

WOLFGANG WAGNER

Regionale Einnischung der Rotwidderchen (Lepidoptera, Zygaenidae) auf Halbtrockenrasen der östlichen Schwäbischen Alb

Kurzfassung

In dieser Arbeit werden die Konkurrenzvermeidungs- und Koexistenzstrategien von neun Rotwidderchenarten auf Halbtrockenrasen (Wacholderheiden) der Ostalb untersucht. Da viele dieser Arten zu hohen Populationsdichten tendieren und ein ähnliches Verhalten aufweisen, müssen sie jahresphänologisch, nahrungsbiologisch und räumlich (Vegetationsausbildungen) eingemischt sein. Dies wird anhand der Analyse der Abundanz- und Dominanzverhältnisse der Widderchenarten im Jahresverlauf sowie der regionalen Nahrungsbiologie der Larven und Imagines aufgezeigt. Wichtig sind dabei Korrelationen mit den biotischen (Vegetationsstruktur etc.) und abiotischen (Größe, Exposition, Relief, Bewirtschaftung) Faktoren der unterschiedlichen Kalkmagerrasengebiete.

Abstract

The regional niche separation of *Zygaena* species (Lepidoptera: Zygaenidae) on calcareous dry heathland areas on the eastern Swabian Jura (Baden-Württemberg)

This article deals with niche separation and conditions of coexistence of the nine *Zygaena* species occurring on seven different calcareous dry heathlands on the eastern Swabian Jura. Because these species tend to reach a high abundance at suitable locations, it is obvious that there must be strategies of niche separation. These are investigated by revealing spatial, phenological and food biological differences between the species in correlation with area, exposition, vegetation and utilization of the locations. Additionally the conditions of coexistence of individual-rich populations with overlapping flight period are examined. Finally suitable strategies of nature conservation referring to these species and to the whole biotopes are developed.

Autor

WOLFGANG WAGNER, Anton-Hohl-Str. 21 a, D-87758 Kronburg.

Inhalt

| | | |
|-------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 103 |
| 2. | Material und Methoden | 104 |
| 2.1 | Untersuchungsgebiet | 104 |
| 2.1.1 | Lage, Geologie und Klima | 104 |
| 2.1.2 | Auswahl der Gebiete und Untersuchungszeitraum | 105 |
| 2.1.3 | Beschreibung der einzelnen Flächen | 105 |
| 2.2 | Ermittlung von Phänologie, Abundanz, Dominanz sowie Konkurrenz | 106 |
| 2.3 | Blütenökologische Methoden | 107 |
| 3. | Ergebnisse | 108 |
| 3.1 | Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum | 108 |
| 3.2 | Verbreitung, Abundanz und Dominanz der Widderchen in den Gebieten | 108 |
| 3.3 | Räumliche ökologische Einnischung | 110 |
| 3.4 | Phänologie | 112 |
| 3.5 | Nektarpflanzenspektrum | 115 |
| 3.6 | Einnischung nach der Blühphänologie und Konkurrenz um Saugblüten | 116 |
| 3.7 | Konkurrenz um Raupennahrungspflanzen | 118 |
| 4. | Diskussion | 119 |
| 4.1 | Räumliche Einnischung in unterschiedliche Vegetationsformationen | 119 |
| 4.2 | Zeitliche Einnischung aufgrund unterschiedlicher Jahresphänologie | 120 |
| 4.3 | Abhängigkeit von Flächengröße, -lage und Bewirtschaftung | 121 |
| 4.4 | Bedeutung der Konkurrenzfaktoren | 122 |
| 4.5 | Schlussfolgerungen für den Naturschutz | 122 |
| 5. | Zusammenfassung | 123 |
| | Literaturverzeichnis | 124 |

1. Einleitung

Widderchen eignen sich aufgrund abgestufter Xerothermie- und Euryökiegrade hervorragend als Bioindikatoren für intakte Kalkmagerrasen (vgl. HOFMANN in EBERT 1994: 206). Diese für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten überlebensnotwendigen Lebensräume sind in der Vergangenheit durch Aufforstung, Überbauung oder Intensivierung der wirtschaftlich heute bedeutungslosen

Flächen dramatisch zurückgegangen. Mittlerweile ist dieser Rückgang durch den gesetzlichen Schutz (§24 a Biotope, FND, NSG, LSG) zwar verlangsamt worden, es findet aber dennoch eine weitere quantitative und qualitative Abnahme statt. Neben der Überbauung für das „Gemeinwohl“ ist nun der Rückgang der Wandererschäferei aus ökonomischen Gründen als Hauptgefährdung anzusehen. Dies führt bei den aus der Schafbeweidung hervorgegangenen anthropozoogenen Wacholderheiden der Alb durch Sukzession zu einer Verfüllung und Verbuschung der wichtigen xerothermen und nur lückig bewachsenen Strukturen.

Wenn auch die allgemeinen Lebensansprüche der einheimischen Widderchen durch mehrere grundlegende Arbeiten als einigermaßen erforscht gelten können, so ist doch über Nischentrennung und Koexistenzstrategien an konkreten Vorkommensorten mehrerer sympatrischer Arten relativ wenig bekannt. Die meisten Rotwiderchen tendieren zu hohen Populationsdichten. Deshalb ist eine Einnischung zur Ressourcenaufteilung erforderlich. Da an einigen Fundorten alle neun im Raum Heidenheim nachgewiesenen Arten gemeinsam vorkommen, eignet sich das Untersuchungsgebiet hervorragend zu solchen Studien. Die vorliegende Arbeit entstand 1998/1999 als Teiluntersuchung einer Diplomarbeit mit bioökologischen Fragenkomplexen an der Universität Ulm. Weitere Schwerpunkte waren unter anderem die Erforschung des Arteninventars an Gefäßpflanzen, Tagfaltern, einigen Nachtfaltergruppen und Heuschrecken sowie die Erfassung der Bedeutung der unterschiedlichen Vegetationsausbildungen für die Organismengruppen mittels kombinierter soziologischer Aufnahmen. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sind in vorliegender Arbeit zwar nicht detailliert ausgeführt, flossen aber mit in die Auswertung ein. Ausgehend von den klimatischen und gebietsspezifischen Verhältnissen werden im folgenden die räumliche Einnischung in unterschiedliche Vegetationsformationen, die zeitliche Einnischung durch Unterschiede in der Jahresphänologie und die Konkurrenz um Nahrung, also um Raupen- und Falternährpflanzen, untersucht. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung der Präimaginalstadien gelegt.

2. Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsgebiet

2.1.1 Lage, Geologie und Klima

Die sieben Untersuchungsflächen liegen in Baden-Württemberg im Naturraum Schwäbische Alb, und zwar im Landkreis Heidenheim (Regierungsbezirk Stuttgart) auf der Ostalb.

Die Meereshöhe der Gebiete reicht von 470 bis knapp 600 m ü. NN (Submontane Stufe), die Gesamtfläche von 0,5 bis 55 ha (Tab. 1). Die Gebiete liegen zu beiden Seiten des Brenztals nördlich und südlich von Heidenheim.

Von den sieben Untersuchungsgebieten gehören die nördlichen fünf zum Naturraum Albuch und Härtsfeld. Diese Kuppenalb zeichnet sich durch eine ausgedehnte Überdeckung durch Feuersteinlehme aus, die der südlich gelegenen Lonetal-Flächenalb fehlen. Getrennt werden beide Naturräume durch die miozäne Klifflinie, die als morphologischer Geländeanstieg nach Norden hin erkennbar ist. Der Wartberg bei Herbrechtingen, hart südlich der Grenze gelegen, sowie das Eselsburger Tal befinden sich in der Lonetal-Flächenalb.

Der geologische Untergrund sind in allen Fällen Kalke des Weißen Jura ζ oder ϵ (GEYER/GWINNER 1991). Zwischen Hängen aus widerstandsfähigen Massen- und Schichtkalken finden sich durch aus leichter ausräumbaren Schichtkalken bestehende Zementmergelschlüsseln wie z.B. das Mühlthal im Eselsburger Tal (FLEISCHLE 1993: 443). Die beiden Steinbrüche an Hirschhalde und Moldenberg sind Aufschlüsse einer besonderen Fazies des Weißjura ζ , nämlich des Brenztal-Trümmerooliths (REIFF 1993: 80-82).

Das Klima im Brenztal trägt deutlich subkontinentale Züge mit vergleichsweise heißen Sommern und kalten Wintern. Die Schwankung der mittleren Temperaturen zwischen wärmstem und kältestem Monat beträgt um 19,5°C. Die Jahresmitteltemperaturen nehmen von der Hirschhalde im Norden nach Süden zum Eselsburger Tal hin mit abnehmender Höhe leicht zu und liegen bei etwa 7-8°C. Ähnlich verhalten sich die Nieder-

Tabelle 1. Meereshöhe, Fläche und geographischer Lage der Untersuchungsgebiete.

| Untersuchungsgebiet | Meereshöhe [m ü. NN] | Gesamtfläche ca. [ha] | Messtischblatt/ Quadrant | Gauß-Krüger- Koordinaten [RW-HW] |
|--|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Hirschhalde | 540-600 | 23 | 7226/4 | 3584800-5397400 |
| Moldenberg | 520-580 | 28 | 7227/3 | 3586800-5396400 |
| Rappeshalde | 490-510 | 0,5 | 7326/2 | 3585390-5392360 |
| Arphalde | 540-580 | 7,8 | 7326/2 | 3583700-5392100 |
| Kunigundenbühl | 540-555 | 0,8 | 7327/1 | 3587200-5391170 |
| Wartberg | 505-545 | 10 | 7327/3 | 3586400-5389200 |
| Eselsburger Tal (Herbrechtinger Heide) | 470-520 | 55 | 7327/3 | 3587000-5386300 |

schläge, die bei Schnaitheim im Norden knapp 800 mm im Jahr erreichen, während im noch weiter im Regenschatten der Alb gelegenen Eselsburger Tal nur mehr 650-700 mm fallen.

