorland ist die Art nicht vertreten. Das Vorhandensein der Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* stellt in Sachsen einen limitierenden Faktor für die Verbreitung der Art dar. Dagegen gehört die Wirtsameise *Myrmica rubra* zu den häufigsten Ameisenarten überhaupt und dürfte in Sachsen flächendeckend verbreitet sein. Daher stellen alle Flächen, auf denen die Wirtspflanze und die Wirtsameise vorkommen, potentielle Habitate dar. Tatsächlich entscheidet die Art der Wiesennutzung darüber, ob sich eine Schmetterlingspopulation etablieren und erhalten kann (Johst et al. 2006). Eine hohe Mahdfrequenz verschlechtert die Habitatbedingungen der Wirtsameise *Myrmica rubra* (Grill et al. 2008). Kurz vor und während der Flugzeit angesetzte Mahdtermine verhindern die Eiablage oder führen zur Vernichtung früher Larvalstadien. Somit stellt die großräumige, gleichförmige und intensive Wiesennutzung eine Hauptgefährdungsursache für die Art dar. In der Roten Liste der

Tagfalter Sachsens (Reinhardt 2007) wird *Maculinea nausithous* als ungefährdet eingestuft. Laut Reinhardt et al. (2007) können die Bestände als insgesamt gesichert angesehen werden.

## 2.5 *Maculinea teleius*

### *Lebenszyklus*

Der Lebenszyklus von *Maculinea teleius* (Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling) läuft wie bei der Schwesterart *Maculinea nausithous* ab. Als Wirtsameise kommt ein ganzes Spektrum an *Myrmica*-Arten in Frage. Bisher wurden je nach Region Raupen in den Nestern von *Myrmica scabrinodis* (Thomas 1995), *Myrmica rubra*, *Myrmica gallienii* und *Myrmica ruginodis* (Stankiewicz & Sielezniew 2002) gefunden. *Myrmica scabrinodis* scheint im Leipziger Raum die dominierende Wirtsameise zu sein (Glinka et al. 2004). Von vielen Populationen ist das Wirtsameisenspektrum nicht bekannt. *Maculinea teleius* gehört zu den prädatorischen *Maculinea*-Arten. Im Ameisennest zeigen die Raupen ein polymorphes Wachstum, was auf eine zum Teil zweijährige Entwicklungszeit hinweist (Witek et al. 2006).

### *Habitatbindung*

Als Habitate kommen ausschließlich feuchte und wechselfrische Wiesen und Brachen in Frage, auf denen die Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* und die jeweiligen Wirtsameisen vorkommen. Dort ist *Maculinea teleius* oft mit *Maculinea nausithous* zusammen anzutreffen. Im Gegensatz zur letztgenannten Art nutzen die Schmetterlinge auch andere Nektarpflanzen zur Nahrungsaufnahme. *Sanguisorba officinalis* stellt aber die wichtigste Nektarpflanze für *Maculinea teleius* dar.

### *Phänologie*

Auch die Flugzeit von *Maculinea teleius* ist an die Blütephase von *Sanguisorba officinalis* angepasst. Diese beginnt in manchen Regionen etwas früher als bei *Maculinea nausithous*. Allerdings sind die Flugzeiten beider Arten in Sachsen nahezu identisch. Etwa 76% aller Meldungen stammen hier aus dem Zeitraum von Mitte Juli bis Mitte August (Reinhardt et al. 2007). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich der Ortswechsel von der Pflanze in das Ameisennest von Anfang August bis Mitte September vollzieht.

### *Populationsbiologie*

Auch *Maculinea teleius* kann Populationen auf kleinen Flächen ausbilden und dabei hohe Individuendichten erreichen (Nowicki et al. 2005). Die Art existiert oftmals nur in isolierten Vorkommen oder innerhalb von Metapopulationen. Das Geschlechterverhältnis ist leicht zu Gunsten der Weibchen verschoben (Nowicki et al. 2005). Jedoch kommen Binzenhöfer & Settele (2000) zu einem gegensätzlichen Ergebnis. Daten zur Lebenserwartung reichen von durchschnittlich 1,54 Tagen (Binzenhöfer & Settele 2000) bis zu 3,13 Tagen (Nowicki et al. 2005). Wie bei *Maculinea nausithous* haben die Mahdfrequenz und der Mahdtermin einen wesentlichen Einfluß auf das Populationswachstum und die langfristige Persistenz. Ein später Mahdtermin oder zwei bis dreijährige Mahdzyklen sichern das Überleben der Art auf regionaler Ebene (Johst et al. 2006). Laut dieser Simulationstudie kann das Überleben von

*Maculinea teleius* auf lokaler Ebene auch durch optimale Landnutzung nicht gesichert werden, da lokale Populationen häufig aussterben und durch Neubesiedlung wiederbesetzt werden müssen. Diese Art ist daher auf Habitatvernetzung und den Austausch mit anderen Populationen stärker angewiesen als *Maculinea nausithous*.

### *Dispersal*

Auch *Maculinea teleius* wird als relativ standorttreu angesehen, wenn auch seine Ausbreitungsfähigkeit etwas höher eingeschätzt wird als die von *Maculinea nausithous* (Weidemann 1995, Bink 1992). Die Art tendiert zu einer nicht-zufälligen Bewegung im Habitat und etabliert „home ranges“ (Hovestadt & Nowicki 2008). Auch *Maculinea teleius* zeigt regionale Unterschiede im Dispersionsverhalten. Im Rahmen von Fang-Wiederfang-Untersuchungen im Steigerwald wurde festgestellt, dass ein Anteil von 78% der wiedergefangenen Individuen die Fläche wechselten (Binzenhöfer & Settele 2000), während es in der Region Krakau (Polen) nur 25% waren (Nowicki et al. 2005). Laut Binzenhöfer & Settele (2000) fanden die meisten Flüge (42%) in einem Umkreis von bis zu 99m statt, während 25% aller wiedergefangenen Individuen eine Strecke von bis zu 199m und 10% mehr als 1000m zurücklegten. Die maximale festgestellte Flugdistanz von *Maculinea teleius* beträgt 2450m (Binzenhöfer & Settele 2000).

### *Verbreitung und Gefährdung*

*Maculinea teleius* ist in allen Regionen Sachsens vertreten, kommt dort aber oft nur in einzelnen isolierten Populationen vor. Solche existieren im Leipziger Raum, im Dresdener Elbtal, sowie bei Hoyerswerda und Freiberg. Die größten Bestände besiedeln das Neißetal. Nach Reinhardt et al. (2007) ist für *Maculinea teleius* in Sachsen ein eindeutig negativer Bestandstrend zu verzeichnen, der schon seit historischer Zeit anhält. Veränderte Landnutzungsformen, insbesondere eine häufige Mahd, dürften die Hauptursache für den Rückgang der Art sein. Über die genauen Gefährdungsursachen besteht allerdings ein gewisses Maß an Unklarheit. Die Art wird in der Roten Liste der Tagfalter Sachsens (Reinhardt 2007) als vom Aussterben bedroht eingestuft.

## **2.6 *Euplagia quadripunctaria***

### *Lebensweise*

*Euplagia quadripunctaria* (Spanische Flagge) bildet eine Faltergeneration pro Jahr aus. Die Raupen besitzen ein sehr breites Nahrungsspektrum. Laut Ebert (1997a) werden die folgenden Wirtspflanzenarten genutzt: *Salix caprea*, *Quercus petraea*, *Urtica dioica*, *Rubus idaeus*, *Rubus fruticosus* agg., *Sanguisorba minor*, *Trifolium spec.*, *Lotus corniculatus*, *Onobrychis viciifolia*, *Lithospermum purpurocaerulum*, *Echium vulgare*, *Lamium album*, *Lamium spec.*, *Salvia pratensis*, *Lonicera xylosteum*, *Lonicera periclymenum*, *Eupatorium cannabinum*, *Tussilago farfara*, *Senecio fuchsii*. Die adulten Falter nutzen ebenfalls mehrere Nektarpflanzen, haben aber eine hohe Präferenz für den Wasserdost *Eupatorium cannabinum*. Die Überwinterung erfolgt als kleine Raupe.

### *Habitatbindung*

*Euplagia quadripunctaria* gilt als Biotopkomplexbewohner. Schlagfluren, Vorwaldgehölze und Wegränder in Laubmischwäldern stellen nach Ebert (1997a) wichtige Habitate dar. Dabei scheinen ein hoher Anteil an Kräutern und Hochstauden sowie ein gewisser Strukturreichtum die Art zu befördern. Von Bedeutung ist auch ausreichendes Angebot an Nektarpflanzen. Die Art ist wärmeliebend, benötigt aber im Hochsommer schattige Bereiche.

### *Phänologie*

Die Flugzeit beginnt Mitte Juli und erstreckt sich bis Ende August/ Anfang September. Nach einem Zitat in Ebert (1997a) schlüpfen die Raupen zwei Wochen nach der Eiablage. Somit ist ab Anfang August mit Raupen zu rechnen.

### *Populationsbiologie*

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen keine Untersuchungen zu populationsbiologischen Parametern vor.

### *Dispersal*

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen keine Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten vor. Aus dem Mittelmeerraum ist *Euplagia quadripunctaria* als migrierende Art bekannt, die auch lokale Aggregationen bildet (Petraakis & Legakis 2005).

### *Verbreitung und Gefährdung*

*Euplagia quadripunctaria* besitzt in Sachsen ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Dresdener Elbtalweitung sowie im Mulde-Lößhügelland. Einzelne Vorkommen existieren auch in der Sächsischen Schweiz, im Mittelsächsischen Lößhügelland sowie in der Westlausitzer Hügellandschaft. Die Art wird in der aktuellen Roten Liste Sachsens in der Kategorie 2 (stark gefährdet) aufgeführt.

## **2.7 Überblick über die Biologie weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten**

In der von Ssymank et al. (1998) herausgegebenen Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie werden auch Schmetterlingsarten aufgelistet, die für die jeweiligen Lebensräume als typisch eingestuft werden. Von diesen besitzen oder besaßen insgesamt 148 Arten Vorkommen auf dem Gebiet des Freistaates Sachsen (Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie). Die Arten sind in Tabelle 6 nach Lebensraumtyp geordnet aufgeführt. Darin enthalten sind auch Angaben zur Raupenphänologie, die aus Koch (1984), Settele et al. (2005), Ebert & Rennwald (1991a, b) sowie Ebert (1994a, b, 1997a, b, 1998, 2001, 2003) entnommen wurden. Auf dieser Basis erfolgt in Abschnitt 3.5.7 die Abschätzung der Expositionswahrscheinlichkeit gegenüber transgenen Maispollen. Die Daten zur Anzahl und Art der von den Raupen genutzten Wirtspflanzen entstammen Ebert & Rennwald (1991a, b), Settele et al. (2000) und Ebert (1994a, b, 1997a, b, 1998, 2001, 2003). Der regionale Gefährdungsstatus der Arten kann

anhand der Einstufung in die Roten Listen der Tier- und Pflanzenarten des Freistaats Sachsen (Stand Januar 2009, <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/natur/14620.htm>) abgeleitet werden (Tabelle 6).

### **3 Mögliche Auswirkungen des Bt-Mais MON 810 auf die Schmetterlingsarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie**

#### **3.1 Grundlagen für die Abschätzung des potentiellen Risikos durch Bt-Mais MON810**

Die Abschätzung des potentiellen Risikos, welches für eine bestimmte Schmetterlingsart vom Bt-Mais MON810 ausgeht, erfordert (1) Daten über die Sensibilität der betreffenden Art gegenüber dem Cry1Ab-Toxin sowie (2) Informationen zur Expositionswahrscheinlichkeit. Die Expositionswahrscheinlichkeit wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst:

- der Pollenkonzentration auf den Blättern der Wirtspflanzen
- der Toxinkonzentration des Pollens
- dem Zeitraum in dem sensible Stadien toxinhaltigem Maispollen ausgesetzt sein können
- artspezifischen Eigenschaften, z.B. Verhalten, Fraßmuster
- der räumlichen Lage der Populationen und Maisanbaugebiete

Sollte eine Art sowohl eine hohe Sensibilität als auch eine hohe Expositionswahrscheinlichkeit aufweisen, so kann von einer potentiellen Gefährdung ausgegangen werden. Zur Abschätzung der tatsächlichen Gefährdung müssen allerdings weitere artspezifische Aspekte sowie der regionale Kontext berücksichtigt werden:

#### *Ausbreitungsfähigkeit (Dispersal)*

Die Ausbreitungsfähigkeit bestimmt mit darüber, ob ein Habitat nach einem Aussterbeereignis wiederbesiedelt werden kann. Arten mit einer limitierten Ausbreitungsfähigkeit sind unter bestimmten Umständen einer höheren Gefährdung durch den Anbau von Bt-Mais ausgesetzt.

#### *Räumliche Populationsstruktur*

Die Populationsstruktur einer Art wird durch deren Spezialisierungsgrad, Ausbreitungsfähigkeit sowie die Größe, Lage und Qualität der Habitate bestimmt. Die Bandbreite möglicher Populationsstrukturen reicht von kontinuierlichen Populationen über Metapopulationen bis hin zu abgeschlossenen Populationen.

Häufige Arten der Agrarlandschaft, z.B. das Tagpfauenauge, *Nymphalis io*, oder typische Wanderfalter wie der Admiral, *Vanessa atalanta*, welche eine hohe Ausbreitungsfähigkeit besitzen, bilden kontinuierliche Populationen. Aufgrund der großen Bandbreite an Habitaten, die von diesen Arten besiedelt werden, dürften deren Bestände durch einen Anbau von Bt-Mais nur wenig gefährdet sein.

Einem weitaus höheren Risiko unterliegen solche Arten, die aufgrund einer starken Habitatbindung und einer limitierten Ausbreitungsfähigkeit in Metapopulationen oder abgeschlossenen Populationen vorkommen. Metapopulationen sind ein Verbund aus verschiedenen großen Einzelpopulationen, in dem es zu wiederholten Aussterbe- und Wiederbesiedlungsereignissen kommt (Hanski & Gilpin 1997). Die Persistenz einer einzelnen Population in diesem Verbund hängt wesentlich von deren Größe, Entfernung zur nächsten

Nachbarpopulation und der Habitatqualität ab (Hanski & Gilpin 1997, Dennis & Eales 1997). Viele naturschutzfachlich relevante Schmetterlingsarten bilden Metapopulationsstrukturen oder existieren in abgeschlossenen Populationen.

#### *Häufigkeit und Gefährdungstatus*

Der regionale Gefährdungstatus, wie er z. B. in den Roten Listen ausgedrückt ist, sollte bei der abschließenden Beurteilung der Gefährdung berücksichtigt werden.

In den folgenden Abschnitten wird zunächst der aktuelle Stand der Forschung zur Sensibilität von Schmetterlingen gegenüber Cry1Ab-exprimierenden Maispollen und Antheren, des Toxingehalts von Pollen und Antheren, sowie zur Pollenausbreitung bei Mais dargelegt. Anschließend wird erläutert, ob und unter welchen Umständen für die sechs vorgestellten Arten eine Gefährdung durch MON810-Pollen abgeleitet werden kann.

### **3.2 Bekannte Auswirkungen Cry1Ab-exprimierender Maispollen auf Schmetterlinge**

Transgene Maispflanzen exprimieren das Toxin Cry1Ab auch im Pollen, welcher verdriftet und auf den Wirtspflanzen von Nichtziel-Schmetterlingsarten abgelagert werden kann. Es besteht daher die Möglichkeit, dass Raupen dieser Arten durch das Toxin geschädigt werden können, wenn die Pollendichte bzw. die Toxinkonzentration ein bestimmtes Niveau erreicht. Solche Schädigungen können sich entweder durch eine erhöhte Mortalität oder in Form sublethaler Effekte bemerkbar machen. Dazu zählen sämtliche Effekte eines Toxins auf die Physiologie oder das Verhalten eines Individuums, welches eine Exposition überlebt hat (Desneux et al. 2007). Sowohl eine erhöhte Mortalität als auch sublethale Effekte können die Wachstumsrate einer Population beeinflussen (Stark & Banks 2003).

Durch eine Laborstudie von Losey et al. (1999) wurde erstmals gezeigt, dass Raupen des Monarchfalters *Danaus plexippus* nach der Aufnahme Cry1Ab-haltigen Maispollens sowohl eine erhöhte Mortalität als auch eine verminderte Fraßaktivität und Wachstumsrate aufweisen. Allerdings wurde in dieser Arbeit kein Zusammenhang zwischen Toxindosis und –wirkung hergestellt. In der Folgezeit wurden weitere Labor- und Feldexperimente durchgeführt, deren Ziel es war herauszufinden, bei welcher Toxin- oder Pollenkonzentration/ Pollendosis eine Schädigung des Nichtzielorganismus eintritt. Bis zum heutigen Zeitpunkt liegen Daten für insgesamt 10 Nichtziel-Schmetterlingsarten und drei verschiedene Cry1Ab-exprimierende Maislinien vor (Tabelle 1). Der Begriff Nichtziel-Schmetterling wird in dieser Basisstudie weiter gefasst. Inbegriffen sind landwirtschaftliche Schädlinge, die in einem anderen Kontext durchaus zum Zielorganismus werden könnten. Die Studien umfassen sowohl Labor- als auch Freilandexperimente und unterscheiden sich hinsichtlich der angewandten Methoden zum Teil erheblich. Auch Antheren oder deren Bruchstücke können mit dem Wind verdriftet und auf den Blättern von Wirtspflanzen abgelagert werden. Da Antheren eine höhere Konzentration des Toxins Cry1Ab enthalten als Pollen (Tabelle 2) sind auch Untersuchungen zur Sensibilität gegenüber Antheren relevant für die Risikoabschätzung. Entsprechende Untersuchungen wurden deshalb in die Übersicht mit einbezogen.

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Ergebnisse für die Maislinien Bt176, Bt11 und MON810 zusammengefasst. Dabei wird eine Übersicht gegeben (1) über die Anzahl der

getesteten Arten sowie (2) die minimale Pollen- oder Antherendichte, bei der eine erhöhte Mortalität oder ein sublethaler Effekt feststellbar war. Die Studien, die MON810 betreffen, werden detaillierter dargestellt.

**Tabelle 2** Die Konzentration von Cry1Ab in den Pollen und Antheren verschiedener transgener Maislinien

Maislinie	Pollen/ Antheren	Toxinkonzentration (µg/g)	Frisch-/ Trockengewicht	Bemerkungen	Referenz
Bt176	Pollen	7,1	frisch	Angabe des Herstellers	EPA 2000, zitiert in Hellmich et al. 2001
Bt176	Pollen	1,6	frisch	zuvor gefroren bei -20°C über 8-9 Monate	Hansen Jesse & Obrycki (2000)
Bt176	Pollen	0,0905±0,0026		zuvor gefroren bei -20°C	Wright et al. 2000
Bt176	Pollen	2,59	trocken	zuvor gefroren bei -20°C	Lang et al. 2004
Bt176	Pollen	0,389-2,962	frisch		Nguyen 2004
Bt176	Pollen	29,3±5,7	k.A.	N=3, zuvor gefroren bei -30°C	Shirai & Takahashi 2005
Bt11	Pollen	0,09		Angabe des Herstellers	EPA 2000, zit. in Hellmich et al. 2001
Bt11	Pollen	0,39	frisch	mögliche Kontamination mit Antheren	Hansen Jesse & Obrycki (2000)
MON810	Pollen	0,09	frisch	Angabe des Herstellers	EPA 2000, zit. in Hellmich et al. 2001
MON810	Pollen	0,0021±0,0003		zuvor gefroren bei -20°C	Wright et al. 2000
MON810	Pollen	0,13	trocken	zuvor gefroren bei -20°C	Lang et al. 2004
MON810	Pollen	0,001-0,097	frisch	zuvor gefroren bei -80°C	Nguyen & Jehle 2007
MON810	Antheren	0,48-4,65	frisch		Nguyen & Jehle 2007

#### *Bt176*

Die meisten Untersuchungen zur Wirkung Cry1Ab-haltiger Pollen auf Nichtziel-Schmetterlingsarten wurden mit der transgenen Maislinie Bt176 durchgeführt. Unter allen getesteten transgenen Maislinien erreicht Bt176 die höchsten Konzentrationen an Cry1Ab (Tabelle 2). Insgesamt 11 Nichtzielarten wurden auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Pollen von Bt176 getestet (Tabelle 1).

Davon zeigte sich bei 9 Arten eine erhöhte Mortalität, wenn sie eine bestimmte Pollenmenge gefressen hatten oder einer bestimmten Pollendichte ausgesetzt waren. Am empfindlichsten zeigte sich die Kohlmotte *Plutella xylostella*, bei der ein Anstieg der Mortalität bereits ab einer konsumierten Menge von 4 Pollen zu verzeichnen war (Felke & Langenbruch 2005). Dagegen zeigten Raupen der Erdeule *Agrotis segetum* keine erhöhte Mortalität, selbst wenn sie mehr als 542 Pollen mit ihrer Nahrung aufgenommen hatten (Felke & Langenbruch 2005). Die minimale Pollendichte, bei der eine erhöhte Mortalität zu verzeichnen war reichte von 11-20 Pollen/cm<sup>2</sup> bei *Danaus plexippus* (Hellmich et al. 2001) bis 100 Pollen/cm<sup>2</sup> bei *Papilio polyxenes* (Zangerl et al. 2001). Raupen der nordamerikanischen Nachtfalterart *Euchatias egle* zeigten keinerlei Mortalität, wenn sie im Laborexperiment einer Dichte von 1300 Pollen/cm<sup>2</sup> ausgesetzt waren.

Bei 9 Arten wurden zudem sublethale Effekte beschrieben. Diese äußerten sich in einer verminderten Fraßaktivität (Losey et al. 1999, Felke et al. 2002, Felke & Langenbruch 2005), Wachstumsrate (Felke & Langenbruch 2005, Lang & Vojtech 2006), Entwicklungszeit (Felke & Langenbruch 2005, Lang & Vojtech 2006), einem geringeren Raupengewicht (Hellmich et al. 2001, Stanley-Horn et al. 2001, Lang & Vojtech 2006), sowie geringerem Gewicht und reduzierter Flügellänge adulter Tiere (Lang & Vojtech 2006). Die minimale Pollendichte, bei der ein sublethaler Effekt festgestellt wurde, reichte von 5-10 Pollen/cm<sup>2</sup> bei *Danaus plexippus* (Hellmich et al. 2001) bis zu 1969 Pollen/cm<sup>2</sup> bei *Pieris brassicae* (Felke & Langenbruch 2005).

#### *Bt11*

Die Empfindlichkeit gegenüber Pollen der Maislinie Bt11 wurde an *Danaus plexippus*, *Euchatias egle* und *Galleria mellonella* untersucht (Tabelle 1). Bt11 exprimiert das Toxin Cry1Ab in erheblich geringeren Mengen als Bt176 (Tabelle 2).

Dementsprechend unempfindlicher reagierten die Testorganismen auf die verabreichten Pollen. Eine erhöhte Mortalität war nur bei *Danaus plexippus* ab einer Dichte von 135 Pollen/cm<sup>2</sup> zu verzeichnen (Jesse & Obrycki 2000), während sublethale Effekte in Form einer verlängerten Entwicklungszeit bei einer Dichte von 202 Pollen/cm<sup>2</sup> auftraten (Anderson et al. 2005). Raupen von *Euchatias egle* und *Galleria melonella* zeigten keine erhöhte Mortalität bei einer Exposition gegenüber einer Dichte 1300 Pollen/cm<sup>2</sup> (Jesse & Obrycki 2002) bzw. Menge von 2,5g Pollen (Hanley et al. 2003).

Auch die Kontamination der Wirtspflanzen mit Antheren, die das Toxin Cry1Ab in höheren Konzentrationen enthalten als Pollen, führte bei einigen Untersuchungen mit Bt11 und *Danaus plexippus* zu negativen Effekten (Dively et al. 2004, Anderson et al. 2004, 2005). Eine Dichte von 0,9 Antheren/cm<sup>2</sup> (Anderson et al. 2004) oder die Kombination von 0,6 Antheren und 228 Pollen/cm<sup>2</sup> (Anderson et al. 2005) führte in Laborexperimenten zu einer erhöhten Mortalität. Sublethale Effekte in Form einer verminderten Fraßaktivität und eines

geringeren Raupengewichts traten ab einer Dichte von 0,3 Antheren/cm<sup>2</sup> auf (Anderson et al. 2004).

