

# Ökologie einer aussterbenden Population des Segelfalters *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758) im Heckengäu (Baden-Württemberg, Obere Gäue)

Von ROLAND STEINER UND GABRIEL HERMANN, Filderstadt

## INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	244
Abstract	246
1 Vorwort	248
2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	248
2.1 Naturräumliche Einordnung und Geologie	248
2.2 Überblick der untersuchten Teilgebiete	249
3 Material und Methoden	249
3.1 Untersuchungen an Präimaginalstadien	249
3.1.1 Aufbau des Erfassungsbogens	251
3.1.2 Fund-Wiederfund-Untersuchungen	251
3.2 Untersuchungen an Imagines	252
3.2.1 Markierungsexperimente	252
3.3 Untersuchungen zur räumlichen Populationsstruktur	253
4 Ergebnisse	253
4.1 Das Areal der Population im Heckengäu – räumliche Verteilung der Larvalhabitate zwischen 1992/93 und 2008	253
4.2 Habitatbindung	255
4.2.1 Eiablage- und Larvalhabitat	255
4.2.2 Imaginalhabitat	260
4.3 Entwicklung, Phänologie und Verhalten	260
4.3.1 Eistadien und Schlupf der Jungraupe	260
4.3.2 Raupenstadien und Häutung	261
4.3.3 Wanderung zum Verpuppungsplatz, Verpuppung	264
4.3.4 Schlupf des Falters	266
4.3.5 Überlebensrate im gesamten Untersuchungsgebiet Heckengäu 1993/1994	266
4.3.6 Verlustursachen	271
4.3.7 Untersuchungen am Falter	274
4.4 Verbreitung des Segelfalters in anderen Naturräumen Baden-Württembergs	279
5 Diskussion	279
5.1 Besiedlungslimitierende Faktoren	279
5.2 Rückgangs- und Gefährdungsursachen, Gründe für das Erlöschen der Population	282
5.3 Konsequenzen für den Artenschutz	284
5.4 Ausblick: Wie geht es weiter?	285
6 Literaturverzeichnis	286

### ZUSAMMENFASSUNG

Zwischen 1992 und 2008 wurden an einer Population des Segelfalters *Iphiclides podalirius* (LINNAEUS, 1758) im Heckengäu (Baden-Württemberg, Obere Gäue) autökologische Studien durchgeführt. Den Schwerpunkt bildeten Untersuchungen zum Eiablage- und Larvalhabitat, zur Überlebensrate der Präimaginalstadien sowie zur Populations- und Arealodynamik. Ergänzend erfolgten Verhaltensbeobachtungen an Raupen und Faltern.

Während zwischen 1992 und 1995 etwa 1.200 Eier, Raupen und Puppen gefunden wurden, konnten im selben Zeitraum nur ca. 30 verschiedene Falterindividuen beobachtet werden. Aufgrund der extremen Seltenheit des Falterstadiums waren Informationen zu Habitatbindung, Vorkommen und Verbreitung des Segelfalters nur über die Entwicklungsstadien zu erlangen.

Im Gegensatz zu „klassischen“ Segelfalter-Habitaten nördlich der Alpen (trockenheiße Steilhänge, z. B. an Mosel, Nahe oder im Oberpfälzer Jura) siedelte die im Heckengäu inzwischen erloschene Art in einer ebenen bis hügeligen, ehemals von einem dichten Netz offener Lesesteinriegelgeprägten Ackerbau Landschaft innerhalb der Grenzen des Oberen Muschelkalks. Die wichtigsten Larvalhabitate lagen auf dem Schotterkörper einer stillgelegten Bahnlinie und auf gehölzarm gebliebenen Lesesteinriegeln. Ein Großteil der Eier und Raupen (95%) fand sich an Schlehe (*Prunus spinosa*). Neben Zwetschge (*Prunus domestica* ssp. *domestica*) und Felsenkirsche (*Prunus mahaleb*) wurden als neue Eiablagepflanzen für Baden-Württemberg die Sauerkirsche (*Prunus cerasus*) und die Süßkirsche (*Prunus avium*) nachgewiesen. Bei der Eiablage wurden kleinwüchsige, im nahezu vegetationslosen Schotterkörper wachsende, gut besonnte Büsche mit waagrecht abstehenden Ästen deutlich bevorzugt. Die Ablagehöhen lagen meistens unter 85 cm (hauptsächlich 15–25 cm), nur in einem Fall oberhalb von 2 m (in 6 m Höhe an Süßkirsche).

Das anhand von Ei- und Raupenfunden ermittelte Areal der Population im Heckengäu war seit 1993 nur noch rückläufig. Es verkleinerte sich von 140 km<sup>2</sup> (16 Ei-/Raupenfundstellen 1992/93) auf 14 km<sup>2</sup> (3 Fundstellen 1995). Ab 1994 war das Vorkommen vollständig auf die stillgelegte Bahnlinie begrenzt, 1996 konnten nur noch in 2 von ursprünglich 5 Teilgebieten der Bahnlinie Entwicklungsstadien aufgefunden werden. Seit 2000 fehlen jedoch Ei- oder Raupenfunde, so dass die Population inzwischen als erloschen gelten muss. Die Gesamtzahl aller jährlich aufgefundenen Eier, Raupen und Puppen lag von 1993 bis 1995 jeweils zwischen drei- und vierhundert (1993: 366, 1994: 304, 1995: 395). 1996 sank die Fundzahl auf weniger als 100 Eier und Raupen ab. Hauptursache des Erlöschens war mit großer Wahrscheinlichkeit das zu geringe Angebot an geeigneten Larvalhabitaten (fehlendes Auf-den-Stock-Setzen von Sukzessionsgehölzen, Aufgabe der Feldsteindeponierung auf Steinriegeln). Zusätzlich oder in Kombination mit Habitatdefiziten dürften auch ungünstige Witterungsverläufe während der Flugzeit und der Larvalentwicklung eine Rolle beim Erlöschen des Vorkommens gespielt haben, möglicherweise auch genetische Einflüsse aufgrund der weiträumigen Isolation bei sehr geringer Populationsgröße.

Verhaltensbeobachtungen an Raupen fanden vor allem gegen Ende der Larvalentwicklung statt, insbesondere während der Wanderung zum Verpuppungsort und der darauf folgenden Verpuppungsphase, die in der Literatur bislang nicht im Freiland untersucht wurde. Die Suche nach einem geeigneten Verpuppungsplatz (Wanderung) dauert meistens 1–2 Stunden, die ausgewählten Verpuppungsorte liegen in der Regel weniger als 150 cm von der Wirtspflanze entfernt, sowohl an Gräsern und krautigen Pflanzen, wie auch unter Steinen im Schotterkörper von Steinriegeln oder Bahndämmen.

Die Raupen werden von einer Vielzahl natürlicher Feinde dezimiert (Vögel, Wanzen, Milben, Spinnen, Parasitoide). Bemerkenswert waren die hohen Verluste im Präpuppen- und frühen Puppenstadium durch Ameisen, welche die in dieser Entwicklungsphase wehrlosen Individuen aushöhlen.

Die Untersuchungen an Faltern erbrachten trotz sehr geringer Zahl markierter Individuen relevante Ergebnisse, wahrscheinlich begünstigt durch überwiegend regnerische Witterungsbedingungen zur Flugzeit. So konnten 1995 von 18 markierten Faltern neun z. T. mehrfach wieder gefunden werden. Drei Weibchen wurden innerhalb von drei Wochen jeweils fünfmal an derselben Stelle bei der Eiablage beobachtet, das älteste Weibchen wurde mindestens 22 Tage alt. Es konnte belegt werden, dass sich frisch geschlüpfte Falter an den nächstgelegenen Erhebungen („Hilltopping“-Plätze) zur Paarung treffen. Während die Männchen dort verbleiben, kehren die Weibchen zunächst in ihre Entwicklungshabitate zurück, um dort mit der Eiablage zu beginnen. Nur bei günstigen Witterungsbedingungen erfolgen Ausbreitungsflüge in die Umgebung, wo an geeigneten Stellen weitere Eier abgelegt werden. Ein 2 km langer Dispersionsflug eines markierten Weibchens konnte im Juni 1996 nachgewiesen werden, nachdem dasselbe Individuum zuvor mehrmals an seinem Schlupfort bei der Eiablage beobachtet worden war.

Erstmals wurden im Freiland Fund-Wiederfund-Untersuchungen an Präimaginalstadien durchgeführt. Ermöglicht wurde dieser Ansatz durch die extreme Standorttreue der Raupen, die in der Regel bis kurz vor der Verpuppung auf dem Eiablagezweig verbleiben. Indem die Ablagepflanze markiert und der belegte Zweig genau vermessen wurde, konnten die Raupen individuell wieder gefunden werden. Auf diese Weise wurde 1993 von 343, 1994 von 278 als „Erstfund“ aufgenommenen Individuen deren weitere Entwicklung verfolgt (im Idealfall bis zum im nächsten Jahr schlüpfenden Falter). Für die Jahre 1993 und 1994 konnten die Überlebensraten vom Ei bis zum Falter ermittelt werden (1993: 0,95%, 1994: 2,5%). Im Mittel müssen etwa 60 Eier abgelegt werden, damit im darauf folgenden Jahr mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ein Falter schlüpft. Nur in drei Larvalhabitaten, die im Vergleich zu den meisten übrigen noch ein größeres Angebot geeigneter Eiablagepflanzen aufweisen, wurde eine erfolgreiche Reproduktion nachgewiesen.

Das Vorkommen im Untersuchungsgebiet stand vermutlich nicht mehr in einem regelmäßigen Individuenaustausch zu den nächstgelegenen Populationen auf der Schwäbischen Alb (70 km) und im Tauberland (120 km). Eine

mittel- bis längerfristige Wiederbesiedlung des Heckengäus durch „Langstreckenwanderer“ scheint im Falle einer großräumigen Ausbreitung des Segelfalters als Folge der prognostizierten Klimaerwärmung nicht ausgeschlossen, ist kurzfristig jedoch kaum zu erwarten.

**Schlüsselwörter:** *Iphiclides podalirius*, Überlebensrate, Deutschland, Rückgang, Präimaginalstadien, Schutz, Habitat, Ökologie, Fund-Wiederfund-Untersuchung

#### ABSTRACT

Between 1992 and 2008 the ecology of a population of the Scarce Swallowtail *Iphiclides podalirius* (LINNÆUS, 1758) has been studied in South-western Germany (Heckengäu, Baden-Württemberg, Obere Gäue). Emphasis was put on habitat requirements for the egg and larval stages, on the survival rate of immature stages and on population and spatial dynamics. These were supplemented by behavioural observations of larvae and adults.

Whereas approx. 1200 eggs, larvae and pupae were found from 1992 to 1995, only around 30 adult butterflies in total were observed. Due to the extreme rarity of the adult stage, it was necessary to investigate the habitat requirements, occurrence and distribution of the butterfly by studying immature stages.

In contrast to the „classic“ habitats of the species (steep, dry and hot slopes, e.g. along the rivers Mosel and Nahe or in the „Oberpfälzer Jura“), our study population lives in a flat to hilly landscape dominated by agriculture within the borders of the „Obere Muschelkalk“, which used to be characterised by a network of stone-rows (often with hedges; „Steinriegel“). The most important larval habitats can be found on the rows that have limited coverage of shrubs, and also on the gravel of a former railway line. A large proportion of eggs and larvae (95%) were found on *Prunus spinosa*. In addition to *Prunus domestica* ssp. *domestica* and *Prunus mahaleb*, new plants for egg deposition - *Prunus cerasus* and *Prunus avium* – have been identified for Baden-Württemberg. There is a clear preference for eggs to be deposited on small shrubs with branches growing horizontally above stones which otherwise have hardly any or no vegetation cover. Egg deposition took place most frequently < 85 cm above ground (mainly between 15–25 cm); and exceptionally in one case > 2 m (6 m on *Prunus cerasus*).

Based on egg and caterpillar assessments, the study shows that the area inhabited by the population decreased steadily from 140 km<sup>2</sup> (16 localities with eggs or larvae in 1992/93) to 14 km<sup>2</sup> (3 localities in 1995). Since 1994 the population was restricted to the abandoned railway line, but even there a continuous decrease has been observed. In 1996 the species could be found in only 2 out of 5 sub-areas along the railway line. Since 2000 no observations could be made, so the species was considered to be extinct in the study area. The total annual number of eggs, larvae and pupae from 1993 to 1995 was between 300 and 400 (1993: 366, 1994: 304, 1995: 395). In 1996 the number decreased below 100 eggs and larvae. The main reasons for the decline were the limited availability of suitable larval habitats (successional processes due to reduced disturbances of the vegetation naturally developing on stone-rows, loss of traditional agriculture

which was characterised by stones from crop fields being collected and transferred to the field margins) and unsuitable weather conditions in the previous year(s), which both seem to be key factors for the survival of the Scarce Swallowtail.

Most observations of larval behaviour were made at the end of the larval stage, in particular when larvae migrated to the pupation site and during the consecutive pupation period, which until now has rarely been reported in literature. The search for a suitable pupation site usually took 1–2 hours. The selected sites were normally separated < 150 cm from the larval food plant. Pupation takes place on grasses or herbs as well as under stones of railway lines and stone-rows.

There are numerous natural enemies (birds, bugs, mites, spiders, parasitoids). Noteworthy are the high losses in the prepupal and early pupal stages due to destruction by ants.

Despite the low number of marked individuals, studies on the adults yielded relevant results, most probably due to the predominantly rainy weather conditions during the flight season. In 1995 out of 18 marked specimens 9 were recaptured several times. Three females were recaptured 5 times each within 3 weeks at the very same place during oviposition – the oldest one being at least 22 days old. It became obvious that freshly eclosed adults met for mating at the nearest elevated area („hilltopping“ sites). While males remain there, females return to their patch of origin, to start oviposition. Dispersal into surrounding areas was only observed during good weather conditions, and then further eggs were laid at suitable sites. After being observed ovipositing at its patch of origin several times, a 2 km dispersal flight was observed in June 1996 by a marked female.

For the first time MRR studies have been conducted with larvae in the field. This was possible due to the extreme site fidelity of the larvae, which normally stay on the branch on which the egg was laid until near pupation. Larvae have been „recaptured“ individually by marking the respective plant and characterising the respective branch. In this manner the development of 343 (in 1993) and 278 (in 1994) individuals has been documented (in some ideal cases until eclosion of the adult the following year). Survival rates from the egg to the adult were calculated for 1993 and 1994 (1993: 0,95%, 1994: 2,5%). On average about 60 eggs are needed for the eclosion of one adult in the consecutive year. Greater reproductive success was only observed in the 3 larval patches which had comparatively high availability of suitable oviposition plants.

The Scarce Swallowtail formed a metapopulation in the region at least up until 1993, when temporarily local (sub)populations existed. We assume that during the study period there have been no – or at most weak – links to the nearest populations on the Swabian Jura (in 70 km distance) or in the „Tauberland“ (120 km). Thus, a (re)colonisation of the population by „long-distance wanderers“ merely based on the predicted climate change is not considered as impossible, but cannot be expected in the near future.

**Key words:** *Iphiclides podalirius*, survival rate, Germany, decline, preimaginal stages, conservation, habitat, ecology, mark recapture

## 1 VORWORT

Der Segelfalter *Iphiclides podalirius* (LINNAEUS 1758) galt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts als Charakterart der Kalkgebiete Württembergs und war in der kargen Steinriegellandschaft des Heckengäus verbreitet und häufig (SCHNEIDER 1936). Auch in den 1970er und frühen 1980er Jahren wurde er dort noch regelmäßig beobachtet. Ein bekanntes und gut besetztes Vorkommen bestand z. B. auf dem „Hartmannsberg“ bei Weissach-Flacht, wo bis 1973 alljährlich die Gipfelbalz zu beobachten war. Neuere Nachweise fehlten nicht nur aus diesem Gebiet, auch die übrigen Lebensräume im Heckengäu schienen seit Jahren verwaist.

Anfang der 1990er Jahre schien die Existenz der dortigen Population nach jahrelangem Fehlen von Nachweisen zumindest fraglich. Im Mai 1992 wurde deshalb der Versuch unternommen, durch gezielte Nachsuche Präimaginalstadien der stark gefährdeten Art aufzufinden. Diese Vorgehensweise brachte überraschend schnell den gewünschten Erfolg. Nachdem die ersten Eier bei Aidlingen-Deufringen gefunden worden waren, wurden im ganzen Kreisgebiet ähnlich strukturierte Stellen abgesucht und es gelangen weitere Ei- und Raupenfunde. Bald zeigte sich, dass man Eier und Raupen problemlos auffindet, während die Falter wegen ihrer extrem geringen Dichte nur sehr schwierig nachweisbar sind. Ab 2000 konnten jedoch weder Eier noch Jungraupen mehr nachgewiesen werden, so dass die Segelfalter-Population des Heckengäus seitdem als erloschen betrachtet werden muss.

Von 1992–1995 wurden im Rahmen der Diplomarbeit des Erstautors u. a. die Larvalökologie, die Habitatansprüche sowie die Verbreitung des damaligen Vorkommens untersucht und daraus Grundzüge eines Artenschutzkonzeptes abgeleitet (STEINER 1997). Nach 1995 wurden bestimmte Untersuchungsansätze – insbesondere zur Verbreitung des Vorkommens – vom Zweitautor fortgeführt. Im Folgenden werden einige Teilaspekte zu Habitatbindung und Ökologie, zur räumlichen Verteilung der Larvalhabitate und zur Entwicklung, Phänologie und Verhalten des Falters und seiner Entwicklungsstadien vorgestellt. Die gesamte Arbeit ist 2007 im Pensoft Verlag (Sofia, Bulgarien) erschienen (STEINER et al. 2007).