Die Frostgefährdung ist sehr hoch, da sich im Brenztal um Heidenheim von Nebentälern einfließende Kaltluft sammeln kann. Häufig sind im Winter auch Nebeltage. Insgesamt ist das Klima etwas wärmer und trockener als in den meisten anderen, oft höherliegenden Gebieten der Schwäbischen Alb. Im Vergleich zu den übrigen Teilen Baden-Württembergs fällt es allerdings nicht durch Extreme auf, sondern liegt im Durchschnitt (EBERT & RENNWALD 1991: 68).

2.1.2 Auswahl der Gebiete und Untersuchungszeitraum

Um Unterschiede in der Einnischung und Besiedlung durch die einzelnen Arten aufzeigen zu können, sollten die Biotope in Größe, Lage, Pflegeform und Diversität der Teillebensräume deutlich differieren. So schwankt die Flächengröße von 0,5 bis 55 ha (Tab. 1). Die Pflegeform reicht von relativ intensiv beweideten, gehölzarmen Magerrasen wie am südlichen Wartberg oder im Eselsburger Tal über durch unregelmäßige mechanische Entbuschung gepflegte Flächen am Kunigundenbühl bis zu wenig beeinflussten, gehölzreichen Sukzessionsstadien. Letztere finden sich vor allem in Teilflächen der Steinbrüche Hirschhalde und Moldenberg. Exposition, Erholungsdruck sowie Schutt- und Felsanteil schwanken ebenfalls in weiten Grenzen.

Untersuchungszeitraum waren die Jahre 1998 und 1999, wobei die blütenökologischen Untersuchungen ausschließlich 1999 stattfanden. Nur in geringem Umfang flossen bereits Ergebnisse des Jahres 2000 aus einer begonnenen Promotionsarbeit ein. Dies betrifft vor allem die *Z. minos*/*Z. purpuralis*-Problematik (vgl. Kap. 2.2)

2.1.3 Beschreibung der einzelnen Flächen

Hirschhalde

Die Hirschhalde besteht aus einem kleinräumig strukturierten, ca. 12 ha großen Steinbruch, der schon vor dem Zweiten Weltkrieg stillgelegt wurde, und einer im Süden auf stark abschüssigem Gelände anschließenden Wacholderheide mit ca. 9 ha Enzian-Schillergrasrasen. Diese wird meist zwei bis dreimal im Jahr beweidet, wobei die Intensität 1998 ungleich stärker war. Die teils sehr steinige, aber felslose und von Sträuchern und kleinen Bäumen bestandene Heide weist auf größeren Teilflächen einen noch recht lückigen Charakter auf. Unten ist die Heide durch einen Heckenriegel begrenzt, nach oben und Westen geht sie in ein Mosaik von Trockengebüsch, aufkommenden Kiefern und Heideresten über. Dieses leitet dann oben zum Steinbruch über. Im Nordosten liegt Buchenwald.

Das Steinbruchsgelände ist geprägt von bis zu acht Meter hohen Steilwänden, die die einzelnen Abbausohlen trennen. Auf den Plateaus sind größere Reste eines heute unbeweideten, zum Teil kniehohen Magerrasens erhalten. Dieser wird wie das ganze Gelände im Norden und Osten von Wald aus Buchen und Fichten begrenzt. Größere Teile der durch Freizeitaktivitäten (Grillfeuer!) belasteten Abbausohlen und der Steilwände sind mit spontan aufgekommenen Bäumen bestanden, vor allem Kiefern, Fichten, Espen und Salweiden, so dass das Gelände einen waldartigen Charakter besitzt. Der Deckungsgrad der Bäume nahm von ca. 16% 1956 auf 45% im Jahr 1985 zu (KOLLER 1991: 24).

Moldenberg

Auch der Moldenberg hat einen 9 ha großen ehemaligen Steinbruch als Kern. Der Abbau endete hier erst 1971. Die vor dem Krieg abgebauten Flächen weisen ein strukturreiches, kleinräumiges Relief auf. Durch Einsatz von Sprengstoff entstand später eine markante Steilwand. Das südlich und nördlich an die Steilwand anschließende alte Steinbruchgelände ist von einem meist unbeweideten Magerrasen bestanden, der an den zahlreichen steilen Böschungen sehr lückig ist. Der Gehölzanteil ist wesentlich geringer als an der Hirschhalde und nahm von 2% Deckung im Jahr 1956 auf 8% 1985 zu (KOLLER 1991: 32). An einigen Stellen bilden die vorherrschenden Salweiden sowie Sträucher bereits dichtere Bestände. Umgeben ist der Steinbruch allseitig von zum Teil steinigen, aber felslosen Wacholderheiden (ca. 19 ha), die im Untersuchungszeitraum dreimal jährlich mit einer Herde von bis zu 1000 Schafen und einigen Ziegen beweidet wurden. Auch in diesen Heiden schließen sich aufgekommene Kiefern und Schlehen stellenweise zu dichteren Beständen zusammen. Insgesamt kommen bis auf die östliche alle Expositionen in der Schafweide vor. Begrenzt wird das Gebiet im Südosten durch Fichtenmischwald, im Nordwesten durch Wohngebiete des Stadtteils Schnaitheim und ansonsten von Fettwiesen mit Feldgehölzen.

Rappeshalde

Die Rappeshalde ist ein kleinflächiger, westexponierter Steilhang an der B 19 im Bereich der nördlichen Ortsgrenze von Heidenheim-Mergelstetten und wird oben von Buchenwald, unten von der Straße und an den anderen Seiten von Gärten mit Wohnhäusern begrenzt. Bestanden ist die Fläche von unbeweidetem (Halb-) Trockenrasen, in dem zahlreiche Felsen zutage treten. Der vor allem im Norden nicht geringe Gehölzanteil wird von jungen Kiefern gebildet, am Waldrand auch von Hainbuchen. Während die Fläche unten verfilzt und kniehoch ist, wird die Vegetation nach oben zu rasch lückiger. Die Rappeshalde wird gelegentlich entbuscht.

Arphalde

Die Arphalde besteht aus Magerrasen, die west-, nord-, und südexponiert sind. In ihrem Zentrum eingeschlossen findet sich ein dreimähdiger Kleeacker, peripher eine extensive Fettwiese. Die großteils steinarmer, locker von einzelnen Fichten, Kiefern und Buchen bestandene Heide wurde 1998 viermal mit einer ca. 200 Tiere starken Schafherde und einigen Ziegen beweidet (1999 weniger oft). Vor allem im südexponierten Teil ist der Anteil an jungen Sträuchern recht hoch. Diese wurden aber stark verbissen und in jüngerer Zeit regelmäßig entfernt. Im Westen grenzt die Arphalde an eine Fichtenmonokultur. Im Norden liegt Buchenwald, im Osten und Südosten trennt nur eine schmale Fettwiese bzw. Feldhecke das Gebiet vom Wohngebiet „Reutenen“

Kunigundenbühl

Hierbei handelt es sich um einen kleinflächigen, westexponierten und unbeweideten Magerrasen mit einem Hirschwurzsaum am oberen Rand. Die Vegetation ist meist kniehoch, nur in der nördlichen Hälfte sowie am südlichsten Rand gibt es einige niedrige, lückige Bereiche. Neben überall vorhandenen Gehölzgruppen aus Wacholder, Laubsträuchern und wenigen Bäumen finden sich in der Südhälfte auch flächig aufkommende Gehölze, die von Schlehe, Schneeball und weiteren Arten gebildet werden. Diese werden aber in jüngerer Zeit regelmäßig entfernt. Durch die steinlose Fläche ziehen sich einige Trampelpfade. Umgeben ist der Kunigundenbühl im Osten von Buchenwald und auch Kiefern, im Westen von durch Hecken abgetrennten Gärten und Fettwiesen. Der Kunigundenbühl wird im Abstand einiger Jahre durch Entbuschungsmaßnahmen gepflegt. Eine solche Aktion fand im Herbst 1998 statt.

Wartberg

Die Magerrasen am Wartberg sind in zwei unterschiedliche Teillebensräume gegliedert, die durch einen gut 100 m breiten Kiefernhaib getrennt sind. Der südliche Teil ist eine felslose, strauch- und steinarmer, etwa dreimal jährlich mit einer Schafherde befahrene Schafweide, deren Exposition von Süd bis West reicht. Besonders der Westhang und Teile des umfangreichen Plateaus weisen eine sehr niedrigwüchsige Vegetation auf, die am Hang zudem recht lückig ist. In fast der gesamten Osthälfte reicht die Bebauung direkt an die Fläche heran und engt sie an der schmalsten, ruderalisierten Stelle auf etwa 15 m Breite ein. Erst ganz im Osten erweitert sich das Gebiet wieder etwas zu einem mageren und lückigen Südhang. Dieser Teilbereich soll in den nächsten Jahren einem Neubaugebiet zum Opfer fallen. In der Westhälfte schließen teils extensive Fettwiesen und Äcker, Feldgehölze sowie Gärten an die Schafweide an. Durch die Fläche ziehen sich zahlreiche Trampelpfade sowie

lineare, schmale Bereiche mit halbruderaler Vegetation (Disteln, Dost), die von Erdarbeiten zur Verlegung von Rohren herrühren. Die Magerrasen am südlichen Wartberg sind nur noch ein Rest eines früher viel ausgedehnteren Gebietes, das in größerem Umfang der Bebauung durch die Stadt Herbrechtingen zum Opfer fiel und zum Teil weiter bebaut werden soll.