#### *MON810*

Insgesamt 4 Schmetterlingsarten wurden auf ihre Sensibilität gegenüber MON810-Pollen getestet oder waren Gegenstand von Abundanzmessungen in Feldstudien (Wraight et al. 2000, Hellmich et al. 2001, Stanley-Horn et al. 2001, Jesse & Obrycki 2003, Dively et al. 2004, Anderson et al. 2005, Felke & Langenbruch 2005, Gathmann et al. 2006). In diesen Untersuchungen konnten - mit einer Ausnahme (Hellmich et al. 2001) - keine negativen Auswirkungen von MON810-Pollen auf die entsprechenden Arten festgestellt werden. Bei zwei Arten zeichneten sich jedoch negative Effekte bei einer Exposition gegenüber Antheren (Felke & Langenbruch 2005) oder einer Kombination aus Antheren und Pollen ab (Dively et al. 2004, Anderson et al. 2005), wobei Dively et al. (2004) den Effekt den Pollen zuschrieben, da die Belastung mit Antheren sehr gering war.

Die nordamerikanische Schwalbenschwanzart *Papilio polyxenes* zeigte sich unempfindlich gegenüber einer mittleren Pollendichte von 200 Pollen/cm<sup>2</sup> im Feldexperiment und von 10000 Pollen/cm<sup>2</sup> im Laborexperiment (Wraight et al. 2000). Allerdings wies der Versuchspollen mit 0,0021±0,0003µg Cry1Ab pro g Frischgewicht nur einen Bruchteil der Konzentration auf, die vom Hersteller angegeben wird (siehe Hellmich et al. 2001).

Die Kohlmotte *Plutella xylostella*, die sich im Laborversuch mit Bt176 als besonders empfindlich erwiesen hatte und deren L4-Raupen bereits ab einer aufgenommenen Menge von 4 Pollen unter einer erhöhten Mortalität litten, zeigte gegenüber einer Dosis von 80 MON810-Pollen keine entsprechende Reaktion (Felke & Langenbruch 2005). Zu einem ähnlichen Resultat kamen Gathmann et al. (2006), die die Abundanz von *Plutella xylostella* - Raupen während der Maispollenschütte in einem Feldexperiment erfassten. Demnach konnten in einem Untersuchungszeitraum von 3 Jahren keine Unterschiede in der Abundanz von *Plutella xylostella* in Parzellen mit MON810 und einer isogenen Maislinie festgestellt werden. Dabei lagen die mittleren Pollendichten zwischen 250 und 500 Pollen/cm<sup>2</sup>.

Im Rahmen des oben genannten Feldexperiments (Gathmann et al. 2006) wurden auch Raupen des Kleinen Kohlweißlings *Pieris rapae* erfasst. Bei dieser Art wurden ebenfalls keine Unterschiede in der Abundanz der Raupen zwischen Parzellen mit MON810 und der isogenen Maislinie festgestellt. Auch Raupen von *Pieris rapae* waren mittleren Pollendichten zwischen 250 und 500 Pollen/cm<sup>2</sup> ausgesetzt.

Die meisten Untersuchungen mit MON810 beziehen sich auf den nordamerikanischen Monarchfalter *Danaus plexippus*. In einer Laborstudie von Hellmich et al. (2001) wurden keine negativen Effekte bei einer Dichte bis zu 1000 Pollen/cm<sup>2</sup> festgestellt. Erst wenn die Schwelle von 1000 Pollen/cm<sup>2</sup> überschritten wurde, zeigten Raupen von *Danaus plexippus* einen geringeren Gewichtszuwachs. Weder eine erhöhte Mortalität noch sublethale Effekte wurden in einer Feldstudie gefunden, bei der die Raupen über einen Zeitraum von 5 Tagen einer mittleren Dichte von 127 Pollen/cm<sup>2</sup> ausgesetzt waren (Stanley-Horn et al. 2001). Auch nach einer Expositionsdauer von 14-22 Tagen waren keine Effekte zu verzeichnen, wobei die mittlere Pollendichte mit 26 Pollen/cm<sup>2</sup> geringer war (Stanley-Horn et al. 2001). Jesse & Obrycki (2003) ermittelten die Abundanz von *Danaus plexippus*-Raupen in Maisfeldern und angrenzenden Habitaten und fanden keine Unterschiede zwischen der Bt- und Nicht-Bt-

Variante. Die Pollendichte auf den Wirtspflanzen betrug dabei 6-72 Pollen/cm<sup>2</sup> (Jesse & Obrycki 2003). In einem weiteren Laborexperiment hatte eine Dichte von 171 Pollen/cm<sup>2</sup> keine negativen Einflüsse auf Mortalität und Entwicklung von *Danaus plexippus*, unabhängig davon, ob die Expositionszeit 4 Tage oder 10 Tage betrug (Anderson et al. 2005). Wurden jedoch zusätzlich 0,6 Antheren/cm<sup>2</sup> hinzugegeben, so überlebten signifikant weniger Raupen eine Pollendichte von 171 Pollen/cm<sup>2</sup>. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam ein Feldexperiment von Dively et al. (2004). Monarchraupen, die während ihrer Entwicklung einer durchschnittlichen Pollendichte von 158-174 Pollen/cm<sup>2</sup> und einer zusätzlichen Kontamination mit Antheren ausgesetzt waren, verzeichneten eine erhöhte Mortalität, eine verlängerte Entwicklungszeit, und entwickelten sich zu leichteren Puppen und adulten Tieren. Die Antherendichte war mit 1,8 Antheren/Blatt geringer als die von Anderson et al. (2005) applizierte Konzentration von 30 Antheren/ Blatt.

Neben den hier dargestellten Studien gibt es Hinweise darauf, dass Raupen des Tagpfauenauges, *Nymphalis io*, durch MON810-Pollen geschädigt werden können (zitiert in Lang et al. 2007). Jedoch wurden diese Ergebnisse nicht im Detail publiziert, weshalb eine Bewertung der Ergebnisse an dieser Stelle nicht möglich ist.

#### *Diskussion*

Die Ergebnisse der bisher durchgeführten Studien zeigen eine hohe Variabilität hinsichtlich der Auswirkungen Cry1AB-haltiger Maispollen und Antheren auf Schmetterlinge. Diese Variabilität kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden.

Verschiedene Schmetterlingsarten zeigen eine unterschiedlich hohe Sensibilität. Diese artspezifischen Unterschiede werden in solchen Studien sichtbar, in denen verschiedene Arten unter identischen Bedingungen transgenen Maispollen ausgesetzt wurden (z.B. Felke & Langenbruch 2005).

Die drei transgenen Maislinien Bt176, Bt11 und MON810 entwickelten eine unterschiedliche Wirkung auf die untersuchten Testorganismen. Während die Verfütterung von Bt176 in der Mehrzahl der Fälle zu einer erhöhten Mortalität oder zu sublethalen Effekten führte, waren solche Effekte bei Bt11 und MON810 schwächer oder nur in Verbindung mit der Aufnahme von Antheren zu verzeichnen. Diese Variabilität zwischen den Maislinien kann wahrscheinlich unterschiedlichen Toxinkonzentrationen zugeschrieben werden (Tabelle 2 und Erläuterungen in Abschnitt 3.3). Deutlich wird das in solchen Studien, die die Reaktion einer Art gegenüber verschiedenen transgenen Pollenarten unter identischen Bedingungen untersucht haben, z.B. *Plutella xylostella* gegenüber Bt176 und MON810 (Felke & Langenbruch 2005).

Die Pollendichte oder Pollenmenge, die den betreffenden Testorganismen verabreicht wurde, war entscheidend dafür, ob ein negativer Effekt messbar war. Verschiedene Studien ermittelten kritische Pollendichten oder -dosen, die erreicht werden mussten, um zu einer Schädigung eines Organismus zu führen. Diese Werte sind in Tabelle 2 mit aufgeführt, ebenso die ermittelten LD50, LC50 oder EC50 Werte. Eine LD50 beschreibt die Pollendosis, nach deren Verabreichung 50% der Raupen sterben. Analog dazu beschreibt die LC50 die Pollenkonzentration, welche zu einer Mortalität von 50% führt. Die EC50 gibt die Pollenkonzentration an, bei 50% aller Versuchstiere subletal geschädigt werden.

Die Variabilität der Ergebnisse kann sicher auch auf unterschiedliche methodische Ansätze zurückgeführt werden.

Für die Untersuchungen wurden zum Teil verschiedene Larvalstadien verwendet. Dabei zeigte sich, dass frühe Larvalstadien in der Regel eine höhere Sensibilität aufweisen als spätere Stadien (z.B. Hellmich et al. 2001, Felke & Langenbruch 2005). Auch für Versuche mit MON810 wurden größtenteils L1-Raupen verwendet (Tabelle 2). Allerdings wurde die Empfindlichkeit von *Plutella xylostella* gegenüber MON810-Pollen nur anhand von Raupen des vierten Stadiums untersucht. Daher bleibt die Frage offen, ob frühere Entwicklungsstadien dieser nachweislich Cry1Ab-empfindlichen Art durch geringe Dosen von MON810-Pollen geschädigt werden können. Auch im Feldexperiment von Gathmann et al. (2006) waren hauptsächlich späte Larvalstadien von *Plutella xylostella* der Maispollenschütte ausgesetzt. Diese Tatsache könnte dazu beigetragen haben, dass in dieser Studie keine Abundanzunterschiede zwischen Bt- und Nicht-Bt-Parzellen gefunden wurde.

Die Expositionszeit kann darüber entscheiden, ob ein negativer Effekt eintritt oder wie stark dieser ausgeprägt ist. In einem Fütterungsversuch mit Bt176 und *Plutella xylostella* wurde nachgewiesen, dass sowohl die Mortalität als auch sublethale Effekte verstärkt werden, wenn Raupen während ihrer Entwicklung wiederholt eine geringe Pollendosis verabreicht bekommen. Theoretisch könnte also eine verlängerte Pollenschütte z.B. aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse die Expositionsdauer von Schmetterlingen verlängern und negative Effekte verstärken. Allerdings hatte in den mit MON810-Pollen (ohne Antheren) durchgeführten Labor- und Feldversuchen auch eine Expositionsdauer von 7 Tagen (Wraight et al. 2000), 10 Tagen (Anderson et al. 2005), 10-14 Tagen (Gathmann et al. 2006), und 14-22 Tagen (Stanley Horn et al. 2001) keine negativen Effekte zur Folge.

Die verschiedenen Experimente wurden sowohl im Labor als auch im Freiland durchgeführt. Während im Laborexperiment die Versuchsbedingungen genau definiert werden können, wirken im Freiland unbekannte Umwelteinflüsse und können auf diese Weise mögliche Effekte transgener Maispollen entweder überlagern oder verstärken. So konnten zum Beispiel Zangerl et al. (2001) die im Laborexperiment (Stanley-Horn et al. 2001) festgestellte erhöhte Mortalität von *Danaus plexippus* gegenüber Bt176-Pollen nicht nachweisen, obwohl die Rahmenbedingungen hinsichtlich der Expositionsdauer und der verwendeten Larvalstadien vergleichbar waren. Möglicherweise wurde ein Effekt durch eine hohe Prädationsrate und das Auftreten von Regenereignissen überlagert (Zangerl et al. 2001).

Da die Versuche nicht nach standardisierten Protokollen durchgeführt wurden, können auch Zahlen (z.B. kritische Schwellenwerte) nicht direkt verglichen werden. Zur Interpretation vieler Versuchsergebnisse fehlen zudem wichtige methodische Details. Zu nennen wären vor allem fehlende Angaben zum Toxingehalt des in den Versuchen verwendeten Pollens. Eine entsprechende Kontrolle fehlt bei einem Großteil der durchgeführten Studien (Tabelle 1). Somit ist es schwierig zu beurteilen, ob eine Art unempfindlich war, oder ob aufgrund eines geringen Toxingehalts des Versuchspollens ein messbarer Effekt von vornherein nicht zu erwarten gewesen wäre. Das betrifft zum größten Teil auch die Studien, die mit MON810-Pollen durchgeführt wurden (Hellmich et al. 2001, Stanley-Horn et al. 2001, Jesse & Obrycki 2003, Dively et al. 2004, Anderson et al. 2005, Gathmann et al. 2006). Nur durch Wraight et al. (2000) wurde eine Toxinbestimmung parallel zu den Verfütterungsversuchen durchgeführt. Die unzureichende Kontrolle der Versuchsbedingungen bezieht sich sowohl auf Labor- als auch auf Feldexperimente. In letzteren wurde zwar immer die Pollendeposition gemessen, jedoch wurde nicht geprüft, in welchen Anteilen Bt-Pollen und Nicht-Bt-Pollen auf

den Blättern der Wirtspflanzen zu finden waren. Diese Information ist jedoch wichtig für die Interpretation von Feldexperimenten, insbesondere wenn sie in relativ kleinen Parzellen durchgeführt wurden. So befanden sich die von Gathmann et al. (2006) beprobten Plots innerhalb der einzelnen Versuchspartellen, jedoch waren diese nur durch 6 Reihen Mais von der nächsten Parzelle unterschiedlicher Behandlung separiert. Vor dem Hintergrund des aktuellen Wissensstands zur Ausbreitung von Maispollen erscheint dieser Abstand als zu gering, um eine Kontamination mit Pollen aus anderen Parzellen auszuschließen. Eine Bestimmung des Anteils an Bt-Pollen in jedem Plot hätte zu einem besser interpretierbaren Ergebnis geführt.

### **3.3 Toxinkonzentrationen in Pollen und Antheren verschiedener Bt-Mais-Linien**

Informationen über die Konzentrationen von Cry1Ab in Maispollen bilden eine essentielle Grundlage für die Bewertung von Labor- und Freilandexperimenten. Laut Herstellerangabe erreicht die Konzentration von Cry1Ab in den Pollen von Bt176 7,1 µg/g (EPA 2000, zitiert in Hellmich et al. 2001), Bt11 0,09µg/g (EPA 2000, zitiert in Hellmich et al. 2001) und MON810 0,09 µg/g Frischgewicht (EPA 2000, zitiert in Hellmich et al. 2001). Darüber hinaus wurden weitere Daten in wissenschaftlichen Studien publiziert, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Daraus wird ersichtlich, dass die Toxinkonzentrationen in Pollen zum Teil stark von den Herstellerangaben abweichen. Dabei stellt der von Shirai & Takahashi (2005) publizierte Wert von 29,3±5,7µg/g für Bt176-Pollen ein ungewöhnlich hohes Ergebnis dar. Für MON810 wurden sowohl niedrigere Konzentrationen berichtet (Wraight et al. 2000, Nguyen & Jehle 2007) als auch die Überschreitung der Originalangabe (Lang et al. 2004). Im Vergleich zu den Pollen enthalten Antheren von MON810 ein Vielfaches an Cry1Ab (Nguyen & Jehle 2007).

Generell scheint die Expression von Cry1Ab in MON810 einer gewissen Variabilität zu unterliegen. Nguyen & Jehle (2007) ermittelten variable Toxingehalte zwischen verschiedenen Pflanzenorganen sowie zwischen einzelnen Individuen. Darüber hinaus zeigten sich Unterschiede zwischen zwei deutschen Standorten sowie saisonbedingte Unterschiede. Laut Autoren (Nguyen & Jehle 2007) ähnelten die ermittelten Werte den von Monsanto publizierten (AGBIOS 2008, <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&evidx=9>). Auch Lorch & Then (2007) ermittelten niedrigere durchschnittliche Toxinkonzentrationen in Proben aus Deutschland und Spanien als die vom Hersteller angegebenen. Auch in dieser Studie wurde eine hohe Variabilität zwischen einzelnen Pflanzen festgestellt, die aber um ein Vielfaches höher lag als bei Nguyen & Jehle (2007).

Die Variabilität der Toxinkonzentration in MON810 ist momentan Gegenstand einer kontroversen Diskussion. Einerseits scheinen Umweltfaktoren wie die Witterung die Expression von Cry1Ab zu beeinflussen (Nguyen & Jehle 2007). Andererseits sind die Methoden der Toxinbestimmung in den Fokus der Debatte geraten. Obwohl es sich bei ELISA um ein häufig angewendetes Standardverfahren zur Proteinbestimmung handelt, so gibt es methodische Abweichungen in einzelnen Protokollen, welche die Messwerte beeinflussen könnten (Lorch & Then 2007). Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass sich die Toxinwerte sowohl auf das Frisch- als auch das Trockengewicht beziehen können, wobei nicht aus allen Publikationen hervorgeht, auf welcher Basis die Bestimmung erfolgte. Auch wurden Pollen bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert (Tabelle 2). Im Laborexperiment mit *Plutella xylostella* wurde gezeigt, dass Raupen dieser Art empfindlicher auf frische Pollen

reagierten als auf Pollen, die zuvor bei minus 20°C gelagert worden waren (Felke et al. 2002, Felke & Langenbruch 2005). Dieses Ergebnis könnte auf einen teilweisen Abbau von Cry1Ab während der Lagerung hindeuten. Jedoch kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden, ob sich solche methodischen Einzelheiten auf die Ergebnisse der jeweiligen Studien ausgewirkt haben.

#### *Fazit*

Es wurden bisher drei Untersuchungen zum Cry1Ab-Gehalt von MON810-Pollen durchgeführt. Die ermittelten Werte überschritten in einem Fall (Lang et al. 2004) die Angaben des Herstellers während in den anderen Untersuchungen geringere (Wraight et al. 2000) oder die Originalangaben erreichende Konzentrationen ermittelt wurden (Nguyen & Jehle 2007). Aufgrund der eingeschränkten Datenlage ist es schwierig zu beurteilen, ob es sich bei der Herstellerangabe um einen repräsentativen Wert handelt, der in die Risikoanalyse für Schmetterlinge einbezogen werden kann. Für eine sichere Beurteilung wären weitere Untersuchungen zum Toxingehalt von MON810-Pollen über eine größere räumliche Skala hinweg wünschenswert. Hierbei sollte auch die Abhängigkeit des Toxingehaltes von Umweltfaktoren wie der Temperatur und dem Wasserzustand der Pflanzen untersucht werden und es sollten mögliche Veränderungen über die Zeit in Freiland und Labor untersucht werden und mit Bezug zu Frisch- und Trockengewicht angegeben werden.

#### **3.4 Pollenflug und Pollenablagerung bei Mais**

Die Maisblüte erfolgt in Mitteleuropa Ende Juli bis Anfang August und hält im Mittel 5-8 Tage an (Zscheischler et al. 1990). Emberlin (1999) gibt eine Dauer der Maisblüte von 2-14 Tagen an. Je nach Witterungsbedingungen können sowohl der Zeitraum (Lang et al. 2004) als auch die Dauer (Zscheischler et al. 1990) der Pollenschütte stark variieren, so dass von Anfang Juli bis in die dritte Augustwoche mit Pollen gerechnet werden muss (Lang et al. 2004). Die Exposition einer Schmetterlingsart gegenüber dem Toxin Cry1Ab wird wesentlich davon beeinflusst, in welcher Konzentration transgene Pollen auf deren Wirtspflanzen abgelagert werden. Schätzungen zufolge produziert eine Maispflanze zwischen 14 Mio. und 50 Mio. Pollen (Review von Emberlin 1999), die im Vergleich zu anderen Getreidearten mit einem Gewicht von  $247 \cdot 10^{-9}$ g relativ schwer sind (Emberlin 1999). Aufgrund seines Gewichts wird ein Großteil des Maispollens im Nahbereich abgelagert. So wurde in einer experimentellen Studie von Raynor et al. (1972) gezeigt, dass in 60m Entfernung von der Pollenquelle nur noch ungefähr 0,2 % des im Abstand von 1m zur Pollenquelle anfallenden Pollens abgelagert wird. Auch durch andere Untersuchungen wird dieses generelle Muster bestätigt (Emberlin 1999). Maispollen kann jedoch auch in größere Entfernungen transportiert werden. Die oft zitierte Studie von Quist & Chapela (2001), die DNA-Konstrukte von *Bt*-Mais und HR-Mais in ursprünglichen Mais-Sorten im Gen-Zentrum dieser Art in Mexiko weit entfernt von Anbaugebieten gefunden hatten, wurde wegen methodischer Mängel kritisiert (Kaplinsky et al. 2002, Metz & Futterer 2002) und kann nicht uneingeschränkt als Beweis für Windtransport von Mais-Pollen über sehr große Entfernungen gewertet werden. In 2003 und 2004 wurden im gleichen Gebiet keine transgenen DNA-Konstrukte mehr nachgewiesen (Ortiz-Garcia et al. 2005). Jedoch wurde jüngst gezeigt, dass sowohl 2001 als auch später (2003-2004) in diesem Gebiet transgene Sequenzen in lokalen Mais-Sorten vorhanden waren (Pineyro-Nelson et al. 2009). Somit kann dies als Beleg für die Möglichkeit des

Ferntransportes von Maispollen gewertet werden. Die unterschiedlichen Ergebnisse beruhen einerseits auf der Schwierigkeit, das Transgen im Labor nachweisen zu können, andererseits auf der geringen Wahrscheinlichkeit, transgene Pflanzen/Bestände zu beproben, da deren räumlichen Verteilung stark geklumpt zu sein scheinen (Pineyro-Nelson et al. 2009). Quantitative Angaben über die Menge und Reichweiten des Pollentransportes können aus den Studien von Quist & Chapela (2001) und Pineyro-Nelson et al. (2009) jedoch nicht abgeleitet werden.

Um die Exposition von Schmetterlingsraupen gegenüber transgenen Maispollen abschätzen zu können, wurden eine Reihe von Untersuchungen zur Pollendeposition in Abhängigkeit von der Entfernung zum Maisfeld durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 3 dargestellt sind. Aus einem Großteil dieser Studien ist ersichtlich, dass die Zahl der pro Quadratcentimeter abgelagerten Pollen im Maisfeld am höchsten ist und mit zunehmender Entfernung vom Feld stark abnimmt. Allerdings unterscheiden sich die Erhebungen erheblich hinsichtlich der angewendeten Methoden sowie der experimentellen Umstände, so dass ein quantitativer Vergleich nicht möglich ist. Im Folgenden werden die wichtigsten Faktoren dargelegt, welche die Beziehung zwischen Distanz und Pollendeposition beeinflusst haben könnten.

#### *Sammelmethoden*

In den in Tabelle 3 aufgelisteten Untersuchungen kamen verschiedene Methoden zur Messung der Pollendeposition zum Einsatz. Zum einen wurden Pollendichten direkt auf den Wirtspflanzen verschiedener Schmetterlingsarten gemessen (z.B. Jesse & Obrycki 2000, Zangerl et al. 2001, Gathmann et al. 2006). Zum anderen kamen technische Hilfsmittel zum Einsatz, wie zum Beispiel mit haftenden Materialien beschichtete Objektträger (Lang et al. 2004, Felke & Langenbruch 2005) oder technische Pollensammler (Hofmann 2007, Landesumweltamt Brandenburg 2008).

Die Messung der Pollendichte auf den Blättern der Wirtspflanzen ist mit Sicherheit von hoher biologischer Relevanz. Direkt gemessene Pollendichten auf den Wirtspflanzen lassen einen Rückschluss darauf zu, welcher Pollenkonzentration eine Schmetterlingsraupe ausgesetzt ist und ob die räumliche Verteilung der Pollen innerhalb der Wirtspflanze den Fraßpräferenzen der Raupe entspricht. Jedoch lassen sich die Ergebnisse nicht vorbehaltlos auf andere Pflanzenarten und deren assoziierte Schmetterlinge übertragen, da verschiedene morphologische Eigenschaften die Ablagerung von Pollen beeinflussen können. (Jesse & Obrycki 2000, Pleasants et al. 2001, Gathmann et al. 2006).

Mit haftenden Materialien beschichtete Objektträger dienen dazu, die Pollenmenge zu erfassen, die über einer bestimmten Fläche abgelagert werden. Diese Methode korrigiert Fehler, die durch pflanzenspezifische Merkmale hervorgerufen werden. Wie auch bei der Messung auf der Wirtspflanze ist eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Witterungseinflüsse vorstellbar.

Mit Hilfe technischer Pollensammler ist es möglich, mit einem standardisierten Verfahren (VDI 2007) die Menge an Pollen zu erfassen, die in einem bestimmten Zeitraum über einer bestimmten Fläche niedergehen. Die so gewonnenen Daten lassen zwar keine direkten Rückschlüsse auf die tatsächliche Belastung von Wirtspflanzen mit Maispollen zu, jedoch ist es möglich, die potentielle Pollendeposition witterungsunabhängig zu ermitteln.