## 2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

### 2.1 Naturräumliche Einordnung und Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt in Baden-Württemberg im Naturraum „Obere Gäue“. Dieser Landschaftsraum ist eine Untereinheit der Neckar-Tauber-Gäuplatten im Hauptnaturraum Neckar-Tauberland (INSTITUT FÜR LANDESKUNDE 1950 ff.).

Mit dem Begriff „Gäue“ werden volkstümlich die Muschelkalk- und Lettenkohleplatten zwischen Hochrhein und Main bezeichnet, die sich in zwei Untertypen aufteilen lassen: Die Hecken- oder Dorngäue zeichnen sich durch karge stufenrandnahe Muschelkalkplatten aus und werden von den Korn- oder

Strohgäuen unterschieden, die fruchtbare, mit Lettenkohle und Lösslehm bedeckte stufenrandferne Muschelkalkhochflächen aufweisen.

Der nördlichste Abschnitt der Oberen Gäue zwischen dem Schwarzwald (bzw. Würmtal) im Westen und dem Schönbuch im Osten wurde als eigentliches „Oberes Gäu“ benannt und setzt sich aus Hecken-, Korn- und Strohgäu zusammen.

Das Untersuchungsgebiet liegt in einem Teilbereich des Heckengäus, dem „Würm-Heckengäu“. Die einzelnen Untersuchungsflächen befinden sich im Landkreis Böblingen (Regierungsbezirk Stuttgart) sowie in den angrenzenden Landkreisen Calw und Enzkreis (Regierungsbezirk Karlsruhe). Dieses Gebiet wird in erster Linie vom bis zu 85 m mächtigen Oberen Muschelkalk geprägt. Auf den Hangkuppen und in mittleren Hanglagen stehen meist die *Nodosus*-Schichten des Oberen Muschelkalks an, während die unteren Hangbereiche im Trochitenkalk liegen.

Die Böden sind wenig tiefgründig und steinig (Rendzinen, Skelettböden), wurden in früheren Zeiten jedoch auch ackerbaulich genutzt. Die bei der Bewirtschaftung störenden Kalkscherben dieser Äcker wurden von den Bauern über Jahrhunderte an den Parzellenrändern aufgehäuft. Auf diesen Steinriegeln konnten sich die für den Naturraum namensgebenden Hecken (Schlehen usw.) ansiedeln.

## 2.2 Überblick der untersuchten Teilgebiete

Es wurde in allen potenziellen Larvalhabitaten nach Präimaginalstadien, in bestimmten Gebieten auch nach Eier legenden Weibchen gesucht. Die Untersuchungsflächen wurden unter Zuhilfenahme topographischer Karten überwiegend „erfolgsorientiert“ ausgewählt, d. h. auf die Suche in völlig ungeeignet erscheinenden Gebieten wurde von vornherein verzichtet. Neben größeren Gebietskomplexen (z. B. Bahnlinie zwischen Hacksberg und Ostelsheim, Venusberg, Mittelberg) wurden teilweise auch stärker isolierte Kleinstandorte einbezogen, wie etwa Steinriegel oder „auf den Stock gesetzte“ Schlehenhecken zwischen Wiesen oder Äckern.

Ergänzend wurde besonders im Bereich von Erhebungen nördlich der Bahnlinie Hacksberg-Ostelsheim nach potenziellen Paarungsplätzen gesucht („Hill-topping“-Plätze). Auf diese Weise ergaben sich im engeren Bearbeitungsgebiet über 20 Untersuchungseinheiten. Die Lage dieser Teilgebiete ist Abb. 2.1 zu entnehmen.

## 3 MATERIAL UND METHODEN

### 3.1 Untersuchungen an Präimaginalstadien

Die Kartierung der Larvalhabitate sowie eingehende Untersuchungen an Präimaginalstadien des Segelfalters bilden den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. Zielsetzung war hierbei, über umfangreiche Daten zur Larvalökologie die spezifischen Habitatansprüche dieser Ritterfalterart im Heckengäu zu klären.

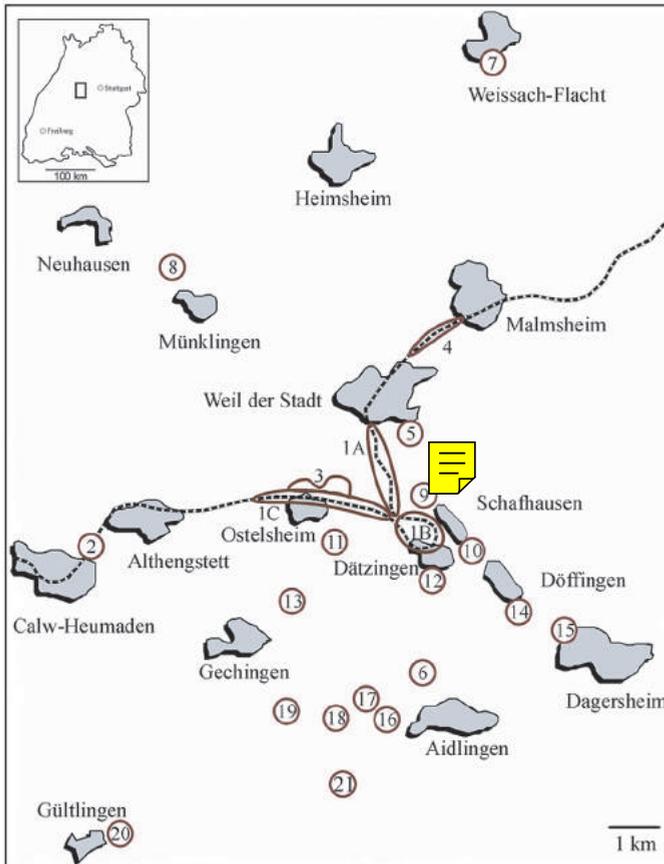


Abb. 2.1. Lage der untersuchten Teilgebiete

1992 wurde zunächst im Rahmen erster Übersichtskartierungen (Mai bis Juni) in bis dato bekannten Larvalhabitaten nach Eiern und Raupen gesucht. Dabei wurden vor allem südexponierte Hänge, Lesesteinriegel und Schotterkörper von Bahnlinien überprüft. Das auf Erfahrungswerten basierende Suchschema beinhaltete vor allem direkt über Kalkschotter wachsende, waagrecht abstehende Äste von *Prunus*-Gewächsen, deren Blätter auf Ober- und Unterseiten nach Eiern sowie auf der Blattoberseite und an den Zweigen nach Raupen abgesucht wurden. Vorrangiges Ziel war zunächst der Art-Nachweis, um einen möglichst genauen Überblick des aktuell besiedelten Areals im Heckengäu zu erhalten.

1993 und 1994 wurden weitere potenzielle Larvalhabitats im Heckengäu in entsprechender Weise untersucht. Beginnend 1993 wurden die Fundstellen von Präimaginalstadien mittels eines Erfassungsbogens (siehe 3.1.1 ff.) detailliert charakterisiert. Dabei wurden auch suboptimal erscheinende Wirtspflanzen ein-

bezogen. Um einen abschließenden Eindruck der Bestandssituation zu gewinnen, wurde 1995 ein drittes Mal die ungefähre Anzahl der Eier bzw. Raupen ermittelt und es wurden nochmals alle bis dahin bekannten Larvalhabitate auf das Vorhandensein von Eiern oder Jungraupen überprüft. Eine systematische Aufnahme in den Erfassungsbogen erfolgte im letzten Untersuchungsjahr indessen nicht mehr.

### 3.1.1 Aufbau des Erfassungsbogens

Die Entwicklung aller gefundenen Eier, Raupen und Puppen, sowie Angaben zu Ablagepflanzen und Kleinklima wurden in den Jahren 1993 und 1994 mittels eines Erfassungsbogens protokolliert. Dieser wurde in Zeilen gegliedert, welche jeweils die Datenreihe eines bestimmten Individuums (Ei, Raupe, Puppe) beinhalten. Die aufgenommenen Daten sind inhaltlich in zwei eng miteinander verbundene Teile untergliedert. Der erste Teil enthält neben den Fund-Wiederfund-Untersuchungen Informationen zu Biologie und Verhalten, z. B. Angaben über die Wanderung zum Verpuppungsplatz oder zur Verpuppung. Im zweiten Teil sind Daten zu Habitat und Ökologie dokumentiert, insbesondere zur Eiablagepflanze und zu standörtlichen Parametern der Ablagestellen (Untergrund, Exposition, Besonnungsdauer und Mikroklima).

### 3.1.2 Fund-Wiederfund-Untersuchungen

Um Informationen über die Eignung der verschiedenen Larvalhabitate für eine erfolgreiche Reproduktion zu gewinnen, wurden Entwicklung und Überlebensrate der gefundenen Eier, Raupen und Puppen 1993 und 1994 protokolliert. Hierzu

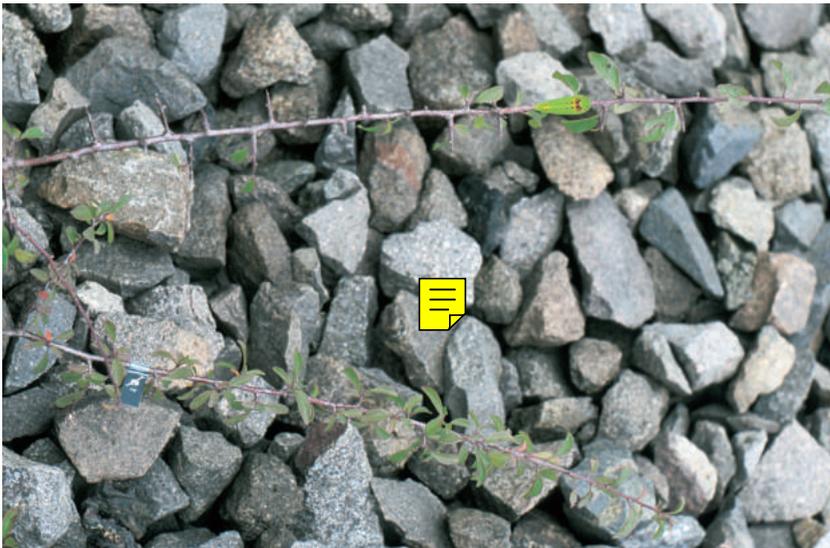


Abb. 3.1. Markierte Schlehe mit L5-Raupe

wurde versucht, erstmalig gefundene Präimaginalstadien bei nachfolgenden Begehungen (Abstand 8–14 Tage) zu bestätigen und deren Entwicklung im Idealfall bis zum schlüpfenden Falter zu dokumentieren. Die Erstfundstellen wurden anhand von Markierungen der Ablagepflanze und zusätzlicher Daten (z. B. Länge des mit Eiern oder Raupen belegten Astes, Lot zum Boden, Untergrund, Exposition, Besonnungsdauer) individuell „markiert“, so dass ein Wiederfinden auch bei mehreren Raupen pro Ablagepflanze gewährleistet war (vgl. Abb. 3.1).

Die Wanderung erwachsener Raupen zum Verpuppungsort wurde 1993 und 1994 von Mitte Juli bis Ende August in vielen Fällen unmittelbar mitverfolgt und genau protokolliert. Zur Schlupfzeit musste der Entwicklungsstand der Puppen nahezu täglich überprüft werden. In vielen Fällen konnte so der Schlupf direkt mitverfolgt und dokumentiert werden.

### 3.2 Untersuchungen an Imagines

Untersuchungen an Imagines fanden in den Jahren 1993, 1994 und 1995 jeweils von Ende April bis Ende Juni statt. Die Suche nach Faltern erfolgte nahezu an jedem sonnigen Tag, in der Regel von 9:00 bis 17:00 h MESZ, in vielen Fällen mussten aber auch bedeckte Tage mit nur kurzen Sonnenphasen genutzt werden. Es wurde hauptsächlich durch Sichtbeobachtung bzw. mit Hilfe eines Fernglases versucht, die Paarungsplätze der Falter („Hilltopping“-Plätze) aufzufinden sowie Eier ablegende Weibchen in den Larvalhabitaten zu beobachten und deren Verhalten zu protokollieren.

#### 3.2.1 Markierungsexperimente

Anhand der Markierungsexperimente sollte in erster Linie geklärt werden, ob und inwieweit Individuen standorttreu sind und welche Minimalentfernungen zwischen verschiedenen Fundstellen zurückgelegt werden.

Untersuchungen an markierten Faltern konzentrierten sich 1994 auf den Hacksberg und 1995 auf die Bahnlinie zwischen Hacksberg und Ostelsheim. Zur Markierung wurde in fast allen Fällen der Schlupf gefundener Freilandpuppen (vgl. Kap. 3.1.2) abgewartet. Nach dem Aushärten der Flügel konnten die frisch geschlüpften Falter auf den Vorderflügeloberseiten mit einer fortlaufenden Zahl beschriftet werden, wobei die Ziffern in der Regel während des „Warmzitterns“ mit einem schwarzen Folienschreiber vorsichtig auf die Flügel gepunktet wurden. In wenigen Fällen konnten auch ältere Weibchen in Legepausen (Schattenphasen) markiert werden. Diese erhielten keine Nummer, sondern ein einfacheres und rasch aufbringbares Kennzeichen (Punkte, Kreuze u. a.). 1994 wurden außerdem 10 L1-Raupen an der Bahnlinie zwischen Hacksberg und Ostelsheim (östlich BHF Ostelsheim) entnommen und (verlustfrei) bis zur Imago aufgezogen. Die frisch geschlüpften Falter wurden 1995 am Entnahmeort der Raupen markiert und freigelassen. Ihr Schlupf erfolgte zeitparallel zu demjenigen der Freilandpuppen.

Bei Wiederfinden war das Fangen der Falter nicht erforderlich, da die Individualmarkierung in Flugpausen problemlos mit dem Fernglas abgelesen werden

konnte (z. B. beim Saugen an Blüten oder bei der Eiablage). Bei den frisch markierten bzw. wiedergefundenen Faltern wurden Datum, Uhrzeit, Fundort, Geschlecht und Verhaltensweisen protokolliert.

### 3.3 Untersuchungen zur räumlichen Populationsstruktur

Die Arealgrenzen des Vorkommens im Heckengäu waren nach der ersten Übersichtskartierung im Jahr 1992 (vgl. Kap. 4.1) noch unklar. Besonders interessierte, ob die (Meta)-Population eigenständig bzw. isoliert ist oder ob sie mit anderen Populationen in Austausch stehen könnte.

Hierzu wurde versucht, zwischen 1993 und 1995 in allen potenziellen Larvalhabitaten Ei- oder Jungrauen-Nachweise zu erbringen. Besondere Beachtung fanden dabei die am bekannten Arealrand oder außerhalb davon gelegenen Gebiete (z. B. Killberg bei Gültlingen, Büchelberg bei Münklingen, Trockenhang bei Höfingen). Zielsetzung war, möglichst viele potenzielle Stellen noch während der L<sub>1</sub>-Zeit zu überprüfen, da sich das erste Larvalstadium als das am zuverlässigsten nachweisbare erwiesen hatte. Um nachträgliche Ablagen zu berücksichtigen, erfolgte in jedem potenziellen Larvalhabitat im Abstand von 1–2 Wochen noch eine zweite Begehung. Eine quantitative Erfassung der Präimaginalstadien wurde nach Abschluss der Arealkartierungen in der unter Kap. 3.1 beschriebenen Weise durchgeführt. Nach 1995 wurden die Untersuchungen zur Arealausdehnung insbesondere vom Zweitautor bis einschließlich 2008<sup>1</sup> fortgeführt.

Zur Klärung der Frage, ob zwischen der Heckengäu-Population und anderen Vorkommen eine Verbindung besteht, wurde 1993/94 der Suchraum über das Heckengäu hinaus auf Gebiete der näheren Umgebung erweitert, insbesondere auf solche, aus denen ältere Fundmeldungen vorlagen (z. B. Spitzberg bei Tübingen, Leudelsbachtal bei Markgröningen, Kochartgraben bei Ammerbuch-Reusten, stillgelegte Bahnlinie bei Dettenhausen, Schönbuch-Südrand bei Herrenberg-Kayh).

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Das Areal der Population im Heckengäu – räumliche Verteilung der Larvalhabitats zwischen 1992/93 und 2008

Im Untersuchungszeitraum konnten Präimaginalstadien des Segelfalters ausschließlich im Naturraum „Obere Gäue“ innerhalb des Heckengäus nachgewiesen werden. Die 16 dort ermittelten Fundstellen befanden sich in einem ca. 140 km<sup>2</sup> großen Areal zwischen Renningen-Malmsheim im Norden und Deckenpfronn im Süden (vgl. Abb. 4.1). Die östliche Grenze des Vorkommens lag bei Sindelfingen-Darmsheim, die westliche am Schwarzwaldrand bei Calw-Heumaden. Knapp außerhalb dieser Grenzen sind nur punktuell geeignete Larvalhabitats vorhanden. In jenen Gebieten konnten jedoch keine Präimaginal-

<sup>1</sup> wobei es sich ab 2000 nur noch um Versuche der Wiederbestätigung des verschollenen Vorkommens handelte

stadien festgestellt werden (z. B. Killberg bei Gültlingen, Büchelberg bei Münklingen, NSG Hartmannsberg bei Weissach-Flacht, Trockenhang bei Leonberg-Höfingen). Die Fundorte lagen somit alle im Bereich des anstehenden Oberen Muschelkalks. In geeignet erscheinenden Larvalhabitaten des östlich angrenzenden Keupergebiets (z. B. NSG Grafenberg bei Kayh) und westlich der Schichtgrenze Muschelkalk/Buntsandstein blieb die Suche erfolglos. Auch weitere Gebiete in der näheren Umgebung, insbesondere solche, aus denen ältere Fundmeldungen vorlagen, waren im Untersuchungszeitraum niemals mit Eiern oder Raupen des Segelfalters besetzt (z. B. Spitzberg bei Tübingen, Leudelsbachtal bei Markgröningen, Kochartgraben bei Ammerbuch-Reusten, stillgelegte Bahnlinie bei Dettenhausen). Der nächstgelegene Nachweis erfolgte 1994 in mehr als 70 km Entfernung auf der Schwäbischen Alb.