Der flächenmäßig wesentlich kleinere nördliche Teil ist weitgehend unbeweidet und locker von Kiefern bestanden. Zum einen handelt es sich um eine lineare westexponierte Böschung, die unten an Gärten und oben im nördlichen Teil an Buchen- bzw. Kiefernwald grenzt. Im Süden geht sie nach oben in eine ebene Lichtung zwischen Kiefernwald und Siedlung über, die gelegentlich von der Schafherde „gestreift“ wird. Dieser Bereich wird gelegentlich durch Entfernen von Sträuchern und Kiefern gepflegt.

Eselsburger Tal

Das Eselsburger Tal ist seit 1983 auf einer Fläche von 318 ha als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Die noch relativ intensiv beweideten Heideflächen sind etwa 85 ha groß und verteilen sich auf vier Gebiete. In dieser Arbeit wird nur die ca. 55 ha große Herbrechtinger Heide zwischen Eselsburg und Herbrechtingen behandelt. Diese liegt auf der östlichen Seite des Brenzbogens. Durch den Einschnitt von Seitentälern und zahlreichen Furchen kommen neben der vorherrschenden westlichen auch südliche, besonders ausgeprägt im Mühlthal, und nördliche Expositionen vor.

Die im Untersuchungszeitraum von Ende April bis in den Oktober beweidete, steinige Heide zeichnet sich durch ihren Reichtum an Felsen aus. Einige der bizarren Formationen wie z.B. die Steinernen Jungfrauen ragen etliche Meter empor und dienen auch Kletterern als Übungsgelände. Unterhalb solcher Felsen und auch anderswo finden sich geröllreiche Abwitterungshalden, die zum Teil durch Schaftritt noch in Bewegung sind. Begrenzt wird die Fläche nördlich des Mühlthals unten durch eine Fahrstraße, neben der dann Fettwiesen und Gemüsegärten liegen. Oben geht der Hang in ein unterschiedlich breites, extrem niedrigwüchsiges Magerrasenplateau über, dem sich dann Fettwiesen, Äcker und Gärten anschließen. Das Mühlthal trennt die Herbrechtinger Heide in einen umfangreicheren nördlichen Abschnitt und einen kleineren südlichen Teil. Letzterer fällt in einem südwestexponierten Steilhang nach Eselsburg hin ab.

2.2 Ermittlung von Phänologie, Abundanz, Dominanz und Konkurrenz

Um Individuenzahlen für Aussagen zur Phänologie, Abundanz und Dominanz zu erhalten, wurde bei den Imagines die Transektmethode (POLLARD 1977, THOMAS 1983) angewandt. Dazu wurden die Untersuchungsgebiete in Schleifen von etwa fünf Metern Abstand abgegangen und alle Individuen ortsgenau no-

tiert. Hierbei wurde allerdings nicht starr verfahren, sondern im Laufe der Zeit die als wichtiger erkannten Strukturen intensiver erfasst als Stellen mit geringerer Bedeutung. Die Gebiete wurden von Juni bis September pro Woche je einmal bei gutem Wetter begangen. Bei den Phänogrammen wurden pro Woche die Summen der Individuen in allen Gebieten zusammengefasst. Um die eher geringen Unterschiede in der Flugzeit zwischen den Gebieten aufzuzeigen, werden zwei extreme Beispiele vorgestellt (Abb. 3).

Bei der in vorliegender Arbeit betrachteten interspezifischen Konkurrenz der Widderchen ist zu unterscheiden zwischen der Larval- und der Imaginalphase. Larvale Konkurrenz und Strategien zu ihrer Vermeidung wie z.B. Futterpflanzenwahl oder zeitliche und räumliche Trennung konnten mittels intensiver Raupensuche und bei den soziologischen Aufnahmen (siehe Einleitung) erkannt werden, imaginale Konkurrenz um Saugblüten hauptsächlich anhand der räumlichen und zeitlichen Verteilung im Gelände und der jeweiligen Blütenpräferenzen.

Unter Dominanz ist der relative Anteil einer Art oder einiger Arten an der Gesamtindividuenzahl aller Widderchen zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem bestimmten Lebensraum zu verstehen. Streng genommen können hier nur die kleinflächigen Gebiete wie Rappeshalde oder Kunigundenbühl als hinreichend einheitliche Lebensräume angesehen werden, während die größeren aufgeteilt werden müssten. Trotzdem wurden die meisten Gebiete aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Tabellen zur Abundanz der Widderchen als Einheit dargestellt. Nur an der Hirschhalde und am Wartberg werden zwei Tabellen für die signifikant unterschiedliche Dominanz in den Teillebensräumen vorgestellt. Ansonsten sind weitere Unterschiede in der Besiedlung der Teillebensräume im Text erwähnt. Eine umfangreichere weiterführende Arbeit über diese Aspekte in zusätzlichen Untersuchungsgebieten läuft als Promotionsarbeit an der Uni Ulm seit Sommer 2000.

Ein taxonomisches Problem stellte sich beim Geschwisterartenpaar *Zygaena minos*/*Z. purpuralis*. Diese beiden Arten sind im Gelände als Falter nicht unterscheidbar, während die Raupen sehr leicht getrennt werden

können. Da nur einzelne Stichproben von Faltern genitalmorphologisch oder durch Eiablagen determiniert werden konnten, ist es vor allem 1998 möglich, dass sich in den unter *Z. purpuralis* aufgeführten Daten auch einige von *Z. minos* befinden. Dies dürfte jedoch aus folgenden Gründen kaum ins Gewicht fallen. *Z. minos* ist nur in vier Gebieten und da nur in geringer Abundanz vorhanden, während *Z. purpuralis* an allen Lokalitäten vorkommt und meist häufig ist. Vor allem aber wurden die in vorliegender Arbeit vorgestellten Ergebnisse zur phänologischen Trennung und unterschiedlichen Abundanz im Sommer 2000 in den hier behandelten sowie in weiteren Gebieten mit syntopen *Z. minos/purpuralis*-Populationen durch eine intensive Untersuchung bestätigt.

2.3 Blütenökologische Methoden

Es wurden alle während der Begehungen beobachteten Blütenbesuche der Rotwiderchen notiert. Die hierbei gewonnenen Daten als Momentaufnahmen jedes Individuums lassen also Schlüsse auf den Euryanthiegrad der Arten in den untersuchten Gebieten zu, nicht jedoch auf eventuelle Blütenstetigkeiten oder sonstiges Blütenbesuchsverhalten.

Zur direkten Beobachtung der Änderung des Blütenangebots und der Abundanzverhältnisse bei den Widderchen im Sommerverlauf wurden an Hirschhalde, Moldenberg, Arphalde und Kunigundenbühl insgesamt sechs blütenökologische Beobachtungsflächen von je 100 m² mit für die jeweiligen Gebiete großer Blüten- und Rotwiderchendichte ausgewählt. Hier wurde dann Anfang Juli, Mitte Juli, Anfang August und Anfang September die Zahl der Widderchen, der besuchten Pflanzen und der jeweiligen Blütenbesuche festgehalten. Gezählt wurden bei den Pflanzen meist keine Einzelblüten (nur bei *Helianthemum*), sondern Blütenköpfchen/-körbchen (z.B. *Scabiosa*), Blütentrauben (*Onobrychis*) oder blühende Triebe (*Echium*).

In vorliegender Arbeit werden nur die Ergebnisse von Hirschhalde und Kunigundenbühl vorgestellt, da die anderen in etwa vergleichbar waren. Die Flächen liegen an der Hirschhalde im oberen Bereich der südexponierten, beweideten Heide sowie auf dem ebenen und unbeweideten nördlichen Plateau im Steinbruch und am Kunigundenbühl etwa in der Mitte des kleinen

Tabelle 2. Monatsmitteltemperaturen und Monatssummen der Niederschläge im Untersuchungszeitraum im Vergleich zum langjährigen Mittel; nach Daten des Deutschen Wetterdienstes 1998, 1999, Station Heidenheim (500m).

| | 1998 | 1999 | langj. Mittel | 1998 | 1999 | langj. Mittel |
|---------|------|------|---------------|------|------|---------------|
| | °C | °C | °C | mm | mm | mm |
| Februar | 1,7 | -2,0 | - 1,1 | 15 | 141 | 68,2 |
| März | 5,2 | 3,8 | 2,1 | 68 | 69 | 61,8 |
| April | 9,4 | 8,3 | 6,4 | 47 | 66 | 67,1 |
| Mai | 14,6 | 15,1 | 12,2 | 63 | 116 | 91,3 |
| Juni | 17,9 | 14,0 | 14,4 | 99 | 68 | 98,0 |
| Juli | 16,9 | 17,2 | 16,1 | 74 | 105 | 77,9 |
| August | 17,0 | 15,7 | 15,9 | 56 | 77 | 81,2 |

Gebietes. Auf den Probeflächen sollten auch Beobachtungen zum Verhalten und eventuell zur Konkurrenz gemacht werden. Es kann dadurch festgestellt werden, inwieweit Anpassungen der Erscheinungszeit und der Dominanzverhältnisse der Widderchen an die Blühphänologie ihrer Hauptnektarpflanzen bei unterschiedlichem Flächencharakter vorliegen.