#### *Expositionszeiten*

Den in Tabelle 3 aufgelisteten Untersuchungen liegen unterschiedlich lange Messzeiträume zugrunde. Sie reichen von 4 Stunden (Felke & Langenbruch 2005) bis zu 24 Tage (Landesumweltamt Brandenburg 2008), und zum Teil darüber hinaus (Hofmann 2007). Verschiedene Fragestellungen dürften die Hauptursache für die große zeitliche Spanne der Messungen sein. Die Berücksichtigung des gesamten Zeitraums der Maisblüte erlaubt Rückschlüsse auf die potentielle Belastung mit Pollen. Ob diese Werte relevant für die Risikoanalyse sind, hängt letztendlich auch von der Phänologie der betreffenden Art ab.

#### *Witterung (Regen, Wind)*

Ein einzelner Regenguss kann die Pollenaufgabe auf den Blättern der Wirtspflanzen um 54-86% reduzieren (Pleasant et al. 2001). Regenereignisse wurden in mehreren Untersuchungen dokumentiert (z.B. Zangerl et al. 2001, Felke & Langenbruch 2005) und müssen daher bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Andere Witterungseinflüsse, die den Pollenflug und die Pollendeposition beeinflussen können, sind Windrichtung (Pleasant et al. 2001), Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte (Lang et al. 2004). Die Witterung entscheidet ebenfalls über die Länge der Blühphase (Zscheischler et al. 1990).

#### *Feldgröße*

Die in einer bestimmten Entfernung abgelagerte Pollenmenge ist eine Funktion der emittierten Pollenmenge und wird daher von der Größe eines Feldes mitbestimmt (Beismann & Kuhlmann 2006). Die in Tabelle 3 aufgelisteten Untersuchungen wurden sowohl in experimentellen Parzellen von 900m<sup>2</sup> Größe bis hin zu Schlägen von 17,2ha Größe durchgeführt. Diese Variabilität könnte die gemessenen Pollendepositionsraten beeinflusst haben.

#### *Fazit*

Trotz der unterschiedlichen Methoden und Untersuchungsbedingungen zeigen alle Studien, dass der Großteil der Maispollen in unmittelbarer Nähe zur Pollenquelle abgelagert wird. Die Verbreitung von Antheren beschränkt sich auf einen Radius von 3m um die Emissionsquelle (Anderson et al. 2004) wobei keine Angaben über die Verdriftung von Antherenbruchstücken vorliegen. Die meisten Erhebungen zur Pollendeposition beschränken sich auf den Nahbereich. Nur in einer Studie (Hofmann 2007) wurden Depositionsraten in einer Entfernung von bis zu 2000m von der Pollenquelle gemessen (Tabelle 3). Da diese Studie einen großen Stichprobenumfang hat, verschiedene Regionen sowie Zeiträume umfasst, kann man die ermittelten Werte als für Deutschland einigermaßen repräsentativ ansehen. Demnach kann in einer Entfernung von 100m von der Pollenquelle mit einer mittleren Deposition von 9,7 Pollen/cm<sup>2</sup> gerechnet werden. In einem Abstand von 1000m sind es noch durchschnittlich 2,8 Pollen/cm<sup>2</sup>, und in einem Abstand von 2000m 1,9 Pollen/cm<sup>2</sup>. Um diese Mittelwerte herum gibt es eine gewisse Streuung, die in Hofmann (2007) dargestellt ist.

## 4 Expositionswahrscheinlichkeit der bearbeiteten Arten

### 4.1 *Euphydryas aurinia*

#### *Phänologie*

Ab Mitte Juni schlüpfen die Raupen von *Euphydryas aurinia*. Die Verpuppung erfolgt erst im nachfolgenden Jahr. Somit ist während der gesamten Maisblüte mit einer Exposition der Raupen zu rechnen (Abbildung 1, S. 28).

#### *Ernährung adulter Schmetterlinge*

Die Adulten ernähren sich von Nektar und nehmen keinen Pollen auf. Außerdem dürfte es kaum eine Überlappung zwischen der Flugzeit und der Maisblüte geben. Daher kann eine Schädigung dieses Entwicklungsstadiums durch transgenen Maispollen ausgeschlossen werden.

#### *Eiablagemuster und Raupenfraß*

Die Raupen fressen auf der Pflanze in Gespinsten. Eine Exposition gegenüber Maispollen ist möglich.

#### *Räumliche Lage der Populationen und Maisanbauggebiete*

Die wichtigsten Populationen in Sachsen befinden sich derzeit nicht in ackerbaulich genutzten Gebieten. In dieser Hinsicht ist eine aktuelle Exposition gegenüber Maispollen unwahrscheinlich.

### 4.2 *Euphydryas maturna*

#### *Phänologie*

Ab Anfang Juli schlüpfen die Raupen. Somit ist während der gesamten Maisblüte mit einer Exposition der Raupen zu rechnen (Abbildung 1, S. 28).

#### *Ernährung adulter Schmetterlinge*

Die Adulten ernähren sich von Nektar und nehmen keinen Pollen auf. Außerdem dürfte es kaum eine Überlappung zwischen der Flugzeit und der Maisblüte geben. Daher kann eine Schädigung dieses Entwicklungsstadiums durch transgenen Maispollen ausgeschlossen werden.

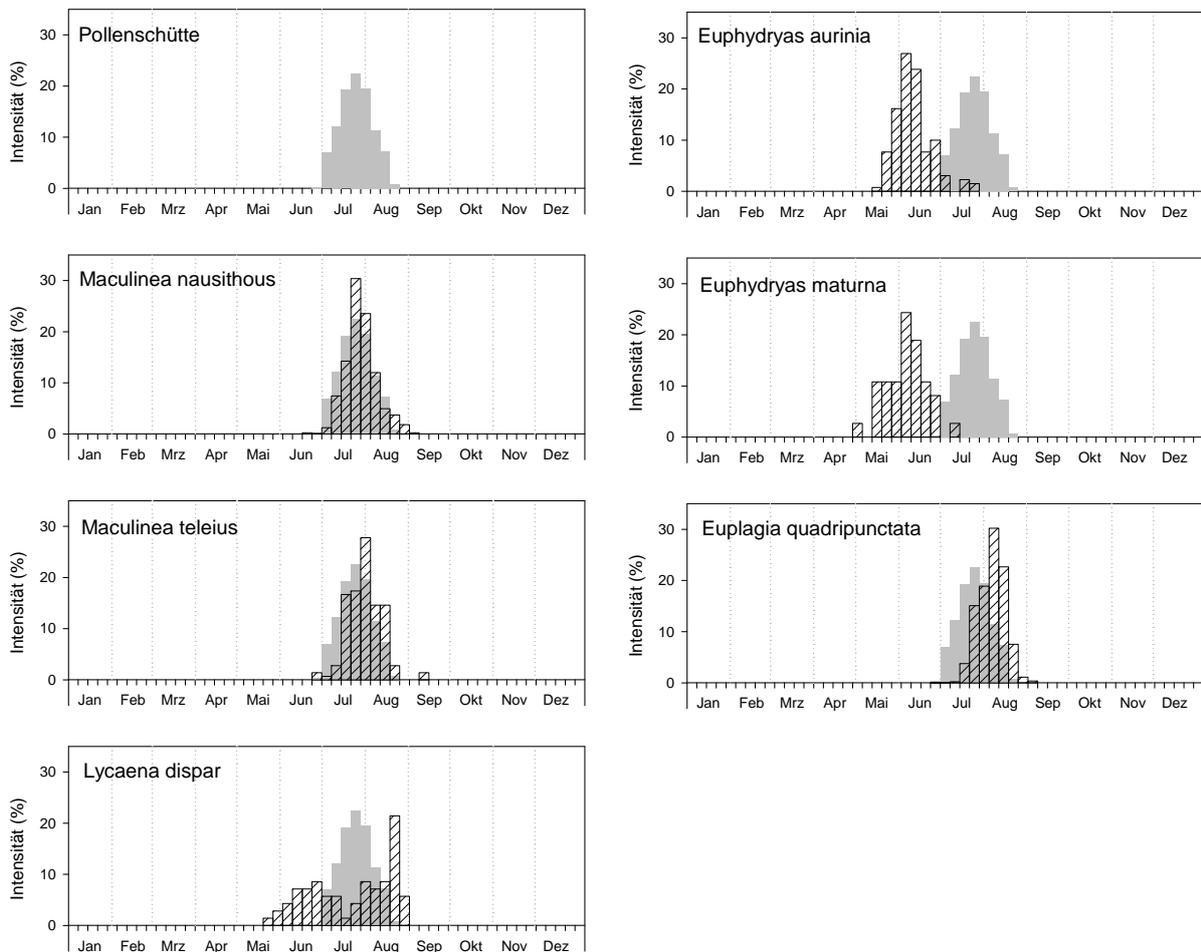
#### *Eiablagemuster und Raupenfraß*

Die Raupen fressen auf der Pflanze in Gespinsten. Obwohl sich die Raupen dabei in einer Höhe von 2m-10m befinden, kann eine Exposition gegenüber Maispollen nicht ausgeschlossen werden. Laut Boehm et al. (2008) kann Maispollen durch Thermik in größere Höhen transportiert werden.

*Räumliche Lage der Populationen und Maisanbaugebiete*

Der Leipziger Auenwald befindet sich teilweise in der Nähe ackerbaulich genutzter Flächen. Mit dem Anbau von Mais ist zu rechnen.

**Abbildung 1** Vergleich der Flugzeiten von *Euphydryas aurinia*, *Euphydryas maturna*, *Lycaena dispar*, *Maculinea nausithous*, *Maculinea teleius* und *Euplagia quadripunctaria* mit dem Zeitraum, in dem mit der Maisblüte gerechnet werden muss. Mit Ausnahme von *Euplagia quadripunctaria* beziehen sich die Phänologien der Schmetterlingsarten auf Reinhardt et al. (2007). Für *Euplagia quadripunctaria* wurden die Angaben aus Ebert (1997a) entnommen. Die Darstellung der Maisblüte bezieht sich auf Daten zum Maisblütebeginn (Lang et al. 2004). Der Abbildung liegt die Annahme zugrunde, dass die Pollenschütte 14 Tage andauern kann (Emberlin 1999).



### 4.3 *Lycaena dispar*

#### *Phänologie*

Die Nachkommen der ersten Faltergeneration schlüpfen ab Anfang Juli und verpuppen sich Ende Juli. Je nach Witterungsverlauf ist ein Teil oder die gesamte Raupenpopulation gegenüber Maispollen exponiert (Abbildung 1, S. 28). Die Nachkommen der zweiten Faltergeneration schlüpfen Ende August/Anfang September. Zu diesem Zeitpunkt ist der Hauptteil der Maisblüte vorüber. Eine Exposition der dieser Raupen ist unwahrscheinlich, vorausgesetzt, dass Maispollen nicht für längere Zeit an den Blättern der Wirtspflanzen haften.

#### *Ernährung adulter Schmetterlinge*

Die adulten Tiere ernähren sich von Nektar. Da sie keine Pollen aufnehmen kann von einer Gefährdung dieses Stadiums nicht ausgegangen werden.

#### *Eiablagemuster und Raupenfraß*

Zum Zeitpunkt des Schlupfes befinden sich die Raupen auf der Oberseite der Blätter und wechseln nach kurzer Zeit auf die Unterseite. Dieses Verhalten schützt die Raupen vor der gezielten Aufnahme von Pollen, wie es zum Beispiel bei *Agrotis segetum* (Felke & Langenbruch 2005) beobachtet wurde. Da die Raupen einen Fensterfraß zeigen, besteht dennoch die Möglichkeit, dass sie Maispollen mit der Nahrung aufnehmen. Unklar ist, ob Raupen unmittelbar nach dem Schlupf Pollen auf der Blattoberfläche fressen oder sofort auf die Blattunterseite wechseln.

#### *Räumliche Lage der Populationen und Maisanbaugebiete*

Generell ist damit zu rechnen, dass in unmittelbarer Nähe zu den Habitaten von *Lycaena dispar* Mais angebaut wird.

### 4.4 *Maculinea nausithous*

#### *Phänologie*

Mit einem Schlupf der Raupen ist ab der dritten Juliwoche zu rechnen. Die Entwicklung auf den Blütenköpfen dauert je nach Witterung 2-3 Wochen. Ab der zweiten Augustwoche ist mit dem Beginn der Adoption durch die Wirtsameisen zu rechnen. Diese Phase dauert bis Mitte September an. Die Phase der phytophagen Ernährung fällt mit hoher Wahrscheinlichkeit in die Hauptblütezeit des Maises. Je nach Verlauf der Maisblüte kann auch die Phase der Adoption und Integration teilweise mit der Maisblüte überlappen. Abbildung 1 (S. 28) zeigt die Überlappung der Blütezeit des Maises mit der Flugzeit von *Maculinea nausithous*.

##### *Ernährung adulter Schmetterlinge*

Die adulten Tiere ernähren sich von Nektar und sind dabei ausschließlich auf ihrer Wirtspflanze *Sanguisorba officinalis* anzutreffen. Da sie keine Pollen aufnehmen, ist nicht von einer Gefährdung dieses Stadiums auszugehen.

##### *Eiablagemuster und Raupenfraß*

Die Schmetterlinge legen ihre Eier zwischen den noch nicht aufgeblühten Einzelknospen der Blütenstände von *Sanguisorba officinalis* ab. Die frisch geschlüpften Raupen entwickeln sich innerhalb der Blütenstände. Aufgrund ihrer geschützten Lebensweise dürften die Raupen kaum mit Maispollen in Berührung kommen. Obwohl es nicht ausgeschlossen werden kann, dass Maispollen zu einem geringen Teil zwischen die Einzelblüten rutscht, so kann die Exposition der phytophagen Larvalstadien als insgesamt gering eingeschätzt werden.

##### *Prädatorische Lebensweise*

Raupen von *Maculinea nausithous* leben mehr als 11 Monate als Sozialparasiten im Nest der Ameisenart *Myrmica rubra*, wobei es Hinweise darauf gibt, dass auch bei dieser Art ein Teil der Raupen einen zweijährigen Entwicklungszyklus im Ameisennest durchläuft (Witek et al. 2006). Die Frage, ob die Raupen während der Entwicklung im Ameisennest durch MON810-Pollen geschädigt werden können, hängt davon ab, ob sie im Nest mit Pollen oder sonstiger mit Cry1Ab kontaminierter Nahrung in Berührung kommen, oder ob die Ameisenpopulation durch Pollen oder sonstige kontaminierte Nahrungsbestandteile geschwächt werden kann.

##### *Nahrungsspektrum von Myrmica rubra*

Über einen Eintrag von Pollen durch Arbeiterinnen von *Myrmica rubra* ist aus der Literatur nichts bekannt. Wie fast alle einheimischen Ameisen besitzt auch *Myrmica rubra* ein sehr breites Nahrungsspektrum. Sie ernährt sich sowohl zoophag als auch trophobiontisch, das heißt von Honigtauausscheidungen von Aphiden (Blattläuse) und Cocciden (Schildläuse) (Seifert 2007). Unter der Insektenbeute findet sich ein breites Spektrum an Herbivoren (Seifert 2007) wozu auch Schmetterlingsraupen gezählt werden können (Musche persönliche Beobachtung). Seifert (2007) hebt zudem hervor, dass tote Insekten einen großen Anteil der Nahrung ausmachen. Da *Myrmica rubra* keinen Maispollen einträgt, kann davon ausgegangen werden, dass es auf diesem Weg zu keiner Schädigung der Ameisenkolonien und der adoptierten *Maculinea*-Raupen kommt. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass das Bt-Toxin durch andere Beute, insbesondere tote Insekten in das Ameisennest gelangt.

##### *Die Weitergabe des Bt-Toxins in der Nahrungskette und mögliche Auswirkungen auf höhere trophische Ebenen*

Bei der Betrachtung von Nahrungsketteneffekten spielen zwei Szenarien eine Rolle.

(1) Raupen könnten durch die Weitergabe des Toxins über die Nahrung geschädigt werden (direkter Nahrungsketteneffekt). Ob es zu einer Schädigung auf diesem Weg kommt, hängt davon ab, ob das Toxin über verschiedene trophische Ebenen weitergegeben wird, im

vorliegenden Fall vom Mais über pollenfressende Herbivore und die Ameisen/ Ameisenbrut an die Raupen.

(2) Die Raupen können indirekt über die Beeinträchtigung ihrer Nahrungsresource geschädigt werden. In diesem Fall besteht die Frage, ob die Ameisenkolonien in irgendeiner Weise durch die Aufnahme des Toxins mit der Nahrung (Herbivore, die Maispollen konsumiert haben) geschädigt werden, oder ob Ameisenkolonien aufgrund der Dezimierung wichtiger Herbivorer unter einem Nahrungsmangel leiden.

Zu (1). Bt-Toxine können über die Nahrungskette bis in höhere trophische Ebenen gelangen. Harwood et al. (2005) wiesen signifikante Mengen an Cry1Ab in verschiedenen Prädatoren, unter ihnen Marienkäfer, Spinnen und Sichelwanzen nach, die von einem Bt11-Feld gesammelt worden waren. In einer anderen Studie wurde das Toxin in räuberischen Wanzen, Florfliegen und Marienkäfern aus einem Bt176-Feld gefunden (Obrist et al. 2006a). Ähnliche Ergebnisse gibt es aus einer Studie zu Marienkäfern in MON810-Feldern (Alvarez-Alfageme et al. 2008). Die Passage von Cry1Ab vom Herbivoren zum Prädatoren wurde zudem in Laborversuchen nachgewiesen (Obrist et al. 2006a, b). Dabei kann die biologische Aktivität des Toxins nach der Passage erhalten bleiben (Obrist et al. 2006b). Nicht alle Herbivore und deren assoziierte Prädatoren nehmen das Toxin in gleichem Maße auf. Vielmehr existieren artspezifische Unterschiede (Harwood et al. 2005, Obrist et al. 2006a). Die Beteiligung mehrerer trophischer Ebenen an der Weitergabe des Toxins kann dazu führen, dass dieses erst mit einer gewissen Verzögerung in einem Prädatoren nachgewiesen werden kann (Harwood et al. 2007).

Ob Ameisen das Toxin über ihrer Beute aufnehmen und dieses in ihrem Körper Bestand hat, wurde bisher weder in Labor- noch in Freilandstudien untersucht. So kann auch nicht abgeschätzt werden, ob Raupen von *Maculinea nausithous* über die Nahrung das Toxin Cry1Ab aufnehmen können.

Zu (2). Obwohl Cry-Proteine als spezifisch gelten, können sie auch auf solche Organismen eine Wirkung erzielen, die in keiner engen verwandtschaftlichen Beziehung zum Zielorganismus stehen (Hilbeck & Schmidt 2006). Aufgrund ihrer wichtigen Funktion als natürliche Schädlingsbekämpfer wurden insbesondere Prädatoren und Parasitoide auf ihre Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Bt-Toxinen untersucht (Reviews von Lövei & Arpaia 2005, Romeis et al. 2006). Zudem wurden die Abundanzen beider funktionaler Gilden im Rahmen von Feldstudien untersucht (Reviews von Romeis et al. 2006, Wolfenbarger et al. 2008). Lövei & Arpaia (2005) ermittelten in 30% aller Laborstudien negative Effekte auf Prädatoren wobei sich diese Zahl auf mehrere Cry-Proteine aus verschiedenen transgenen Kulturpflanzen bezieht. Die Autoren bemängelten gleichzeitig eine Reihe an methodischen Schwächen bei der Erhebung der Daten sowie unzureichende statistische Methoden. Die in Romeis et al. (2006) aufgelisteten Laborstudien zeigten sowohl eine zum Teil negative Wirkung von Bt-Mais auf Prädatoren als auch das Fehlen von Effekten. Gestützt auf die Ergebnisse aus diesen Studien schätzten Romeis et al. (2006) die Gefahr einer direkten Schädigung von Prädatoren durch Cry1Ab als gering ein und führten die negativen Effekte stattdessen auf eine verminderte Nahrungsqualität der auf Bt-Mais herangezogenen Beute zurück. Die Evaluation von Abundanzdaten aus mehreren Feldstudien erbrachte von wenigen Ausnahmen abgesehen keinen generellen Nachweis einer Schädigung von Prädatoren durch

Bt-Mais (Romeis et al. 2006). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Wolfenbarger et al. (2008) in einer Metaanalyse und Alvarez-Alfageme et al. (2008) in einer aktuellen Freilandstudie.

Lövei & Arpaia (2005) bemängelten das Fehlen von Labordaten für viele wichtige Prädatorengruppen. So liegen bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine entsprechenden Daten zur direkten und indirekten Wirkung von Bt-Toxinen auf Ameisen vor. Auch konnte nur eine Freilandstudie zum Vorkommen von Ameisen in Bt-Mais Feldern (Cry1Ab) gefunden werden. So wiesen Daly & Buntin (2005) eine geringere Abundanz von Ameisen (hauptsächlich *Solenopsis invicta*) in MON810-Feldern als in der Kontrolle nach, konnten dieses Ergebnis in zwei weiteren Untersuchungsdurchgängen jedoch nicht bestätigen. Aufgrund der limitierten Verfügbarkeit von Daten zu Ameisen ist es kaum möglich abzuschätzen, ob die für den Schmetterling essentielle Ressource durch den Anbau von MON810 geschädigt werden kann.

#### *Räumliche Lage der Populationen und Maisanbauggebiete*

Die Habitate von *Maculinea nausithous* befinden sich überwiegend in ackerbaulich genutzten Landschaften. Auch in dieser Hinsicht besteht die Möglichkeit einer Exposition.

#### **4.5 *Maculinea teleius***

Alle Faktoren, die die Expositionswahrscheinlichkeit der oben behandelten Art *Maculinea nausithous* bestimmen, können wie beschrieben zur Abschätzung der Expositionswahrscheinlichkeit von *Maculinea telius* herangezogen werden. Aufgrund seiner Phänologie, Ernährungsweise und Verhaltensmuster gelten für *Maculinea teleius* die gleichen Schlüsse: Während die Raupen auf den Wirtspflanzen kaum mit Maispollen in Kontakt kommen dürften, besteht die Möglichkeit einer direkten oder indirekten Beeinträchtigung aphytophager Stadien durch Nahrungsketteneffekte.

#### **4.6 *Euplagia quadripunctaria***

##### *Phänologie*

Ab Anfang August schlüpfen die Raupen. Es muss je nach Jahresverlauf der Maisentwicklung damit gerechnet werden, dass ein Teil der Raupenpopulation gegenüber Maispollen exponiert ist (Abbildung 1, S. 28).

##### *Ernährung adulter Schmetterlinge*

Die Adulten ernähren sich von Nektar. Über die Aufnahme von Pollen ist nichts bekannt. Somit ist es unwahrscheinlich, dass dieses Entwicklungsstadium durch transgenen Maispollen geschädigt werden kann.

##### *Eiablagemuster und Raupenfraß*

Die Raupen ernähren sich von den Blättern verschiedener Wirtspflanzen. Die Aufnahme von Maispollen ist dabei möglich.

### *Räumliche Lage der Populationen und Maisanbaugebiete*

Die Habitate von *Euplagia quadripunctaria* in Sachsen können in Nachbarschaft zu Maisfeldern liegen. Eine Exposition gegenüber Maispollen ist möglich.

#### **4.7 Die Expositionswahrscheinlichkeit weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten**

Die Wahrscheinlichkeit, dass Raupen einer bestimmten Art aufgrund ihrer Phänologie gegenüber Maispollen exponiert sind, ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Grundlage für die dort vorgenommene Einschätzung bilden die von Lang et al. (2004) ermittelten Daten zum Blühbeginn des Maises sowie phänologische Daten zur Raupenentwicklung, die diversen Standardwerken entnommen wurden (Koch 1984, Settele et al. 2005, Ebert & Rennwald (1991a, b, Ebert 1994a, b, 1997a, b, 1998, 2001, 2003). Nach Lang et al. (2004) fällt der Beginn der Maisblüte meist in den Monat Juli. Sie kann aber auch bereits Ende Juni oder erst Anfang August einsetzen (Lang et al. 2004). Unter der Annahme, dass die Maisblüte bis zu 14 Tage andauern kann (Emberlin 1999), ergibt sich ein Zeitraum von Ende Juni bis Mitte August, in dem mit der Verdriftung von Maispollen gerechnet werden muss. Die Expositionswahrscheinlichkeit wurde in drei Stufen eingeteilt, die sich aus der zeitlichen Überschneidung von Larvalphase und Maisblüte ergeben: Arten, deren Larvalentwicklung in den Juli fällt, sind mit einer hohen Wahrscheinlichkeit exponiert (Kategorie 1 in Tabelle 6). Eine Exposition ist möglich, wenn der Entwicklungszeitraum der Raupen den Monat August einschließt (Kategorie 2 in Tabelle 6). Eine Exposition von Arten, deren Larvalentwicklung nicht in die Monate Juli und August fällt, ist unwahrscheinlich, kann aber nicht in jedem Fall ausgeschlossen werden (Kategorie 3 in Tabelle 6).