Zwischen 1992 und 1995 wurden im Heckengäu annähernd 1.200 Eier und Raupen des Segelfalters aufgefunden. Demgegenüber konnten im gesamten Untersuchungszeitraum – trotz zum Teil intensiver Suche zur Flugzeit – nicht einmal 30 Falter beobachtet werden. Von vielen Ei- und Raupenfundstellen fehlen Imaginalbeobachtungen vollständig. Der Nachweis von Vorkommen erfolgte an sämtlichen Fundstellen anhand von Eiern oder Raupen. Bei nachfolgenden Begehungen gelang in Ausnahmefällen die Beobachtung Eier ablegender Weibchen, jedoch ausschließlich im Teil-Untersuchungsgebiet „stillgelegter Bahndamm“.

Abgesehen vom Untersuchungsjahr 1992, in dem einzelne Larvalhabitate noch unbekannt waren und Eier bzw. Raupen nicht systematisch erfasst wurden, konnten in den beiden folgenden Jahren erheblich mehr (295 bzw. 304) und 1995 sogar annähernd 400 Präimaginalstadien gezählt werden. In den Untersuchungsjahren 1994 und 1995 wurden Eier und Raupen ausschließlich an der Bahnlinie gefunden. In allen übrigen Gebieten (außerhalb der Bahnlinie) gelangen nur in den Jahren 1992/1993 Ei- bzw. Raupenfunde. Nachfolgende Kontrollen erbrachten trotz intensiver Suche in keinem einzigen dieser Gebiete einen neuerlichen Nachweis. Von 16 Fundstellen im Jahr 1992/93 verblieben nur 3, die auch 1995 noch mit Eiern oder Raupen besetzt waren. Das Areal der Population verkleinerte sich somit im Untersuchungszeitraum von annähernd 140 auf ca. 14 km<sup>2</sup> (vgl. Abb. 4.1). Die Gesamtzahl aufgefundener Eier und Raupen änderte sich zwischen 1993 und 1995 dagegen kaum.

Die weitere Entwicklung der Segelfalter-Population des Heckengäus wurde bis zum aktuellen Zeitpunkt (2008) insbesondere durch den Zweitautor dokumentiert (vgl. Abb. 4.1). Leider verlief sie nicht positiv und so stehen wir heute in einem Heckengäu ohne Segelfalter. Trotz intensiver Suche in den verbliebenen Resthabitaten konnte das Vorkommen zwischen 2000 und 2008 nicht mehr bestätigt werden<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Bei einem Einzelfalter im Jahr 2003 bei Aidlingen-Lehenweiler (WALZ, mdl.) handelte es sich vermutlich um einen Zuwanderer. Präimaginalstadien wurden anschließend nicht gefunden.

Nachdem bereits die Bestandssituation des Jahres 1996 wenig Anlass für optimistische Prognosen gegeben hatte, blieben Ei- und Raupenfunde auch 1997 – trotz teilweise bester Witterung zur Flugzeit – auf die stillgelegte Bahnlinie beschränkt. Mit insgesamt 22 L1-Raupen an zwei voneinander getrennten Fundstellen (Hacksberg, Ostelsheim) wurde ein neuerlicher Tiefpunkt erreicht. Falter konnten erwartungsgemäß überhaupt nicht beobachtet werden.

Ende Mai 1998 war bei anhaltend sonniger und warmer Witterung während zweier intensiver Such-Durchgänge zunächst kein einziges Ei nachzuweisen. Umso größer die Überraschung, als sich am 4. Juni ein vermutlich männlicher Falter in rasantem Flug auf dem Hacksberg sichten ließ. Der letzte Segelfalter des Heckengäus? Wohl kaum, denn die erneute Suche brachte bei Ostelsheim 8 frisch gelegte Eier und später rund 1 Dutzend L1-Raupen. Auch auf dem Hacksberg folgte die Bestätigung, dass ein Weibchen vor Ort gewesen sein musste: 4 L1-Raupen, von denen eine noch Ende Juli als L5 bestätigt werden konnte. Trotzdem erneut ein Minusrekord und bei normalen Überlebensraten der Raupen wenig Erfolg versprechend für das nachfolgende Jahr.

Dennoch wurden im sonnigen und warmen Mai 1999 bereits zu Beginn der Schönwetterperiode zwei Eier bei Ostelsheim gefunden. Am Hacksberg konnte sogar, nach Jahren beständigen Rückganges, mit 16 L1-Raupen erstmals wieder ein schwacher Aufwärtstrend registriert werden, der gewisse Hoffnungen weckte. Es blieb jedoch bei der Hoffnung, wie bereits eingangs erwähnt.

Die Population des Heckengäus muss somit als erloschen gelten. Eine Neubegründung des Vorkommens durch zuwandernde Individuen weit entfernter Populationen ist in der Zukunft sicherlich denkbar, zumal entlang der Bahnlinie nach wie vor geeignete Schlehen wachsen. *I. podalirius* ist eine ausbreitungsstarke Wanderfalterart. Zudem wäre im Zuge des vorhergesagten Klimawandels mit deutlicher Zunahme der Jahresmitteltemperaturen eine großräumige Bestandsförderung der wärmebedürftigen Art in Mitteleuropa plausibel.

Für die Annahme, dass im Heckengäu vielleicht noch aktuell (2008) ein „kryptisches“ Vorkommen unterhalb der Nachweisgrenze besteht, gibt es dagegen keinen Anlass. Zu groß wäre hierzu die Zahl der bei Kontrollen übersehenen Junraupen, zu überschaubar sind die verbliebenen Habitate.

## 4.2 Habitatbindung

### 4.2.1 Eiablage- und Larvalhabitat

Von 16 im gesamten Untersuchungszeitraum ermittelten Larvalhabitaten lagen 5 im Bereich der größtenteils stillgelegten Bahnlinie zwischen Renningen-Malmsheim und Althengstett. Dabei handelte es sich um die wichtigsten Teilhabitate der Population; hier wurden 85% der Präimaginalstadien gefunden. Die Flächen sind durch einen nahezu vegetationsfreien Gleiskörper mit früher Schlehensukzession und teils vermutlich bleibend kleinwüchsigen Individuen von *Prunus*-Gewächsen gekennzeichnet. Auf angrenzenden Böschungen sind abschnittsweise Initialstadien von Halbtrockenrasen mit jungen Liguster-Schlehen-

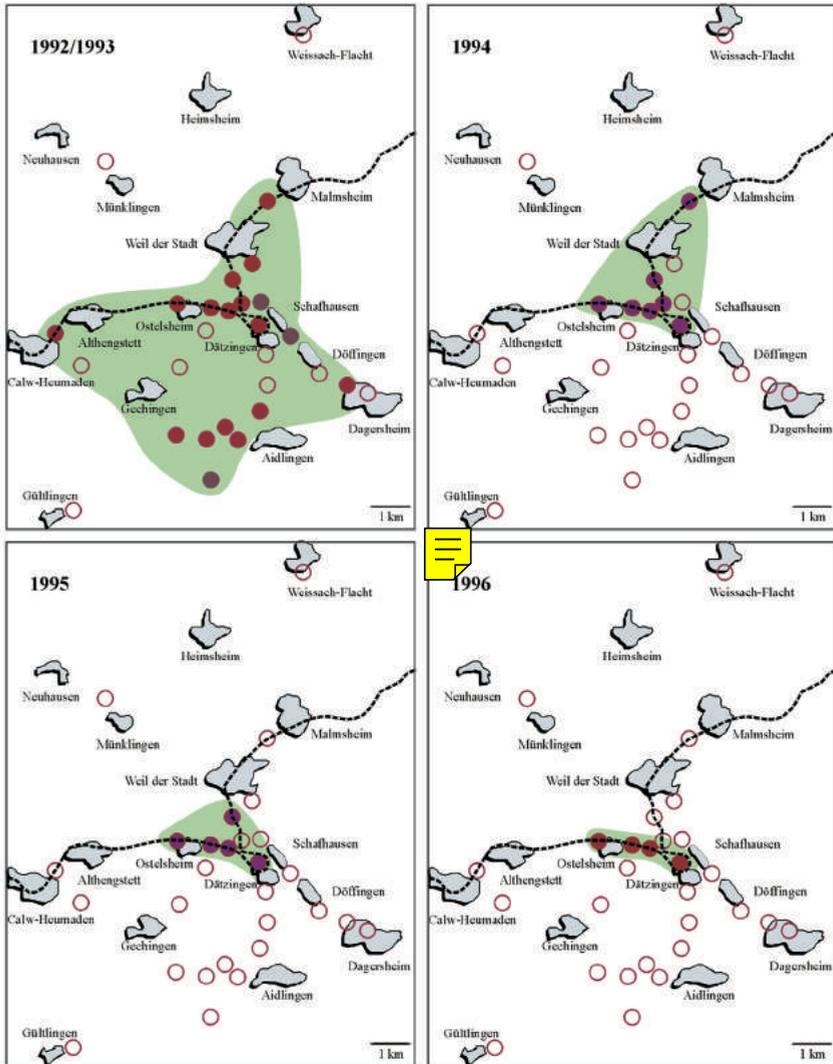


Abb. 4.1. Räumliche Verteilung der Larvalhabitate des Segelfalters (*Iphiclides podalirius*) zwischen 1992/93 und 2008 und Arealveränderungen der Segelfalter-Population

Legende: Rote Punkte: Besetzte Larvalhabitate (Ei und/oder Raupenfunde), Braune Punkte: Ei und/oder Raupenfunde nur 1992, Rote Kreise: Weitere Suchflächen (kein Nachweis), Grüne Fläche: Areal (näherungsweise) im betr. Jahr, Schwarz-Weiße Linie: Bahnlinie (zwischen Weil der Stadt und Calw stillgelegt)

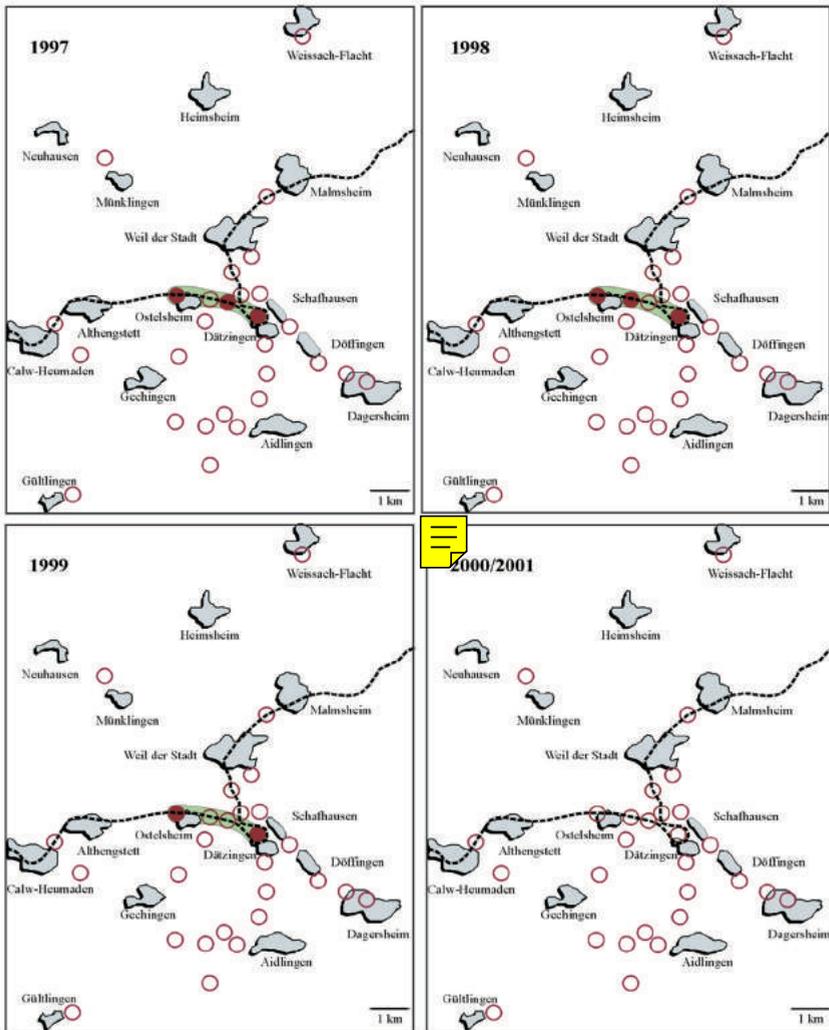


Abb. 4.1. (Fortsetzung)

gebüsch ausgebildet (vgl. Abb. 4.2 und Abb. 4.3), die ebenfalls zur Eiablage genutzt wurden. Angrenzend an die Bahnlinie bei Renningen-Malmsheim waren zwei Schlehen im Basisbereich einer fast senkrechten Muschelkalkwand mit Raupen besetzt.

Die noch befahrene Strecke der Bahnlinie (S-Bahn-Betrieb) wird regelmäßig mit Herbiziden behandelt. Die stillgelegten Abschnitte liegen dagegen größtenteils brach, nur stellenweise werden durch die Naturschutzverwaltung Entbuschungsmaßnahmen durchgeführt („auf den Stock setzen“ von Hecken).

Die übrigen 11 Larvalhabitate lagen hauptsächlich auf Lesesteinriegeln, die im Kernbereich nahezu vegetationsfrei sind und randlich frühe Schlehensukzession aufweisen (vgl. Abb. 4.4).

Zwei Gebiete (NSG Venusberg, Mittelberg) sind großflächige Komplexe aus zahlreichen Steinriegeln unterschiedlicher Sukzessionsstadien (vegetationsfreie Schotter bis durchgewachsene Schlehenhecken) mit dazwischen liegenden Halbtrockenrasen und Salbei-Glatthaferwiesen. In einem dieser Gebiete (NSG Venusberg) konnten Eier und Raupen auch in einer ehemaligen, bäuerlichen Muschelkalk-Entnahmestelle nachgewiesen werden (vgl. Abb. 4.5).

Sieben Larvalhabitate wurden in Gebieten mit nur einzelnen, z. T. aber großflächigen Steinriegeln gefunden, die von Hecken-Wiesen-Ackerkomplexen unterschiedlicher Ausprägung umgeben sind (5 Gebiete) oder im Umfeld kurzrasige, z. T. lückige und schotterreiche Halbtrockenrasen („Wacholderheiden“) aufweisen (2 Gebiete) (vgl. Abb. 4.6). Vereinzelt gelangen Funde auch in höherwüchsigen, bereits stärker versaumten, südexponierten Halbtrockenrasen. Eier fanden sich dort an vordringender Schlehen-Wurzelbrut oder randlich an größeren Schlehen-Büschen in windgeschützter Lage.

Im Gegensatz zu den „klassischen“ Segelfalter-Habitaten nördlich der Alpen (trockenheiße Steilhänge, z. B. an Mosel, Nahe oder im Oberpfälzer Jura) siedelt die Art im Heckengäu in einer ebenen bis hügeligen, ehemals von einem dichten Steinriegelnetz geprägten Ackerbaulandschaft innerhalb der Grenzen des Oberen Muschelkalks. Die wichtigsten Larvalhabitate liegen auf dem Schotterkörper einer stillgelegten Bahnlinie und auf gehölzarmen Lesesteinriegeln.

Insgesamt wurden im Heckengäu 6 verschiedene Wirtspflanzen festgestellt, die ausnahmslos der Gattung *Prunus* angehören. Der Großteil der Eier und Raupen (95%) fand sich an Schlehe (*Prunus spinosa*). Neben Zwetschge (*Prunus domestica* ssp. *domestica*) und einer mit drei Eiern belegten Felsenkirsche (*Prunus mahaleb*) wurden als neue Eiablagepflanzen für Baden-Württemberg die Sauerkirsche (*Prunus cerasus*) und die Süßkirsche (*Prunus avium*) nachgewiesen. Letztere wächst aber sehr viel seltener unter klimatisch günstigen Ablagebedingungen und ist deshalb von untergeordneter Bedeutung. Im Heckengäu wurden hauptsächlich kleinwüchsige, gut besonnte Schlehen mit waagrecht abstehenden Ästen mit Eiern belegt. Die Ablagehöhen lagen meistens unter 85 cm (hauptsächlich 15–25 cm), nur in einem Fall über 2 m (6 m in einer Süßkirsche). Ferner kommt größeren Schlehen an Stellen mit Wärmestau in windgeschützter Lage (z. B. Geländeeinsenkungen, steile Hanglagen) oder mit bodennahen Ästen eine Bedeutung zu. Die überwiegende Mehrzahl der Ablagepflanzen wächst im nahezu vegetationsfreien Schotterkörper einer stillgelegten Bahnlinie oder in angrenzenden, schütter bewachsenen Böschungen. Die Larvalhabitate im Schotterkörper der Bahnlinie und auf Steinriegeln weisen bei einem sehr geringen Deckungsgrad meist nur eine schwache Hangneigung auf.