3. Ergebnisse

3.1 Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum

Die beiden Jahre unterscheiden sich im Witterungsablauf deutlich. Frühjahr und Sommer 1999 waren generell deutlich feuchter und kühler als 1998. Nur in den Monaten Mai und Juli waren die Verhältnisse nahezu ausgeglichen. Beide Jahre waren etwas wärmer als im langjährigen Mittel (Tab. 2).

Auffallend ist der sehr kalte Februar sowie der warme Mai und Juli 1999. Das allgemein kalte Frühjahr 1999 zeigt sich auch anhand der Schneehöhen. Während 1998 im Februar acht und im März nur zwei Tage mit geschlossener Schneedecke zu verzeichnen waren, sind es 1999 26 bzw. neun. Der in der Tabelle nicht aufgeführte September war nach eigenen Beobachtungen hingegen 1999 deutlich wärmer. In der ersten Monatshälfte wurden verbreitet 30°C erreicht, dann nur mehr maximal 25°C. 1998 kam in diesem Monat nur ein Sommertag vor.

1998 waren wesentlich mehr Sommertage (Temperaturmaximum 25°C) zu verzeichnen als 1999. Nur im Juli und September waren die Verhältnisse umgekehrt. Dies relativiert auch den wärmeren Mai 1999, der nur deshalb den des Jahres 1998 in der Durchschnittstemperatur übertraf, weil die Nächte wegen häufiger Wolkendecke weniger kalt waren. Tagsüber war es jedenfalls im Mai 1998 deutlich heißer. Auch die Sonnenscheindauer bestätigt die obigen Feststellungen. 1998 war deutlich sonniger, wobei der Juli auch hier eine Ausnahme bildet.

Das Jahr 1998 war dazu fast durchwegs trockener (Tab. 2) als 1999. Ausnahmen bildeten nur der Juni und der März. Auffallend sind 1999 große Regenmengen im Mai und Juli sowie ein extrem niederschlagsreicher Februar. 1998 war meist trockener als das langjährige Mittel, 1999 hingegen feuchter.

3.2 Verbreitung, Abundanz und Dominanz der Widderchen in den Gebieten

In den untersuchten Gebieten kommen neun *Zygaena*-Arten vor (Tab. 3). Die beiden bedeutendsten Gebiete, in denen alle Arten nachgewiesen wurden, sind Hirschhalde und Wartberg.

Hirschhalde

An dieser „besten Widderchenlokalität“ kommen alle Arten syntop vor und zwar meist in hoher Abundanz

(Tab. 4). So finden sich hier die stärksten Populationen der Saumbewohner *Zygaena ephialtes*, *Z. transalpina*, *Z. loniceræ* und *Z. viciae* im Untersuchungsgebiet. Auch *Z. carniolica*, *Z. purpuralis*, *Z. filipendulae* und *Z. loti* weisen beachtliche Individuenstärken auf. 1999 konnten bei den meisten Arten deutlich mehr Individuen festgestellt werden. In beiden Jahren war *Z. filipendulae* das häufigste Widderchen. *Z. transalpina* und *Z. carniolica* waren 1999 sehr abundant, während *Z. loti* umgekehrt seltener als 1998 war. *Z. minos*, *Z. loniceræ* und *Z. ephialtes* gehören zu den individuenmäßig schwächsten Arten, wenn sie auch zum Teil an der Hirschhalde eine im Vergleich zu anderen Gebieten größere Besiedelungsdichte aufweisen. In diesem Gebiet sind immerhin sechs Arten als abundant zu betrachten.

Vergleicht man die beiden Teillebensräume an der Hirschhalde miteinander, so fallen deutliche Unterschiede auf (Tab. 5). Während *Zygaena carniolica*, *Z. transalpina* und *Z. ephialtes* im Steinbruch kaum zu finden sind und *Z. purpuralis* dort wesentlich seltener ist, sind dafür *Z. filipendulae*, *Z. loti* und *Z. viciae* dominant. *Z. loniceræ* und *Z. minos* treten nur im Steinbruch auf. In der Wacholderheide hingegen war 1999 *Z. transalpina* die häufigste Art. Gut vertreten sind dort auch *Z. carniolica*, *Z. purpuralis*, *Z. filipendulae* und *Z. loti*.

Moldenberg

Dieses Gebiet gehört nicht zu den günstigsten Widderchenlebensräumen. Es finden sich zwar acht Arten von Rotzygaenen. Allerdings treten nur *Zygaena loti*, *Z. filipendulae* und *Z. purpuralis* in hoher und *Z. viciae* in mäßiger Abundanz auf (Tab. 4). *Zygaena loniceræ*, *Z. ephialtes* und *Z. carniolica* sind sehr selten. Letztere fand sich 1998 sogar nur in Form einzelner Larven. *Z. minos* konnte trotz intensiver Suche erst im Sommer 2000 in einem einzelnen Weibchen am Plateau östlich der Steilwand nachgewiesen werden. Dieses könnte eventuell von weiter östlich gelegenen und von dieser Art relativ gut besiedelten Wacholderheiden zu-

Tabelle 3. Verbreitung und Abundanz in den Gebieten (H = Hirschhalde, M = Moldenberg, R = Rappeshalde, A = Arphalde, K = Künigundenbühl, W = Wartberg, E = Eselsburger Tal; 1 = Einzelfund, 2 = spärlich, 3 = nur mäßig individuenreich und/oder im Gebiet lokal, 4 = häufig).

| Art/Gebiet | H | M | R | A | K | W | E |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Z. loti</i> | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| <i>Z. viciae</i> | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| <i>Z. loniceræ</i> | 3 | 2 | | 2 | | 1 | |
| <i>Z. transalpina</i> | 4 | | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| <i>Z. ephialtes</i> | 3 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Z. filipendulae</i> | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| <i>Z. carniolica</i> | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 4 | 3 |
| <i>Z. minos</i> | 2 | 1 | | | | 2 | 1 |
| <i>Z. purpuralis</i> | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 |

Tabelle 4. Abundanzen der Widderchen 1998 und 1999 in den 7 Untersuchungsgebieten (Summe der wöchentlichen Nachweise).

| | Hirschhalde | | Moldenberg | | Rappeshalde | | Arphalde | | Kunigundenbühl | | Wartberg | | Eselsb. Tal | |
|------------------------|-------------|------|------------|------|-------------|------|----------|------|----------------|------|----------|------|-------------|------|
| | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 | 1998 | 1999 |
| <i>Z. filipendulae</i> | 239 | 516 | 103 | 113 | 13 | 100 | 49 | 90 | 23 | 38 | 88 | 1423 | 651 | 841 |
| <i>Z. loti</i> | 202 | 186 | 336 | 257 | 8 | 1 | 12 | 13 | 18 | 13 | 80 | 43 | 35 | 41 |
| <i>Z. purpuralis</i> | 97 | 171 | 337 | 75 | 68 | 80 | 7 | 10 | 6 | 1 | 98 | 100 | 201 | 142 |
| <i>Z. transalpina</i> | 73 | 415 | 0 | 0 | 9 | 14 | 3 | 17 | 98 | 141 | 38 | 204 | 0 | 15 |
| <i>Z. viciae</i> | 52 | 126 | 53 | 48 | 4 | 0 | 7 | 8 | 10 | 2 | 22 | 21 | 16 | 19 |
| <i>Z. carniolica</i> | 28 | 160 | 2 | 10 | 26 | 15 | 12 | 22 | 1 | 1 | 20 | 523 | 44 | 222 |
| <i>Z. ephialtes</i> | 11 | 10 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| <i>Z. loniceræ</i> | 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Z. minos</i> | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 |

gefliegen sein. Zumindes ist jedoch die Abundanz am Moldenberg im Untersuchungszeitraum nur äußerst gering gewesen. Insgesamt waren die Widderchenzahlen 1998 deutlich höher. Vor allem *Z. purpuralis* erlitt 1999 einen starken Einbruch, und auch *Z. loti* wurde seltener.

Rappeshalde

An diesem sehr kleinen Standort kommen immerhin sechs Rotwiderchen vor. Eine hohe Abundanz (Tab. 4) erreichen *Zygaena purpuralis* und *Z. filipendulae*. *Z. carniolica* und *Z. transalpina* sind mäßig häufig, während *Z. loti* und *Z. viciae* sehr individuenarm sind. 1999 fällt die starke Zunahme von *Z. filipendulae* besonders auf. *Z. purpuralis* blieb konstant, *Z. carniolica*, und *Z. loti* wurden seltener, *Z. viciae* wurde überhaupt nicht mehr gefunden.

Arphalde

Hier fanden sich acht *Zygaena*-Arten. Häufig ist allerdings nur *Z. filipendulae*. Mäßige Abundanz (Tab. 4) erreichen *Z. purpuralis*, *Z. loti*, *Z. transalpina* und *Z. viciae*, während *Z. ephialtes* und *Z. loniceræ* sehr selten sind. Bis auf *Z. viciae* und *Z. filipendulae* sind alle Arten ausschließlich auf den Südhang sowie in geringerem Ausmaß auch den Westhang fixiert.

Kunigundenbühl

Dieser kleine Standort ist für viele Widderchen ungünstig, beherbergt aber doch sieben Arten. Häufig ist nur *Zygaena transalpina*, seltener sind *Z. loti*, *Z. viciae* und *Z. filipendulae* (Tab. 4). Die Arten *Z. ephialtes*, *Z. purpuralis* und vor allem *Z. carniolica* sind extrem individuen schwach. Die Zunahme von *Z. filipendulae* ist ähnlich wie bei den anderen Gebieten, da die Art 1999 allgemein ein Jahr mit hohen Abundanzen hatte.