Von den insgesamt 148 in Sachsen vorkommenden lebensraumtypischen Schmetterlingsarten wären aufgrund ihrer Phänologie 75 Arten mit einer hohen Wahrscheinlichkeit gegenüber transgenen Maispollen exponiert. Für weitere 34 Arten besteht die Möglichkeit der Exposition. Insgesamt 33 Arten weisen keine Larvalstadien in den Monaten Juli und August auf. Diese dürften kaum von der Maispollenschütte betroffen sein. Für 6 Arten fehlen Angaben zur Raupenphänologie. Die hier vorgenommene Einschätzung der Expositionswahrscheinlichkeit basiert nicht auf regionalen phänologischen Daten, da solche für die Raupenstadien nicht zur Verfügung standen. Die Phänologie von Schmetterlingen kann mitunter eine hohe Variabilität zwischen verschiedenen Regionen aufweisen, so dass Abweichungen von den hier dargestellten Phänologien möglich sind. Daher müssen im Einzelfall immer regionale Daten oder ein gewisser Zeitraum als Puffer berücksichtigt werden. Das gilt insbesondere für jene Arten, deren Larvalentwicklung den Monat Juni, nicht jedoch die Monate Juli und August einschließt. Eine aufgrund regionaler Aspekte nach hinten verschobene Phänologie würde die Expositionswahrscheinlichkeit solcher Arten erhöhen.

Die hier vorgenommene Einschätzung der Expositionswahrscheinlichkeit bezieht sich nur auf phänologische Daten. Andere Arteigenschaften, wie z. B. das Fraßverhalten der Raupen, können mit darüber bestimmen, ob eine Art tatsächlich exponiert ist. Einige der aufgeführten Arten entwickeln sich ausschließlich im Holz oder in den Stängeln ihrer Wirtspflanzen, z.B. *Cossus cossus* oder *Synanthedon sphecoformis* (Tabelle 6). Eine Exposition kann in diesen Fällen ausgeschlossen werden. Inwieweit die Ausbildung von Gespinsten die Exposition beeinflusst, kann aufgrund fehlender Untersuchungen nicht beurteilt werden. Schmitz et al. (2003) stuften die Wahrscheinlichkeit einer Exposition als gering ein, wenn die Raupen

Gespinnste ausgebildet, sich während der Nahrungsaufnahme in eingerollten Blättern befinden, oder ausschließlich auf der Blattunterseite fressen. Die letztere Einschätzung kann nicht geteilt werden, da auch bei solch einem Fraßverhalten auf der Blattoberfläche haftende Pollen mit aufgenommen werden können

Unter den 109 Arten, die eine hohe oder mittlere Expositionswahrscheinlichkeit aufweisen, befinden sich 53 Arten, die in der Roten Liste Sachsens einer Gefährdungskategorie zugeordnet sind. Unter den potentiell exponierten Arten befinden sich auch 57 Arten, welche eine enge Bindung an bestimmte Wirtspflanzen aufweisen (1-3 Wirtspflanzenarten). Ein hoher Gefährdungsstatus und eine enge Wirtspflanzenbindung deuten oftmals daraufhin, dass eine Art besondere Habitatansprüche besitzt. Die Exposition von Populationen solcher Arten kann, eine empfindliche Reaktion gegenüber Cry1Ab vorausgesetzt, deren lokales Aussterberisiko erhöhen. Jedoch kann die in Tabelle 6 dargestellte Wirtspflanzennutzung nicht als alleiniges Merkmal für Habitatbindung herangezogen werden, da oftmals andere Habitatparameter, z.B. mikroklimatische Faktoren, entscheidend für die Eignung eines Habitats sind (z.B. Anthes et al. 2008). Auch werden nicht alle dort aufgeführten Wirtspflanzen tatsächlich überall genutzt. Vielmehr zeigen viele herbivore Insekten eine ausgeprägte lokale Spezialisierung (z.B. Singer & Parmesan 1993).

## 5 Einschätzung der potentiellen Gefährdung

### 5.1 Vorgehensweise

Daten zur Sensibilität sowie zur Expositionswahrscheinlichkeit gegenüber dem Toxin Cry1Ab bilden die Grundlage für eine Einschätzung, ob eine bestimmte Schmetterlingsart durch den Anbau des Bt-Mais MON810 gefährdet ist. Liegen keine oder nur unzureichende Daten zu Sensibilität und/ oder Exposition vor, so ist es nur möglich, die potentielle Gefährdung anhand anderer Daten abzuschätzen. Dabei muss der Faktor „Unsicherheit“ beachtet werden, da nicht sicher ist, ob bestehende Untersuchungen das Empfindlichkeitsspektrum hinreichend abdecken.

Orientierung kann die Vorgehensweise bei der Bewertung von Umweltchemikalien geben. Da es nicht möglich ist, eine Gefährdungsabschätzung für alle Organismen, die in einem Ökosystem leben, durchzuführen, wird eine Abschätzung auf der Basis von Arten, zu denen Daten vorliegen, durchgeführt. Dazu wird durch Extrapolation die höchste Stoffkonzentration ermittelt, bei der man annimmt, dass sie keine negativen Effekte verursacht. Nach Fent (2007) ergibt sich diese „Predicted No Effect Concentration“ (PNEC) aus:

$$\text{PNEC} = \text{Niedrigste Wirkkonzentration} / \text{Sicherheitsfaktor}$$

Ausgangspunkt für die Berechnung bildet die niedrigste Wirkkonzentration eines Stoffes, die im Rahmen von ökotoxikologischen Labortests ermittelt wurde. Liegen Daten aus mehreren Tests vor, so wird die niedrigste Effektschwelle für die Berechnung herangezogen. Nach Fränze (1999) soll die Veranschlagung eines Sicherheitsfaktors folgende Unwägbarkeiten berücksichtigen:

- Varianz zwischen den Messergebnissen innerhalb und zwischen verschiedenen Laboren
- Varianz hinsichtlich der Empfindlichkeit innerhalb und zwischen Arten
- Extrapolation von Daten zur akuten Toxizität auf chronische Toxizität
- Extrapolation von Labordaten auf Ökosysteme (hier können additive, synergistische oder antagonistische Effekte, die durch das Vorhandensein anderer Substanzen entstehen, eine Rolle spielen)

Die Höhe des Sicherheitsfaktors richtet sich nach der Menge der vorhandenen Daten sowie deren Qualität. Dabei wird angenommen, dass das Toxizitätsrisiko für nicht getestete Arten abnimmt, je mehr Informationen vorliegen. Daher kann der Sicherheitsfaktor umso niedriger angesetzt werden je mehr Tests durchgeführt wurden. Eine Rolle spielt auch, ob neben Ergebnissen aus akuten Kurzzeittests auch solche aus chronischen Tests vorliegen. Die Veranschlagung eines bestimmten Sicherheitsfaktors erfolgt nicht auf rein wissenschaftlicher Grundlage. Es handelt sich vielmehr um ein Hilfsmittel, um die oben aufgelisteten Unsicherheiten in der Risikoanalyse zu berücksichtigen. Auch existiert keine allgemein gültige Methode um die Höhe eines Sicherheitsfaktors zu ermitteln. Tabelle 4 zeigt die Kriterien an die Datengrundlage, die von der EU im „Technical Guidance Document on Risk Assessment“ (EC 2003) genannt werden.

**Tabelle 4** Sicherheitsfaktoren für die ökotoxikologische Risikoanalyse (nach EC 2003)

Vorhandene Information *	Sicherheitsfaktor
LC/EC <sub>50</sub> Kurzzeit-Toxizitätstest für drei Organismen	1000
Chronische NOEC-Werte für einen Organismus	100
Chronische NOEC-Werte für zwei Organismen verschiedener trophischer Ebenen	50
Chronische NOEC-Werte für drei Organismen verschiedener trophischer Ebenen	10
Felddaten/ Daten aus Modellökosystemen	Fallweise Beurteilung

\*LC<sub>50</sub> (Lethal Concentration): Konzentration nach deren kurzzeitiger oder einmaliger Verabreichung 50% aller Testindividuen sterben.

EC<sub>50</sub> (Effect Concentration): Konzentration nach deren kurzzeitiger oder einmaliger Verabreichung bei 50% aller Testindividuen ein subletaler Effekt auftritt.

NOEC (No Effect Concentration): höchste Konzentration in einem Versuchsansatz, bei der keine Effekte nach längerer Exposition auftreten.

Die Übertragung dieser Kriterien auf gentechnisch veränderte Pflanzen ist umstritten, da diese sich in der Umwelt nicht zwangsläufig wie eine Chemikalie verhalten (Hilbeck et al. 2008). Hinsichtlich ihrer Emission, Verbreitung und Wirkung zeigen Bt-Maispollen jedoch ähnliche Eigenschaften wie eine Umweltchemikalie. Beachtet werden muss jedoch die Spezifität der Wirkung. Das heißt, dass diejenigen Nichtzielorganismen, die aufgrund der Wirkungsspezifität eines Events am ehesten einer Gefährdung ausgesetzt sind (im Fall von MON810 Schmetterlinge), bei der Risikoanalyse eine besondere Beachtung finden müssen. Unter diesen Voraussetzungen erscheint das Prinzip der Veranlagung von Sicherheitsfaktoren durchaus geeignet um dem Faktor "Unsicherheit" gerecht zu werden.

## 5.2 Abschätzung der potentiellen Gefährdung der bearbeiteten Arten

Die Analyse der Phänologie sowie anderer Arteigenschaften hat gezeigt, dass die FFH-Anhangsarten *Euphydryas aurinia*, *Euphydryas maturna*, *Lycaena dispar*, *Maculinea nausithous*, *Maculinea teleius*, und *Euplagia quadripunctaria*, sowie eine Reihe weiterer lebensraumtypischer Schmetterlingsarten potentiell gegenüber MON810-Pollen exponiert sind. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren jedoch keine Daten zur Sensibilität dieser Arten gegenüber dem Toxin Cry1Ab. Daher muss auf Sensibilitätsdaten zu anderen Schmetterlingsarten zurückgegriffen werden.

Es existieren für drei Schmetterlingsarten Toxizitätstests mit MON810-Pollen und für eine weitere Art Abundanzdaten aus einem Feldexperiment. Mit einer Ausnahme konnten diese Untersuchungen keine negativen Effekte von MON810-Pollen auf diese Arten unter den gegebenen Versuchsbedingungen nachweisen. In einem Labortest mit kurzer Expositionszeit an *Danaus plexippus* war ein verminderter Gewichtszuwachs zu verzeichnen, wenn die Raupen einer Dichte von mehr als 1000 Pollen/cm<sup>2</sup> ausgesetzt waren (Hellmich et al. 2001).

Die Ergebnisse lassen zunächst vermuten, dass negative Effekte erst bei sehr hohen Pollendichten in Erscheinung treten. Allerdings liefern die Studien an *Danaus plexippus* Hinweise darauf, dass bei chronischer Exposition auch niedrigere Konzentrationen von MON810-Pollen das Wachstum und die Überlebensrate von Raupen dieser Art negativ beeinflussen könnten.

- Dively et al. (2004) ermittelten in einem Feldexperiment eine Dichte zwischen **158 und 174 Pollen/cm<sup>2</sup>**, die in Kombination mit 1,8 Antheren pro Blatt die Überlebensrate bis zum Schlupf der Falter um 23,7% senkte. Trotz der Kontamination mit Antheren schrieben Dively et al. (2004) diesen Effekt den Pollen zu, da in einer Studie mit Bt11 (Anderson et al. 2004) keine negativen Effekte bei einer Dichte von 5 Antheren pro Blatt gefunden wurden. Hingegen zeigten Anderson et al. (2005) in einem Laborexperiment, dass nur die Kombination aus Pollen- und Antherenkontamination (171 Pollen/cm<sup>2</sup> plus 30 Antheren pro Blatt) einen negativen Effekt auf die Raupen ausübten. Allerdings lag dieser Studie eine um das 16fach höhere Antherenkonzentration zugrunde. Die Unterschiede hinsichtlich der gewählten Versuchsbedingungen (Labor- vs. Feldexperiment, Antherendichte, Expositionszeiten, verwendete Maislinie) erschweren einen direkten Vergleich der Zahlen. Somit kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die von Dively et al. (2004) gefundene Mortalität ausschließlich auf den Effekt von Pollen oder auch auf die Anwesenheit einer geringen Anzahl von Antheren zurückzuführen ist.
- Hellmich et al. (2001) testeten die Sensibilität von *Danaus plexippus* gegenüber purem Cry1Ab, das mittels einer künstlich hergestellten Nahrung verabreicht wurde. Ausgehend von den so ermittelten LC/EC50-Werten wurden unter Einbeziehung von Daten zur Fraßaktivität und Toxinkonzentration LC/EC50-Werte berechnet, die sich auf die Dichte von MON810-Pollen auf den Wirtspflanzen beziehen. Danach müsste eine Dichte von **366 Pollen/cm<sup>2</sup>** erreicht werden, um eine Mortalität von 50% der Versuchstiere auszulösen (Hellmich et al. 2001)<sup>1</sup>. Tatsächlich konnten Hellmich et al. (2001) in ihrem Kurzzeit-Labortest einen negativen Effekt erst ab einer Dichte von ca. **1000 Pollen/cm<sup>2</sup>** feststellen. Die Autoren vermuteten, dass die Toxinkonzentration der Versuchspollen niedriger war als vom Hersteller angegeben. Überprüft werden kann diese Aussage nicht, da der Toxingehalt, wie in fast allen Studien, nicht kontrolliert wurde. Da der vom Hersteller angegebene Toxingehalt von 0,09µg/g Frischgewicht durchaus erreicht werden kann (Lang et al. 2004, Nguyen & Jehle 2008), sollten die Ergebnisse der Extrapolationsrechnung von Hellmich et al. (2001) bei einer Risikoabschätzung mit beachtet werden.
- Ein Laborversuch mit Bt11 zeigte, dass *Danaus plexippus*-Raupen, die über einen längeren Zeitraum einer Dichte von **202 bis 228 Pollen/cm<sup>2</sup>** ausgesetzt waren, lethal und sublethal geschädigt wurden (Anderson et al. 2005). Eine dauerhafte Exposition im Freiland gegenüber einer Dichte von **155 bis 173 Pollen/cm<sup>2</sup>** führte ebenfalls zu solchen Effekten, wobei nicht klar ist, ob geringe Konzentrationen

---

<sup>1</sup> Die Rechnung von Hellmich et al. (2001) erscheint fehlerhaft. Eine Nachberechnung ergab, dass unter den von Hellmich et al. (2001) genannten Voraussetzungen bereits bei einer Dichte von 185 MON810-Pollen/cm<sup>2</sup> eine Mortalität von 50% der Versuchstiere erreicht wird.

von Antheren dieses Ergebnis beeinflussten (Dively et al. 2004). Laut Herstellerangaben zeigen Bt11 und MON810 ähnliche Expressionsmuster. Für beide Maislinien wird die Toxinkonzentration in den Pollen mit  $0,09\mu\text{g/g}$  Frischgewicht angegeben (Tabelle 2). Vor dem Hintergrund der Versuchsergebnisse mit Bt11 sind ähnliche Effekte durch MON810 denkbar. Jedoch ist eine solche Übertragung von Ergebnissen sowohl wissenschaftlich als auch juristisch umstritten, da der gentechnisch veränderte Organismus nicht mehr als Gesamtheit betrachtet wird (Hilbeck et al. 2008). Eine Umrechnung von Effektschwellen und LC50-Werten, die auf der Basis von Bt176 gewonnen wurden, wäre allerdings mit erheblich größeren Unsicherheiten behaftet. Aufgrund der hohen Schwankungsbreite der Toxinkonzentration in den Pollen von Bt176 und MON810 (Tabelle 2) ist die Bestimmung eines verlässlichen Umrechnungsfaktors nicht möglich. Des Weiteren wurde bei einem Großteil der Versuche mit Bt176 keine Toxinkonzentration gemessen (Tabelle 3), was die Bestimmung eines verlässlichen Umrechnungsfaktors zusätzlich erschwert.

Unter der Voraussetzung, dass (1) die negativen Effekte in der Studie von Dively et al. (2004) auf die Wirkung der Pollen zurückzuführen waren, (2) ein Toxingehalt in Höhe der Herstellerangaben erreicht wird und (3) Bt11 und MON810 in ihrer Wirkung vergleichbar sind, ist eine Effektschwelle für *Danaus plexippus* im Bereich zwischen 155 und  $<366$  Pollen/cm<sup>2</sup> anzusetzen. Würde man diesen Bereich als Ausgangspunkt für die Berechnung einer Predicted No Effect Concentration (PNEC) verwenden, so ergäbe dies bei der **Veranschlagung eines sehr konservativen Sicherheitsfaktors von 10** einen Wert zwischen 16 und  $<36$  Pollen/cm<sup>2</sup>. Würde man hingegen die Effektschwelle von  $>1000$  Pollen/cm<sup>2</sup> (Hellmich et al. 2001) für eine Kalkulation heranziehen, so ergäbe dies unter Verwendung des Sicherheitsfaktors 10 eine PNEC von  $>100$  Pollen/cm<sup>2</sup>. Da dieser Wert keine chronische Exposition berücksichtigt, ist es angebracht, mit einer PNEC zwischen 16 und  $<36$  Pollen/cm<sup>2</sup> zu rechnen.

Ein Sicherheitsfaktor von 10 setzt eine gute Datenlage voraus. In Anbetracht der geringen Zahl an untersuchten Arten und der oben genannten offenen methodischen Fragen kann die Datenlage auch anders interpretiert werden. Letztlich existieren nur zu einer Schmetterlingsart (*Danaus plexippus*, Monarch) Angaben zu einer Effektschwelle. Diese Art gehört zudem zu einer Schmetterlingsfamilie (Danaiidae), die sich dadurch auszeichnet, dass a) sie phylogenetisch von der großen Mehrzahl der europäischen Tagfalter (und selbstredend der Nachtfalter) weit entfernt liegt, b) praktisch alle Arten sich durch die komplexe Integration von Toxinen (vor allem auf Basis von Pyrrolizidinalkaloiden) in den eigenen Stoffwechsel auszeichnen (Ackery & Vane-Wright 1984), c) sie als generelle robuste und damit meist flugfreudige Falter einzuordnen sind, und d) sie in Europa (außer in einigen südlichen Gebieten) praktisch nicht vorkommen. Damit kann der Monarch keinesfalls als repräsentativer Vertreter der europäischen Schmetterlinge fungieren. Aufgrund der daraus resultierenden fragwürdigen Relevanz wäre ein Szenario, das einen Sicherheitsfaktor von 100 veranschlagt, ebenfalls denkbar. In der Konsequenz wäre mit einer PNEC zwischen 1,6 und  $<3,6$  Pollen/cm<sup>2</sup> zu rechnen.

### 5.3 Berechnung kritischer Entfernungen

Die Grundlage für die Abschätzung der potentiellen Exposition in Abhängigkeit von der Entfernung zum Maisfeld bildet die Arbeit von Hofmann (2007, Tabelle 5). Weiterhin wird davon ausgegangen, dass beim Szenario mit dem Sicherheitsfaktor 10 bei einer Pollenkonzentration zwischen 16 und <36 Pollen (PNEC) und bei einem Szenario mit Sicherheitsfaktor 100 bei einer Pollenkonzentration zwischen 1,6 und <3,6 Pollen (PNEC) keine negativen Effekte mehr zu erwarten sind.

**Szenario 1: Sicherheitsfaktor 10:** Legt man die Pollendepositionsmittelwerte zugrunde, sind spätestens ab einer Entfernung von 100m vom Maisfeld keine negativen Effekte mehr zu erwarten. Berücksichtigt man Schwankungen in der Pollendeposition, ergeben sich jedoch andere Entfernungen. Dabei stellt sich die Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit man die Überschreitung einer bestimmten Pollenkonzentration (z.B. der PNEC) ausschließen will. Dazu ist die Betrachtung der Konfidenzintervalle notwendig (Tabelle 5). Unter Berücksichtigung eines Konfidenzintervalls von 95% muss damit gerechnet werden, dass die Pollendeposition in 2,5 von 100 Fällen den Schwellenwert überschreitet. Die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung erhöht sich auf 5 von 100 Fällen, wenn ein Konfidenzintervall von 90%, und auf 10 von 100 Fällen, wenn ein Konfidenzintervall von 80% zugrunde gelegt wird. Die Wahl eines Konfidenzintervalls entscheidet also darüber, wie viel Unsicherheit hinsichtlich der Pollendeposition zugelassen werden soll. Unter Anwendung einer PNEC von 16 bis <36 Pollen/cm<sup>2</sup> ergeben sich somit folgende Abstände, bei denen nicht mehr mit negativen Effekten gerechnet wird:

Unter Berücksichtigung eines Konfidenzintervalls von 95% wird eine PNEC von 16 Pollen/cm<sup>2</sup> ab einer Entfernung von >2000m, eine PNEC von 36 Pollen/cm<sup>2</sup> zwischen 300m und 500m erreicht (Tabelle 5, oberes Konfidenzintervall).

Legt man ein Konfidenzintervall von 90% zugrunde, so sinkt diese Entfernung auf einen Wert zwischen 1000m und 2000m (für eine PNEC von 16 Pollen/cm<sup>2</sup>) bzw. zwischen 200m und 300m (für eine PNEC von <36 Pollen/cm<sup>2</sup>).

Unter Berücksichtigung des 80% Konfidenzintervalls ergibt sich eine Entfernung zwischen 500m und 1000m (für eine PNEC von 16 Pollen/cm<sup>2</sup>) bzw. zwischen 100m und 200m (für eine PNEC von <36 Pollen/cm<sup>2</sup>), ab der keine negativen Effekte mehr zu erwarten sind.

**Szenario 2: Sicherheitsfaktor 100:** Bezogen auf den Pollendepositionsmittelwert sind erst ab einer Entfernung von 1000m vom Maisfeld keine negativen Effekte mehr zu erwarten. Unter Anwendung einer PNEC von 1,6 bis <3,6 Pollen/cm<sup>2</sup> ergeben sich unter Berücksichtigung der Konfidenzintervalle in allen Fällen Abstände, die teils deutlich über 2000m liegen. Da jedoch gesicherte Angaben zur Pollenablagerung jenseits von 2000m nicht vorliegen, sind genauere Angaben nicht möglich.

Die Etablierung von Sicherheitsabständen stellt eine mögliche Maßnahme dar, um potentielle negative Effekte des Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen auf Schutzgüter zu vermeiden (Menzel et al. 2005). Verlässliche Daten zur Schadwirkung sowie zur Exposition sind jedoch die Voraussetzung für die Festsetzung einer wissenschaftlich fundierten Regelung. Bei ungenügender Datenlage können Sicherheitsabstände jedoch auch im Sinne des Vorsorgeprinzips zur Anwendung kommen. Forderungen nach einem Schutzabstand zwischen Anbauflächen und Schutzgebieten finden sich in verschiedenen Quellen (z.B. Landesumweltamt Brandenburg 2007, Sachverständigenrat für Umweltfragen 2008, Bundesamt für Naturschutz 2008). Während die Autoren der vom Landesumweltamt

Brandenburg (2007) veröffentlichten Studie einen Abstand von 1000m zwischen Anbaufläche und Schutzgebiet fordern, werden sowohl im Gutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (2008) als auch in einer Stellungnahme des Bundesamtes für Naturschutz (2008) keine expliziten Abstände genannt.

Abstandsregelungen auf der Basis von Erlassen, die den Schutz sensibler Gebiete gewährleisten sollen, existieren derzeit in Brandenburg (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg 2008) und Sachsen (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 2007). So ist in Brandenburg eine Verträglichkeitsprüfung durchzuführen, wenn der geplante Anbau von MON810-Mais in einem Abstand von weniger als 800m zu einem geschützten Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiet) oder einem Naturschutzgebiet stattfinden soll. In Sachsen bezieht sich ein ähnlicher Erlass auf einen Abstand von 1000m. Hier ist vor der Einleitung einer Verträglichkeitsprüfung zu ermitteln, ob der Anbau der Maislinie MON810 die Erhaltungsziele eines FFH-Gebietes beeinträchtigen könnte.