Alle Larvalhabitate unterlagen keiner „normalen“ landwirtschaftlichen Nutzung, als „Sukzessionsbremse“ wirkten allein sporadische Entbuschungsmaß-

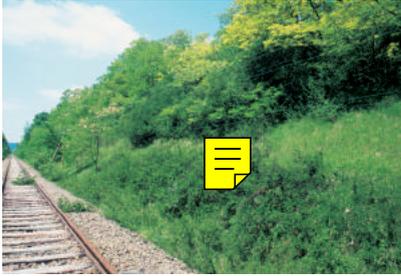


Abb. 4.2. Larvalhabitat bei Ostelsheim

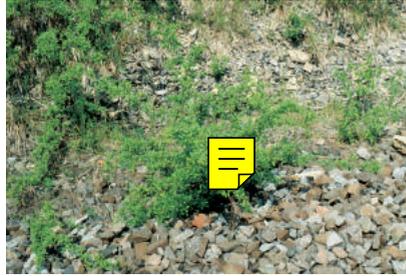


Abb. 4.3. Kleinwüchsige Schlehen im Bahnschotter (Larvalhabitat des Segelfalters)



Abb. 4.4. Larvalhabitat-Typ Lesesteinriegel (FND „Laiddorf“)

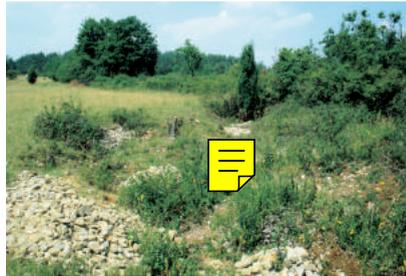


Abb. 4.5. Ehemalige Muschelkalk-Entnahmestelle im NSG „Venusberg“ (Larvalhabitat des Segelfalters)

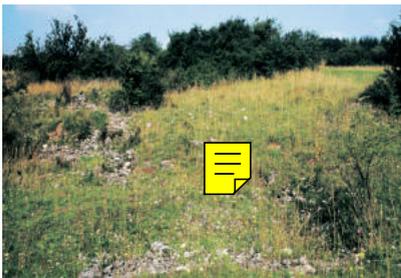


Abb. 4.6. Lückiger Magerrasen mit kleinwüchsigen Schlehen im NSG „Venusberg“ (Larvalhabitat des Segelfalters)



Abb. 4.7. Eiablagestelle über Langholzablagerungen

nahmen des Naturschutzes, ausnahmsweise auch extensive Schafbeweidung. Die Larvalhabitate des Haupthabitats (stillgelegte Bahnlinie) lagen im Untersuchungszeitraum überwiegend brach, nur im Bereich des NSG Hacksberg wurden Gebüsch sporadisch „auf den Stock“ gesetzt.

Außergewöhnliche Fundstellen waren Schlehen, die im Wärmestau zwischen liegen gebliebenen Langholz-Stämmen emporwuchsen (zwei Raupen, vgl. Abb. 4.7) sowie winzige Ausläuferschlehen in einem ausgelichteten Kiefernwaldstück über trockener Nadelstreu (3 Eier).

Die überwiegende Mehrzahl der Eier bzw. Eiböden fand sich auf Blattunterseiten in der Nähe der Blattmittelrippe, in Ausnahmefällen auch am Blattrand. Zu einem geringen Prozentsatz konnten aber in beiden Hauptuntersuchungsjahren auch Eiablagen auf Blattoberseiten registriert werden. Nur dreimal wurden mit je zwei Eiern belegte Blätter aufgefunden. In einem dieser Fälle konnte das Weibchen dabei beobachtet werden, wie es nach einem kurzen Rundflug dasselbe Blatt erneut belegte.

#### 4.2.2 Imaginalhabitat

Die Falter können innerhalb des Areals in unterschiedlichen Lebensräumen beobachtet werden. Abgesehen von den Paarungsplätzen („Hilltopping“-Plätze) und den Larvalhabitaten, die nahezu ausschließlich von den Weibchen aufgesucht werden, zeigen die Imagines – im Gegensatz zu den Präimaginalstadien – keine deutlich ausgeprägten Lebensraumpräferenzen. Insbesondere umherstreifende Weibchen können bei guten Witterungsbedingungen auf der Suche nach geeigneten Eiablagestellen auch in größerer Entfernung der Larvalhabitate angetroffen werden. Ein Weibchen wurde beispielsweise mitten in einer Ortschaft (Aidlingen) beobachtet. Eifunde auf isoliert liegenden Steinriegeln, die von intensiv genutzten Ackerflächen umgeben sind, zeigen, dass auch solche Flächen von den ausbreitungsstarken Fliegern problemlos überwunden werden.

### 4.3 Entwicklung, Phänologie und Verhalten

#### 4.3.1 Eistadien und Schlupf der Jungraupe

Die Eier haben einen Durchmesser von 1–1,5 mm und eine kugelförmige Gestalt. Anhand der Färbung lassen sich drei zeitlich aufeinander folgende Entwicklungsstadien unterscheiden. Im ersten, frisch abgelegten Stadium (E1) sind die Eier porzellanfarben weiß, grünlichweiß, selten auch rötlichweiß. Im zweiten Stadium (E2) wechselt die Farbe in ein rötliches Braun. Das letzte Eistadium (E3) ist schwarzbraun, kurz vor dem Schlupf tintenblau (vgl. Abb. 4.8 und erste Abb. in Tab. 4.1). Bewegungen der schlupffreien Raupe sind nun durch die Eihülle hindurch sichtbar.

1993 dauerte die temperaturabhängige Ei-Entwicklung durchschnittlich 20 Tage, zwischen den einzelnen Stadien lagen 3–12, in Einzelfällen bis zu 18 Tage. 1994 wurden zu den meisten Präimaginalstadien die ersten Geländedaten bereits zur Jungraupenzeit aufgenommen, so dass vergleichsweise wenige Daten zur Ei-Entwicklung vorliegen. Aus den vorhandenen Daten lässt sich dennoch eine im Vergleich zum Vorjahr etwas kürzere Entwicklung von 16 Tagen ableiten.

Die ersten Eier waren 1993 am Mittelberg vorhanden. Dort wurden am 16.5. Eier im zweiten Stadium registriert, deren Ablagedatum um den 10.5. gelegen

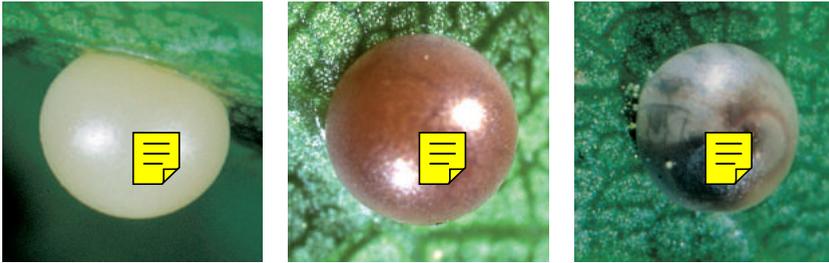


Abb. 4.8. Ei-Entwicklung. Von links nach rechts: E1, E2, E3

haben dürfte. 1994 wurden die frühesten, frisch abgelegten Eier am 15.5. im NSG Hacksberg gefunden, 1995 begann die Eiablage bei Ostelsheim etwa zur selben Zeit. Die letzten Eier, die sich später noch nachweislich entwickelten, datieren 1993 vom 16.6. (1 E2, NSG Hacksberg) und 1994 vom 15.6. (1 E2, NSG Hacksberg). 1995 konnten am Hacksberg sogar noch am 28.6. frisch gelegte Eier (E1) aufgefunden werden.

Der L1-Schlupf findet – fünf Freiland-Beobachtungen zufolge – bei sonniger Witterung tagsüber zwischen 10:00 und 16:30 h MESZ statt. Der gesamte Vorgang dauert etwa 50–70 Minuten, ein Schlupfprotokoll zeigt Tab. 4.1.

#### 4.3.2 Raupenstadien und Häutung

Die Raupen durchlaufen im Heckengäu insgesamt 5 Stadien (L1-L5), Abweichungen von dieser Zahl wurden nicht beobachtet. Das erste bis vierte Stadium benötigt bis zur vollständigen Entwicklung je nach Witterungsverlauf jeweils 7–13 Tage, wobei in einzelnen Fällen auch kürzere Entwicklungszeiten auftreten können (z. B. L2 zu L3 in 5 Tagen). Im letzten Stadium (L5) verbrachten 1993 einzelne Raupen bis zu vier Wochen, die meisten L5-Raupen benötigten (wie 1994) 10–14 Tage bis zur Wanderung zum Verpuppungsort. Insgesamt häuten sich die Raupen viermal, der eigentliche Häutungsvorgang dauert nur wenige Sekunden (vgl. Abb. 4.9).

Die L1-Raupe ist schwarz mit zwei gelben Punkten und etwa 0,5 cm groß (vgl. Abb. 4.10, 4.11). In diesem Stadium ist der Segelfalter am besten zu erfassen, die schwarze Raupe ist bei entsprechend geschultem Suchblick unschwer auf den grünen Blättern aufzufinden, von denen sie sich farblich deutlich abhebt. Die Verbreitung der Art wurde deshalb fast ausschließlich anhand dieses Stadiums untersucht. Eier sind zwar das zahlenmäßig häufigste Präimaginalstadium, aufgrund der Ablageposition (in der Regel auf der Blattunterseite) jedoch etwas mühsamer auffindbar als die L1. Letztere wurden in den Untersuchungsjahren 1993/94 ab Ende Mai<sup>3</sup> bis etwa Mitte Juni (z. B. 24.6.1994) beobachtet. 1995 zog sich die L1-Zeit nahezu bis Mitte Juli hin (ca. 10.7.).

<sup>3</sup> z. B. 26.5.93, L2-Funde am 29.5. lassen aber auf einen früheren Beginn um den 20.5.93 schließen

Tab. 4.1. Schlupf einer Jungraupe am 6.6.94

Uhrzeit	Beobachtung	Abbildung
14:00	Schlüpfreife L1 zeigt seit ca. 15 Min. eine erhöhte Aktivität in der Eihülle, dreht sich um die eigene Achse. Beginnt an einer Stelle ein kleines Loch in die Eihülle zu nagen.	
14:05	Das Loch wird vergrößert, die Mundwerkzeuge werden sichtbar.	
14:09	Der Kopf wird zeitweise durch die Öffnung gesteckt. Das Loch wird soweit vergrößert, bis das Räumchen durch die Öffnung passt.	
14:15	Eigentlicher Schlupfvorgang: Die Jungraupe zwängt sich durch die Eihülle hindurch und klettert nach oben hinaus.	

Uhrzeit	Beobachtung	Abbildung
14:20	Die Raupe ruht kurz aus, dreht sich dann aber um und kriecht zur leeren Eihülle zurück. Bereits jetzt wird Raupenseide gesponnen.	
14:37	Als erste Nahrung verzehrt die Raupe die verbliebene Eihülle.	
14:46	Bis auf einen kleinen Rest, den Eiboden, hat die Raupe die gesamte Eihülle verzehrt. Danach wechselt sie auf die Blattoberseite. Der Eiboden kann über Wochen sichtbar auf der Blattunterseite verbleiben.	

Ab dem zweiten Stadium ist die Raupe grün und dann hervorragend getarnt (vgl. Abb. 4.12). Vorkommen des Segelfalters sind deshalb im zweiten bis vierten Raupenstadium deutlich schwieriger nachzuweisen als zur L1-Zeit. Die einzelnen Stadien sind anhand ihrer Größe und aufgrund morphologischer Merkmale zu trennen: L2-Raupe: 0,5–0,7cm, L3-Raupe: 0,7–1,2 cm, L4-Raupe: 1,1–1,8 cm, L5-Raupe: 1,7–2,7 (max. 3,3 cm). Ihren Weg auf der Wirtspflanze bespinnen alle Raupenstadien intensiv mit Raupenseide. Auch das Ruheblatt wird bei jeder Rückkehr mit einer neuen Lage aus Raupenseide versehen, so dass im Laufe der Zeit ein auffallendes, in der Sonne glitzerndes „Sitzkissen“ entsteht, das von den älteren Raupen später auf die Zweige ausgedehnt wird (vgl. Abb. 4.14 und 4.15). Die L5-Raupe zeigt eine mehr oder weniger ausgeprägte Braunfleckung (vgl.

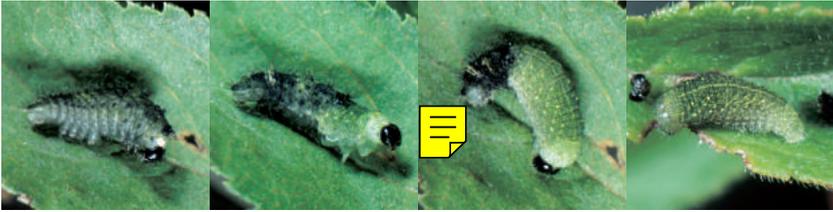


Abb. 4.9. Häutung einer L1-Raupe

Abb. 4.13). Anhand des Fraßbildes (kahlgefressene Äste) und der mit Raupenseide überspannten Zweige sind L5-Raupen wieder besser auffindbar als die drei vorangegangenen Stadien, ihre Zahl ist jedoch weitaus geringer als jene der L1-Raupen (vgl. Kap. 4.3.5). Die ausgewachsenen Raupen nehmen kurz vor der Wanderung zum Verpuppungsplatz eine intensiv gelbe Farbe an. L5-Raupen traten 1993 von Ende Juni bis Mitte August auf (27.6.-12.8.), 1994 in der Zeit vom 3.7. bis 11.8.

Für die Gesamtentwicklung bis zur Puppe benötigten die Raupen 1993 durchschnittlich 85 Tage, 1994 lag derselbe Wert mit 64 Tagen deutlich darunter. Auf die Wanderung zum Verpuppungsort und das Puppenstadium wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

Die Raupen sind sehr standorttreu und verbleiben bei erfolgreicher Entwicklung in der Regel bis zur Verpuppungsreife auf dem Ablage- oder einem Nebenzweig. Nur in zwei Fällen von über 1.000 geprüften Raupen konnte ein Verlassen der Wirtspflanze beobachtet werden. In einem dieser Fälle hatte eine L5-Raupe ihre sehr kleinwüchsige Schlehe (32 cm Höhe) vollständig kahl gefressen und musste notgedrungen auf eine Nachbarschlehe überwechseln.

#### 4.3.3 Wanderung zum Verpuppungsplatz, Verpuppung

Eine Sommergeneration konnte im Heckengäu niemals beobachtet werden, obwohl die frühesten Wanderungen (um den 13.07.) nach WOHLFAHRT (1982) eine zweite Generation hätten ergeben können. Im Untersuchungszeitraum entwickelten sich alle Raupen zu braunen Winterpuppen (Latenzpuppen). Zuchtversuche mit Raupen aus dem Heckengäu erbrachten das Resultat, dass sich prinzipiell unter sehr warmen Bedingungen eine zweite Generation ausbilden kann, deren Puppen im Gegensatz zu überwinterten Puppen niemals braun, sondern grün gefärbt sind.

Bei sonniger und warmer Witterung nimmt die verpuppungsreife Raupe in kurzer Zeit eine intensiv gelbe Farbe an (Abb. 4.16). Meist zeigt sie dabei ein ausgeprägtes Sonnverhalten, teilweise nehmen die Raupen auch noch Nahrung auf (Abb. 4.17).

Die eigentliche Wanderung findet nur tagsüber statt, in der Regel bei sonniger und trockener Witterung unmittelbar nach der Verfärbung. Die Raupen versuchen, nach unten zu gelangen; dabei laufen sie in dem für L5-Raupen typischen, ruckartigen Gang. Bei kühlen Temperaturen, Regen oder ge-

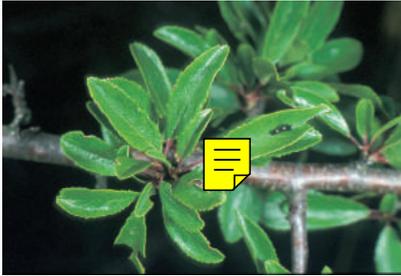


Abb. 4.10. Die schwarze L1-Raupe ist auf der Blattoberseite problemlos auffindbar

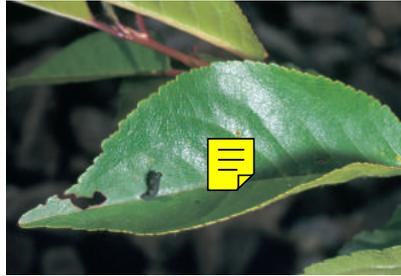


Abb. 4.11. L1-Raupe an Sauerkirsche (*Prunus cerasus*) mit steil nach oben gerichtetem Vorderkörper

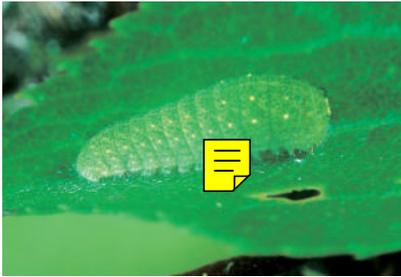


Abb. 4.12. L3-Raupe

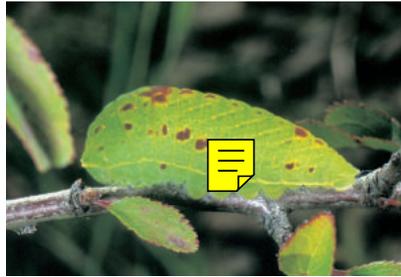


Abb. 4.13. L5-Raupe mit ausgeprägter Braunfleckung



Abb. 4.14. Mit Raupenseide überzogenes Ruheblatt („Sitzkissen“)



Abb. 4.15. Charakteristisches Fraßbild: weitgehend kahl gefressener Schlehenzweig mit Sitzkissen

schlossener Bewölkung können die verpuppungsreifen Raupen (auf ihrem „Sitzkissen“ ruhend) die Wanderung 2–3 Tage hinauszögern. Danach wandern sie allerdings auch bei kühleren Bedingungen. Am Boden angelangt, versuchen die meisten Raupen in lückigen bis dichten Grasbeständen, aber auch an krautigen Pflanzen oder Schlehen einen geeigneten Verpuppungsplatz zu finden, der meist weniger als 10 cm von der Bodenoberfläche entfernt ist. Von 57 gefundenen Präpuppen und Puppen im Jahr 1993 waren 40 an Gräsern an-

gesponnen, die Mehrzahl an das in vielen Habitaten bestandsbildende Süßgras *Brachypodium pinnatum* (Abb. 4.20 und 4.21).