Wartberg

Hier kommen alle neun Arten vor, *Z. carniolica*, *Z. filipendulae* und *Z. minos* auch in der höchsten Abundanz (Tab. 4). Bis auf die sehr seltenen *Z. loniceræ*

und *Z. ephialtes* sind auch alle übrigen Arten recht häufig. Auffällig ist die starke Zunahme von *Z. carniolica* und *Z. filipendulae* 1999. Auch *Z. transalpina* wurde häufiger registriert, während *Z. loti* seltener war.

Am Wartberg zeigt sich beim Vergleich der beiden Teillebensräume ein unterschiedliches Bild (Tab. 6). Im Nordteil ist wie am Kunigundenbühl *Zygaena transalpina* dominant, wobei *Z. purpuralis* am Wartberg aber deutlich häufiger ist. Im Südteil ist die Verteilung mit 90% Anteil von *Z. filipendulae* und *Z. carniolica* an der Gesamtindividuenzahl noch extremer als auf der Gesamtfläche.

Eselsburger Tal

Dieses Gebiet ist mäßig widerchengünstig. Von den acht vorkommenden *Zygaena*-Arten erreichen *Z. filipendulae*, *Z. carniolica* und *Z. purpuralis* eine hohe und *Z. loti* eine mäßige Abundanz (Tab. 4). Selten sind die Saumarten *Z. transalpina*, *Z. ephialtes*, *Z. viciae* und wohl auch die bis 1999 nur in einem Exemplar genitalmorphologisch nachgewiesene *Z. minos*. Auch hier hatte *Z. carniolica* 1999 ein ausgesprochen gutes Jahr, während *Z. purpuralis* seltener beobachtet wurde.

Tabelle 5. Dominanz der Widderchen in Steinbruch und Wacholderheide an der Hirschhalde 1999 in %.

| | Steinbruch | Wacholderheide |
|------------------------|------------|----------------|
| <i>Z. minos</i> | 0,6 | 0 |
| <i>Z. ephialtes</i> | 0,2 | 0,8 |
| <i>Z. carniolica</i> | 1,2 | 12,6 |
| <i>Z. viciae</i> | 23,2 | 2,6 |
| <i>Z. transalpina</i> | 1,5 | 34,6 |
| <i>Z. purpuralis</i> | 6,9 | 15,2 |
| <i>Z. loti</i> | 26,1 | 12,3 |
| <i>Z. filipendulae</i> | 40,2 | 21,9 |
| Gesamtzahl | 451 | 1164 |

Tabelle 6. Vergleich der Dominanzen der beiden Teillebensräume am Wartberg (Nord und Süd) in %.

| | Nord | Süd |
|------------------------|------|------|
| <i>Z. ephialtes</i> | 0 | 0,1 |
| <i>Z. carniolica</i> | 0 | 24,6 |
| <i>Z. viciae</i> | 1,0 | 0,9 |
| <i>Z. transalpina</i> | 47,0 | 5,2 |
| <i>Z. purpuralis</i> | 27,2 | 2,2 |
| <i>Z. loti</i> | 10,6 | 1,0 |
| <i>Z. filipendulae</i> | 13,6 | 65,7 |
| <i>Z. loniceriae</i> | 0 | 0,05 |
| <i>Z. minos</i> | 0,5 | 0,3 |
| Gesamtzahl | 198 | 2127 |

3.3 Räumliche Einnischung

Zygaena filipendulae

Diese Art besitzt die größte ökologische Valenz (vgl. HOFMANN in EBERT 1994: 315) und besiedelt neben Trockenrasen aller Art auch andere Biotope wie extensiv bewirtschaftete Fett- oder Feuchtwiesen. Auf der Schwäbischen Alb ist sie regelmäßig an wenig gemähten Straßenrändern als meist einzige Zygaene anzutreffen.

Mit ihrer Futterpflanze *Lotus corniculatus* besiedelt sie im Untersuchungsgebiet alle nur möglichen Standorte. Einerseits sind Raupen in bereits mäßig verbuschten und verfilzten Flächen zu beobachten, andererseits werden auch die xerothermsten Standorte mit lückiger, niedriger Vegetation auf Kalkschorter genutzt, wo die Larven an der Unterart *L. c. hirsutus* fressen. Die größte Raupendichte mit mehreren Exemplaren pro Quadratmeter findet sich allerdings in großflächigen, mittelwüchsigen und mehr geschlossenen Beständen in ebener oder schwach geneigter südlicher bis westlicher Exposition, die oft beweidet sind.

Zygaena viciae

Diese Art hat einen eindeutigen Schwerpunkt in mesophilen Säumen mit allerdings großer ökologischer Amplitude (vgl. HOFMANN in EBERT 1994: 272). So besiedelt die Art neben Trockenstandorten auch Feuchtgebiete, diese oft sogar in höherer Abundanz. Auch im Untersuchungsgebiet zeigt sich diese Tendenz. So sind die Raupen in höchster Abundanz auf der nördlichen Plateauheide der Hirschhalde in unbeweideten und daher etwas verfilzten mesophilen Flächen in Gebüsch- oder Waldnähe anzutreffen. In den offenen Wacholderheiden bevorzugt dieses Widderchen vor allem Bereiche etwas höherer Vegetation wie ehemalige Koppelstellen oder eben die nährstoffreicheren, weniger beweideten Randbereiche wie Säume zu Äckern. Die Tendenz zur Saumart zeigt sich auch in der Futterpflanzenpalette: *Vicia cracca*, andere *Vicia*-Arten und

Lathyrus pratensis sind in Wacholderheiden ebenfalls mesophile Saumarten. Aber mit den weiteren Nährpflanzen *Onobrychis viciifolia* und vor allem *Lotus corniculatus* geht der Falter – wenn auch spärlicher – in offene Bereiche. In flachgründigen, lückigen und öfter beweideten xerothermen Flächen konnten allerdings keine Raupen und nur sehr wenige Falter beobachtet werden. Im Eselsburger Tal kommt *Z. viciae* dann auch nur im Mühltal vor und ist hier in höchster Abundanz direkt im hochwüchsigen Saum zum Acker anzutreffen.

Zygaena loniceriae

Diese im allgemeinen in geringer Abundanz anzutreffende Art ist von der beobachteten Individuenzahl neben *Z. minos* die seltenste Zygaenenart im Gebiet. Sie ist ebenfalls typisch für mesophile bis leicht thermophile Säume und findet sich daher wie *Z. viciae* auf der nördlichen Plateauheide an der Hirschhalde, allerdings nur 1998, in vergleichsweise höherer Abundanz. Hier sind die Raupen an *Trifolium medium*, *T. pratense* und *Lotus corniculatus* in der Fläche anzutreffen. Am Moldenberg gelangen Raupenfunde einerseits an ebenen Stellen unter Gruppen von Salweiden an *Trifolium pratense* und andererseits an durch Sträucher teilweise beschatteten Böschungen. Alle diese Stellen waren unbeweidet. An offenen und stärker beweideten Lokalitäten ist die Art sehr selten wie am Wartberg oder fehlt ganz wie im Eselsburger Tal.

Zygaena loti

Diese Art ist mit ihren Nährpflanzen *Hippocrepis comosa*, *Coronilla varia* und *Onobrychis viciifolia* sowohl an Säumen als auch in offenen, beweideten Flächen vertreten. Hohe Abundanzen erreicht sie jedoch nur auf meist brachgefallenenen, aber noch eher niedrigwüchsigen Xerothermstandorten, die mit verfilzteren oder strauchreichen Bereichen durchsetzt sind. So ist sie in den Steinbrüchen Hirschhalde und Moldenberg sehr häufig (große Dichte) und erreicht in den umgebenden Wacholderheiden niedrigere Abundanzen (geringere Dichten). Aber auch in stärker beweideten Flächen wie im Eselsburger Tal sind einzelne Raupen an *Hippocrepis comosa* zu finden. Hier bevorzugt die Art aber wie *Z. viciae* als Imago im Mühltal den Saum zum Acker. Außer an *Hippocrepis*, *Onobrychis viciifolia* und *Coronilla varia* wurden keine Raupen gefunden. Vor allem am häufigen *Lotus corniculatus* konnte nicht eine einzige Larve beobachtet werden (vgl. 3.7).

Zygaena carniolica

Diese Xerothermart besiedelt die flachgründigsten und lückigsten Standorte im Untersuchungsgebiet. An der Hirschhalde finden sich die Raupen im oberen, lückigen und steinigen Drittel der südexponierten Wacholderheide und ganz besonders in feinerdereichen und steinigen, sehr spärlich bewachsenen Böschungen am Steinbruchrand auf den einzelnen Büscheln von

Lotus corniculatus hirsutus. Am Moldenberg werden ebenfalls heiße Halden und Böschungen mit Hornklee in hier allerdings signifikant niedrigerer Dichte besiedelt. Doch sind dort auch einzelne Tiere in den Esparsettenhorsten zu finden. Am Wartberg ist die Art im lückigen Süd- und Westhang in hoher Abundanz zu finden und lebt hier an Hornklee. Nur im Osten dieses Gebietes können auch regelmäßig Larven an Esparsette beobachtet werden, sogar in leicht verfilzten Bereichen am Ackerrand. Das ebene Plateau wird hingegen im Gegensatz zu *Z. filipendulae* deutlich gemieden. Auch auf der Arphalde wird fast ausschließlich der Südhang besiedelt. Im Eselsburger Tal ist die Art auf Einschnitte in die nahezu unbesiedelten Westhänge angewiesen. Hier leben die Raupen dann in Südexposition auf steinigem und lückigem, teils stark beweideten Halden etwa drei Wochen vor denjenigen von *Z. filipendulae*. In stärker verbuschter und verfilzter Gebiete ohne offene Bodenstellen wie die nördliche Plateauheide an der Hirschhalde oder den Kunigundenbühl dringt *Z. carniolica* nur in sehr geringer Abundanz ein.