Die vorliegende Studie zeigt, dass abhängig von der Interpretation der Datenlage und dem gewählten Sicherheitsniveau ein weites Spektrum an Sicherheitsabständen möglich ist. So wäre unter Berücksichtigung eines mittleren Sicherheitsniveaus (PNEC: Ermittlung durch Sicherheitsfaktor 10, Pollendeposition: Berücksichtigung des 90% Konfidenzintervalls) ein Abstand zwischen 200m und 2000m anzusetzen, um negative Effekte auszuschließen. Vor diesem Hintergrund ist der dem Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (2007) zugrundeliegende Schwellenwert von 1000m als Entscheidungsbasis für die Durchführung einer Erheblichkeitsprüfung vertretbar. Bis zu einer Verbesserung der Datenlage sollte dieses Kriterium weiter zur Anwendung kommen.

**Tabelle 5** Erwartete Pollendeposition in Abhängigkeit von der Pollenquelle nach Hofmann (2007). KI=Konfidenzintervall

Entfernung zur nächsten Pollenquelle (m)	Erwartete Pollendeposition (Pollen/cm <sup>2</sup> )				
	Mittel	KI 99%	KI 95%	KI 90%	KI 80%
Im Feld	230	13-4090	27-2040	38-1430	57-960
1	120	7,0-2070	14-1040	20-730	30-490
10	35	2,1-580	4,1-290	5,8-210	8,7-140
100	9,7	0,58-160	1,2-82	1,6-58	2,4-39
200	6,7	0,40-110	0,79-56	1,1-40	1,7-27
300	5,3	0,32-90	0,63-45	0,89-32	1,3-21
500	4,0	0,24-68	0,47-34	0,67-24	1,0-16
1000	2,8	0,16-47	0,32-24	0,46-17	0,68-11
2000	1,9	0,11-33	0,22-16	0,31-11	0,46-7,7

## 5.4 Diskussion

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Art sensibel gegenüber dem Toxin Cry1Ab reagiert und die Wahrscheinlichkeit der Exposition gegenüber dem Toxin bestimmen das Risiko einer Schädigung. In den vorangegangenen Abschnitten wurde gezeigt, dass sowohl die Abschätzung der Sensibilität als auch der Exposition auf Basis der vorhandenen Daten mit Unsicherheit behaftet ist. Vor diesem Hintergrund muss auch die in Abschnitt 5.3 dargelegte Berechnung von Sicherheitsabständen betrachtet werden. Die dort aufgeführten Zahlen stellen keinesfalls ultimative Größen dar, die mit Sicherheit eine Gefährdung anzeigen oder ausschließen. Es handelt sich vielmehr um eine Darstellung der Umstände, unter denen eine Gefährdung eintreten kann. Daher erfolgt an dieser Stelle nochmals der Verweis auf die Unsicherheiten, die mit dieser Berechnung verbunden sind:

- Obwohl die Datenlage auf eine Effektschwelle für den Monarchfalter, *Danaus plexippus*, zwischen 160 und <366 Pollen/cm<sup>2</sup> hinweist, kann ein abweichender Wert nicht ausgeschlossen werden. Dabei spielen folgende Unsicherheitsfaktoren eine Rolle; (1) limitierte Daten zum Einfluss einer geringen Dichte von MON810-Antheren, (2) die Übertragung von Ergebnissen von Bt11 auf MON810, (3) limitierte Daten zur Höhe der Proteinexpression in MON810-Pollen.
- Ein Sicherheitsfaktor soll vor allem die Unsicherheiten berücksichtigen, die mit der Übertragung von Ergebnissen von den getesteten Arten auf andere Arten verbunden sind. Welcher der beiden vorgestellten Sicherheitsfaktoren dem Sensibilitätsspektrum von Schmetterlingen am ehesten gerecht wird, kann auf der Basis der vorhandenen Daten nicht abgeschätzt werden.
- Es ist unwahrscheinlich, dass die tatsächliche Pollendeposition der potentiellen Pollendeposition entspricht. Witterungseinflüsse und morphologische Eigenschaften der Wirtspflanzen können die Pollendichte auf den Blättern beeinflussen. Dagegen arbeiten technische Pollensammler witterungsunabhängig. Eine generelle Aussage zur tatsächlichen Pollendeposition auf den Wirtspflanzen kann jedoch nicht getroffen werden. Daher muss zunächst von der potentiellen Pollendeposition ausgegangen werden.
- Regionale Varianz in der Phänologie von Arten kann zu unterschiedlichen Expositionswahrscheinlichkeiten führen.
- Auch myrmecophile Schmetterlingsarten (z.B. *Maculinea*) können potentiell gegenüber dem Toxin Cry1Ab exponiert sein. Ob eine tatsächliche Exposition besteht, die auch zu einer Schädigung führt, kann für solche Arten nur im Einzelfall geprüft werden.

Folgende Informationen und Maßnahmen wären nötig, um das Maß an Unsicherheit zu senken und das Risiko verlässlicher zu bestimmen:

- Akute und chronische Toxizitätstest an mehreren Schmetterlingsarten um ein repräsentatives Empfindlichkeitsspektrum für Schmetterlinge zu erhalten. Die ausgewählten Testorganismen sollten repräsentativ für die europäische Fauna sein, sollten wichtige taxonomische Gruppen abdecken (z.B. Lycaenidae, Nymphalidae, Noctuidae, Satyridae) und problemlos im Labor etablierbar sein. Potentiell geeignet wären solche Arten, die bereits erfolgreich im Rahmen von

Laborexperimenten verwendet wurden. Bei den Lycaeniden wären das z.B. *Polyommatus coridon* und *P. icarus*; Daniels et al. 2005, sowie *Lycaena tityrus* (Fischer & Fiedler 2001) und *Lycaena hippothoe* (Fischer & Fiedler 2002). Die Tests sollten nach standardisierten Verfahren durchgeführt werden, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Zur Ermittlung möglicher Effektschwellen sollten in Kurzzeittests mehrere Pollenkonzentrationen zur Anwendung kommen. In allen Tests sollten zudem mögliche Effekte auf spätere Entwicklungsstadien (Puppen, Falter) sowie die Folgegeneration mit berücksichtigt werden.

- Eine ausreichende Kontrolle der experimentellen Bedingungen, um die Versuchsergebnisse besser interpretieren zu können. Notwendig ist insbesondere die Bestimmung der Toxinkonzentration des Testmaterials. In Freilandexperimenten sollte zudem kontrolliert werden, zu welchen Anteilen sich Bt- und Nicht-Bt-Pollen auf den Wirtspflanzen befinden.
- Eine räumlich repräsentative Analyse der Toxinexpression in MON810-Pollen würde eine umfassende Risikoabschätzung erleichtern. Diese Bestimmung der Toxingehalte sollte ebenfalls auf Basis standardisierter Protokolle erfolgen.
- Ein Vergleich der Pollendeposition auf den Wirtspflanzen mit der auf technischen Pollensammlern basierenden Gesamtdeposition. Dabei sollten die zu testenden Wirtspflanzen ein weites Spektrum der Blattmorphologie (Oberflächenbeschaffenheit, Blattstellungen) abdecken. Notwendig wäre zudem die Berücksichtigung von größeren Pollenflugdistanzen.

In dieser Studie wurde aufgezeigt, unter welchen Umständen eine Schmetterlingspopulation durch Pollen von MON810 geschädigt werden kann. Die Ausführungen beziehen sich dabei auf eine räumlich eng begrenzte Skala, das heißt, auf eine Population, die in einer bestimmten Entfernung vom Maisfeld existiert. Möchte man das Risiko ermitteln, welches für die Gesamtpopulation einer Art in einem bestimmten Gebiet besteht, so erfordert dies eine räumliche Analyse der realen Teilpopulationen, potentiellen Arthabitate sowie der potentiellen Maisanbauflächen. Weiterhin sind neben der Phänologie auch andere Eigenschaften der betreffenden Art zu berücksichtigen, wie zum Beispiel die Ausbreitungsfähigkeit.

Eine solche umfassende Analyse wurde für den Monarchfalter, *Danaus plexippus*, durchgeführt (Sears et al. 2001). Die Ergebnisse dieser Risikoanalyse können jedoch nicht auf andere Arten in anderen Regionen übertragen werden, da sich sowohl die räumlichen Konstellationen zwischen Arthabitaten und Ackerbaugebieten als auch die Eigenschaften der Arten von Fall zu Fall unterscheiden. Gefährdete und von Natur aus seltene Arten sollten bei der Gesamtbewertung des Risikos eine besondere Beachtung finden, da solche Arten von vornherein ein erhöhtes Aussterberisiko aufweisen. Feldstudien zur Auswirkung von MON810-Pollen oder anderen Cry1Ab-haltigen Maispollen auf die Entwicklung von Schmetterlingspopulationen liegen bisher nicht vor. Bereits durchgeführte Messungen der Abundanz von Schmetterlingsraupen stellen nur eine Momentaufnahme dar und sind daher nicht geeignet, die Populationsentwicklung abzubilden. Die entsprechenden Studien weisen zudem methodische Mängel auf, die diesbezügliche belastbare Aussagen nicht zulassen.

## 6 Literatur

- Ackery, P. R. & Vane-Wright, R. I.** (1984) Milkweed butterflies. London: British Museum (Natural History).
- AGBIOS** (2008) <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&evidx=9>
- Als, T. D., Nash, D. R., & Boomsma, J. J.** (2002). Geographical variation in host ant specificity of the parasitic butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. *Ecological Entomology* 27, 403-414.
- Alvarez-Alfageme, F., Ferry, N., Castanera, P., Ortego, F., & Gatehouse, A. M. R.** (2008). Prey mediated effects of Bt maize on fitness and digestive physiology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Transgenic Research* 17, 943-954.
- Anderson, P. L., Hellmich, R. L., Sears, M. K., Sumerford, D. V., & Lewis, L. C.** (2004). Effects of Cry1Ab-expressing corn anthers on monarch butterfly larvae. *Environmental Entomology* 33, 1109-1115.
- Anderson, P. L., Hellmich, R. L., Prasifka, J. R., & Lewis, L. C.** (2005). Effects on fitness and behavior of monarch butterfly larvae exposed to a combination of Cry1Ab-expressing corn anthers and pollen. *Environmental Entomology* 34, 944-952.
- Anthes, N., Fartmann, T., Hermann, G., & Kaule, G.** (2004). Combining larval habitat quality and metapopulation structure – the key for successful management of pre-alpine *Euphydryas aurinia* colonies. *Journal of Insect Conservation* 7, 175-185.
- Anton, C., Musche, M., & Settele, J.** (2007). Spatial patterns of host exploitation in a larval parasitoid of the predatory dusky large blue *Maculinea nausithous*. *Basic and Applied Ecology* 8, 66-74.
- Anton, C., Musche, M., Hula, V., & Settele, J.** (2008). *Myrmica* host-ants limit the density of the ant-predatory large blue *Maculinea nausithous*. *Journal of Insect Conservation* 12, 511-517.
- Beismann, H. & Kuhlmann, M.** (2006). Raumrepräsentativität technischer Pollensammler für ein Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) pp. 1-201. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Betzholtz, P. E., Ehrig, A., Lindeborg, M., & Dinnetz, P.** (2007). Food plant density, patch isolation and vegetation height determine occurrence in a Swedish metapopulation of the marsh fritillary *Euphydryas aurinia* (Rottemburg, 1775) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Journal of Insect Conservation* 11, 343-350.
- Bink, F. A.** (1992). Ecologische Atlas van de Dagvlinders van Noordwest-Europa. Haarlem: Schuyt.
- Binzenhöfer, B. & Settele, J.** (2000). Vergleichende autökologische Untersuchungen an *Maculinea nausithous* (BERGSTR., [1779]) und *Maculinea teleius* (BERGSTR., [1779]) (Lep.: Lycaenidae) im nördlichen Steigerwald. *UFZ-Berichte* 2, 1-98.
- Boehm, M. T., Aylor, D. E., & Shields, E. J.** (2008). Maize pollen dispersal under convective conditions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 47, 291-307.
- Bravo, A., Gill, S. S., & Soberon, M.** (2007). Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon* 49, 423-435.
- Bulman, C. R., Wilson, R. J., Holt, A. R., Bravo, L. G., Early, R. I., Warren, M. S., & Thomas, C. D.** (2007). Minimum viable metapopulation size, extinction debt, and the conservation of a declining species. *Ecological Applications* 17, 1460-1473.
- Bundesamt für Naturschutz** (2008). Studie zur Exposition von Schutzgebieten durch gentechnisch veränderten Mais. (Veröffentlicht unter [http://www.bfn.de/0301\\_veroe.html#c22917](http://www.bfn.de/0301_veroe.html#c22917)).
- Daly, T. & Buntin, G. D.** (2005). Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for lepidopteran control on nontarget arthropods. *Environmental Entomology* 34, 1292-1301.
- Daniels, H., Gottsberger, G., & Fiedler, K.** (2005). Nutrient composition of larval nectar secretions from three species of myrmecophilous butterflies. *Journal of Chemical Ecology* 31, 2805-2821.
- Dennis, R. L. H. & Eales, H. T.** (1997). Patch occupancy in *Coenonympha tullia* (Müller, 1764) (Lepidoptera: Satyrinae): Habitat quality matters as much as patch size and isolation. *Journal of Insect Conservation* 87, 295-301.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M.** (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106.
- Dively, G. P., Rose, R., Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Calvin, D. D., Russo, J. M., & Anderson, P. L.** (2004). Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab-expressing corn during anthesis. *Environmental Entomology* 33, 1116-1125.
- Dutton, A., Romeis, J., & Bigler, F.** (2005). Effects of Bt maize expressing Cry1Ab and Bt spray on *Spodoptera littoralis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114, 161-169.
- Ebert, G. & Rennwald, E.** (1991a). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 1: Tagfalter I. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G. & Rennwald, E.** (1991b). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 2: Tagfalter II. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (1994a). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 3: Nachtfalter I. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (1994b). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 4: Nachtfalter II. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

- Ebert, G.** (1997a). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 5: Nachtfalter III. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (1997b). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 6: Nachtfalter IV. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (1998). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 7: Nachtfalter V. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (2001). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 8: Nachtfalter VI. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Ebert, G.** (2003). Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 9: Nachtfalter VII. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- EC** (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment Part II, European Commission Joint Research Centre, EUR 20418 EN/2.
- Elmes, G. W., Akino, T., Thomas, J. A., Clarke, R. T., & Knapp, J. J.** (2002). Interspecific differences in cuticular hydrocarbon profiles of *Myrmica* ants are sufficiently consistent to explain host specificity by *Maculinea* (large blue) butterflies. *Oecologia* 130, 525-535.
- Emberlin, J.** (1999). A report on the dispersal of maize pollen. Soil Association (<http://www.soilassociation.org>).
- Fearing, P. L., Brown, D., Vlachos, D., Meghji, M., & Privalle, L.** (1997). Quantitative analysis of CryIA(b) expression in Bt maize plants, tissues, and silage and stability of expression over successive generations. *Molecular Breeding* 3, 169-176.
- Felke, M., Lorenz, N., & Langenbruch, G. A.** (2002). Laboratory studies on the effects of pollen from Bt-maize on larvae of some butterfly species. *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 126, 320-325.
- Felke, M. & Langenbruch, G. A.** (2005). Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven pp. 1-143. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Fent, K.** (2007). Ökotoxikologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Fiedler, K.** (1998). Lycaenid-ant interactions of the *Maculinea* type: tracing their historical roots in a comparative framework. *Journal of Insect Conservation* 2, 3-14.
- Figurny, E. & Woyciechowski, M.** (1998). Flowerhead selection for oviposition by females of the sympatric butterfly species *Maculinea teleius* and *M. nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Entomologia generalis* 23, 215-222.
- Fischer, K. & Fiedler, K.** (2001). Sexual differences in life-history traits in the butterfly *Lycaena tityrus*: a comparison between direct and diapause development. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100, 325-330.
- Fischer, K. & Fiedler, K.** (2002) Life-history plasticity in the butterfly *Lycaena hippothoe*: local adaptations and trade-offs. *Biological Journal of the Linnean Society* 75, 173-185.
- Freese, A., Benes, J., Bolz, R., Cizek, O., Dolek, M., Geyer, A., Gros, P., Konvicka, M., Liegl, A., & Stettmer, C.** (2006). Habitat use of the endangered butterfly *Euphydryas maturna* and forestry in Central Europe. *Animal Conservation* 9, 388-397.
- Fric, Z., Wahlberg, N., Pech, P., & Zrzavy, J.** (2007). Phylogeny and classification of the *Phengaris-Maculinea* clade (Lepidoptera: Lycaenidae): total evidence and phylogenetic species concepts. *Systematic Entomology* 32, 558-567.
- Gathmann, A., Wirooks, L., Hothorn, L. A., Bartsch, D., & Schuphan, I.** (2006). Impact of Bt maize pollen (MON810) on lepidopteran larvae living on accompanying weeds. *Molecular Ecology* 15, 2677-2685.
- Geißler-Strobel, S.** (2000). Autökologische Untersuchungen zu *Glaucopsyche (Maculinea) nausithous* (BERGSTRÄSSER, [1779]) (Lep.: Lycaenidae) im Filderraum bei Stuttgart. UFZ-Berichte 1, 1-72.
- Glinka, U., Richter, A., Graul, M., & Schellhammer, L.** (2004). Aktuelle Vorkommen der Wiesenknopf-Ameisenbläulinge *Maculinea nausithous* (Bergsträsser, 1779) und *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) im Leipziger Raum. *Entomologische Nachrichten und Berichte* 48, 219-224.
- Grill, A., Cleary, D. F. R., Stettmer, C., Brau, M., & Settele, J.** (2008). A mowing experiment to evaluate the influence of management on the activity of host ants of *Maculinea* butterflies. *Journal of Insect Conservation* 12, 617-627.
- Hanley, A. V., Huang, Z. Y., & Pett, W. L.** (2003). Effects of dietary transgenic Bt corn pollen on larvae of *Apis mellifera* and *Galleria melonella*. *Journal of Apicultural Research* 42, 77-81.
- Hanski, I. & Gilpin, M. E.** (1997). Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution. Toronto: Academic Press.
- Harwood, J. D., Wallin, W. G., & Obrycki, J. J.** (2005). Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology* 14, 2815-2823.
- Harwood, J. D., Samson, R. A., & Obrycki, J. J.** (2007). Temporal detection of Cry1Ab-endotoxins in coccinellid predators from fields of *Bacillus thuringiensis* corn. *Bulletin of Entomological Research* 97, 643-648.

- Hellmich, R. L., Siegfried, B. D., Sears, M. K., Stanley-Horn, D. E., Daniels, M. J., Mattila, H. R., Spencer, T., Bidne, K. G., & Lewis, L. C. (2001). Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis*-purified proteins and pollen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11925-11930.
- Hilbeck, A. & Schmidt, J. E. E. (2006). Another view on Bt Proteins - How specific are they and what else might they do? *Biopesticides International* 2, 1-50.
- Hofmann, F. (2007). Kurzgutachten zur Abschätzung der Maispollendeposition in Relation zur Entfernung von Maispollenquellen mittels technischem Pollensammler PMF Auftraggeber: Bundesamt für Naturschutz BfN.
- Hovestadt, T. & Nowicki, P. (2008). Investigating movement within irregularly shaped patches: Analysis of mark-release-recapture data using randomization procedures. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 54, 137-154.
- Höfte, H. & Whiteley, H. R. (1989). Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological Reviews* 53, 242-255.
- Hubert, J., Kudlikova-Krizkova, I., & Stejskal, V. (2008). Effect of MON 810 Bt transgenic maize diet on stored-product moths (Lepidoptera : Pyralidae). *Crop Protection* 27, 489-496.
- Jesse, L. C. H. & Obrycki, J. J. (2000). Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125, 241-248.
- Jesse, L. C. H. & Obrycki, J. J. (2002). Assessment of the non-target effects of transgenic Bt corn pollen and anthers on the milkweed tiger moth, *Euchatias egle* Drury (Lepidoptera: Arctiidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 75, 55-58.
- Jesse, L.C.H. & Obrycki, J.J. (2003). Occurrence of *Danaus plexippus* L. (Lepidoptera: Danaidae) on milkweeds (*Asclepias syriaca*) in transgenic Bt corn agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97, 225-233.
- Johst, K., Drechsler, M., Thomas, J., & Settele, J. (2006). Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species. *Journal of Applied Ecology* 43, 333-342.
- Kaplinsky, N., Braun, D., Lisch, D., Hay, A., Hake, S., & Freeling, M. (2002). Biodiversity (communications arising): Maize transgene results in Mexico are artefacts. *Nature* 416, 601.
- Konvicka, M., Cizek, O., Filipova, L., Fric, Z., Benes, J., Krupka, M., Zamecnik, J., & Dockalova, Z. (2005). For whom the bells toll: Demography of the last population of the butterfly *Euphydryas maturna* in the Czech Republic. *Biologia* 60, 551-557.
- Landesumweltamt Brandenburg (2008). Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007 pp. 1-30. Landesumweltamt Brandenburg.
- Lang, A., Ludy, C., & Vojtech, E. (2004). Dispersion and deposition of Bt maize pollen in field margins. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection* 111, 417-428.
- Lang, A. & Vojtech, E. (2006). The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic and Applied Ecology* 7, 296-306.
- Lang, A., Lauber, E. & Darvas, B. (2007). Early-tier tests insufficient for GMO risk assessment. *Nature Biotechnology* 25, 35-36.
- Lorch, A. & Then, C. (2007). How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce? Bt concentration in field plants from Germany and Spain. *Greenpeace e.V.*, (<http://www.greenpeace.de/publikationen/>)
- Loritz, H. & Settele, J. (2002). Der Große Feuerfalter (*Lycaena dispar*, Haworth 1803) im Queichtal bei Landau in der Pfalz: Wirtspflanzenwahl und Eiablagemuster. *Mitt. POLICHA* 89, 309-321.
- Losey, J. E., Rayor, L. S., & Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, 214.
- Lövei, G. L. & Arpaia, S. (2005). The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114, 1-14.
- Marvier, M., McCreedy, C., Regetz, J., & Kareiva, P. (2007). A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science* 316, 1475-1477.
- Menzel, G., Lünsmann, I., Middelhoff, U., Breckling, B., Schmidt, G., Tillmann, J., Windhorst, W., Schröder, W., Filser, J., & Reuter, H. (2005). Gentechnisch veränderte Pflanzen und Schutzgebiete – Wirksamkeit von Abstandsregelungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 10, 1-164.
- Metz, M. & Futterer, J. (2002). Biodiversity (communications arising) - Suspect evidence of transgenic contamination. *Nature* 416, 600-601.
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2008). Anbau von Bt-Mais und Schutzgebiete - Anforderungen an Sicherheitsabstände und Erforderlichkeit von Verträglichkeitsprüfungen. Runderlass vom 21.03.2008.
- Musche, M., Anton, C., Worgan, A., & Settele, J. (2006). No experimental evidence for host ant related oviposition in a parasitic butterfly. *Journal of Insect Behavior* 19, 631-643.
- Nguyen, H. T. & Jehle, J. A. (2007). Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize Mon810. *Journal of Plant Diseases and Protection* 114, 82-87.