Bei ungehinderter Sonneneinstrahlung liegt der tageszeitliche Wanderungsbeginn bei den meisten Raupen in der größten Mittagshitze zwischen 12:00 und 14:00 h MESZ, die Temperaturen auf Raupenhöhe liegen dabei meist um 30 °C. Später einsetzende Wanderungen sind in der Regel auf starke Bewölkung bis kurz vor Wanderbeginn zurückzuführen. Die Wanderzeit liegt meistens unter zwei Stunden (fast die Hälfte aller verfolgten Wanderungen dauerte 40 bis 120 Minuten) und wird in den meisten Fällen am frühen Nachmittag desselben Tages beendet. Die Wanderstrecke betrug in den meisten Fällen weniger als 150 cm. Nur einzelne Raupen wanderten über 300 cm, die weiteste Entfernung wurde mit 535 cm gemessen.

Die Mehrzahl aller über Freiflächen oder in dichter Vegetation wandernden Raupen bevorzugte südliche Richtungen (annähernd 62%), dabei scheint die Sonnenrichtung eine Orientierungshilfe zu sein. Dies geschieht auch dann, wenn nördlich in weniger als 50 cm Entfernung Strukturen angrenzen, die als potenzielle Verpuppungsplätze in Frage kämen (z. B. lockere Grasbestände mit Gebüsch). In einem Fall überquerten zwei am selben Nachmittag gleichzeitig wandernde Raupen (ca. 3 m Abstand) den Schotterkörper einer Bahnlinie bis zum ersten Hindernis (Schiene) in fast paralleler, südwestlicher Richtung.

Auf dem Schotterkörper von Bahnlinien konnte mehrmals beobachtet werden, wie Raupen die zu diesem Zeitpunkt 50°C heiße Schiene überkletterten oder sogar auf ihr entlangliefen (Abb. 4.19). Nur ein einziges Mal überquerte eine Raupe den gesamten Schotterkörper der Bahnlinie (vgl. Abb. 4.18). Meistens suchen sich die auf den Schotterkörper geratenen Raupen einen Verpuppungsplatz unter Steinen. Die Umgebung der Schienen und mit Gehölzen bewachsene Bereiche werden dabei bevorzugt, es wurden aber auch Verpuppungsplätze in völlig offenem Schotter gefunden (auch auf Steinriegeln).

#### 4.3.4 Schlupf des Falters

Die Falter schlüpften 1995 ab Anfang Mai bis Anfang Juni, verstärkt vom 20.05. bis 28.05. 1993 konnte schon am 28.04. am Hacksberg ein frisch geschlüpfter, aufgrund einer Flügeldeformation jedoch flugunfähiger Falter beobachtet werden. Der tageszeitliche Schlupfzeitpunkt lag 1995 zwischen 10:00 und 14:00 h MESZ. Bei sonniger Witterung starten die Falter nach 70–90 Minuten zu einem ersten kurzen Rundflug, der sich durch zitternde Flügelbewegungen ankündigt. Meist landen die Falter in umgebenden Bäumen, wo sie bis zu 60 Minuten verbleiben. Bei ungünstigen Verhältnissen (z. B. Regen) verbleiben sie bis zur Wetterbesserung am Schlupfort.

#### 4.3.5 Überlebensrate im gesamten Untersuchungsgebiet Heckengäu 1993/1994

Im Untersuchungsjahr 1993 konnte das individuelle Schicksal von 343 Eiern (E1-E3) bzw. Raupen (L1-L5) dokumentiert werden. 1994 waren es 278 Individuen (Eier,

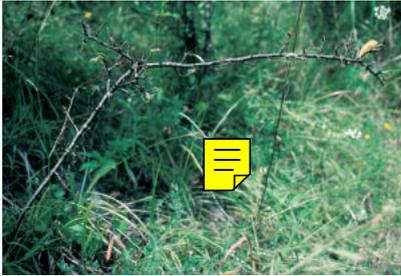


Abb. 4.16. Verpuppungsreife Raupe (rechts oben) auf kahlgefressenem Ast

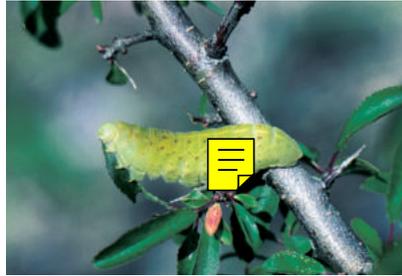


Abb. 4.17. Auch kurz vor der Wanderung nehmen manche Raupen noch Nahrung auf

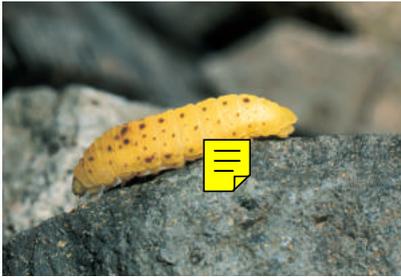


Abb. 4.18. Schotterflächen werden von der verpuppungsreifen Raupe zügig überquert

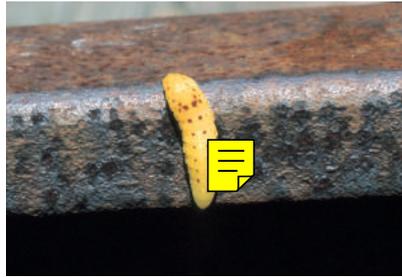


Abb. 4.19. Selbst bis zu 50 °C heiße Schienen werden auf der Wanderung zum Verpuppungsplatz überquert

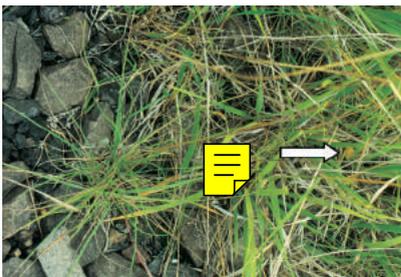


Abb. 4.20. Verpuppungsplatz im Grassaum (im Kontaktbereich des Schotterkörpers, Pfeil deutet auf eine Präpuppe hin)



Abb. 4.21. An einem Grashalm angespannte Puppe

Raupen, Puppen). Die Entwicklung der restlichen Eier oder Raupen konnte aus methodischen Gründen (z. B. zu gefährliche Lage an befahrenen Bahnlislinien) nicht verfolgt werden. Bestandteile und Spuren von Eiern oder Raupen, die

keinem bestimmten Stadium zugeordnet werden konnten, bleiben hier unberücksichtigt (z. B. leere Eihüllen, „Sitzkissen“).

Sämtliche 1993 und 1994 als „Erstfund“ registrierten Individuen und deren weitere Entwicklung sind in Abb. 4.22 und Abb. 4.23 dargestellt. In beiden Jahren handelte es sich beim Großteil der erstmalig aufgenommenen Stadien um L1-Raupen (1993: 202, 1994: 170). Die Gründe hierfür sind vorrangig in der sehr guten Erfassbarkeit dieses Stadiums, aber auch im Kartierbeginn zur Jungraupenzeit Anfang Juni zu suchen. Die Anzahl erstmalig gefundener Eistadien ist dementsprechend etwas unterrepräsentiert. Ebenfalls zu niedrig ist die Zahl der in nachfolgenden Begehungen als „Erstfund“ ermittelten L2- bis L5-Raupen (beispielsweise wurden 1994 nur 16 Raupen im L2-Stadium zum ersten Mal gefunden). Die meisten aufgenommenen L2-Raupen (111) hatten sich aus den 170 bereits zuvor gefundenen L1-Raupen entwickelt und konnten somit nicht als „Erstfunde“ verzeichnet werden. Deshalb kann aus Abb. 4.22 und Abb. 4.23 auch nur bedingt abgeleitet werden, welches Stadium am besten auffindbar ist.

Der Vergleich von Abb. 4.22 und Abb. 4.23 zeigt, dass die Überlebensrate der einzelnen Stadien 1993 deutlich geringer war als 1994. Von 343 im Jahr 1993 registrierten Individuen erreichten nach der Überwinterung als Puppe im Frühjahr 1994 6 Individuen das Falterstadium. 1994 entwickelten sich aus wesentlich weniger Individuen (278) im folgenden Jahr mehr als doppelt so viele Falter (15). Aufgrund des ungeklärten Verbleibs von 14 (1993) bzw. 12 (1994) verpuppungsreifen Raupen dürfte die tatsächliche Falterzahl jedoch in beiden Jahren höher gelegen haben. Geht man davon aus, dass alle Raupen mit ungeklärtem Verbleib gewandert sind und berücksichtigt man die Überlebensrate von der Wanderung bis zum schlüpfenden Falter (s. u.), so ist in beiden Jahren von etwa 2–3 zusätzlichen Faltern auszugehen.

Der Unterschied zwischen den beiden Jahren wird bei den L1-Raupen und den Eiern im zweiten Stadium (E2) besonders deutlich. Während 1993 aus 202 L1-Raupen im nächsten Jahr nur ein Falter schlüpfte (0,5%), ergaben 170 L1-Raupen des Jahres 1994 im folgenden Jahr 7 Falter (4,1%). Von 53 (1993) bzw. 26 (1994) E2-Eiern entwickelte sich jeweils ein Falter. Das entspricht einer Überlebensrate von 1,9% (1993) bzw. 3,9% (1994).

Die Gesamtüberlebensrate pro Jahr lässt sich über die Überlebensraten von einem zum nachfolgenden Stadium errechnen, wobei nur diejenigen Stadien berücksichtigt wurden, die aus dem ursprünglichen Stadium hervorgegangen sind; im nachfolgenden Stadium erstmalig aufgefundene Raupen wurden nicht gezählt. 1994 lagen die Überlebensraten bis zum darauf folgenden Ei- bzw. Raupenstadium zwischen 59,5% und 81%, 1993 schwankten die Werte von 48,7% bis 75%. Im Vergleich dazu erreichen in beiden Jahren deutlich weniger Puppen das Falterstadium (ca. 30%). Die hohe Verlustrate relativiert sich aber, wenn man den Zeitfaktor berücksichtigt. Das Puppenstadium dauert etwa 9 Monate, während die einzelnen Ei- und Raupenstadien jeweils höchstens drei Wochen an Zeit benötigen. Die größten Puppenverluste sind bis Anfang Oktober (Verlustrate 36%) und im Frühjahr (April, Mai; Verlustrate 31,8%) zu verzeichnen, von

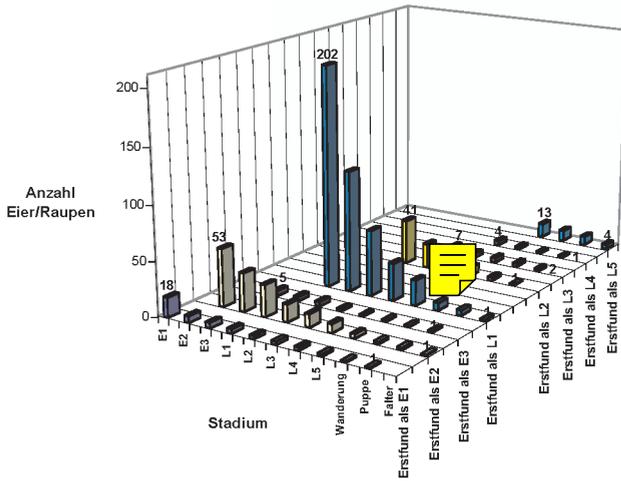


Abb. 4.22. Wiederfunde aller im Ei- oder Raupenstadium als „Erstfund“ aufgenommenen Segelfalter-Individuen im Jahr 1993

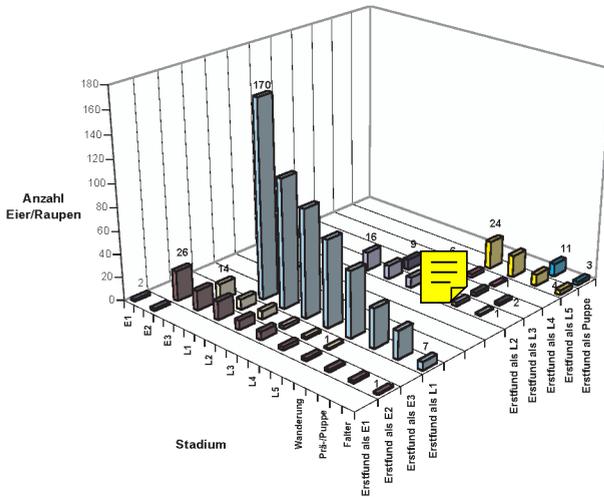


Abb. 4.23. Wiederfunde aller im Ei-, Raupen- oder Puppenstadium als „Erstfund“ aufgenommenen Segelfalter-Individuen im Jahr 1994

Mitte Oktober bis Mitte März gingen durchschnittlich 1–3 Puppen pro Monat verloren (31,3% Verlust, vgl. Abb. 4.24). 1993 und 1994 war der Puppenverlust etwa vergleichbar hoch. Von 21 Puppen überlebten 1993 6 Falter (28,6%).

Mit Ausnahme des Zeitraums „Übergang von der Wanderung bis Verpuppung“ waren die Überlebensraten 1994 höher als 1993. Der deutlichste Unterschied

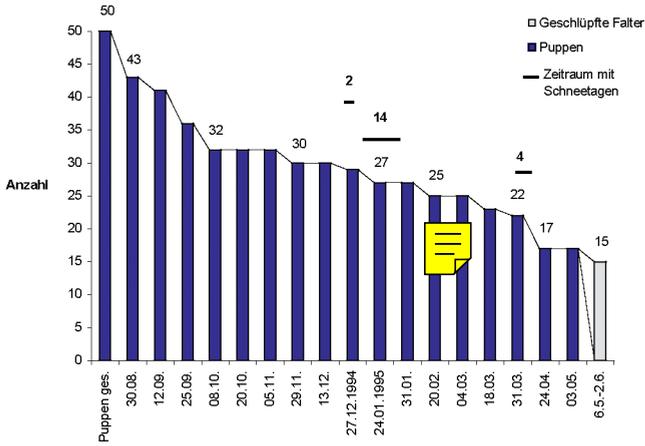


Abb. 4.24. Überlebensrate überwinternder Puppen in den Jahren 1994 und 1995 (Verpuppungszeitraum 18.7.–27.8., n = 50)

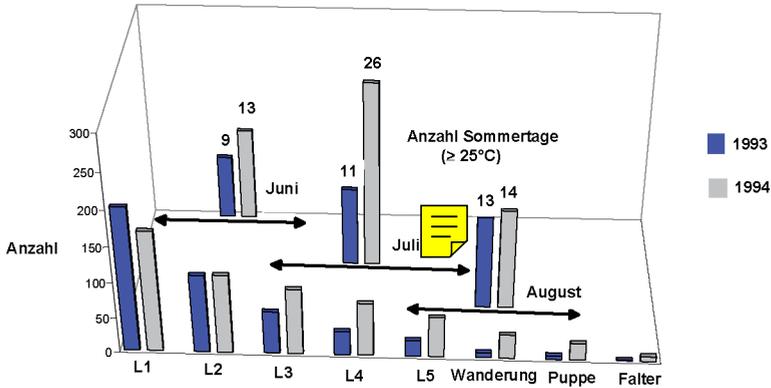


Abb. 4.25. Wiederfunde der 1993 und 1994 im L1-Stadium gefundenen Segelfalter-Individuen und Anzahl Sommertage während der Entwicklungszeit

zwischen den beiden Jahren ist in den Zeiträumen L2 bis L3 und L3 bis L4 zu verzeichnen (bis zu 24,1%). In der Phase L5-Wanderung könnte die Überlebensrate um 24,6% (1993) bzw. 12,4% (1994) höher liegen, da 14 (1993) bzw. 12 (1994) verpuppungsreife Raupen nicht mehr gefunden wurden.

Für die Gesamtüberlebensrate (Multiplikation der einzelnen Überlebensraten) wurden die unsicheren Raupen als „gewandert“ gezählt. Für 1993 ergibt sich demnach eine Gesamtüberlebensrate von 0,95%. 1994 betrug der entsprechende Wert 2,5%. Somit hätte sich 1993 aus 100 abgelegten Eiern annähernd ein Falter entwickelt, 1994 hingegen zwei bis drei Falter.

Die größere Verlustrate an Eiern und Raupen im Jahr 1993 lässt sich in erster Linie mit ungünstigeren Witterungsverhältnissen erklären. Gegenüber 1994 war es 1993 in der Hauptentwicklungszeit der Raupen (Juni/Juli) kälter und regenreicher, einzelne Hagelschauer dezimierten den Raupenbestand zusätzlich. Die Anzahl der Sommertage blieb 1993 von Juni bis August deutlich hinter jener in 1994 zurück, im Juli betrug der Unterschied 15 Tage (Station Böblingen, vgl. Deutscher Wetterdienst 1993, 1994). In Abb. 4.25 ist die weitere Entwicklung aller L1-Raupen mit der Anzahl an Sommertagen dargestellt. Die Pfeile zeigen, welche Stadien in den einzelnen Monaten am häufigsten vertreten waren. Insgesamt benötigten die Raupen 1993 durchschnittlich 85 Tage, 1994 dagegen 64 Tage bis zum Puppenstadium.

#### 4.3.6 Verlustursachen

Ein Teil der Ei- oder Raupenverluste ist auf Prädatoren zurückzuführen, von denen fast jedes Entwicklungsstadium des Segelfalters betroffen sein kann. Nachweise für Parasitismus oder Krankheiten gab es dagegen nur vereinzelt.