Zygaena purpuralis

Am häufigsten sind Raupen dieser Art in beweideten, flachgründigen und *Thymus*-reichen Wacholderheiden in West- bis Südexposition wie im Mühlal im Eselsburger Tal, an der Hirschhalde und am Wartberg-Westhang, wo sie erwachsen im Juni an trüben Tagen offen in den Polstern der Nahrungspflanze sitzen. Doch auch brachgefallene und verfilzte Gebiete gehören zum Lebensraum der Art, sofern Thymianpolster sich an felsigen Stellen wie an der Rappeshalde oder auf Ameisenhaufen wie an der Hirschhalde halten können. Hier herrscht dann auch gleichzeitig ein günstigeres Mikroklima. Verbuschung wird nach meinen Beobachtungen bis zu einem relativ hohen Grad toleriert, sofern zumindest kleinflächig noch genug Biotopinseln vorhanden sind. Auch wichtig ist die Tatsache, dass sich im lichten Schatten einzelner Kiefern auf deren Streu gelegentlich dichte Polster von Thymian halten wie z.B. am nördlichen Wartberg, die von den Larven ebenfalls genutzt werden.

Zygaena minos

Diese als Falter kaum zu unterscheidende Schwesterart von *Z. purpuralis* ist sowohl individuenärmer im Untersuchungsgebiet als auch lokal eingegrenzter. An allen Fundorten ist sie mit *Z. purpuralis* sympatrisch und teils auch syntop. Allerdings war *Z. minos* 1999 an der Hirschhalde auf den Steinbruch beschränkt, der von *Z. purpuralis* nur spärlich besiedelt wird. Die Falter hielten sich in kleinflächigen Halden und auf der gesamten nördlichen Plateauheide auf. Die Vegetation ist dort z. T. geschlossen und höherwüchsig. Am Wartberg erfolgten Falterfunde 1999 fast nur in einem kleinen Bereich des mittleren Südhanges, wo sie auf *Di-*

anthus carthusianorum fixiert waren. Am von *Z. purpuralis* gut besiedelten Westhang konnte kein Tier entdeckt werden. Der Fund einer erwachsenen *Z. minos*-Raupe Mitte Mai 1998 erfolgte auch im Hauptfluggebiet der Art. Die Vegetation ist dort am mittleren Südhang vor allem durch *Avenochloa pratensis* und *Bromus erectus* dichter und etwas höher als zum Beispiel am Westhang. Der Fund eines einzelnen Männchens im Eselsburger Tal erfolgte am weniger intensiv beweideten SW-Hang nach Eselsburg hin.

Die Beobachtung eines eventuell zugewanderten Weibchens im Frühsommer 2000 am Moldenberg erfolgte in der etwas dichter bewachsenen und mesophileren Plateauheide östlich der Steilwand, wo zum Beispiel auch der Warzenbeißer (*Decticus verrucivorus*) am Moldenberg ausschließlich vorkommt.

Interessant in diesem Zusammenhang sind auch Raupenfunde des Verfassers am 9. Mai 1999 in der südlichen Fränkischen Alb. In einem noch nicht sehr lange stillgelegten, von Magerrasen umgebenen Steinbruch mit schottereichen, kleinstrukturierten Böschungen, die eine leicht ruderal beeinflusste Vegetation trugen, fanden sich an der nicht gerade häufigen Futterpflanze *Pimpinella saxifraga* sowie an dürre vorjähriger Vegetation auf wenigen Quadratmetern 12 erwachsene Raupen von *Z. minos*. Aus Baden-Württemberg sind solche Raupenkonzentrationen noch nicht bekannt geworden (vgl. HOFMANN in EBERT 1994: 221). Raupen von *Z. purpuralis* konnten dort keine gefunden werden, wären aber auch noch recht klein gewesen.

Zygaena ephialtes

Diese in eher geringer Abundanz auftretende Art benötigt weniger stark beweidete Saumstandorte, da sie auf *Coronilla varia* angewiesen ist. Wo diese aber in genügender Dichte auftritt, ist im Untersuchungsgebiet immer mit der Art zu rechnen. Individuenreichere Bestände benötigen zusätzlich noch warmes Mikroklima, wie es auf der südexponierten Wacholderheide der Hirschhalde gegeben ist. Selbst auf kleinflächigen *Coronilla*-Standorten wie Arphalde und Kunigundenbühl kann sich der Falter in geringer Abundanz halten. Da stärker beweidete Gebiete gemieden werden, ist *Z. ephialtes* im Eselsburger Tal auf die Säume im Mühlal angewiesen und am Wartberg auf den Osten des Gebietes, der bald bebaut werden soll. Dort konnten sogar Raupen am ruderalisierten Rand der Gärten an zwischen *Reynoutria japonica* klimmenden *Coronilla*-Pflanzen entdeckt werden. Die Art findet sich auch außerhalb der Magerrasengebiete. So kommt sie an der Straße zum Kunigundenbühl in dem schmalen Streifen zu den Äckern in nicht geringer Dichte vor, weil neben kaum gemähten Beständen der Raupenfutterpflanze auch Saugpflanzen wie Dost, Knautien und Disteln vorkommen. Selbst im für Widderchen ungünstigen Voralpenland fehlt die Art wohl nicht hauptsächlich wegen des Klimas, sondern wegen des Mangels

an *Coronilla varia*-Standorten. So konnte der Verfasser im Juli 1999 südwestlich von Memmingen ein nicht individuenarmes Vorkommen an einem stillgelegten Bahndamm entdecken. In dem dicht von hochwüchsiger Vegetation bestehenden Gleisschotter wuchsen verbreitet *Coronilla varia* und *Cirsium arvense* als Saugpflanze.

Zygaena transalpina hippocrepidis

Dieses Widderchen benötigt wenig beweidete, saumreiche aber warme und meist geneigte Örtlichkeiten in Waldnähe und hat das geringste Raumbedürfnis der im Gebiet zu beobachtenden Widderchen. So ist die Art auch besonders häufig am Kunigundenbühl sowie in der Wacholderheide an der Hirschhalde. Ebene und kühlere Stellen wie die nördliche Plateauheide an der Hirschhalde sowie stark beweidete offene Lokalitäten werden nur in geringem Umfang wie im Eselsburger Tal oder gar nicht besiedelt. Die Raupen fanden sich meist an Hufeisenklee an Stellen mit wenigstens teilweise höherer Vegetation, wo die Tiere gegen Nachmittag in einiger Höhe an Gräsern oder Trieben von *Anthericum ramosum* usw. ruhten. Wie bei *Z. filipendulae* werden die allermeisten Kokons als Hochkokons angelegt, während bei *Z. carniolica* je nach Mikroklima nur wenige in besonders heißer oder andererseits zu verfilzter Lage und bei *Z. loti* und *Z. purpuralis* gar keine Hochkokons beobachtet werden konnten. Auch lückige Vegetation und felsige Bereiche sind für *Z. transalpina* förderlich, wenn sie wenigstens teilweise von höherwüchsigen Strukturen durchsetzt sind wie durch *Bromus erectus* oder Krüppelschlehen an der Hirschhalde. In geringerem Umfang fressen die Raupen auch an *Coronilla varia*, so besonders im Süden des Kunigundenbühls. Nie konnten Tiere an Hornklee beobachtet werden, wenn auch eine gelegentliche Nutzung der Pflanze im Gebiet nicht ausgeschlossen erscheint.

3.4 Phänologie

Zygaena loti erscheint im Untersuchungsgebiet als frühestes Widderchen (Abb. 1) in günstigen Jahren (1998) bereits Anfang Juni. In Jahren mit kühlerem Frühjahr kann das Erscheinen auch wie 1999 um etwa 14 Tage später liegen. Die Abundanzmaxima wurden 1998 Ende Juni bis Mitte Juli erreicht, im Jahr darauf etwa eine Woche später. Das Flugzeitende war jeweils in der ersten Augustwoche. 1998 flog die Art neun und 1999 sieben Wochen lang. Die Anlaufphase begann 1998 früher und dauerte länger.

Die Flugzeit der relativ frühen *Z. viciae* (Abb. 1) ist fast ganz auf den Juli konzentriert. Anfang August waren deutlich weniger Tiere zu finden. Die Gesamtflugzeit war mit sechs bzw. fünf Wochen eher kurz.

Das Thymian-Widderchen (*Z. purpuralis*) flog von Anfang Juli bis Mitte August und gehört zu den mittelspäten Arten (Abb. 1). Die Gesamtflugzeit betrug je acht

Wochen. Die Massenentwicklung fand Ende Juli statt und war 1999 zeitlich ausgedehnter. So war sie 1998 auf zwei Wochen konzentriert, in denen 439 und 277 Individuen gezählt wurden. 1999 hingegen konnten maximal 179 in der besten Woche, aber viermal über 100 Individuen registriert werden.

Die Flugzeit der eher späten Art *Zygaena carniolica* begann jeweils in der zweiten Julihälfte (Abb. 2) und dauerte 1998 bis ins zweite Augustdrittel, während 1999 noch am 4. September am Wartberg vier abgeflogene Exemplare gesichtet wurden. Die eher kurze Flugzeit dauerte fünf bzw. sieben Wochen. Die größte Abundanz wurde Ende Juli bis Mitte August festgestellt.

Die späte *Z. transalpina* erschien in der zweiten Julihälfte (Abb. 2) und flog bis Mitte September. Die Massenentwicklung lag um die zweite Augustdekade. Die Gesamtflugzeit ist mit acht Wochen als lang anzusehen.