- Nicholls, C. N. & Pullin, A. S.** (2003). The effects of flooding on survivorship in overwintering larvae of the large copper butterfly *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae), and its possible implications for restoration management. *European Journal of Entomology* 100, 65-72.
- Nowicki, P., Witek, M., Skorka, P., Settele, J., & Woyciechowski, M.** (2005). Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous* and the implications for conservation. *Population Ecology* 47, 193-202.
- Nowicki, P., Pepkowska, A., Kudlek, J., Skorka, P., Witek, M., Settele, J., & Woyciechowski, M.** (2007). From metapopulation theory to conservation recommendations: Lessons from spatial occurrence and abundance patterns of *Maculinea* butterflies. *Biological Conservation* 140, 119-129.
- Oberhauser, K. S., Prysby, M. D., Mattila, H. R., Stanley-Horn, D. E., Sears, M. K., Dively, G., Olson, E., Pleasants, J. M., Lam, W. K. F., & Hellmich, R. L.** (2001). Temporal and spatial overlap between monarch larvae and corn pollen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11913-11918.
- Obrist, L. B., Dutton, A., Albajes, R., & Bigler, F.** (2006a). Exposure of arthropod predators to Cry1Ab toxin in Bt maize fields. *Ecological Entomology* 31, 143-154.
- Obrist, L. B., Dutton, A., Romeis, J., & Bigler, F.** (2006b). Biological activity of Cry1Ab toxin expressed by Bt maize following ingestion by herbivorous arthropods and exposure of the predator *Chrysoperla carnea*. *Biocontrol* 51, 31-48.
- Ortiz-Garcia, S., Ezcurra, E. et al.** (2005). Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003-2004). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 12338-12343.
- Parenti, U.** (2000). *A Guide to the Microlepidoptera of Europe*. Stenstrup: Apollo Books.
- Pineyro-Nelson, A., Van Heerwaarden, J., Perales, H. R., Serratos-Hernandez, J. A., Rangel, A., Hufford, M. B., Gepts, P., Garay-Arroyo, A., Rivera-Bustamante, R., & Alvarez-Buylla, E. R.** (2009). Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology* 18, 750-761.
- Petrakis, P. V. & Legakis, A.** (2005). Insect migration and dispersal with emphasis on Mediterranean ecosystems, *Migration of Organisms*, edited by A. M. T. Elewa, Berlin-Heidelberg: Springer.
- Pleasants, J. M., Hellmich, R. L., Dively, G. P., Sears, M. K., Stanley-Horn, D. E., Mattila, H. R., Foster, J. E., Clark, P., & Jones, G. D.** (2001). Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11919-11924.
- Quist, D. & Chapela, I. H.** (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414, 541-543.
- Razowski, J.** (2002). *Tortricidae of Europe*. Bratislava: František Slamka.
- Raynor, G. S., Ogden, E. C., & Hayes, J. V.** (1972). Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. *Agronomy Journal* 64, 420-427.
- Reinhardt, R.** (2007). *Rote Liste Tagfalter - Freistaat Sachsen*. Freiberg.
- Reinhardt, R., Sbieschne, H., Settele, J., Fischer, U. & Fiedler, G.** (2007). Tagfalter von Sachsen. In: Klausnitzer, B. & Reinhardt, R. (Ed.) *Beiträge zur Insektenfauna Sachsens Band 6.- Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 11*, 696 Seiten. Dresden.
- Romeis, J., Meissle, M., & Bigler, F.** (2006). Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnology* 24, 63-71.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen** (2008). *Umweltgutachten 2008*. (<http://www.umweltrat.de/>)
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft** (2007). *Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in oder in der Nähe von NATURA 2000-Gebieten*. Erlass vom 09.03.2007.
- Schiller, R. & Graul, M.** (2000). *Euphydryas maturna* (LINNAEUS, 1758) in der Region Leipzig - Ein Zwischenbericht. *UFZ-Berichte* 2, 99-102.
- Schtickzelle, N., Choutt, J., Goffart, P., Fichet, V., & Baguette, M.** (2005). Metapopulation dynamics and conservation of the marsh fritillary butterfly: Population viability analysis and management options for a critically endangered species in Western Europe. *Biological Conservation* 126, 569-581.
- Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila, H. R., Siegfried, B. D., & Dively, G. P.** (2001). Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11937-11942.
- Seifert, B.** (2007). *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. Görlitz/Tauer: Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft.
- Settele, J., Feldmann, R., & Reinhardt, R.** (2000). *Die Tagfalter Deutschlands*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Settele, J., Steiner, R., Reinhardt, R., & Feldmann, R.** (2005). *Schmetterlinge. Die Tagfalter Deutschlands*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Shirai, Y. & Takahashi, M.** (2005). Effects of transgenic Bt corn pollen on a non-target lycaenid butterfly, *Pseudozizeeria maha*. *Applied Entomology and Zoology* 40, 151-159.

- Singer, M.C., & Parmesan, C.** (1993). Sources of variations in patterns of plant-insect association. *Nature* 361, 251-253.
- Skorka, P., Settele, J., & Woyciechowski, M.** (2007). Effects of management cessation on grassland butterflies in southern Poland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 121, 319-324.
- Speidel, W.** (1984). Revision der Acentropinae des palaearktischen Faunengebietes (Lepidoptera: Crambidae). *Neue Entomologische Nachrichten* 12, 1-157.
- Ssymank, A., Hauke, U., Rückriem, C., & Schröder, E.** (1998). Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 53.
- Stankiewicz, A. & Sielezniew, M.** (2002). Host specificity of *Maculinea teleius* Bgstr. and *M. nausithous* Bgstr. (Lepidoptera: Lycaenidae) the new insight. *Annales Zoologici* 52, 403-408.
- Stanley-Horn, D. E., Dively, G. P., Hellmich, R. L., Mattila, H. R., Sears, M. K., Rose, R., Jesse, L. C. H., Losey, J. E., Obrycki, J. J., & Lewis, L.** (2001). Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11931-11936.
- Stark, J. D. & Banks, J. E.** (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48, 505-519.
- Tartally, A., Rakosy, L., Vizauer, T. C., Goia, M., & Varga, Z.** (2008). *Maculinea nausithous* exploits *Myrmica scabrinodis* in Transylvania: Unusual host ant species of a myrmecophilous butterfly in an isolated region (Lepidoptera: Lycaenidae; Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 51, 373-380.
- Thomas, J. A. & Elmes, G. W.** (1993). Specialized searching and the hostile use of allomones by a parasitoid whose host, the butterfly *Maculinea rebeli*, inhabits ant nests. *Animal Behaviour* 45, 593-602.
- Thomas, J. A.** (1995). The ecology and conservation of *Maculinea arion* and other European species of large blue butterflies, *Ecology and conservation of butterflies*, Chapman & Hall.
- Thomas, J. A., Elmes, G. W., & Wardlaw, J. C.** (1998). Polymorphic growth in larvae of the butterfly *Maculinea rebeli*, a social parasite of *Myrmica* ant colonies. *Proceedings of the Royal Society London* 265, 1895-1901.
- Thomas, J. A. & Settele, J.** (2004). Evolutionary biology - Butterfly mimics of ants. *Nature* 432, 283-284.
- VDI** (2007). VDI-Richtlinie 4330 Blatt 3 (2007): Monitoring der Wirkung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) - Pollenmonitoring - Technische Pollensammlung mit Pollenmassenfilter PMF und Sigma-2-Sammler. VDI-Handbuch Biotechnologie, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Berlin: Beuth-Verlag.
- Wahlberg, N., Klemetti, T., Selonen, V., & Hanski, I.** (2002). Metapopulation structure and movements in five species of checkerspot butterflies. *Oecologia* 130, 33-43.
- Webb, M. R. & Pullin, A. S.** (1996). Larval survival in populations of the large copper butterfly *Lycaena dispar batavus*. *Ecography* 19, 279-286.
- Weidemann, H. J.** (1995). Tagfalter beobachten, bestimmen. Augsburg: Naturbuchverlag.
- Witek, M., Sliwinska, E. B., Skorka, P., Nowicki, P., Settele, J., & Woyciechowski, M.** (2006). Polymorphic growth in larvae of *Maculinea* butterflies, as an example of biennialism in myrmecophilous insects. *Oecologia* 148, 729-733.
- Wolfenbarger, L. L., Naranjo, S. E., Lundgren, J. G., Bitzer, R. J., & Watrud, L. S.** (2008). Bt crop effects on functional guilds of non-target arthropods: a meta-analysis. *Plos One* 3, 1-11.
- Wright, C. L., Zangerl, A. R., Carroll, M. J., & Berenbaum, M. R.** (2000). Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97, 7700-7703.
- Zangerl, A. R., McKenna, D., Wright, C. L., Carroll, M., Ficarello, P., Warner, R., & Berenbaum, M. R.** (2001). Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 11908-11912.
- Zscheischler, J., Estler, M. C., Staudacher, W., Groß, F., Burgstaller, G., Streyl, H., & Rechmann, T.** (1990). *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung.* Frankfurt (Main): DLG-Verlag.

Tabelle 1

**Tabelle 1** Labor- und Freilandexperimente zum Einfluss Cry1Ab-haltiger Maispollen und Antheren auf verschiedene Lepidopterenarten. Dargestellt werden die transgene Maislinie, Schmetterlingsart, Art des Versuchs, Art des Effekts, betroffene Fitnessparameter, LD50/LC50/EC50-Werte, die Bandbreite untersuchter Pollenmengen oder -konzentrationen sowie die minimalen Pollendosen oder -konzentrationen, bei denen ein negativer Effekt festgestellt wurde. Aufgrund unterschiedlicher experimenteller Herangehensweisen beziehen sich die Werte sowohl auf absolute Pollendosen als auch Pollendichten. In einem Fall wurde die Pollenmenge in (g) ausgedrückt (Hanley et al. 2003).

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositions-dauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
Bt176	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	<12h, 12-36h	48h	negativ kein Effekt kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Überlebensrate Entwicklungszeit Puppengewicht adultes Gewicht Länge Vorderflügel Lipidgehalt Raupen		14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup>	135 Pollen/cm <sup>2</sup>	1,6		Jesse & Obrycki (2000)
Bt176	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	48h	negativ negativ	Mortalität Raupengewicht	1,7-5,7 Pollen bzw. 7-30 Pollen/cm <sup>2</sup>	5-130 Pollen/cm <sup>2</sup> 5-130 Pollen/cm <sup>2</sup>	11-20 Pollen/cm <sup>2</sup> 5-10 Pollen/cm <sup>2</sup>	k.A.		Hellmich et al. 2001
Bt176	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	5 Tage	negativ negativ	Mortalität Raupengewicht		8,2-161,2 Pollen/cm <sup>2</sup> 8,2-161,2 Pollen/cm <sup>2</sup>	67 Pollen/cm <sup>2</sup> 22 Pollen/cm <sup>2</sup>	k.A.		Stanley-Horn et al. 2001
Bt176	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	6 Tage	kein Effekt	Mortalität		bis 260 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.	Regen, Prädation	Zangerl et al. 2001
Bt176	<i>Euchatias egle</i>	Labor	L1-L2	48h	Kein Effekt	Mortalität		1300 Pollen/cm <sup>2</sup>		1,6		Jesse & Obrycki 2002
Bt176	<i>Papilio machaon</i>	Labor	L1	48h	negativ negativ negativ negativ negativ Effekt gering Effekt gering kein Effekt kein Effekt	Mortalität Raupengewicht Entwicklungsdauer Wachstumsrate Gewicht ♀ Flügelänge ♂ Puppengewicht Dauer Puppenphase Gewicht ♂ Flügelänge ♀	13,72 Pollen	18,78-430,14 Pollen/cm <sup>2</sup> 18,78-430,14 Pollen/cm <sup>2</sup>	18,78 Pollen/cm <sup>2</sup> 39,34 Pollen/cm <sup>2</sup> 18,78 Pollen/cm <sup>2</sup>	2,59±0,40		Lang & Vojtech (2006)

Tabelle 1

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositions-dauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
Bt176	<i>Papilio polyxenes</i>	Labor	L1	72h	negativ	Mortalität		10000 Pollen/cm <sup>2</sup>		0,0905± 0,0026		Wraight et al. (2000)
Bt176	<i>Papilio polyxenes</i>	Feld	L1	5 Tage	negativ kein Effekt	Raupengewicht Mortalität		bis 320 Pollen/cm <sup>2</sup> bis 320 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.	Regen	Zangerl et al. 2001
		Labor	L1	48h	negativ	Mortalität	613 Pollen/cm <sup>2</sup>	0-10000 Pollen/cm <sup>2</sup>	100 Pollen/cm <sup>2</sup>			
Bt176	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Labor	L2	48h	negativ Kein Effekt	Mortalität Gewichtszunahme	32,43 Pollen	0-160 Pollen 0-160 Pollen	20 Pollen	k.A.		Felke & Langenbruch 2005
Bt176	<i>Plutella xylostella</i>	Labor	L4	48h	negativ negativ	Mortalität Fraßaktivität	7,77 Pollen	0-16 Pollen 0-16 Pollen	4 Pollen 2 Pollen	k.A.	Frischer Pollen	Felke & Langenbruch 2005
Bt176	<i>Agrotis segetum</i>	Labor	L1, L2	48h	kein Effekt	Mortalität	>542 Pollen	542 Pollen		k.A.	Versuchsdauer: 1 Woche	Felke & Langenbruch 2005
					negativ	Gewichtszunahme		542 Pollen	542 Pollen		Frischer Pollen	
Bt176	<i>Inachis io</i>	Labor	L1	48h	negativ negativ	Mortalität Gewichtszunahme	36,67 Pollen	0-80 Pollen 0-80 Pollen	40 Pollen 10 Pollen	k.A.		Felke & Langenbruch 2005
			L2	48h	negativ negativ	Mortalität Gewichtszunahme	61,4 Pollen	0-320 Pollen 0-320 Pollen	40 Pollen 10 Pollen			
			L4	48h	kein Effekt negativ	Mortalität Gewichtszunahme	>80 Pollen	0-80 Pollen 0-80 Pollen	40 Pollen			
Bt176	<i>Aglais urticae</i>	Labor	L1	48h	negativ	Mortalität	32,04 Pollen	0-80 Pollen	10 Pollen	k.A.	Versuchsdauer: 1 Woche	Felke & Langenbruch 2005
					negativ	Raupengewicht		0-80 Pollen	40 Pollen			
Bt176	<i>Plutella xylostella</i>	Labor	L4		negativ negativ negativ	Mortalität Fraßaktivität Gewichtszunahme	19,2 Pollen bzw. 272 Pollen/cm <sup>2</sup>	0-80 0-80 0-80	<20	k.A.	z.T. fehlende Teststatistik, gefrorener Pollen	Felke & Langenbruch 2002
Bt176	<i>Plutella xylostella</i>	Labor	L4	24h	negativ negativ kein Effekt kein Effekt	Mortalität Entwicklungszeit Raupengewicht Puppengewicht		4 Pollen 4 Pollen 4 Pollen 4 Pollen	4 Pollen 4 Pollen	k.A.		Felke & Langenbruch 2005

Tabelle 1

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositionsdauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
					negativ	Fraßaktivität		4 Pollen	4 Pollen			
<b>Bt176</b>	<i>Plutella xylostella</i>	Labor	L4	96h	negativ negativ negativ Effekt undeutlich Effekt undeutlich	Mortalität Entwicklungszeit Fraßaktivität Raupengewicht Puppengewicht		4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen	4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen 4x 5-6 Pollen	k.A.	Wiederholte Verabreichung geringer Dosen	Felke & Langenbruch 2005
<b>Bt176</b>	<i>Inachis io</i>	Labor	L1, L2	96h	kein Effekt negativ kein Effekt	Mortalität Gewichtszunahme Entwicklungszeit		4x 10 Pollen 4x 10 Pollen 4x 10 Pollen	4x 10 Pollen	k.A.	Wiederholte Verabreichung geringer Dosen	Felke & Langenbruch 2005
<b>Bt176</b>	<i>Inachis io</i>	Freiland	L1	14 Tage	kein Effekt	Mortalität Raupengewicht				k.A.	Methodische Schwierigkeiten	Felke & Langenbruch 2005
<b>Bt176</b>	<i>Pieris rapae</i>	Freiland	L1	14 Tage		Mortalität Raupengewicht				k.A.	Methodische Schwierigkeiten	Felke & Langenbruch 2005
<b>Bt176</b>	<i>Pieris brassicae</i>	Labor	L2	48h	negativ negativ negativ	Mortalität Fraßaktivität Gewichtszunahme	139,2 Pollen bzw. 1969 Pollen/cm <sup>2</sup>	0- >120 Pollen 0- >120 Pollen	81-100 Pollen	k.A.	z.T. fehlende Teststatistik	Felke & Langenbruch 2002
<b>Bt176</b>	<i>Pieris rapae</i>	Labor	L2		negativ negativ negativ	Mortalität Fraßaktivität Gewichtszunahme	39 Pollen bzw. 552 Pollen/cm <sup>2</sup>	0- >60 Pollen 0- >60 Pollen 0- >60 Pollen	11-20 Pollen	k.A.	z.T. fehlende Teststatistik	Felke & Langenbruch 2002
<b>Bt176</b>	<i>Pseudozizia maha</i>	Labor	L1	6 Tage	negativ	Überlebensrate		10-100 Pollen/cm <sup>2</sup>	20 Pollen/cm <sup>2</sup>	29,3±5,7		Shirai & Takahashi 2005
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	<12h alt 12-36h alt	48h 48h	negativ negativ	Mortalität Mortalität		14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup> 14-1300 Pollen/cm <sup>2</sup>	135 Pollen/cm <sup>2</sup> 135 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,39	kein Effekt bei 1300 Pollen/cm <sup>2</sup>	Jesse & Obrycki (2000)
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	48h	kein Effekt	Mortalität		150-4000 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.		Hellmich et al. 2001

Tabelle 1

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositionsdauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
			L1	96h 96h	kein Effekt negativ	Raupengewicht Raupengewicht		150-4000 Pollen/cm <sup>2</sup> 900 Pollen/cm <sup>2</sup> +Antheren 1500 Pollen/cm <sup>2</sup>	900 Pollen/cm <sup>2</sup> +Antheren			
			L1	5 Tage	kein Effekt	Raupengewicht						
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1/ L3	4/5 Tage	kein Effekt kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Mortalität Raupengewicht Fraßaktivität Entwicklungszeit Flügelänge		55-586 Pollen/cm <sup>2</sup> 55-586 Pollen/cm <sup>2</sup> 55-586 Pollen/cm <sup>2</sup> 55-586 Pollen/cm <sup>2</sup> 55-586 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.		Stanley-Horn et al. 2001
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	L1-L5	negativ negativ negativ negativ kein Effekt	Mortalität Fraßaktivität Raupengewicht Entwicklungszeit Puppengewicht		0,9 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup>	0,9 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,9 Antheren/cm <sup>2</sup>	k.A.		Anderson et al. 2004
			L3	L3-L5	negativ kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Gewichtszunahme Entwicklungszeit Puppengewicht adultes gewicht		0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,3-1,2 Antheren/cm <sup>2</sup>	1,2 Antheren/cm <sup>2</sup>			
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	11 Tage	kein Effekt  kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Mortalität  Raupengewicht Entwicklungszeit Puppengewicht		0,1 Antheren/cm <sup>2</sup>  0,1 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,1 Antheren/cm <sup>2</sup> 0,1 Antheren/cm <sup>2</sup>		k.A.	0,1 Antheren/cm <sup>2</sup> =5 Antheren/ Blatt	Anderson et al. 2004
<b>Bt11</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	L1 bis Adult	negativ  negativ negativ/kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Mortalität  Entwicklungszeit Puppengewicht adultes Gewicht Flügelänge		155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> + 1,1 Antheren/ Blatt  155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> + 1,1 Antheren/ Blatt 155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> + 1,1 Antheren/ Blatt 155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> + 1,1 Antheren/ Blatt	155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> plus 1,1 Antheren/ Blatt  155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> plus 1,1 Antheren/ Blatt 155-173 Pollen/cm <sup>2</sup> plus 1,1 Antheren/ Blatt	k.A.	Start 3-4 oder 6-7 Tage nach Beginn der Pollebschütte; Antherenkonzentration/cm <sup>2</sup> fehlt  negativ in der Variante 3-4 Tage	Dively et al. 2004

Tabelle 1

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositionsdauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
Bt11	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	11 Tage	negativ	Entwicklungszeit		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>	0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>	k.A.	auf <i>Asclepias curassavica</i>	Anderson et al. 2005
					negativ	Entwicklungszeit		228 Pollen/cm <sup>2</sup>	228 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. curassavica</i>		
					negativ	Raupengewicht		228 Pollen/cm <sup>2</sup>	228 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. curassavica</i>		
					negativ	Entwicklungszeit		0,6 Antheren+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 Antheren+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. curassavica</i>		
					negativ	Raupengewicht		0,6 A.+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 A.+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. curassavica</i>		
					negativ	Mortalität		0,6 A.+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 A.+228 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. curassavica</i>		
					kein Effekt	Mortalität		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>		auf <i>Asclepias syriaca</i>		
					kein Effekt	Entwicklungszeit		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>		<i>A. syriaca</i>		
					kein Effekt	Puppengewicht		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>		<i>A. syriaca</i>		
					negativ	Entwicklungszeit		202 Pollen/cm <sup>2</sup>	202 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. syriaca</i>		
kein Effekt	Mortalität		202 Pollen/cm <sup>2</sup>		<i>A. syriaca</i>							
negativ	Entwicklungszeit		0,6 Antheren+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 Antheren+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. syriaca</i>							
negativ	Puppengewicht		0,6 A.+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 A.+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. syriaca</i>							
kein Effekt	Mortalität		0,6 A.+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	0,6 A.+202 Pollen/cm <sup>2</sup>	<i>A. syriaca</i>							
Bt11	<i>Euchatias egle</i>	Labor	L1-L2	48h	kein Effekt	Mortalität		1300 Pollen/cm <sup>2</sup>		0,39	Mögliche Kontamination mit Antheren	Jesse & Obrycki 2002
Bt11	<i>Galleria mellonella</i>	Labor		9 Tage	kein Effekt	Mortalität		2,5g Pollen		k.A.	Keine Angabe des Raupenstadiums	Hanley et al. 2003
MON810	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	4 Tage	kein Effekt	Fraßaktivität		171 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.	0,6 Antheren/cm <sup>2</sup> = 30 Antheren/Blatt	Anderson et al. 2005
					kein Effekt	Fraßaktivität		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>				
					negativ	Fraßaktivität		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>	171 Pollen/cm <sup>2</sup> +0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>			
					kein Effekt	Raupengewicht		171 Pollen/cm <sup>2</sup>				
					kein Effekt	Raupengewicht		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>				
					kein Effekt	Raupengewicht		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>				
				kein Effekt	Puppengewicht		171 Pollen/cm <sup>2</sup>					
				kein Effekt	Puppengewicht		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>					
				kein Effekt	Puppengewicht		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>					
				kein Effekt	Entwicklungszeit		171 Pollen/cm <sup>2</sup>					
				kein Effekt	Entwicklungszeit		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>					
				kein Effekt	Entwicklungszeit		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>					
				10 Tage	negativ	Mortalität		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>	171 Pollen+0,6 A./cm <sup>2</sup>			
kein Effekt	Raupengewicht		171 Pollen/cm <sup>2</sup>									
kein Effekt	Raupengewicht		0,6 Antheren/cm <sup>2</sup>									

Tabelle 1

Maislinie	Art	Feld-/Laborversuch	Larvalstadium oder -alter	Expositions-dauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.-zahl bzw. Antherendichte oder A.-zahl	Toxinkonzentration µg/g Frischgewicht	Erläuterungen	Referenz
					kein Effekt kein Effekt kein Effekt kein Effekt kein Effekt kein Effekt	Raupengewicht Puppengewicht Puppengewicht Puppengewicht Entwicklungszeit Entwicklungszeit Entwicklungszeit		171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup> 171 Pollen/cm <sup>2</sup> 0,6 Antheren/cm <sup>2</sup> 171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup> 171 Pollen/cm <sup>2</sup> 0,6 Antheren/cm <sup>2</sup> 171 P./cm <sup>2</sup> +0,6 A./cm <sup>2</sup>				
<b>MON810</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Labor	L1	48h 96h	kein Effekt negativ	Mortalität Raupengewicht		100- >1600 Pollen/cm <sup>2</sup> 100- >1600 Pollen/cm <sup>2</sup>	>1000 Pollen/cm <sup>2</sup>	k.A.		Hellmich et al. 2001
<b>MON810</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	5 Tage	kein Effekt kein Effekt	Mortalität Wachstumsrate		127 Pollen/cm <sup>2</sup> 127 Pollen/cm <sup>2</sup>				Stanley-Horn et al. 2001
<b>MON810</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	14-22 Tage	kein Effekt	Mortalität		bis 26 Pollen/cm <sup>2</sup>				Stanley-Horn et al. 2001
<b>MON810</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	Alle Stadien	gesamte Pollenschütte	kein Effekt	Abundanz der Raupen		6-72 Pollen /cm <sup>2</sup> + Antheren		k.A.	Mindestens 1 Anthere pro Pflanze	Jesse & Obrycki 2003
<b>MON810</b>	<i>Danaus plexippus</i>	Feld	L1	L1-Adult	negativ negativ kein Effekt kein Effekt kein Effekt negativ kein Effekt negativ negativ kein Effekt	Mortalität Entwicklungszeit Puppengewicht Adultes Gewicht Flügelänge Mortalität Entwicklungszeit Puppengewicht Adultes Gewicht Flügelänge		174 Pollen/cm <sup>2</sup> +1,8 Antheren/ Blatt 174 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 174 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 174 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 158 Pollen/cm <sup>2</sup> +1,8 Antheren/ Blatt 158 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt	174 Pollen/cm <sup>2</sup> +1,8 Antheren/ Blatt 174 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 174 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 158 Pollen/cm <sup>2</sup> +1,8 Antheren/ Blatt 158 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 158 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt 158 P./cm <sup>2</sup> +1,8 A./ Blatt	k.A.	Start 3-4 Tage nach Beginn der Pollenschütte ... 3-4 Tage ... ... 3-4 Tage ... ... 3-4 Tage ... ... 3-4 Tage ... Start 6-7 Tage nach Beginn der Pollenschütte ... 6-7 Tage ... ... 6-7 Tage ... ... 6-7 Tage ... ... 6-7 Tage ...	Dively et al. 2004
<b>MON810</b>	<i>Papilio polyxenes</i>	Feld	L1	7 Tage	kein Effekt kein Effekt	Mortalität Raupengewicht		bis 200 Pollen/cm <sup>2</sup> bis 200 Pollen/cm <sup>2</sup>		0,0021± 0,0003		Wraight et al. 2000