Die Raupen stülpen bei höchster Gefahr ihre gelbliche Nackengabel (Osmaterium) aus, die einen übel riechenden Duft verströmt (vgl. Abb. 4.26, rechts). Das Osmaterium ist ab dem dritten Raupenstadium ausgebildet, erwies sich gegen einige Fressfeinde aber als wenig wirksam. Eine mit aufgestülptem Osmaterium fast verendet aufgefundene Raupe zeigt Abb. 4.26, links. Der Verursacher blieb in diesem Fall allerdings unbekannt.

Das Eistadium wurde in seltenen Fällen von Parasitoiden (vermutlich Zehrwespen, Proctotrupoidea) parasitiert (1993/1994 dreimal nachgewiesen). Die befallenen Eier sind an den runden Ausschlupföffnungen der fertig entwickelten Individuen zu erkennen (vgl. Abb. 4.27). Eine genaue Bestimmung war nicht möglich, da Imagines dieses Parasitoiden nicht beobachtet wurden.

Einzelne Eier waren stark eingefallen und wurden im Laufe der Zeit schwärzlich, ohne zu schlüpfen. Dabei handelte es sich höchstwahrscheinlich



Abb. 4.26. Raupen mit ausgestülpten Osmaterien

nicht um parasitisierte, sondern um unbefruchtete Eier. Möglicherweise sind aber auch kleinere Wanzenarten die Ursache, die Eier anstechen und den Inhalt aussaugen.

Die Raupen werden von einer Vielzahl von Prädatoren dezimiert. Bei Jung-raupen konnten räuberische Milben aus der Fam. Anystidae (Unterordnung Prostigmata) als Prädatoren nachgewiesen werden (die Bestimmung erfolgte freundlicherweise durch Herrn E. WURST, Stuttgart). Die adulten Milben saugen ihre Opfer aus (vgl. Abb. 4.28).

Zwei Jung-raupen fielen einer Spinnenart zum Opfer, die immer wieder an kleinwüchsigen Schlehen zu beobachten war. Die Raupen wurden in Spinnenseide eingewickelt und verfärbten sich zunehmend bräunlich (vgl. Abb. 4.29). Die Bestimmung durch Herrn F. RENNERT (Bad Wurzach) ergab die zur Familie der Haubennetzspinnen (Theridiidae) gehörende Art *Theridion bimaculata*, die in niedriger Vegetation häufig vorkommt.

Größere Raupen werden öfters von Wanzen angegriffen. Zweimal konnte beobachtet werden, wie L5-Raupen von der räuberischen Baumwanzenart *Picromerus bidens* (Fam. Pentatomidae)<sup>4</sup>, ausgesaugt wurden (vgl. Abb. 4.30). Mehrere tot aufgefundene Raupen wiesen dieselben schwärzlichen Verfärbungen auf, wie die in Abb. 4.30 gezeigte Raupe. Bei zwei lebenden Raupen konnten kleinere schwärzliche Flecken festgestellt werden, die wahrscheinlich ebenfalls auf Wanzenstiche zurückzuführen sind.

An weiteren Parasitoiden konnten Raupenfliegen nachgewiesen werden, die ihre Eier an Raupen anhefteten (vgl. Abb. 4.31). In den zwei beobachteten Fällen schlüpfte die abgelegten Raupenfliegen-Eier jedoch nicht, so dass sich die Raupen normal weiterentwickelten. Eine andere Puppe streckte sich kurz nach der Verpuppung in die Länge und wurde zunehmend dunkler. Neben der in einem Gefäß gelagerten Puppe lag wenige Tage später die Tönnchenpuppe einer Raupenfliege, deren Artzugehörigkeit jedoch nicht bestimmt werden konnte. Weibchen einer kleineren Schlupfwespenart (Fam. Ichneumonidae) wurden mehrfach dabei beobachtet, wie sie Segelfalter-Raupen intensiv mit den Fühlern betrillerten. Eine Eiablage in oder an den Raupenkörper blieb allerdings aus.

Zahlreiche Raupenverluste sind auf insektenfressende Vögel zurückzuführen. Anfang Juli 1993 fiel ein Schwarm des Stars (*Sturnus vulgaris*) in einen Steinriegel ein, der kurz zuvor nachweislich noch mit sechs erwachsenen Raupen besetzt war. Am folgenden Tag war der Steinriegel durch den Vogelschwarm stark verkotet. Mit einer Ausnahme fehlte von den Raupen jede Spur. Eine zwischenzeitlich stattgefundene Wanderung der fehlenden Raupen zum Verpuppungsplatz ist in diesem Fall auszuschließen.

Ameisen scheinen als Prädatoren der Raupenstadien eine untergeordnete Rolle zu spielen. Einige Male wurde beobachtet, wie verschiedene Ameisenarten die Raupen nur kurz mit den Fühlern betrillerten und nach den zuckenden Abwehrbewegungen der Raupen weiterliefen. Selbst die großen Arbeiterinnen der

<sup>4</sup> Die Bestimmung erfolgte anhand von WACHMANN (1989)

Roten Waldameise (*Formica rubra*) zeigten dieses Verhalten. Im Präpuppen- und frühen Puppenstadium verursachen Ameisen dagegen erhebliche Verluste. Die angespannenen und wehrlosen Präpuppen oder die noch nicht ausgehärteten Puppen werden von den Ameisen angenagt und schließlich ausgehöhlt (vgl. Abb. 4.32). Auf diese Weise ging etwa ein Drittel aller beobachteten Präpuppen/Puppen verloren. Bei zwei befallenen Präpuppen wurden Belegtiere der darin fressenden Ameisen einbehalten. In einem Fall ergab die Bestimmung durch Herrn D. VEILE (Obersulm) die Wegameisenart *Lasius alienus*, im anderen Fall die Schwarze Blütenameise (*Tapinoma erraticum*). *Lasius alienus* kommt an xerothermen Hängen regelmäßig vor, *Tapinoma erraticum* ist eine Charakterform von wärmebegünstigten Trockenstandorten.

Verluste von ausgehärteten Puppen im Herbst und im Winter sind aufgrund gefundener Puppenreste mit hoher Wahrscheinlichkeit größtenteils auf Kleinsäuger zurückzuführen. Als Prädatoren kommen vor allem Spitzmäuse in Frage (DIETERLEN, mündl. Mitt.). Ameisen können das Integument ausgehärteter Puppen wahrscheinlich nicht durchdringen. Kurz vor dem Schlupf des Falters gelingt ihnen dieses jedoch wieder. Eine Ansatzmöglichkeit bieten dabei wahrscheinlich die Intersegmentalhäute, die durch Verkrümmungen der schlupffreien Puppe freiliegen. Eine schon umgefärbte Puppe wurde im Frühjahr 1994 unmittelbar vor dem Schlupf das Opfer von Ameisen.

Nur in einem Fall ergab sich ein Hinweis auf eine Raupenkrankheit. Eine L5-Raupe wurde 1993 frühzeitig gelb und schrumpfte in der Folgezeit. Die lethargisch wirkende Raupe verendete nach wenigen Tagen, ohne Larven eines Parasitoiden aus ihrem Körper zu entlassen. Auch nach zwei Wochen waren an der in einem Behältnis gelagerten toten Raupe keine Austrittsöffnungen oder Parasitoiden-Puppen erkennbar. Die Verlustursache war in diesem Fall wahrscheinlich eine Viruserkrankung.

Neben den genannten Fressfeinden werden die Raupenstadien durch ungünstige Witterungseinflüsse dezimiert. Kalte und regnerische Witterung während des Raupenwachstums verzögerte die gesamte Larvalentwicklung 1993 durchschnittlich um etwa 20 Tage. Die Raupen sind damit auch längere Zeit für Prädatoren zugänglich. Extreme Regenfälle mit Hagelschauern können Raupen von ihren „Sitzkissen“ reißen. 1992 verringerten zwei starke Gewitter mit Hagel Schlag zur L1- und L5-Raupenzeit den Bestand erheblich, wobei das Gewitter zur L5-Raupenzeit die betroffenen Schlehenbestände regelrecht entlaubte. Kurz vor den Gewittern gefundene Raupen (in beiden Fällen 10–15) konnten bei einer Kontrolle (auch der Nachbarschlehen) zwei Tage danach nicht mehr nachgewiesen werden.

Sporadische Schafbeweidung ist zum langfristigen Erhalt der Segelfalter-Larvalhabitate in vielen Fällen notwendig oder zumindest von Vorteil. Falls die Beweidung jedoch zur Ei- bzw. Jungraupenzeit durchgeführt wird, kann sie zu einer gravierenden Verlustursache werden. 1993 blieben am Mittelberg von 14 aufgefundenen Eiern bzw. Jungraupen nach einer frühen Beweidung (Mai) gerade einmal zwei Raupen übrig. Dieser Verlust ist im Vergleich zum Er-

wartungswert<sup>5</sup> überproportional hoch. Die Büsche werden von den Schafen zu etwa 50–70% entlaubt (teilweise stärker), so dass viele Blätter mit Eiern oder L1-Sitzkissen nach der Beweidung nicht mehr vorhanden sind.

Prädatoren der Imagines konnten nicht nachgewiesen werden. Schwänzchenverluste einiger Falter lassen aber auf Angriffe von Vögeln schließen.

Auf der Suche nach geeigneten Ablagepflanzen patrouillieren die Weibchen über „Abstrahlungsflächen“ in geringer Höhe hin und her. Dieses Verhalten kann zu Verlusten auf befahrenen Bahnlinien oder Straßen mit randlich stehenden *Prunus*-Gewächsen führen, wie dies ähnlich z.B. auch beim Apollofalter, *Parnassius apollo* (EBERT & RENNWALD 1991) und dem Großen Eisvogel, *Limenitis populi* (eigene Beobachtung, TACK, mündl. Mitt.) beobachtet wurde. Nach starken Regenfällen und selbst nach leichtem Hagelschlag wurden jedoch einige markierte Falter ohne Beschädigungen wieder gefunden. Auch mehrwöchige Schlechtwetterperioden können die Falter bei ausreichendem Saugpflanzenangebot schadlos überstehen.

Sammlertätigkeit (Eier, Raupen, Puppen, Falter) konnte im Beobachtungszeitraum niemals als Verlustursache ermittelt werden, obwohl die Population in Sammlerkreisen durchaus bekannt war.

#### 4.3.7 Untersuchungen am Falter

Aufgrund der sehr geringen Anzahl von Imagines gelangen im gesamten Untersuchungszeitraum nur sehr wenige Beobachtungen. Die Ergebnisse beziehen sich im Wesentlichen auf markierte Tiere aus den Jahren 1994 und 1995. Ergänzend werden Beobachtungen aus den Jahren 1993 und 1996 einbezogen.

1994 wurden 11 (6 Männchen, 5 Weibchen), 1995 18 Individuen (12 Männchen, 6 Weibchen) markiert. Trotz der geringen Zahl markierter Falter wurden 1994 3 und 1995 9 Individuen z. T. mehrfach (bis zu 5-mal) wieder gefunden. Im Folgenden wird auf das Fortpflanzungsverhalten und die Mobilität näher eingegangen.

#### Fortpflanzungsverhalten

Der Literatur ist zu entnehmen, dass sich Männchen und Weibchen an aus der Landschaft herausragenden, oft nur auf der Kuppe bewaldeten Erhebungen zur Paarung treffen („Hilltopping“ bzw. Gipfelbalz-Platz; WEIDEMANN 1995). Im Bereich der stillgelegten Bahnlinie zwischen Weil der Stadt und Ostelsheim sind drei, bis auf wenige Hangbereiche fast vollständig bewaldete Erhebungen vorhanden. Diese entsprechen nicht dem „klassischen Schema“ eines „Hilltopping-“ bzw. Gipfelbalz-Platzes. Dennoch kam es zumindest am Hacksberg nachweislich zu Paarungen. So wurden zwei im Larvalhabitat am 16.5. und 22.5.1994 frisch geschlüpft markierte Weibchen am 22.5. bzw. 24.5.1994 an gleicher Stelle bei der Eiablage beobachtet (s. u.). Nach dem Aushärten der Flügel und längerer Ruhepause flogen alle frisch geschlüpften Falter der Steigung folgend bergauf,

<sup>5</sup> natürliche Verlustrate in nicht beweideten Larvalhabitaten

so dass von einer Paarung im Kuppenbereich auszugehen ist. Von 6 ebenfalls frisch geschlüpft markierten Männchen wurde dagegen kein einziges wieder gefunden.

Erst 1995 konnten 5 von 12 in einem Larvalhabitat östlich von Ostelsheim (vgl. Abb.4.33, links) markierte Männchen 6 bis 15 Tage nach der Erstmarkierung wieder gefunden werden. 4 Männchen wurden etwa 700 m oberhalb des Markierungsortes an einem südexponierten Waldrand beobachtet (vgl. Abb. 4.33, rechts), bei zwei Männchen konnte eine Standorttreue von mindestens zwei Tagen nachgewiesen werden (z. B. Männchen Nr. 7, vgl. Abb. 4.34, links). Die Männchen mussten dazu größere Ackerflächen und einen vorgelagerten Waldstreifen überqueren. In der Wärmeperiode Anfang Juni 1996 konnte beobachtet werden, wie ein Falter in sehr raschem, geradlinigem Flug den Weg von diesem Larvalhabitat zum Gipfelbalz-Platz zurücklegte. Stark „aufgeheizte“ Falter bewältigen diese Strecke in ca. 1–2 Minuten.

Interessanterweise gelangen die Wiederbeobachtungen nicht an warmen und sonnigen Tagen, sondern ausschließlich während der Ende Mai/Anfang Juni 1995 vorherrschenden nassen Witterung (Regen, starke Bewölkung). In den nur minutenlangen Sonnenphasen schwebten die Männchen teilweise mehrmals täglich von den Baumwipfeln herab, um in der angrenzenden Wiese an Blüten zu saugen. Wahrscheinlich waren die Männchen aufgrund der kühlen und wolkenreichen Witterung so „ausgehungert“, dass sie die kurzen Sonnenphasen zum Saugen nutzen mussten. Wurden die Falter dabei von starker Bewölkung überrascht, flogen sie meist umgehend wieder in die Baumkronen zurück. Seltener (z. B. bei rasch einsetzendem Regen) blieben sie in der Wiese mit etwas geöffneten Flügeln sitzen (bis zu 1,5 Std.). Während der nächsten Aufhellung flogen die Männchen aber wieder in die höchste Wipfelregion des südexponierten Waldrandes zurück. Neben den markierten wurden auch zwei unmarkierte Männchen am selben Waldrand beobachtet.

Abgesehen von den saugenden Männchen gelang keine Beobachtung eines Weibchens oder gar eines Paarungsfluges am vermuteten Gipfelbalz-Platz. Die Weibchen verbleiben wahrscheinlich nur sehr kurz (für die Dauer der Paarung) am Gipfelbalz-Platz und fliegen danach (bei günstiger Witterung) sofort in ein Eiablagehabitat zurück. Gleichzeitig saugende Männchen (z. B. 2 am 09.06.1995) zeigten auch in längeren Sonnenphasen kein aggressives Verhalten gegeneinander. Die in der Literatur beschriebene „Revierbildung“ von Männchen oder Ansitzwarten, zu denen die Männchen immer wieder zurückkehren (SEUFERT 1992, WOHLFAHRT 1968), wurden am südexponierten Waldrand („Fuchsloch“) niemals festgestellt. Aufgrund dieser Beobachtungen kann man davon ausgehen, dass sich der eigentliche Treffpunkt der Geschlechter am Berggipfel über geschlossenem Hochwald befand. In Rheinland-Pfalz waren bewaldete Gipfelbalz-Plätze bereits bekannt (KINKLER, mdl. Mitt.).

Ein weiteres Männchen wurde 7 Tage nach der Markierung im selben Gebiet wieder gefunden. Ein fast identischer Wiederfund gelang auch 1996.

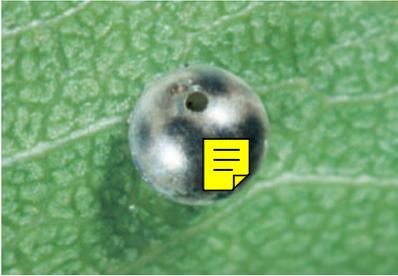


Abb. 4.27. Ausschlußöffnung eines Eiparasiten

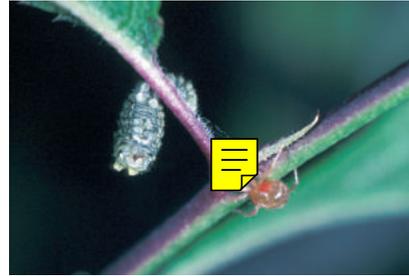


Abb. 4.28. Räuberische Milbe (Fam. Anystidae) mit ausgesaugter L2-Raupe



Abb. 4.29. Die Spinnenart *Theridion bimaculata* mit erbeuteter L3-Raupe

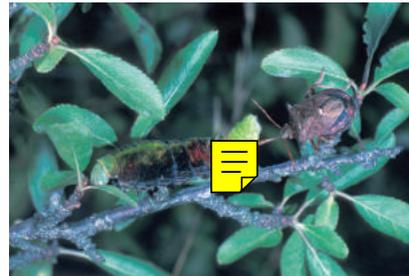


Abb. 4.30. Die Baumwanzenart *Picromerus bidens* saugt eine L5-Raupe aus



Abb. 4.31. L3-Raupe mit angeheftetem Ei einer Raupenfliege



Abb. 4.32. Ameisen höhlen Präpuppe aus

Höchstwahrscheinlich dient die steile Böschung direkt oberhalb der stillgelegten Bahnlinie mit ausgewachsenen Robinien an der Hangkante (vgl. Abb. 4.33, links) ebenfalls als Gipfelbalz-Platz, wenngleich (trotz stetiger Beobachtungstätigkeit) dort nie ein Paarungsflug registriert werden konnte.