Die Art *Zygaena filipendulae* erschien zeitgleich wie *Z. carniolica* und *Z. transalpina* und flog als spätestes Widderchen bis Ende September (Abb. 2). Die höchsten Abundanzen der bis 10 Wochen langen Flugzeit wurden im August erreicht. Frühe Falter im Juni oder Anfang Juli, wie in anderen Gegenden öfter zu beobachten, traten im Untersuchungsgebiet nicht auf.

Die in geringer Abundanz auftretende und daher nicht als Diagramm dargestellte *Z. ephialtes* hatte eine kurze Flugzeit von maximal drei Wochen und flog von Mitte Juli bis Anfang August. *Zygaena loniceræ* tritt im gleichen Zeitraum auf, während *Z. minos* ein sehr frühes Widderchen ist. Die beobachteten Individuen flogen 1999 Ende Juni, so z.B. drei am 25.6.99 an der Hirschhalde, bis Anfang Juli, z.B. sieben am 1.7.99 am Wartberg. Sie erschienen also vor *Z. purpuralis*. Am Wartberg war am 1.7.99 noch keine einzige *Z. purpuralis* zu sehen, während alle am 14.7.99 untersuchten Tiere dann zu dieser Art gehörten. Das einzelne Männchen, das am 1.7.99 im Eselsburger Tal gefunden wurde, war bereits abgeflogen, während die hier gleichzeitig beobachteten allerersten Männchen von *Z. purpuralis* allesamt taufisch waren. So kommt es wohl nur zu Ende der *Z. minos*-Flugzeit zu Überschneidungen mit *Z. purpuralis*, was sich im Sommer 2000 an weiteren Fundorten noch deutlicher bestätigte (vgl. 2.2).

Vergleicht man die beiden eng benachbarten Lebensräume Steinbruch und Wacholderheide an der Hirschhalde hinsichtlich der Phänologie von z.B. *Zygaena loti* (Abb. 3), so fällt eine im länger schneebedeckten und kleinklimatisch weniger heißen Steinbruch um etwa eine Woche nach hinten verschobene Flugzeit auf. Weiterhin zeigt sich im Vergleich des nördlichsten und höchsten Gebietes Hirschhalde mit dem niedrigsten und südlichsten Gebiet Eselsburger Tal eine um gut eine Woche verschobene Flugzeit des Thymian-Widderchens (Abb. 3). Im Eselsburger Tal flog die Art deutlich früher.

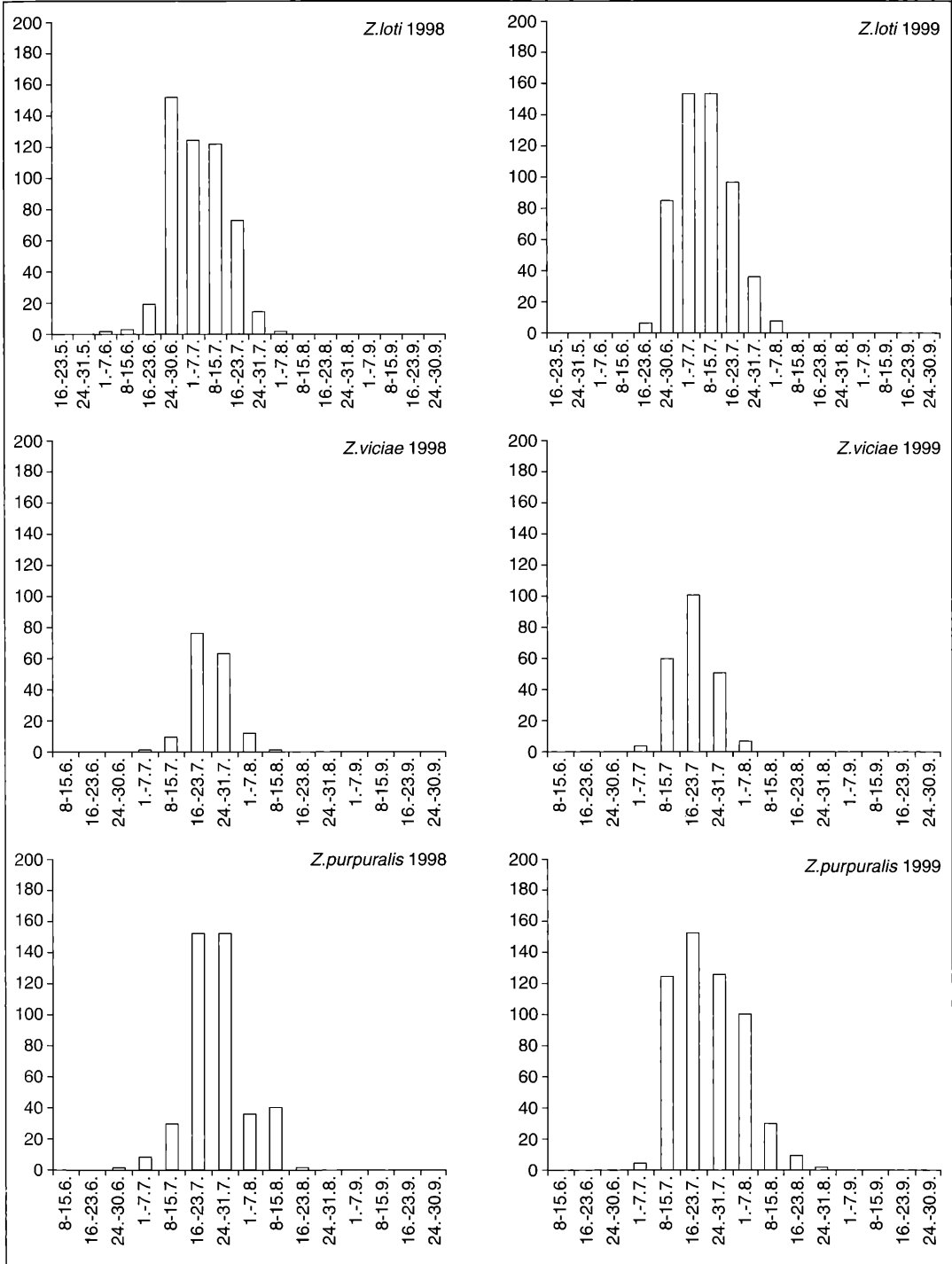


Abbildung 1. Phänologie von *Z. loti*, *Z. viciae* und *Z. purpuralis* 1998 und 1999 (jeweils alle Fundorte zusammengefasst).

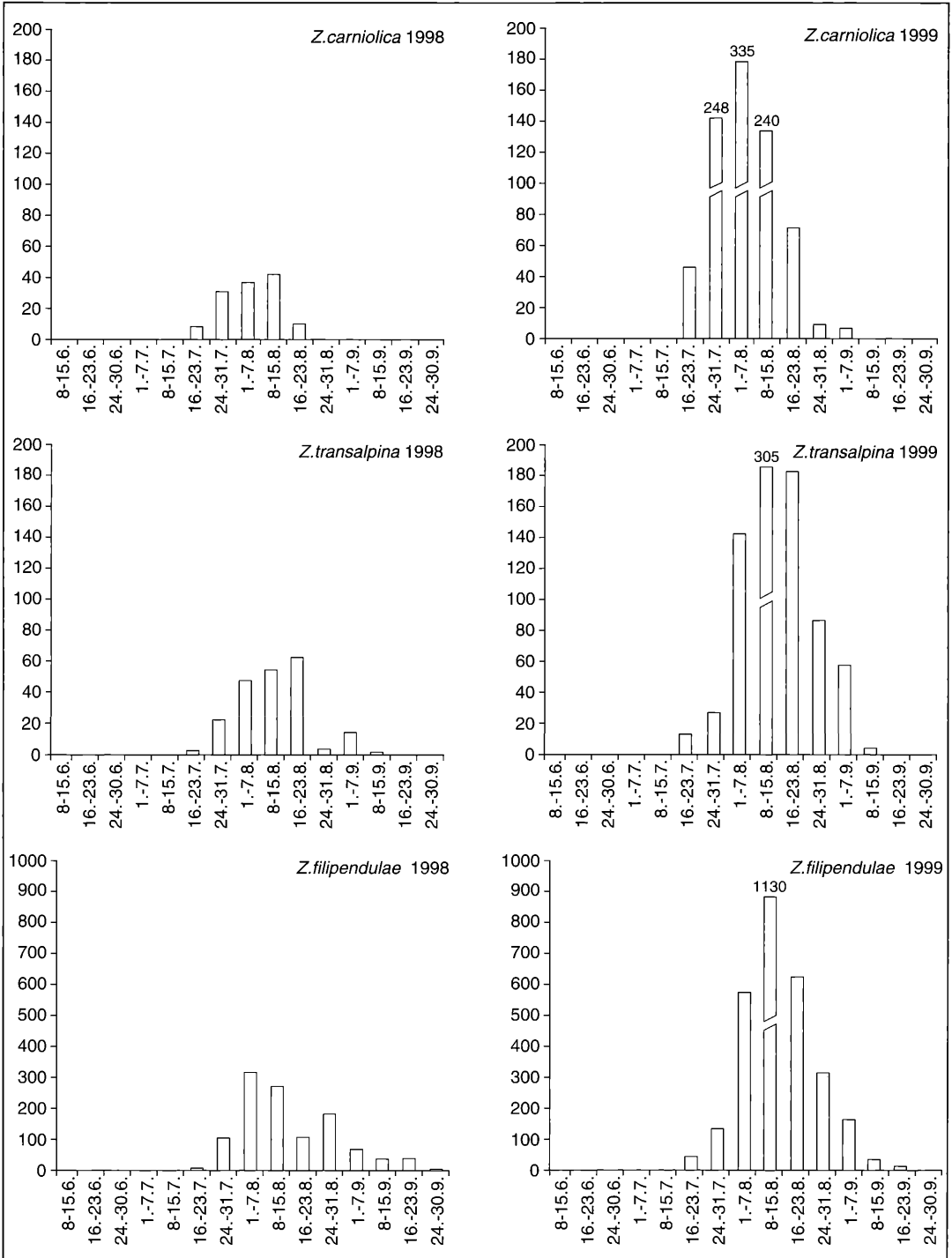


Abbildung 2. Phänologie von *Z. carniolica*, *Z. transalpina* und *Z. filipendulae* 1998 und 1999 (jeweils alle Fundorte zusammengefasst).