Tabelle 1

Mais- linie	Art	Feld-/ Labor- versuch	Larval- stadium oder - alter	Exposi- tions- dauer	Effekt	Fitnessparameter	LD50 LC50 EC50	Pollendichte oder Pollenzahl bzw. Antherendichte oder Antherenzahl	Minimale kritische Pollendichte oder P.- zahl bzw. Antheren- dichte oder A.-zahl	Toxinkonzen- tration µg/g Frisch- gewicht	Erläuterungen	Referenz
<b>MON810</b>	<i>Papilio polyxenes</i>	Labor	L1	3 Tage	kein Effekt	Mortalität		1-10000 Pollen/cm <sup>2</sup>		0,0021± 0,0003		Wraight et al. 2000
<b>MON810</b>	<i>Plutella xylostella</i>	Labor	L4	24-48	kein Effekt kein Effekt negativ negativ	Mortalität Fraßaktivität Mortalität Fraßaktivität		80 Pollen 80 Pollen Antheren Antheren		k.A. k.A. (Antheren) k.A. (Antheren)		Felke & Langen- bruch 2005
<b>MON810</b>	<i>Pieris rapae</i>	Feld	alle Stadien	10-14 Tage	kein Effekt	Abundanz der Raupen		100-894 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.		Gathmann et al. 2006
<b>MON810</b>	<i>Plutella xylostella</i>	Feld	alle Stadien	10-14 Tage	kein Effekt	Abundanz der Raupen		100-894 Pollen/cm <sup>2</sup>		k.A.		Gathmann et al. 2006

**Tabelle 3** Die Deposition von Maispollen in Abhängigkeit von der Entfernung

Maislinie	Pollen/ Antheren	Methode	Feldgröße	Expositionsdauer	Distanzen (m)	Pollen bzw. Antheren/cm <sup>2</sup>	Sonstiges	Referenz
Bt11; Bt176	Pollen	Blattproben	2500m <sup>2</sup>	bis zu 10 Tage	0 3 10	74-217 5-20 1	kumulative Werte; mehrere Regenfälle; unterschiedliche Sammelperioden	Hansen Jesse & Obrycki (2000)
Bt176; MON 810	Pollen	Blattabdrücke	12000m <sup>2</sup>	3 Tage	0,5 7	100-210 11-26	Mittelwerte für zwei Durchgänge	Wraight et al. 2000
Verschiedene Sorten	Pollen	Blattproben	4,8-17,2ha	6-14 Tage	0 1 2 4-5	63,1 35,4 14,2 8,1	Mittelwerte aus verschiedenen Experimenten	Pleasants et al. 2001
Bt176 und konventionelle Linien	Pollen	Blattproben	0,2-8ha	6 Tage  11 Tage	-1 1 5  -1 1 5	2-309 0-176 0-75  3-429 1-320 1-50	Regen    Regen	Stanley-Horn et al. 2001
Bt176	Pollen	Blattproben	900m <sup>2</sup>		0,5 1 7	bis 320 bis 170 bis 180 <20	unterschiedliche Werte für zwei Wirtspflanzenarten	Zangerl et al. 2001
Bt11	Antheren	Blattproben	1,5ha	21-25 Tage	-5 5	0,06-0,09 0	maximale Ausbreitungsdistanz 3m	Anderson et al. 2004

Tabelle 3

Maislinie	Pollen/ Antheren	Methode	Feldgröße	Expositionsdauer	Distanzen (m)	Pollen bzw. Antheren/cm <sup>2</sup>	Sonstiges	Referenz
Bt 176	Pollen	Objektträger mit Vaseline beschichtet Blattproben	2ha	24h  mehrere Tage	10	bis 93	Ø 31,6% ± 14% der entsprechenden Menge der auf den Objektträgern gefundenen Menge (siehe oben)	Lang et al. 2004
Bt176	Pollen	Objektträger mit Klebeband beschichtet	1600m <sup>2</sup>	4h  24h  7 Tage	-5 32 -5 32 -5	84 3 96 6 ca. 800	Regenereignisse	Felke & Langenbruch 2005
Bt176	Pollen	Blattproben	k.A.	12 Tage	1 5 10	160 20 10		Shirai & Takahashi 2005
MON 810; isogene Linie	Pollen	Blattproben	4,5ha	bis zum Ende der Pollenschütte	0-0,5	52-972 auf <i>Chenopodium album</i> , 100- 894 auf <i>Sinapis alba</i>	Höhere Konzentrationen von MON810 Pollen auf beiden Pflanzenarten	Gathmann et al. 2006

Tabelle 3

Maislinie	Pollen/ Antheren	Methode	Feldgröße	Expositionsdauer	Distanzen (m)	Pollen bzw. Antheren/cm <sup>2</sup>	Sonstiges	Referenz
Verschiedene Sorten	Pollen	Technischer Pollensammler Sigma-2/ PMF	verschiedene Größen	unterschiedlich; in der Regel die gesamte Pollenschütte	Im Feld	230	Gesamt N=122; mehrere Versuchsjahre und Regionen	Hofmann 2007
					1	120		
					10	35		
					100	9,7		
					300	5,3		
					500	4		
					1000	2,8		
2000	1,9							
MON810; konventionelle Sorten	Pollen	Technischer Pollensammler Sigma-2/ PMF		24 Tage	5	118-175	N=2 für Abstände 5m und 6m, N=1 für Abstände 26m, 61m, 63m, 120m	Landesumweltamt Brandenburg 2008
					6	114-122		
					26	49		
					61	51		
					63	55		
					120	10		

Tabelle 6

**Tabelle 6** Übersicht über die in Sachsen vorkommenden typischen Schmetterlingsarten der Lebensräume des Anhangs I der FFH-Richtlinie (LRT). Dargestellt ist die Phänologie der Raupen (Die römischen Zahlen I und II bezeichnen die erste und zweite Raupengeneration. Die arabischen Zahlen geben die Monate an. A=Anfang, M=Mitte, E=Ende, W= Überwinterung als Raupe.), die Expositionswahrscheinlichkeit basierend auf der Phänologie (1= hochwahrscheinlich (Raupenentwicklung umfasst vollständig oder partiell den Monat Juli), 2= möglich (Raupenentwicklung fällt teilweise in den Monat August), 3=unwahrscheinlich aber nicht auszuschließen (keine Raupenstadien in den Monaten Juli und August)), der regionale Gefährdungsstatus nach der Roten Liste Sachsens, die verbale Beschreibung des Gefährdungsstatus, die Anzahl und Arten der Wirtspflanzen nach Koch (1984), Ebert & Rennwald (1991a, b), Ebert (1994a, b, 1997a, b, 1998, 2001, 2003) und Settele et al. (2000).

Erklärung der Lebensraumtypen am Ende der Tabelle

Raupenzeit: <sup>1</sup> nach Koch (1984), <sup>2</sup> nach Settele et al. (2005), <sup>3</sup> nach Razowski (2002), nach <sup>6</sup> Ebert (1994a, b, 1997a, b, 1998, 2001, 2003).

<sup>4</sup> Angaben der Wirtspflanzen aus Speidel (1984).

<sup>5</sup> Angaben nach Parenti (2000).

\* Arten mit besonderem Fraßverhalten, das eine Exposition unwahrscheinlich macht.

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
2310	Arctiidae	<i>Eilema complana</i>	9-W-6 <sup>1</sup>	3			k.A.	Flechten	
2310	Arctiidae	<i>Rhyparia purpurata</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2	2	stark gefährdet	30	Verschiedene krautige und holzige Pflanzenarten	
2310	Geometridae	<i>Ematurga atomaria</i>	I 8-9, II 5-6 <sup>1</sup>	2			14	verschiedene krautige Pflanzenarten und Sträucher	
2310	Lycaenidae	<i>Plebeius argus</i>	A4-M5 <sup>2</sup>	3	2	stark gefährdet	4	<i>Calluna vulgaris</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Hippocrepis comosa</i> <i>Coronilla varia</i>	
2310	Lymantriidae	<i>Dicallomera fascelina</i>	8-W-5 <sup>1</sup> (-6)	3	2	stark gefährdet	17	verschiedene krautige Pflanzenarten und Sträucher	
2310	Noctuidae	<i>Anarta myrtilli</i>	I 8-9, II 6-7 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	1	<i>Calluna vulgaris</i>	
2310	Noctuidae	<i>Lycophotia porphyrea</i>	(8) <sup>6</sup> 9-W-5	3 (2)	R	im Rückgang	1	<i>Calluna vulgaris</i>	
2310	Nymphalidae	<i>Issoria lathonia</i>	A6-W-M3 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	1	<i>Viola arvensis</i>	
2310	Saturniidae	<i>Saturnia pavonia</i>	5-7 <sup>1</sup> (-8) <sup>6</sup>	1			40	Verschiedene krautige und holzige Pflanzenarten	
2330	Noctuidae	<i>Apamea furva</i>	9-W-6 <sup>1</sup>	3	2	stark gefährdet	2	<i>Festuca ovina</i> <i>Festuca pallens</i>	
3150	Crambidae	<i>Acentria ephemerella</i>	k.A.	?*			16	<i>Potamogeton</i> -Arten <i>Myriophyllum</i> spec. <i>Elodea</i> -Arten	z.T. Fraß in den Stängeln, Flugzeit 5-9 <sup>4</sup>