An zwei weiteren potenziellen Gipfelbalz-Plätzen (Hacksberg, „Hohe Halde“) konnten keine Falter beobachtet werden.



Abb. 4.33. Larvalhabitat an der stillgelegten Bahnlinie und Gipfelbalz-Platz im Gewinn „Fuchsloch“

### Eiablageverhalten und Mobilität

Die Weibchen verpaaren sich bei sonniger Witterung in der Regel noch am Schlupftag. Am darauf folgenden Tag können sie, wie Beobachtungen belegen, bereits mit der Eiablage beginnen. Nach den vorliegenden Ergebnissen werden die ersten Eier in demjenigen Larvalhabitat abgelegt, in dem die Weibchen zuvor geschlüpft waren. So wurde ein frisch geschlüpftes Weibchen bei sonniger und warmer Witterung am 05.06.1996 gegen 16:00 h MESZ in einem Larvalhabitat bei Ostelsheim markiert. Schon am darauf folgenden späten Vormittag (06.06.1996) wurde es an exakt derselben Stelle bei der Eiablage beobachtet. 1994 legten zwei Weibchen am Hacksberg zwei bzw. sechs Tage nach der Markierung an der Stelle ihres eigenen Schlupfes Eier ab. 1995 wurden alle wiedergefangenen Weibchen (3 von 6 markierten Tieren) wenige Tage nach dem Schlupf an ihrem Entwicklungsort bei der Eiablage beobachtet. In allen genannten Fällen hätten die Weibchen auch andere Abschnitte der Bahnlinie Weil der Stadt-Ostelsheim als Ablageort wählen können, da sich geeignete Larvalhabitate (unzerschnitten) über mehrere Kilometer entlang der Bahnlinie erstrecken. Sie flogen aber von den Paarungsplätzen („Fuchsloch“, Hacksberg) zielstrebig in ihre „angestammten“ Larvalhabitate zurück.

1995 konnten die Weibchen aufgrund anhaltend schlechter Witterung ihre zunächst ausgewählten Eiablagehabitate kaum verlassen. So wurden drei Weibchen jeweils fünfmal bei der Eiablage im Bereich des in Abb. 4.33 gezeigten Larvalhabitats beobachtet, beim Weibchen Nr. 15 konnte eine Lebensdauer von mindestens 22 Tagen nachgewiesen werden (vgl. Abb. 4.34, rechts). Auch Weyh (1981) konnte im ehemaligen Jugoslawien eine ein- bis zweiwöchige Ortstreue bei Weibchen feststellen, die er aufgrund aggressiver Verhaltensweise als „Revierverhalten bei Weibchen“ interpretierte. Im Heckengäu konnte auch bei drei gleichzeitig ablegenden Weibchen kein derartiges Verhalten beobachtet werden.

Bei günstigen Witterungsverhältnissen verlassen die Weibchen die zuerst ausgewählten Larvalhabitate dagegen nach einigen Tagen und suchen nach anderen geeigneten Eiablagestellen in der Umgebung. Dies konnte 1995 nicht sicher nachgewiesen werden, wenngleich es bereits erste Hinweise auf ein



Abb. 4.34. 8 Tage altes Männchen (links), 22 Tage altes Weibchen (rechts)

solches Dispersionsverhalten gab. So wurden ab dem 21.06.1995 (Beginn einer mehrtägigen Schönwetterphase) schlagartig keine Weibchen mehr in einem Larvalhabitat östlich Ostelsheim beobachtet, am gleichen Tag konnten aber 2 km westlich davon auf demselben Bahndamm frisch abgelegte Eier gefunden werden. Der endgültige Beweis hierfür wurde im Juni 1996 während einer anhaltend sonnigen und warmen Witterungsperiode erbracht. Ein frisch geschlüpftes Weibchen wurde am 05.06.1996 in einem Larvalhabitat östlich Ostelsheim markiert. Am folgenden Tag und am 09.06. konnte es bei der Eiablage an derselben Stelle beobachtet werden, drei Tage später (12.06.) legte es in dem 2 km östlich davon gelegenen NSG Hacksberg Eier ab. Als Ausbreitungskorridor wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit die stillgelegte Bahnlinie genutzt, die beide Gebiete miteinander verbindet. Ein weiteres Weibchen wurde 1996 dabei beobachtet, wie es ein Larvalhabitat östlich Ostelsheim verließ und zielstrebig entlang der Bahnlinie nach Osten in Richtung NSG Hacksberg flog (das Tier konnte ca. 1,5 km weit verfolgt werden).

Weitere Hinweise auf umherstreifende Weibchen liegen aus dem Jahr 1993 vor. Die isolierten Eifunde im FND Südlicher Hornberg stammen vermutlich von einem Weibchen, das vom Hacksberg oder Venusberg aus ca. 3 km Entfernung zugeflogen war (zwischen 1992 und 1996 konnten am Südlichen Hornberg keine Eier gefunden werden). Die Ausbreitung erfolgte höchstwahrscheinlich entlang der Talhänge von Würm und Schwippe, welche die drei Fundstellen miteinander verbinden.

Selbst eine direkte Ausbreitung über dazwischen liegende Waldgebiete hinweg erscheint möglich. So beobachtete der Zweitautor 1990 ein Segelfalter-Weibchen auf einer weitläufig von Hochwald umgebenen Lichtung im Tauberland, auf der es sich nicht entwickeln haben konnte (keine *Prunus*-Arten vorhanden).

Ein inmitten einer Ortschaft (Aidlingen) beobachtetes Weibchen war vom nächstgelegenen Larvalhabitat ca. 1 km entfernt. Die abstrahlende Wirkung versiegelter Flächen in Ortschaften und auf Straßen, aber auch das Nektarangebot der Gärten (z. B. Fliederbüsche) könnten auf Segelfalter anziehend bzw. richtend wirken.

#### 4.4 Verbreitung des Segelfalters in anderen Naturräumen Baden-Württembergs

Die Suche nach dem Segelfalter in Gebieten der näheren Umgebung (z. B. Spitzberg bei Tübingen, Leudelsbachtal bei Markgröningen, Kochartgraben bei Ammerbuch-Reusten, stillgelegte Bahnlinie bei Dettenhausen, Schönbuch-Südrand bei Herrenberg-Kayh) blieb erfolglos. Auch im Vorland der Schwäbischen Alb (Hohenstaufen/Spielburg, Umgebung des Stuifen), im Schwarzwald (Utzenfluh, Brandenburg) und am Südlichen Oberrhein (Kaiserstuhl) konnte der Segelfalter trotz gezielter Suche der gut erfassbaren L<sub>1</sub>-Raupen nicht nachgewiesen werden.

Die nächstgelegenen Nachweise gelangen 1994 knapp 70 km südöstlich des Heckengäu-Vorkommens auf der Schwäbischen Alb im Großen Lautertal und im Mehrstettener Schandental. Der (damalige) Funktionsraum dieser (Meta-) Population war bezüglich der Arealgröße mit jener des Heckengäu vergleichbar. Aktuell muss dieses Vorkommen jedoch ebenfalls als erloschen betrachtet werden<sup>6</sup>. Alle weiteren Fundortüberprüfungen auf der Schwäbischen Alb blieben erfolglos, obwohl noch 1991 in Reichenbach/Täle ein einzelner Falter beobachtet wurde (WALTER, mündl. Mitt.).

Dagegen hat der Segelfalter im Naturraum Tauberland nach wie vor stabile Vorkommen. Bei jeder Exkursion konnten dort Nachweise erbracht werden. Beispielsweise wurden am 15.08.1993 in der Weinhalde bei Edelfingen Eireste und verlassene „Sitzkissen“ gefunden. In der Umgebung von Lauda konnten am 24.07.1994 etliche L<sub>4</sub>- und L<sub>5</sub>-Raupen an *Prunus spinosa* und *Prunus mahaleb* (beispielsweise 6 erwachsene Raupen an einer einzigen Pflanze) gefunden werden. Daneben wurden auch zwei Falter der zweiten Generation beobachtet, die 1994 ab dem 23.7. flog (TACK, mündl. Mitt.). Auch im Jahr 2008 erbrachte eine Stichprobe am 17.06. bei Tauberbischofsheim den Fund einer L<sub>4</sub>-Raupe (Zweitautor).

## 5 DISKUSSION

Im Rahmen der dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Diplomarbeit wurde eine Vielzahl unterschiedlichster Aspekte untersucht. Die nachfolgende Diskussion ist auf diejenigen Punkte beschränkt, die im Zusammenhang mit dem Niedergang und Erlöschen des Segelfalter-Vorkommens im Heckengäu stehen.

### 5.1 Besiedlungslimitierende Faktoren

Populationsgröße und Habitatausdehnung werden zum einen durch das Ressourcenangebot für Entwicklungsstadien und Imagines bestimmt (Anzahl Eiablagepflanzen, Saugpflanzenangebot zur Flugzeit etc.), zum anderen aber auch durch natürliche Faktoren, wie Witterung, Prädatoren und Parasitoide. Im

<sup>6</sup> Seit 2002 (Raupenfund des Erst- und Zweitautors bei Münsingen-Bichishausen) fehlt – trotz mehrerer gezielter Nachsuchen – von diesem Segelfalter-Vorkommen jeglicher Nachweis.

Hinblick auf die Segelfalterpopulation des Heckengäu ist von Interesse, warum die Anzahl vorhandener Imagines in allen Untersuchungsjahren bis zum Erlöschen der Population extrem gering blieb und das besiedelte „Areal“ kontinuierlich abgenommen hat. Insbesondere für Fragen des Artenschutzes ist die Kenntnis der jeweils bestandslimitierenden Faktoren von entscheidender Bedeutung, denn erst wenn die Mangelfaktoren bekannt sind, können Schutzmaßnahmen überhaupt diskutiert werden. Die folgenden Faktoren könnten im Heckengäu für die Bestandentwicklung limitierend gewesen sein und sind insoweit als mögliche Ursachen des Erlöschens zu diskutieren:

- **Larvalhabitat (Anzahl geeigneter Ablagebüsche)**

Nur in wenigen Larvalhabitaten fand eine erfolgreiche Reproduktion statt, insbesondere an der stillgelegten Bahnlinie zwischen Dätzingen und Ostelsheim. Dort sind – im Gegensatz zu vielen anderen Fundstellen – mikroklimatisch günstig stehende Eiablagepflanzen in hoher Stetigkeit und Dichte vorhanden. Außerhalb der stillgelegten Bahnlinie war lediglich in einem Magerrasengebiet des NSG Venusberg ein einziges Mal eine erfolgreiche Reproduktion nachzuweisen. Die übrigen Habitate hatten im Untersuchungszeitraum offensichtlich ein zu geringes Angebot an geeigneten Eiablagepflanzen, sodass eine erfolgreiche Reproduktion wahrscheinlich immer oder in den meisten Jahren unterblieb. Dies lässt erwarten, dass der Segelfalter gegenüber einer Reduzierung des Angebots geeigneter Eiablagepflanzen extrem empfindlich ist. Vor diesem Hintergrund ist das deutlich limitierte Angebot geeigneter Ablagebüsche im Heckengäu als der für das Erlöschen des Vorkommens maßgebliche Faktor zu betrachten.

- **Saughabitate (Nektarquellen)**

Die Imagines von *Iphiclides podalirius* nutzen zur Nektaraufnahme ein breites Blütenpflanzenspektrum. Nach den eigenen Daten werden fast alle Blüten angefliegen, die das Gewicht des Segelfalters tragen können. Zweifellos ist eine ausreichende Nektarversorgung der Imagines eine wichtige Voraussetzung für deren Vitalität und Lebensspanne. Da aber selbst Hartriegel und Robinien besucht wurden, war ein Mangel an geeigneten Nektarressourcen im Untersuchungsgebiet nicht erkennbar. Insofern ist dem Faktor „Nektarangebot“ keinesfalls ein entscheidender Einfluss auf die Bestandentwicklung und das Erlöschen der Population zuzusprechen.

- **Habitatverbund**

Bei einem insgesamt stark dezimierten Angebot an Larvalhabitaten kann Flächenverinselung dazu führen, dass dispergierende Weibchen zu viel Zeit für die Suche nach geeigneten Eiablagestellen aufwenden müssen oder weit von den Kernhabitaten entfernte Lebensräume gar nicht mehr auffinden. In den peripheren Habitaten wurden aufgrund der zu geringen Anzahl geeigneter Büsche nur wenige Eier abgelegt, aus denen sich (im Vergleich zu optimalen Larvalhabitaten) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit keine Falter entwickeln konnten. Im Vergleich zu flugunfähigen Wirbellosen erscheint der Faktor Habitatverbund auf Ebene der lokalen Population dennoch von eher nach-

rangiger Bedeutung, wenngleich zu klären wäre, ob es an stärker befahrenen Straßen aufgrund des Suchverhaltens ablagebereiter Weibchen (Wärmeabstrahlung!) regelmäßig zu Verlusten kommt. Die Zerschneidung der Lebensräume durch Straßen bzw. befahrene Bahnlinien kann nach KINKLER (1991) und GEPP (1981) zu erheblichen Falterverlusten führen. Wichtiger erscheint in diesem Kontext, dass geeignete Ablagebüsche im Gesamtareal der lokalen Population noch in ausreichendem Maße vorhanden sind. Die weiträumige Isolation von anderen Vorkommen in Baden-Württemberg könnte dagegen aus genetischen Gründen sehr wohl einen erheblichen Einfluss auf das Erlöschen der Population gehabt haben.

• **Witterung zur Falter- und Raupenzeit**

Anhaltende Schlechtwetterperioden während der Flugzeit erhöhen zweifellos das Risiko, dass weibliche Falter noch vor der (vollständigen) Eiablage prädatiert werden oder aus anderen Gründen verenden (vgl. WEIDEMANN 1995: 382). Gerade individualschwache Populationen, wie die hier untersuchte, könnten durch derartige Verluste empfindlich beeinträchtigt werden. Andererseits zeigten die Beobachtungen aus dem Jahr 1995, dass gut mit Nektar versorgte Weibchen außerordentlich „zäh“ sind und selbst mehrwöchige Regenperioden überstehen können. Insofern ist auf Basis der vorliegenden Daten nicht abschließend zu beurteilen, in welchem Maße sich die während der Flugzeit vorherrschende Witterung limitierend auf Bestand und Überlebenschancen eines Segelfaltervorkommens auswirkt. Ungünstige Witterungsverhältnisse in der Hauptentwicklungszeit der Raupen (vgl. Kap. 4.3.6) müssen auf Basis der vorliegenden Ergebnisse jedoch als erheblich besiedlungslimitierend eingestuft werden.

• **Fressfeinde und Parasitoide**

Eier, Raupen und Puppen des Segelfalters werden von einer Vielzahl von Prädatoren dezimiert, Parasitoide wurden hingegen nur vereinzelt nachgewiesen (vgl. Kap. 4.3.6). Die hohen Eizahlen der Weibchen (130–250, vgl. WEIDEMANN 1995) zeigen jedoch, dass ein hoher Verlust im Laufe der Entwicklung bis zum Falter „einkalkuliert“ ist. In den einzelnen Untersuchungsjahren ging ein etwa gleich bleibend hoher Prozentsatz an Eiern, Raupen oder Puppen durch natürliche Fressfeinde und Parasitoide verloren. Ein bestandslimitierender Einfluss besteht in der Summe der obigen Verlustverursacher zweifellos, doch ist im Untersuchungszeitraum keine überproportionale Zunahme der natürlichen Verlustrate zu erkennen und insoweit keine Schlüsselrolle dieses Faktors beim Zustandekommen des Erlöschens zu erwarten.

Schafbeweidung führte hingegen bei dem insgesamt geringen Angebot geeigneter Eiablagepflanzen lokal zu erheblichen Verlusten, soweit sie zu einem phänologisch ungünstigen Zeitpunkt stattfand (Ende Mai bis Mitte Juli). Kleinwüchsige Schlehen auf Steinriegeln sind für Schafe gut zugänglich und werden in der Regel zu über 50% entlaubt. Segelfaltereier und Raupen, die ihr „Sitzkissen“ noch auf Blättern anlegen, werden dabei mitgefressen, wie durch konkrete Beobachtungen im Teiluntersuchungsgebiet Mittelberg nachgewiesen werden konnte. Trotz dieses Fallbeispiels darf Beweidung für den Segelfalter

keinesfalls prinzipiell problematisiert werden, da durch den Schafverbiss letztlich die Ablagegunst der Schlehen nachhaltig gesichert wird. Entscheidend sind der Zeitpunkt der Beweidung bzw. – bei Beweidung im Juni – der Anteil kahl gefressener Ablagebüsche am Gesamtbestand.

## 5.2 Rückgangs- und Gefährdungsursachen, Gründe für das Erlöschen der Population

Um 1930 wird der Segelfalter noch als eine weit verbreitete Charakterart der kargen und steinigen Kalkgebiete Württembergs beschrieben (SCHNEIDER 1936). Seither hat sich die Landschaft grundlegend gewandelt. Die Aufgabe der Deponierung von Feldsteinen auf Lesesteinriegeln zwischen den Äckern zugunsten intensiver Ackerbaunutzung auf den besseren Standorten sowie Aufforstung, Sukzessionsprozesse und rückläufige Beweidung auf Grenzertragsstandorten dürften ab Mitte des 20. Jahrhunderts die entscheidenden Gefährdungsursachen des Segelfalters im Heckengäu gewesen sein.

Die beim Ackerbau störenden Feldsteine wurden früher von den Bauern an den Feldrändern zu den vielerorts landschaftsprägenden „Steinriegeln“ aufgehäuft. Zeitgenossen schilderten die kargen und weithin sichtbaren Ablagerungen wie folgt:

„Eine Ungefälligkeit in den Formen und besonders die Häufigkeit von Steinwällen (Steinriegeln), die der fleißige Landmann, um sich den Bau seines Feldes zu erleichtern, seit Jahrhunderten hier zusammengetragen hat, geben der Gegend ein steriles Aussehen und verleihen dem sonst freundlichen Bild des Oberamtsbezirks einen Zug, der nichts ansprechendes hat und offenbar den minder schönen Teil desselben ausmacht“ (KÖNIGLICH STATISTISCH-TOPOGRAPHISCHES BUREAU 1852).

Die auf den Steinriegeln wachsenden Gebüsch wurden zur Brennholzgewinnung regelmäßig „auf den Stock“ gesetzt und nach der Getreideernte fand wahrscheinlich auch regelmäßig Schaf- und Ziegenbeweidung statt. Auf diese Weise entstand ein großräumiges und zugleich engmaschiges Netz an geeigneten Segelfalter-Habitaten, das vermutlich durch zusätzliche Habitate in Magerrasen und in aufgelassenen Kalkentnahmestellen ergänzt wurde. Es fällt nicht schwer, sich den Segelfalter in einer so genutzten Landschaft als weit verbreitete oder sogar durchaus häufige Art vorzustellen.

Obwohl zahlreiche Steinriegel erhalten geblieben sind<sup>7</sup>, ist das oben beschriebene Habitatnetz für den Segelfalter auf winzige Restflächen zusammengeschmolzen. Die oft sich selbst überlassenen Steinriegel tragen heute fast überall hoch- und dichtwüchsige Schlehenhecken, die für den Segelfalter aus mikroklimatischen Gründen nicht mehr als Larvalhabitat nutzbar sind. Die traditionelle Steinriegel-Nutzung mit fortgesetzter Neuablagerung von Lesesteinen, Auf-den-Stock-Setzen, Brennen und Beweiden findet heutzutage nur noch in minimalem Umfang statt. Viele schutzbedürftige und gefährdete Arten

<sup>7</sup> In der Regel sogar „geschützte Biotope“ nach § 32 NatSchG



Abb. 5.1. Zeitgenössische Aufnahme des Hacksberg 1934 (links) und im Jahr 1995 (rechts). Die roten Kreise deuten auf früher wie heute stehende Gebäude

würden von der traditionellen Nutzung dieser Landschaftselemente erheblich profitieren (Erhöhung des Grenzlinienanteils, des Struktureichtums und mikro-klimatischer Standortgunst). In keinem einzigen Fall wäre bei einem Wieder-aufleben der Heckenpflege und der Lesesteindeponierung hingegen mit dem Erlöschen naturschutzrelevanter Arten zu rechnen<sup>8</sup>. Die bei der Ackernutzung noch immer anfallenden Feldsteine werden heute dagegen auf eigens dazu eingerichtete Steindeponien verbracht (z. B. an für den Segelfalter ungeeignete Stellen in angrenzenden Wäldern, vgl. Abb. 5.2, links), auf Erddeponien entsorgt oder illegal abgelagert, wie z. B. kleinflächige Steinhäufen inmitten von Wäldern beweisen.

Wie der Vergleich zweier Fotos beweist (s. Abb. 5.1) war der Hacksberg – das letzte Refugialhabitat des Segelfalters im Jahr 1999 – um 1934 ebenfalls ein Ackerbaugesamt mit zahlreichen Steinriegeln, die nur spärlich mit niedrigen Ge-



Abb. 5.2. Lesestein-Deponierung im Wald (links), misslungene Pflegemaßnahme (rechts), die nur zu starker Eutrophierung, nicht aber zum Entstehen von Segelfalter-Larvalhabitaten führte

<sup>8</sup> Selbst der inzwischen nicht mehr gefährdete Neuntöter (*Lanius collurio*), der mitunter als Begründung für den Verzicht auf Heckenpflege angeführt wird, fände in Heckenkomplexen mit einem hohen Anteil offener Lesesteinriegel erheblich bessere Brut- und Nahrungsbedingungen vor.

hölzen bewachsen waren und zur Brennholzgewinnung regelmäßig „auf den Stock“ gesetzt wurden. Heute wird am Hacksberg auf den flachgründigen Standorten kein Ackerbau mehr betrieben. Das Gebiet ist viel stärker mit Gehölzen bewachsen, nur im Bereich der stillgelegten Bahnlinie sind noch geeignete Larvalhabitate vorhanden.

Sukzessionsprozesse als Folge rückläufiger Beweidung und fehlender Brennholzgewinnung sowie die Aufgabe der früher mit dem Ackerbau verbundenen Lesestein-Deponierung sind mit Sicherheit wichtige Schlüsselfaktoren für den extremen Bestandsrückgang und das letztendliche Erlöschen der Population. Ungünstige Witterung oder Einwirkung von Prädatoren, z. B. hohe Puppenverluste infolge eines extremen Mäusejahrs, könnten möglicherweise zum sprichwörtlichen „Tropfen“ geworden sein, der „das Fass zum Überlaufen“ – in diesem Fall die Population zum Erlöschen gebracht hat.

### 5.3 Konsequenzen für den Artenschutz

Welche Konsequenzen lassen sich aus diesem Fall für den Artenschutz ziehen? Sicher nicht die, dass spezielle Artenschutzmaßnahmen (nicht nur bezogen auf den Segelfalter) zwecklos sind und sie deshalb in Zukunft unterbleiben können; denn was getan wurde, geschah – wie wir heute erkennen müssen – offensichtlich zu spät und in viel zu geringem Flächenumfang.

Die ab Mitte der 1990er-Jahre im Rahmen der Umsetzung des baden-württembergischen Artenschutzprogramms punktuell entlang der Bahnlinie und auf einigen Steinriegeln durchgeführten Maßnahmen gingen fraglos in die richtige Richtung. Zwar wurde an einigen Stellen durchaus eine bessere Besonnung zuvor beschatteter Krüppelschlehen erreicht, doch führte dies nach unseren Beobachtungen allenfalls in sehr geringem und für die Population irrelevanten Umfang zu einer Erhöhung der Reproduktion beim Segelfalter.

1992/93, als im Heckengäu noch in 16 verschiedenen Gebieten Eier oder Jung-raupen des Segelfalters nachweisbar waren, hätten sicherlich noch gute Chancen bestanden, ergänzend zur stillgelegten Bahnlinie zusätzliche „Source-Habitate“ zu entwickeln und damit die Überlebenschancen der Metapopulation nachhaltig zu verbessern. Der Ausbreitungsdruck war damals so stark, dass selbst Kleinstbestände geeigneter Ablagepflanzen fernab der Kernhabitate von umherstreifenden Weibchen gefunden und mit Eiern belegt wurden. Nach 1994 blieben derartige Dispersionsflüge aus. Die Population wurde auf die stillgelegte Bahnlinie zurückgedrängt, das offenbar einzige, auch in Pessimaljahren noch hinreichend geeignete Habitat.

Ein Erlöschen wäre zu diesem Zeitpunkt wohl nur noch durch massives und großflächiges Beseitigen der in Jahrzehnten aufgekommenen Gehölzsukzessionen zu verhindern gewesen; mit den im Rahmen des Artenschutzprogramms verfügbaren Finanzmitteln und Arbeitskapazitäten vermutlich nicht leistbar.

Eine wesentliche Konsequenz für den Artenschutz muss deshalb sein, vorausschauender zu arbeiten und in denjenigen Fällen, in denen von einer funktionierenden Metapopulation als entscheidendem Faktor auszugehen ist, diese

auch als spezielles Schutzziel zu verfolgen. Lokal begrenzte „Feuerwehrmaßnahmen“ reichen bei Arten mit hohem Flächenanspruch in aller Regel nicht aus. Vielmehr muss – in enger Kooperation mit Gemeinden, Forst- und Landwirtschaftsverwaltung – in einem landschaftlichen Maßstab an Szenarien und deren Umsetzung gearbeitet werden, die ein längerfristiges Überleben wichtiger Zielarten in Naturräumen gewährleisten können.

Parallel hierzu ist auch eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit vonnöten, die gerade in gehölzgeprägten Landschaften neue Leitbilder vermittelt. Häufig vorgebrachte Bedenken gegen „radikale“ Formen der Naturschutzpflege müssen durch entsprechende Informationsvermittlung abgebaut werden. Vorbehalte bei Laien gegen das Auf-den-Stock-Setzen von Hecken aus Gründen des Vogelschutzes sind zwar nachvollziehbar, unter artenschutzfachlichen Gesichtspunkten jedoch nicht haltbar, weil in dichten Hochhecken ausschließlich weit verbreitete Vogelarten brüten (Mönchsgrasmücke, Rotkehlchen etc.).

#### 5.4 Ausblick: Wie geht es weiter?

In diesem Kontext ist die Frage, ob eine Neubegründung des Segelfalter-Vorkommens im Heckengäu vorstellbar wäre, von besonderem Interesse. Für eine Wiederbesiedlung spräche, dass die Art als ausbreitungsstarker Wanderfalter bekannt ist. So liegen einzelne Falterbeobachtungen selbst von den Kanalinseln vor, wo die Falter keinesfalls zur Fortpflanzung gelangen, weil die Wirtsgehölze fehlen (CLEVE 1974). In den außergewöhnlich warmen Jahren 1879/80 wurde der Segelfalter sogar auf Helgoland gesichtet (WARNECKE 1929).

Die dem Heckengäu nächstgelegenen Populationen liegen aktuell (2009) zwar über 100 km entfernt (Tauberland bzw. in Ostfrankreich). Gleichwohl wäre in einem klimatisch sehr guten Flugjahr eine Einwanderung prinzipiell vorstellbar. Einen Einzelfalternachweis gab es 2008 beispielsweise bei Neu-Ulm, wo die Art derzeit mit Sicherheit nicht bodenständig ist<sup>9</sup>. Seit dem Jahrtausendwechsel sind mehrere Beispiele massiver Arealexansion einiger Tagfalterarten dokumentiert worden: Der Große Feuerfalter (*Lycaena dispar*) hat sich in Südwestdeutschland massiv in Naturräumen ausgebreitet, in denen die Art zuvor niemals vorkam (HERMANN & BOLZ 2003). Der Kurzschwänzige Bläuling kam während der 1990er-Jahre nur am Oberrhein vor, inzwischen ist die Art auch im zentralen und nordwestlichen Landesteil Baden-Württembergs weit verbreitet<sup>10</sup>. Wenn es also vergleichsweise flugschwachen Arten wie Bläulingen gelingt, sich großräumig auszubreiten, müsste dies bei einer flugkräftigen Art wie dem Segelfalter unter günstigen Reproduktionsbedingungen innerhalb der verbliebenen Teilareale ebenfalls möglich sein. Für die grundsätzliche Chance einer Wiederbesiedlung des Heckengäus spricht auch die rezente Arealentwicklung des Segelfalters in Brandenburg (Lausitz), wo sich die Art in den Bergbaufolgelandschaften derzeit expansiv verhält (HENSLE 2008). Aus Niederösterreich und der Schweiz werden

<sup>9</sup> <http://www.falterfunde.de/platform/lex/falterfunde/species/maps/index.do>

<sup>10</sup> <http://www.falterfunde.de/platform/lex/falterfunde/species/maps/index.do>

zunehmend Eiablagen an höheren *Prunus*-Büschen und Bäumen gemeldet (HENSLE 2008), wie es im mediterranen Raum der Regel entspricht.

Eher gegen eine Wiederbesiedlung spricht indessen, dass die Art in Südwestdeutschland derzeit – trotz außergewöhnlich warmer Jahre seit 2000 – nicht großräumig expansiv ist. So wurde das Jagsttal trotz stellenweise sehr gutem Angebot geeigneter Krüppelschlehen bisher nicht dauerhaft wiederbesiedelt (eig. aktuelle Daten, unveröff.), obwohl die aktuelle Population im Tauberland nur etwa 20 km (Luftlinie) entfernt liegt. Ebenso wenig konnte der Segelfalter bis dato im klimabegünstigten Kaiserstuhl ein bodenständiges Vorkommen reetablieren, obwohl Larvalhabitate vorhanden wären und die Art im benachbarten Frankreich potenzielle Ausbreitungszentren besäße.

Fraglich ist außerdem, ob ein einzelnes umherstreifendes Weibchen ggf. alleine dazu in der Lage wäre, im Heckengäu eine dauerhafte Population neu zu begründen. Letzteres erschiene schon aus genetischen Gründen wenig plausibel, eine Zuwanderung weiterer Individuen insofern als eine wohl zwingende Voraussetzung der Neubesiedlung. Erschwerend kommen im Heckengäu der bereits beschriebene Mangel an gut geeigneten Larvalhabitaten sowie deren schleichender Schwund infolge fehlender Gehölzpflege und Sukzession hinzu.

Die (ehemalige) Segelfalter-Population des Heckengäus ist nur eines von zahlreichen Beispielen hochgradig gefährdeter Arten, bei denen der Erhalt des „Status quo“ vorhandener Habitatfläche durch sporadische Pflegemaßnahmen für die nachhaltige Bestandssicherung nicht ausreicht(e). Wenn das vorgestellte Beispiel dazu beiträgt, im praktischen Artenschutz die zwingende Notwendigkeit zum Aufbau vitaler Populationen in ausreichend großen und sachgerecht gepflegten Habitaten zu begründen, dann wäre dem Niedergang der Segelfalter-Population des Heckengäus auch ein positiver Aspekt abzugewinnen.

## 6 LITERATUR

- CLEVE, K. (1974): Die Schmetterlingswelt von Inseln im Hinblick auf Probleme der Wanderung und Einbürgerung von Insekten. – Vortrag anlässlich der Tagung der Deutschen Entomologischen Gesellschaft e.V. in Freiburg i. Br. 1974.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.) (1993, 1994, 1995): Monatlicher Witterungsbericht 3–8. – Offenbach am Main, jeweils 33 S.
- EBERT, G. u. E. RENNWALD (Hrsg.) (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bd. 1: Tagfalter I u. Bd. 2: Tagfalter II. – 552 u. 535 S.; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- GEPP, J. (1981): Programmrahmen für einen umfassenden Lepidopteren-schutz. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, 21: 191–216.
- HENSLE, J. (2008): Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae und Lycaenidae 2007. – *Atalanta* 39 (1–4): 13–154.
- HERMANN, G. u. R. BOLZ (2003): Erster Nachweis des Großen Feuerfalters *Lycaena dispar* (HAWORTH, 1803) in Bayern mit Anmerkungen zu seiner Arealentwicklung in Süddeutschland (Insecta: Lepidoptera: Lycaenidae). – Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik, 5: 17–23.

**INSTITUT FÜR LANDESKUNDE** (1950 ff.): Geographische Landesaufnahme 1: 200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands. – Stuttgart: Reise- und Verkehrsverlag. Remagen: Bundesanstalt für Landeskunde. Bad Godesberg: Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung.

**KINKLER, H.** (1991): Der Segelfalter (*Iphiclides podalirius* L.) in Rheinland-Pfalz – ein Artenschutzprojekt. – Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz, 14: 7–94.

**KÖNIGLICH STATISTISCH-TOPOGRAPHISCHES BUREAU** (Hrsg.) (1852): Beschreibung des Oberamts Leonberg. – 276 S.; Reprint Horst Bissinger KG, Magstadt.

**SCHNEIDER, C.** (1936): Makrolepidoptera. Großschmetterlinge. Rhopalocera. Echte Tagfalter. – S. 184–208. – In: SCHNEIDER, C. u. A. WÖRZ: Die Lepidopterenfauna von Württemberg. – Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg, 92: 181–208.

**SEUFERT, W.** (1992): Gutachten zur Tagfalterfauna des Karlstädter Raumes. – Unveröff. Gutachten für die Obere Naturschutzbehörde in Würzburg.

**STEINER, R.** (1996): Habitatnutzung, Arealynamik und Schutzaspekte einer Population des Segelfalters (*Iphiclides podalirius*, Linnaeus 1758) im Heckengäu (Baden-Württemberg). – Diplomarbeit: 157 S. (unveröff.); Fakultät für Biologie, Universität Hohenheim, Fachbereich Landespflege.

**STEINER, R., G. HERMANN u. J. SETTELE** (2007): Ökologie einer aussterbenden Population des Segelfalters *Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758). 171 S. Pensoft Verlag Sofia, Bulgarien

**WACHMANN, E.** (1989): Wanzen beobachten – kennenlernen. – NJN-Naturführer: 274 S.; Neumann-Neudamm, Melsungen.

**WARNECKE, G.** (1929): Wo liegt in Deutschland die Nordgrenze des ständigen Vorkommens von *Papilio podalirius*?. – Internationale Entomologische Zeitschrift, 23 (30): 357–375.

**WEIDEMANN, H. J.** (1995): Tagfalter: beobachten, bestimmen; (2. Aufl.). – Naturbuch-Verlag, Augsburg, 659 S.

**WEYH, R.** (1981): Beiträge zur Biologie des Segelfalters *Iphiclides podalirius* L., unter besonderer Berücksichtigung der ersten Stände (Lep.: Papilionidae). – Entomologische Zeitschrift, 91 (21): 233–239.

**WOHLFAHRT, T. A.** (1968): Beobachtungen über das Revierverhalten des Segelfalters *Iphiclides podalirius* (Lep., Papilionidae). – Entomologische Zeitschrift, 78: 284–287.

**WOHLFAHRT, T. A.** (1982): Über die Anzahl der jährlichen Generationen des Segelfalters *Iphiclides podalirius* (L.). – Nachrichtenblatt der Bayrischen Entomologen, 31: 65–69.

Anschrift der Verfasser:

ROLAND STEINER und GABRIEL HERMANN  
Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung  
Johann-Strauß-Str. 22  
D-70794 Filderstadt  
E-Mail: info@tieroekologie.de