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								weitere Wasserpflanzenarten <sup>4</sup>	
3150	Crambidae	<i>Cataclysta lemnata</i>	k.A.	?*			3	<i>Lemna minor</i> <i>Lemna triscula</i> <i>Lemna polyrhiza</i> <sup>4</sup>	Fraß in Gespinst unter Wasser, Flugzeit 3-9 <sup>4</sup>
3150	Crambidae	<i>Elophila nymphaeata</i>	k.A.	?*			17	<i>Nymphaea alba</i> <i>Nuphar luteum</i> <i>Potamogeton</i> -Arten <sup>4</sup>	Fraß z.T. unter Wasser, Minierer, Flugzeit: E5-M9 <sup>4</sup>
3150	Crambidae	<i>Parapoynx stratiotata</i>	k.A.	?*			10	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Elodea spec.</i> <i>Potamogeton</i> -Arten weitere Wasserpflanzenarten <sup>4</sup>	Fraß unter Wasser, Fraß in Gespinst unter Wasser, Flugzeit 5-9
3150	Noctuidae	<i>Archanara algae</i>	k.A.	?	2	stark gefährdet		Flechten	Flugzeit A7-M9 (Ebert 1997b)
3150	Noctuidae	<i>Archanara geminipuncta</i>	9-W-7 <sup>1</sup>	1*	3	gefährdet	1	<i>Phragmites australis</i>	Fraß in Halmen, nach Ebert (1998) Überwinterung als Ei
3150	Noctuidae	<i>Mythimna obsoleta</i>	(6-) <sup>6</sup> 8-W-5 <sup>1</sup>	2	R	im Rückgang	1	<i>Phragmites australis</i>	Fraß in Halmen/ an Blättern
3150	Noctuidae	<i>Mythimna pudorina</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2			3	<i>Carex acutiformis</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Molinia arundinacea</i>	
3150	Noctuidae	<i>Mythimna straminea</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2	2	stark gefährdet	2	<i>Phragmites australis</i> <i>Carex acuta</i>	Fraß in Halmen/ an Blättern
3150	Noctuidae	<i>Nonagria typhae</i>	10-W-7 <sup>1</sup>	1*			2	<i>Typha latifolia</i> <i>Schoenoplectus lacustris</i>	Fraß in Halmen, nach Ebert (1998) Überwinterung als Ei
4010	Lycaenidae	<i>Maculineaalcon</i>	A8-W-M6 <sup>2</sup>	2	0	ausgestorben/ verschollen	2	<i>Gentiana pneumonanthe</i> <i>Gentiana asclepiadea</i>	
4030	Geometridae	<i>Ematurga atomaria</i>	I 8-9, II 5-6 <sup>1</sup>	2			14	verschiedene krautige Pflanzenarten und Sträucher	
4030	Geometridae	<i>Pachycnemia hippocastanaria</i>	I 9-10, II 6-7/7-9 <sup>1</sup>	1	2	stark gefährdet	1	<i>Calluna vulgaris</i>	
4030	Lycaenidae	<i>Lycaena phlaeas</i>	ganzjährig <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	5	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex acetosella</i> <i>Rumex acetosa</i> <i>Rumex thyrsoiflorus</i> <i>Rumex crispus</i>	
4030	Lycaenidae	<i>Plebeius argus</i>	A4-M5 <sup>2</sup>	3	2	stark gefährdet	4	<i>Calluna vulgaris</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Hippocrepis comosa</i> <i>Coronilla varia</i>	
4030	Lycaenidae	<i>Plebeius idas</i>	I M3-E5, II A7-M8 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	1	<i>Sarothamnus scoparius</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
4030	Lymantriidae	<i>Dicallomera fascelina</i>	8-W-5 <sup>1</sup> (6) <sup>6</sup>	2	2	stark gefährdet	17	verschiedene krautige Pflanzenarten und Sträucher	
4030	Noctuidae	<i>Anarta myrtilli</i>	I 8-9, II 6-7 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	1	<i>Calluna vulgaris</i>	
4030	Noctuidae	<i>Lycophotia porphyrea</i>	(8) 9-W-5	3 (2)	R	im Rückgang	1	<i>Calluna vulgaris</i>	
4030	Nymphalidae	<i>Issoria lathonia</i>	A6-W-M3 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	1	<i>Viola arvensis</i>	
4030	Saturniidae	<i>Saturnia pavonia</i>	5-7 <sup>1</sup> (-8) <sup>6</sup>	1			40	Verschiedene krautige und holzige Pflanzenarten	
4030	Satyridae	<i>Hipparchia semele</i>	A8-W-E6 <sup>2</sup>	2	2	stark gefährdet	3	<i>Festuca ovina</i> <i>Corynephorus canescens</i> <i>Bromus erectus</i>	
6210	Arctiidae	<i>Eilema palliatella</i>	?	?	0	ausgestorben/ verschollen	k.A.	Flechten	Verpuppung bis 20. Juli (Ebert 1997a)
6210	Ctenuchidae	<i>Dysauxes ancilla</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2	0	ausgestorben/ verschollen	k.A.	vermutlich Moose und Flechten	
6210	Hesperiidae	<i>Erynnis tages</i>	I M8-W-E5, II M6-E7 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	3	<i>Coronilla varia</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Hippocrepis comosa</i>	
6210	Hesperiidae	<i>Pyrgus malvae</i>	A6-E9 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste (keine Gefährdungskategorie)	8	<i>Rubus spec.</i> <i>Potentilla reptans</i> <i>Potentilla anserine</i> <i>Fragaria vesca</i> <i>Fragaria viridis</i> <i>Agrimonia eupatoria</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Filipendula ulmaria</i>	
6210	Lycaenidae	<i>Polyommatus coridon</i>	M3-M6 <sup>2</sup>	3	2	stark gefährdet	2	<i>Hippocrepis comosa</i> <i>Coronilla varia</i>	
6210	Noctuidae	<i>Cucullia lactucae</i>	E6-9 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	7	<i>Mycelis muralis</i> <i>Lactuca perennis</i> <i>Lactuca serriola</i> <i>Lactuca sativa</i> <i>Sonchus oleraceus</i> <i>Prenanthes purpurea</i> <i>Hieracium spec.</i>	
6210	Nymphalidae	<i>Euphydryas aurinia</i>	M6-W-M5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Succisa pratensis</i> <i>Scabiosa columbaria</i>	
6210	Nymphalidae	<i>Melitaea cinxia</i>	A7-W-M5 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	4	<i>Plantago lanceolata</i> <i>Plantago major</i> <i>Plantago media</i> <i>Veronica teucrium</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
6210	Papilionidae	<i>Iphiclides podalirius</i>	A6-E7 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	6	<i>Prunus spinosa</i> <i>Prunus persica</i> <i>Prunus mahaleb</i> <i>Prunus domestica</i> <i>Prunus insititia</i> <i>Crataegus spec.</i>	
6210	Papilionidae	<i>Papilio machaon</i>	I M8-E10, II A6-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	25	Verschiedene Arten der Apiaceae und Rutaceae	
6210	Pieridae	<i>Colias alfacariensis</i>	M6-W-E4 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Hippocrepis comosa</i> <i>Coronilla varia</i>	
6210	Sphingidae	<i>Hemaris tityus</i>	M7-8 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Knautia arvensis</i> <i>Scabiosa columbaria</i>	
6210	Sphingidae	<i>Hyles euphorbiae</i>	7-9 <sup>1</sup>	1	2	stark gefährdet	2	<i>Euphorbia cyparissias</i> <i>Euphorbia seguieriana</i>	
6210	Sphingidae	<i>Macroglossum stellatarum</i>	I 9-10, II 6-8 <sup>1</sup>	1			4	<i>Galium sylvaticum</i> <i>Galium mollugo</i> <i>Galium verum</i> <i>Galium aparine</i>	
6230	Coleophoridae	<i>Coleophora trifolii</i>	k.A.	?	*		k.A.	k.A.	Minierer <sup>5</sup>
6230	Hesperiidae	<i>Hesperia comma</i>	M3-M6 <sup>2</sup>	3	2	stark gefährdet	4	<i>Lolium perenne</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca ovina</i> <i>Corynephorus canescens</i>	
6230	Lycaenidae	<i>Callophrys rubi</i>	M5-M8 <sup>2</sup>	1	3	gefährdet	12	verschiedene krautige Pflanzenarten und Sträucher	
6230	Noctuidae	<i>Apamea lateritia</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2			3	<i>Festuca ovina</i> <i>Deschampsia flexuosa</i> <i>Deschampsia cespitosa</i>	
6230	Noctuidae	<i>Euxoa tritici</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3*	R	im Rückgang	3	<i>Artemisia campestris</i> <i>Oenothera spec.</i> <i>Agropyrum glaucum</i>	Fraß unterirdisch an Wurzeln
6230	Noctuidae	<i>Thalpophila matura</i>	8-W-4 <sup>1</sup>	2	3	gefährdet	2	<i>Festuca pratensis</i> <i>Molinia spec.</i> verschiedene Gräser	
6230	Nymphalidae	<i>Argynnis aglaja</i>	A8-W-E5 <sup>2</sup>	2	3	gefährdet	7	<i>Viola</i> -Arten	
6230	Satyridae	<i>Coenonympha pamphilus</i>	ganzjährig <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	4	<i>Festuca rubra</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Agrostis capillaris</i>	
6230	Satyridae	<i>Erebia ligea</i>	ganzjährig <sup>2</sup>	1	3	gefährdet	5	<i>Festuca rubra</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Bromus erectus</i> <i>Danthonia decumbens</i> <i>Molinia spec.</i> <i>Calamagrostis spec.</i>	
6230	Satyridae	<i>Hipparchia semele</i>	A8-W-E6 <sup>2</sup>	2	2	stark gefährdet	3	<i>Festuca ovina</i> <i>Corynephorus canescens</i> <i>Bromus erectus</i>	
6230	Satyridae	<i>Maniola jurtina</i>	M7-W-E5 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	10	verschiedene Gräser	
6410	Arctiidae	<i>Spilosoma urticae</i>	7-10 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	2	<i>Galium spec.</i> <i>Taraxacum spec.</i>	
6410	Geometridae	<i>Orthonama vittata</i>	I 9-W-5, II 7 <sup>1</sup>	1	2	stark gefährdet	5	<i>Menyanthes trifoliata</i> <i>Galium palustre</i> <i>Galium mollugo</i> <i>Galium verum</i> <i>Galium saxatile</i>	
6410	Lycaenidae	<i>Lycaena dispar</i>	I A9-W-M5, II A7-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i>	
6410	Lycaenidae	<i>Lycaena hippothoe</i>	A7-W-M5 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	3	<i>Rumex acetosella</i> <i>Rumex acetosa</i> <i>Rumex crispus</i>	
6410	Lycaenidae	<i>Maculinea nausithous</i>	A8-W-M6 <sup>2</sup>	2	u	ungefährdet	1	<i>Sanguisorba officinalis</i>	
6410	Lycaenidae	<i>Maculinea teleius</i>	A8-W-M6 <sup>2</sup>	2	1	vom Aussterben bedroht	1	<i>Sanguisorba officinalis</i>	
6410	Noctuidae	<i>Amphipoea lucens</i>	5-7? <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	unbekannt	vermutlich Gräser	
6410	Noctuidae	<i>Hypenodes humidalis</i>	M7-E9 <sup>6</sup>	1	2	stark gefährdet	unbekannt	unbekannt	
6410	Noctuidae	<i>Mythimna pudorina</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2			3	<i>Carex acutiformis</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Molinia arundinacea</i>	
6410	Noctuidae	<i>Simyra albovenosa</i>	I 8-10, II 6-A7 <sup>1</sup>	1	2	stark gefährdet	7	<i>Juncus effuses</i> <i>Carex acutiformis</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Sagina spec.</i> <i>Lathyrus pratensis</i> <i>Lysimachia vulgaris</i>	
6410	Nymphalidae	<i>Clossiana selene</i>	M6-W-E4 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	k.A.	<i>Viola</i> -Arten	
6410	Nymphalidae	<i>Euphydryas aurinia</i>	M6-W-M5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Succisa pratensis</i> <i>Scabiosa columbaria</i>	
6410	Nymphalidae	<i>Melitaea diamina</i>	M6-W-E5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	1	<i>Valeriana officinalis</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
6410	Satyridae	<i>Coenonympha glycerion</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	3	Gefährdet	1	<i>Bromus erectus</i>	
6410	Satyridae	<i>Erebia aethiops</i>	M8-E6 <sup>2</sup>	2	nb	nicht bewertet	3	<i>Bromus erectus</i> <i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Calamagrostis epigejos</i>	
6410	Zygaenidae	<i>Adscita statices</i>	(6-) 8-W-5 <sup>1</sup>	2 (1)			2	<i>Rumex acetosella</i> <i>Rumex acetosa</i>	
6410	Zygaenidae	<i>Zygaena trifolii</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2			2	<i>Lotus corniculatus</i> <i>Lotus uliginosus</i>	
6430	Arctiidae	<i>Spilosoma urticae</i>	7-10 <sup>1</sup>	1	3	Gefährdet	2	<i>Galium spec.</i> <i>Taraxacum spec.</i>	
6430	Lycaenidae	<i>Lycaena dispar</i>	I A9-W-M5, II A7-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i>	
6430	Nymphalidae	<i>Brenthis ino</i>	M3-E5 <sup>2</sup>	3	u	ungefährdet	3	<i>Filipendula ulmaria</i> <i>Sanguisorba officinalis</i> <i>Dactylorhiza incarnata</i>	
6510	Hesperiidae	<i>Carterocephalus palaemon</i>	A7-W-M4 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	8	<i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Molinia arundinacea</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Alopecurus pratensis</i>	
6510	Hesperiidae	<i>Ochlodes venatus</i>	A8-W-M5 <sup>2</sup>	2	u	ungefährdet	7	<i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Molinia caerulea</i> <i>Molinia arundinacea</i> <i>Agrostis capillaries</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Phleum pratense</i>	
6510	Hesperiidae	<i>Thymelicus lineola</i>	M2-E5 <sup>2</sup>	3	u	ungefährdet	2	<i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Elymus repens</i>	
6510	Lycaenidae	<i>Lycaena dispar</i>	I A9-W-M5, II A7-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i>	
6510	Lycaenidae	<i>Lycaena tityrus</i>	I M8-W-M4, II A6-E7 <sup>2</sup>	2	V	Vorwarnliste	2	<i>Rumex acetosella</i> <i>Rumex acetosa</i>	
6510	Lycaenidae	<i>Maculinea nausithous</i>	A8-W-M6 <sup>2</sup>	2	u	ungefährdet	1	<i>Sanguisorba officinalis</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
6510	Lycaenidae	<i>Maculinea teleius</i>	A8-W-M6 <sup>2</sup>	2	l	vom Aussterben bedroht	1	<i>Sanguisorba officinalis</i>	
6510	Nymphalidae	<i>Brenthis ino</i>	M3-E5 <sup>2</sup>	3	u	ungefährdet	3	<i>Filipendula ulmaria</i> <i>Sanguisorba officinalis</i> <i>Dactylorhiza incarnata</i>	
6510	Nymphalidae	<i>Melitaea diamina</i>	M6-W-E5 <sup>2</sup>	1	l	vom Aussterben bedroht	1	<i>Valeriana officinalis</i>	
6510	Pieridae	<i>Colias hyale</i>	M6-W-E4 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	9	<i>Medicago sativa</i> <i>Medicago lupulina</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Coronilla varia</i> <i>Vicia hirsute</i> <i>Vicia tetrasperma</i> <i>Vicia cracca</i>	
6510	Satyridae	<i>Coenomympha glycerion</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	3	gefährdet	1	<i>Bromus erectus</i>	
6510	Satyridae	<i>Maniola jurtina</i>	M7-W-E5 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	10	verschiedene Gräser	
6510	Satyridae	<i>Melanargia galathea</i>	M7-W-M6 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	13	verschiedene Gräser	
6510	Zygaenidae	<i>Adscita staites</i>	(6-) 8-W-5 <sup>1</sup>	2 (1)			2	<i>Rumex acetosella</i> <i>Rumex acetosa</i>	
6510	Zygaenidae	<i>Zygaena filipendulae</i>	9-W-6 <sup>1</sup>	3			2	<i>Lotus corniculatus</i> <i>Lotus uliginosus</i>	
6520	Nymphalidae	<i>Euphydryas aurinia</i>	M6-W-M5 <sup>2</sup>	1	l	vom Aussterben bedroht	2	<i>Succisa pratensis</i> <i>Scabiosa columbaria</i>	
7140	Lycaenidae	<i>Plebeius optilete</i>	A7-W-M5 <sup>2</sup>	1	l	vom Aussterben bedroht	2	<i>Vaccinium uliginosum</i> <i>Oxycoccus palustris</i>	
7140	Noctuidae	<i>Diarsia dahlia</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3	l	vom Aussterben bedroht	8	<i>Primula spec.</i> <i>Plantago spec.</i> <i>Taraxacum spec.</i> <i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Calluna vulgaris</i> <i>Rumex pulcher</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Salix ssp.</i>	
7140	Noctuidae	<i>Diarsia florida</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2			k.A.	k.A.	
7140	Nymphalidae	<i>Boloria aquilonaris</i>	A7-W-M5 <sup>2</sup>	1	l	vom Aussterben bedroht	1	<i>Oxycoccus palustris</i>	
7140	Nymphalidae	<i>Clossiana selene</i>	M6-W-E4 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	k.A.	<i>Viola</i> -Arten	
7140	Pieridae	<i>Colias palaeno</i>	A8-W-E5 <sup>2</sup>	2	l	vom Aussterben bedroht	1	<i>Vaccinium uliginosum</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
7140	Satyridae	<i>Coenonympha tullia</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	3	<i>Nardus stricta</i> <i>Deschampsia cespitosa</i> <i>Molinia caerulea</i>	
7150	Satyridae	<i>Coenonympha tullia</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	3	<i>Nardus stricta</i> <i>Deschampsia cespitosa</i> <i>Molinia caerulea</i>	
7210	Lymantriidae	<i>Laelia coenosa</i>	9-W-6	3	R	extrem selten	5	<i>Cladium mariscus</i> <i>Schoenoplectus lacustris</i> <i>Scirpus sylvaticus</i> <i>Glyceria spec.</i> <i>Phragmites spec.</i>	
8150	Geometridae	<i>Idaea contiguaria</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2	2	stark gefährdet	4	<i>Sedum album</i> <i>Calluna vulgaris</i> <i>Empetrum nigrum</i> <i>Cotyledon umbilicus</i>	
8150	Lycaenidae	<i>Scolitantides orion</i>	M5-E7 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Sedum maximum</i> <i>Sedum telephium</i>	
8150	Nymphalidae	<i>Melitaea didyma</i>	M7-W-M6 <sup>2</sup>	1	nb	nicht bewertet	10	<i>Stachys recta</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Plantago media</i> <i>Veronica teucrium</i> <i>Veronica chamaedrys</i> <i>Linaria vulgaris</i> <i>Melampyrum arvense</i> <i>Orphanthella lutea</i> <i>Digitalis grandiflora</i> <i>Verbascum lychnitis</i>	
8150	Papilionidae	<i>Iphiclides podalirius</i>	A6-E7 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	6	<i>Prunus spinosa</i> <i>Prunus persica</i> <i>Prunus mahaleb</i> <i>Prunus domestica</i> <i>Prunus insititia</i> <i>Crataegus spec.</i>	
8150	Zygaenidae	<i>Rhagades pruni</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2	3	gefährdet	2	<i>Prunus spinosa</i> <i>Helianthemum nummularium</i>	
8160	Lycaenidae	<i>Scolitantides orion</i>	M5-E7 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Sedum maximum</i> <i>Sedum telephium</i>	
8160	Noctuidae	<i>Chersotis multangula</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3			2	<i>Galium mollugo</i> agg. <i>Galium aparine</i>	
8160	Nymphalidae	<i>Melitaea didyma</i>	M7-W-M6 <sup>2</sup>	1	nb	nicht bewertet	10	<i>Stachys recta</i> <i>Plantago lanceolata</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Plantago media</i> <i>Veronica teucrium</i> <i>Veronica chamaedrys</i> <i>Linaria vulgaris</i> <i>Melampyrum arvense</i> <i>Orphanthella lutea</i> <i>Digitalis grandiflora</i> <i>Verbascum lychnitis</i>	
8160	Zygaenidae	<i>Zygaena carniolica</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2	3	gefährdet	2	<i>Lotus corniculatus</i> <i>Onobrychis viciifolia</i>	
8220	Arctiidae	<i>Nudaria mundana</i>	9-W-6 <sup>1</sup> (-M7) <sup>6</sup>	3 (1)	1	vom Aussterben bedroht	k.A.	Flechten, Grünalgen	
8230	Arctiidae	<i>Nudaria mundana</i>	9-W-6 <sup>1</sup> (-M7) <sup>6</sup>	3 (1)	1	vom Aussterben bedroht	k.A.	Flechten, Grünalgen	
8230	Arctiidae	<i>Setina irrorella</i>	8-W-6 <sup>1</sup> (-M7) <sup>6</sup>	2 (1)	1	vom Aussterben bedroht	6	Flechten- und Moosarten	
8230	Papilionidae	<i>Iphiclides podalirius</i>	A6-E7 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	6	<i>Prunus spinosa</i> <i>Prunus persica</i> <i>Prunus mahaleb</i> <i>Prunus domestica</i> <i>Prunus insititia</i> <i>Crataegus spec.</i>	
8230	Satyridae	<i>Lasiommata megera</i>	I A9-W-E3, II A6-E7 <sup>2</sup>	1	V	Vorwarnliste	2	<i>Festuca ovina</i> <i>Brachypodium pinnatum</i>	
9110	Chimabachidae	<i>Diurnea fagella</i>							
9110	Drepanidae	<i>Watsonalla cultraria</i>	I 9, II 6-7 <sup>1</sup>	1			1	<i>Fagus sylvatica</i>	
9110	Geometridae	<i>Epirrita autumnata</i>	5 <sup>1</sup> (-6) <sup>6</sup>	3			2	<i>Betula pendula</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
9110	Geometridae	<i>Operophtera fagata</i>	5-6 <sup>1</sup> (7) <sup>6</sup>	3 (1)			4	<i>Betula spec.</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Acer campestre</i> <i>Sorbus aucuparia</i>	
9110	Limacodidae	<i>Heterogenea asella</i>	8-9 <sup>1</sup>	2	R	extrem selten	17	verschiedene Baumarten	
9110	Lymantriidae	<i>Calliteara pudibunda</i>	(6-) <sup>6</sup> 7-10 <sup>1</sup>	1			28	verschiedene Baum- und Straucharten	
9110	Noctuidae	<i>Pseudoips prasinana</i>	6-9 <sup>1</sup>	1			6	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Betula pendula</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9110	Noctuidae	<i>Xanthia aurago</i>	M4-6 <sup>1</sup>	3			4	<i>Carpinus betulus</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus spec.</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
9110	Notodontidae	<i>Drymonia melagona</i>	7-M9 <sup>1</sup>	1	R	extrem selten	1	<i>Fagus sylvatica</i>	
9110	Notodontidae	<i>Stauropus fagi</i>	6-9 <sup>1</sup> (-10) <sup>6</sup>	1			8	verschiedene Gehölze	
9110	Saturniidae	<i>Aglia tau</i>	5-A8 <sup>1</sup> (-9) <sup>6</sup>	1			12	Verschiedene Baumarten	
9130	Chimabachidae	<i>Diurnea fagella</i>							
9130	Drepanidae	<i>Watsonalla cultraria</i>	I 9, II 6-7 <sup>1</sup>	1			1	<i>Fagus sylvatica</i>	
9130	Geometridae	<i>Epirrita autumnata</i>	5 (6) <sup>1</sup>	3			2	<i>Betula pendula</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
9130	Geometridae	<i>Operophtera fagata</i>	5-6 <sup>1</sup> (-7) <sup>6</sup>	3 (1)			4	<i>Betula spec.</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Acer campestre</i> <i>Sorbus aucuparia</i>	
9130	Limacodidae	<i>Heterogenea asella</i>	8-9 <sup>1</sup>	2	R	extrem selten	17	verschiedene Baumarten	
9130	Lymantriidae	<i>Calliteara pudibunda</i>	(6-) <sup>6</sup> 7-10 <sup>1</sup>	1			28	verschiedene Baum- und Straucharten	
9130	Noctuidae	<i>Lygephila viciae</i>	7-A10 <sup>1</sup>	1			1	<i>Vicia spec.</i>	
9130	Noctuidae	<i>Pseudoips prasinana</i>					6	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Betula pendula</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9130	Noctuidae	<i>Xanthia aurago</i>	M4-6 <sup>1</sup>	3			4	<i>Carpinus betulus</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus spec.</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
9130	Notodontidae	<i>Drymonia melagona</i>	7-M9 <sup>1</sup>	1	R	extrem selten	1	<i>Fagus sylvatica</i>	
9130	Notodontidae	<i>Stauropus fagi</i>	6-9 <sup>1</sup> (-10) <sup>6</sup>	1			9	verschiedene Baum- und Straucharten	
9130	Saturniidae	<i>Aglia tau</i>	5-A8 <sup>1</sup> (-9) <sup>6</sup>	1			12	Verschiedene Baumarten	
9160	Drepanidae	<i>Polyploca ridens</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	R	extrem selten	1	<i>Quercus robur</i>	Verpuppung im Herbst (Ebert 1994b)
9160	Notodontidae	<i>Drymonia ruficornis</i>	E5-6 <sup>1</sup>	3			2	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9160	Nymphalidae	<i>Euphydryas maturna</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	I	vom Aussterben bedroht	4	<i>Fraxinus excelsior</i> <i>Lonicera spec.</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Populus tremula</i> <i>Salix caprea</i>	
9160	Tortricidae	<i>Tortrix viridana</i>	4-6 <sup>3</sup>	3			3	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus pubescens</i>	
9170	Drepanidae	<i>Polyploca ridens</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	R	extrem selten	1	<i>Quercus robur</i>	Verpuppung im Herbst (Ebert 1994b)
9170	Drepanidae	<i>Sabra harpagula</i>	I 9-10, II 7 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	1	<i>Quercus spec.</i>	
9170	Geometridae	<i>Cyclophora ruficiliaria</i>	I 8-9, II 6-7 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	1	<i>Quercus spec.</i>	
9170	Lycaenidae	<i>Neozephyrus quercus</i>	A4-M6 <sup>2</sup>	3	V	Vorwarnliste	2	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9170	Noctuidae	<i>Catocala promissa</i>	5-6 <sup>1</sup> (-M7) <sup>6</sup>	3 (1)	2	stark gefährdet	1	<i>Quercus spec.</i>	
9170	Noctuidae	<i>Catocala sponsa</i>	5-6 <sup>1</sup> (-A7) <sup>6</sup>	3 (1)	3	gefährdet	1	<i>Quercus spec.</i>	
9170	Noctuidae	<i>Moma alpium</i>	E6-9 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	4	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus x pubescens</i> <i>Quercus spec.</i> <i>Aesculus hippocastanum</i>	
9170	Notodontidae	<i>Drymonia querna</i>	7-9 <sup>1</sup>	1			2	<i>Quercus robur</i> <i>Fagus sylvatica</i>	
9170	Notodontidae	<i>Drymonia ruficornis</i>	E5-6 <sup>1</sup>	3			2	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9170	Notodontidae	<i>Harpyia milhauseri</i>	6-M8 <sup>1</sup>	2			3	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Quercus spec.</i>	
9170	Nymphalidae	<i>Boloria euphrosyne</i>	A6-W-E4 <sup>2</sup>	1	0	Ausgestorben/ verschollen	2	<i>Viola hirta</i> <i>Viola odorata</i>	
9170	Nymphalidae	<i>Melitaea athalia</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	3	<i>Melampyrum pratense</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Veronica chamaedris</i>	
9170	Riodinidae	<i>Hamearis lucina</i>	A6-E7 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Primula elatior</i> <i>Primula veris</i>	
9170	Tortricidae	<i>Tortrix viridana</i>	4-6 <sup>3</sup>	3			3	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus pubescens</i>	
9180	Geometridae	<i>Apeira syringaria</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2	4	potenziell gefährdet	6	<i>Fraxinus excelsior</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Syringa vulgaris</i> <i>Weigelia florida</i> <i>Lonicera periclymenum</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Lonicera xylosteum</i>	
9180	Geometridae	<i>Discoloxia blomeri</i>	I 9-10, II 7-8 <sup>1</sup>	1	2	stark gefährdet	1	<i>Ulmus glabra</i>	
9180	Geometridae	<i>Nothocasis sertata</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	3	Gefährdet	1	<i>Acer pseudoplatanus</i>	
9180	Lycaenidae	<i>Satyrium w-album</i>	M3-E5 <sup>2</sup>	3	3	gefährdet	4	<i>Ulmus glabra</i> <i>Ulmus laevis</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Ulmus x hollandica</i>	
9180	Pieridae	<i>Anthocharis cardamines</i>	M5-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Cardamine pratensis</i> <i>Alliaria petiole</i> <i>Arabis hirsuta</i>	
9190	Drepanidae	<i>Polyploca ridens</i>	5-6 <sup>1</sup> (-8) <sup>6</sup>	3 (1)	R	extrem selten	1	<i>Quercus robur</i>	Verpuppung im Herbst (Ebert 1994b)
9190	Geometridae	<i>Scopula ternata</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2			1	<i>Vaccinium myrtillus</i>	
9190	Noctuidae	<i>Dryobotodes eremita</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	3	gefährdet	1	<i>Quercus spec.</i>	
9190	Noctuidae	<i>Hyppa rectilinea</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2			1	<i>Vaccinium myrtillus</i>	
9190	Notodontidae	<i>Drymonia ruficornis</i>	E5-6 <sup>1</sup>	3			2	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
9190	Satyridae	<i>Pararge aegeria</i>	I A8-M10, II A5-E6 <sup>2</sup>	2	u	ungefährdet	18	verschiedene Gräser	
9190	Tortricidae	<i>Tortrix viridana</i>	4-6 <sup>3</sup>	3			3	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus pubescens</i>	
91D1	Geometridae	<i>Arichanna melanaria</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3	2	stark gefährdet	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	
91D1	Geometridae	<i>Rheumaptera hastata</i>	6-8 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	1	<i>Betula pendula</i>	Vermutlich weitere Wirtspflanzen (Ebert 1998)
91D1	Lasiocampidae	<i>Phyllodesma ilicifolia</i>	6-8 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Salix caprea</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
91D1	Noctuidae	<i>Syngrapha interrogationis</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	3	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	
91D2	Geometridae	<i>Arichanna melanaria</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3	2	stark gefährdet	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	
91D2	Geometridae	<i>Rheumaptera hastata</i>	6-8 <sup>1</sup>	1	3	gefährdet	1	<i>Betula pendula</i>	Vermutlich weitere Wirtspflanzen (Ebert 1998)
91D2	Lasiocampidae	<i>Phyllodesma ilicifolia</i>	6-8 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Salix caprea</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
91D2	Noctuidae	<i>Syngrapha interrogationis</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
91D4	Geometridae	<i>Arichanna melanaria</i>	9-W-5 <sup>1</sup>	3	2	stark gefährdet	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	
91D4	Geometridae	<i>Rheumaptera hastata</i>	6-8 <sup>1</sup>	1			1	<i>Betula pendula</i>	Vermutlich weitere Wirtspflanzen (Ebert 1998)
91D4	Lasiocampidae	<i>Phyllodesma ilicifolia</i>	6-8 <sup>1</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Salix caprea</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	
91D4	Noctuidae	<i>Syngrapha interrogationis</i>	8-W-5 <sup>1</sup>	2	1	vom Aussterben bedroht	2	<i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Vaccinium uliginosum</i>	
91E0	Cossidae	<i>Cossus cossus</i>	8-W(2-4mal)-5 <sup>1</sup>	1*			17	<i>Salix</i> und andere Baumarten	Fraß im Holz
91E0	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter salicicolella</i>	k.A.	?				<i>Salix</i> spec.	Fraß in eingerollten Blättern
91E0	Lycaenidae	<i>Lycaena dispar</i>	I A9-W-M5, II A7-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i>	
91E0	Noctuidae	<i>Acrionicta alni</i>	6-9 <sup>1</sup>	1			16	verschiedene Baum- und Straucharten	
91E0	Noctuidae	<i>Catocala fraxini</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	R	im Rückgang	1	<i>Populus nigra ssp. pyramidalis</i>	
91E0	Noctuidae	<i>Catocala nupta</i>	5-6 <sup>1</sup> (-M7) <sup>6</sup>	1 (3)			3	<i>Salix alba</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Populus x canadensis</i>	
91E0	Noctuidae	<i>Mormo maura</i>	8-W-5 <sup>1</sup> (-A6) <sup>6</sup>	2	3	gefährdet	7	<i>Populus x Canadensis</i> <i>Salix fragilis</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Urtica dioica</i> <i>Acer platanoides</i> <i>Fraxinus excelsior</i>	
91E0	Notodontidae	<i>Cerura vinula</i>	6-9 <sup>1</sup>	1			10	<i>Salix-</i> und <i>Populus</i> -Arten	
91E0	Notodontidae	<i>Notodonta ziczac</i>	I 8-9, II 6-7 <sup>1</sup>	1			13	<i>Salix-</i> <i>Populus-</i> <i>Betula-</i> <i>Alnus-</i> <i>Corylus</i> -Arten	
91E0	Nymphalidae	<i>Apatura iris</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	2	stark gefährdet	5	<i>Salix fragilis</i> <i>Salix purpurea</i> <i>Salix aurita</i> <i>Salix cinerea</i> <i>Salix caprea</i>	
91E0	Nymphalidae	<i>Euphydryas maturna</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	4	<i>Fraxinus excelsior</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Lonicera spec.</i> <i>Populus tremula</i> <i>Salix caprea</i>	
91E0	Nymphalidae	<i>Nymphalis antiopa</i>	A6-M7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	5	<i>Betula pendula</i> <i>Betula pubescens</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix aurita</i> <i>Salix cinerea</i>	
91E0	Nymphalidae	<i>Nymphalis polychloros</i>	M5-E6 <sup>2</sup>	3	2	stark gefährdet	9	<i>Salix viminalis</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix alba</i> <i>Salix cinerea</i> <i>Ulmus glabra</i> <i>Ulmus campestris</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Ulmus laevis</i> <i>Prunus avium</i>	
91E0	Sesiidae	<i>Synanthedon spheciformis</i>	7-W-W-5 <sup>1</sup>	1*			3	<i>Betula pendula</i> <i>Betula pubescens</i> <i>Alnus glutinosa</i>	Fraß im Holz
91E0	Sphingidae	<i>Laothoe populi</i>	6-A10 <sup>1</sup>	1			12	<i>Salix-</i> und <i>Populus-</i> Arten	
91E0	Sphingidae	<i>Smerinthus ocellata</i>	7-9 <sup>1</sup>	1			18	<i>Salix</i> und andere Baumarten	
91F0	Arctiidae	<i>Miltochrista miniata</i>	8-W-6 <sup>1</sup>	2			k.A.	Flechten	
91F0	Lycaenidae	<i>Lycaena dispar</i>	I A9-W-M5, II A7-E7 <sup>2</sup>	1	u	ungefährdet	3	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i>	
91F0	Lycaenidae	<i>Neozephyrus quercus</i>	A4-M6 <sup>2</sup>	3	V	Vorwarnliste	2	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	
91F0	Lycaenidae	<i>Satyrrium w-album</i>	M3-E5 <sup>2</sup>	3	3	gefährdet	4	<i>Ulmus glabra</i> <i>Ulmus laevis</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Ulmus x hollandica</i>	
91F0	Noctuidae	<i>Cosmia affinis</i>	5-6 <sup>1</sup>	3	2	stark gefährdet	1	<i>Ulmus spec.</i>	
91F0	Nymphalidae	<i>Apatura ilia</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	3	gefährdet	5	<i>Populus tremula</i> <i>Populus nigra</i> <i>Populus x Canadensis</i> <i>Populus x gileadensis</i>	
91F0	Nymphalidae	<i>Euphydryas maturna</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	1	1	vom Aussterben bedroht	4	<i>Fraxinus excelsior</i> <i>Lonicera spec.</i>	

Tabelle 6

LRT	Familie	Art	Raupenzeit	Exposition	Rote Liste	Beschreibung (Rote Liste)	Wirtspflanzen	Arten	Sonstiges
								<i>Populus tremula</i> <i>Salix caprea</i>	
91F0	Nymphalidae	<i>Limenitis camilla</i>	A7-W-E5 <sup>2</sup>	l	l	vom Aussterben bedroht	3	<i>Lonicera xylosteum</i> <i>Lonicera periclymenum</i> <i>Symphoricarpos rivularis</i>	
91F0	Nymphalidae	<i>Nymphalis antiopa</i>	A6-M7	l	u	ungefährdet	5	<i>Betula pendula</i> <i>Betula pubescens</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix aurita</i> <i>Salix cinerea</i>	
91F0	Nymphalidae	<i>Polygonia c-album</i>	I M5-E6, II M7-E8 <sup>2</sup>	l	u	ungefährdet	8	<i>Salix caprea</i> <i>Ulmus laevis</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Ulmus glabra</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Ribes uvacrispa</i> <i>Ribes rubrum</i> <i>Urtica dioica</i>	

Lebensraumtypen des Anhangs 1 der FFH-Richtlinie (Auswahl der Lebensraumtypen, die in Sachsen vorkommen und außerdem die genannten Arten beherbergen)

- 2310 Trockene Sandheiden mit *Calluna* und *Genista*
- 2330 Dünen mit offenen Grasflächen mit *Corynephorus* und *Agrostis*
- 3150 Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions
- 4010 Feuchte Heiden des nordatlantischen Raums mit *Erica tetralix*
- 4030 Trockene europäische Heiden
- 6210 Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien (Festuco-Brometalia)
- 6230 Artenreiche montane Borstgrasrasen (und submontan auf dem europäischen Festland) auf Silikatböden
- 6410 Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (Molinion caeruleae)
- 6430 Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe
- 6510 Magere Flachland-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)
- 6520 Berg-Mähwiesen
- 7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore
- 7150 Torfmoor-Schlenken (Rhynchosporion)

- 7210 Kalkreiche Sümpfe mit *Cladium mariscus* und Arten des Caricion davallianae)
- 8150 Kieselhaltige Schutthalden der Berglagen Mitteleuropas
- 8160 Kalkhaltige Schutthalden der collinen bis montanen Stufe Mitteleuropas
- 8220 Silikatfelsen mit Felsspaltenvegetation
- 8230 Silikatfelsen mit Pioniervegetation des Sedo-Scleranthion oder des Sedo albi-Veronicion dillenii
- 9110 Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum)
- 9130 Waldmeister-Buchenwald (Asperulo-Fagetum)
- 9160 Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Hainbuchenwald (Carpinion betuli)
- 9170 Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald Galio-Carpinetum
- 91D1 Birken-Moorwald
- 91D2 Waldkiefern-Moorwald
- 91D4 Fichten-Moorwald
- 91E0 Auenwälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)
- 91F0 Hartholzauenwälder mit *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* oder *Fraxinus angustifolia* (Ulmenion minoris)