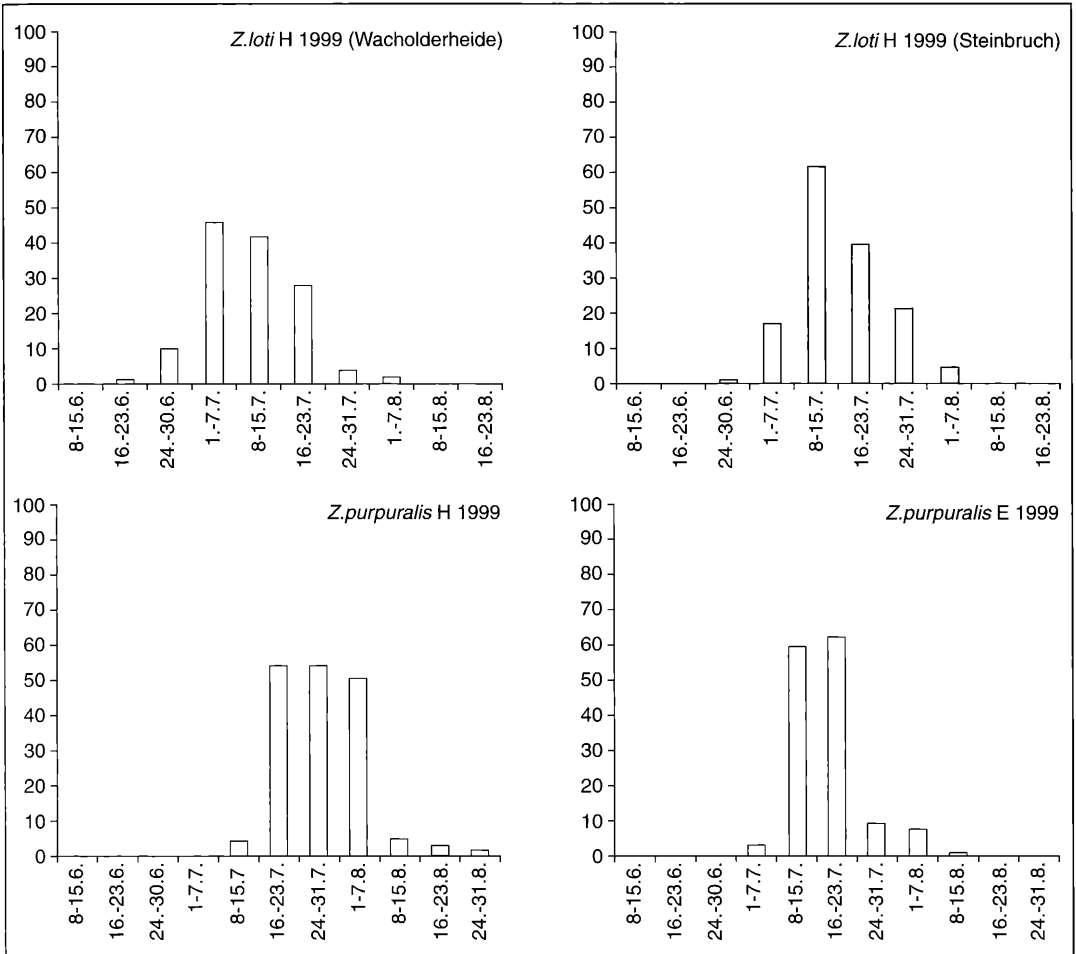


Abbildung 3. Vergleich der Phänologie von *Z. loti* in Wacholderheide und Steinbruch an der Hirschhalde und von *Z. purpuralis* an der Hirschhalde und im Eselsburger Tal, jeweils 1999.

3.5 Nektarpflanzenspektrum

Die meisten der in Tabelle 7 zusammengestellten Daten stammen fast ausschließlich aus dem Jahr 1999. Mit insgesamt 22 Nektarpflanzen weist *Z. loti* den stärksten Grad an Euryanthie auf. Besucht wurden auch sechs Arten gelber Blüten (*Leontodon hispidus*, *Bupthalmum salicifolium*, *Medicago falcata*, *Helianthemum nummularium*, *Erysimum odoratum*, *Ranunculus bulbosus*), besonders 1998 (hohe Populationsdichte) und an Stellen, wo andere Blüten fehlten. So war *E. odoratum* 1998 an der Rappeshalde die wichtigste Nektarpflanze für *Z. loti*. An erster Stelle stehen aber auch hier violette Arten. Wo Esparsette vorkommt wie vor allem am Moldenberg, wird sie besonders zu Anfang der Flugzeit deutlich bevorzugt. Die Skabiose wird dann am Ende immer wichtiger, so

dass sie als weitverbreitete Art mit 31 % der Blütenbesuche die meistbesuchte Art ist.

Zygaena viciae hingegen besuchte nur acht Arten, davon keine einzige gelbblühende und kann im Untersuchungsgebiet als sehr stenanth bezeichnet werden. Als einziges Widerchen präferierte es nicht die Skabiose als wichtigste Pflanze, sondern den Dost (Saurart!) mit 38%. Auch *Knautia arvensis* ist mit 29% noch wichtiger.

Mit 15 festgestellten Arten hat *Z. purpuralis* ein mittelgroßes Futterpflanzenspektrum, in dem auch gelbblühende Arten wie *Sedum reflexum* und *Senecio jacobea* berücksichtigt sind. Die deutlich wichtigste Art mit über der Hälfte aller Besuche ist aber die Skabiose. Ihr folgen dann weitere violett blühende Arten.

Tabelle 7 Nektarpflanzenspektrum der 7 häufigsten Zygänen 1999

| | <i>Z. loti</i> | <i>Z. viciae</i> | <i>Z. purpuralis</i> | <i>Z. ephialtes</i> | <i>Z. carniolica</i> | <i>Z. transalpina</i> | <i>Z. filipendulae</i> |
|----------------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| n | 437 | 143 | 481 | 23 | 1001 | 678 | 2809 |
| <i>Scabiosa</i> | 31,0 % | 23,0 % | 53,0 % | 43,5 % | 65,0 % | 73,0 % | 43 % |
| <i>Knautia</i> | 21,0 % | 29,0 % | 15,0 % | 8,7 % | 8,0 % | 7 % | 14 % |
| <i>Vicia cracca</i> | 2,5 % | 5,0 % | | | | | |
| <i>Centaurea jacea</i> | 1,8 % | 2,5 % | 7,0 % | 4,3 % | 20,0 % | 15 % | 16 % |
| <i>Onobrychis</i> | 18,0 % | | | | | | |
| <i>Origanum</i> | 12,0 % | 38,0 % | 16,0 % | 34,8 % | 4,0 % | 2 % | 5 % |
| <i>Echium</i> | 5,0 % | | 0,4 % | | | – | |
| <i>Centaurea scabiosa</i> | 0,2 % | – | 0,9 % | | 2,0 % | – | |
| <i>Carduus acanthoides</i> | | | 1,2 % | | 0,6 % | 10 % | |
| <i>Cirsium vulgare</i> | – | | 0,4 % | 4,3 % | | | 6 % |
| übrige | 8,5 % | 2,5 % | 6,2 % | 8,6 % | 0,4 % | 3 % | 6 % |

Bei *Zygaena ephialtes* liegen nur wenige Beobachtungen vor. Es lässt sich jedoch sagen, dass Dost und Skabiose in den Heiden die wichtigsten Arten sind. Wo Disteln wie *Carduus acanthoides* oder *Cirsium vulgare* vorkommen, werden auch sie genutzt. An *Centaurea jacea* saugt der Falter etwas seltener und gelbe Arten werden gar nicht beachtet.

Bei *Zygaena carniolica* hat die Taubenskabiose ein noch deutlicheres Übergewicht. Ansonsten ist von den insgesamt 11 Arten noch *Centaurea jacea* wichtiger, während auch hier bis auf ein Besuch an *Medicago falcata* kaum gelbe Blüten beachtet werden.

Zygaena transalpina zeigt mit 10 Arten ein enges Spektrum und mit 73 % den höchsten Besuch von *Scabiosa columbaria*. Andererseits können auch andersfarbige Blüten genutzt werden, wenn sie häufig und attraktivere selten sind. So liegen vom Nordteil des Wartbergs und vom Künigundenbühl Beobachtungen von *Anthericum ramosum* (weiß) und *Bupthalmum salicifolium* (gelb) vor. Ein Einzelbesuch fand auch an *Pimpinella saxifraga* (weiß) statt. Vor allem gegen Ende der Flugzeit wird gelegentlich die violette *Aster amellus* aufgesucht.

Bei *Z. filipendulae* liegt das Übergewicht zwar auch deutlich bei *S. columbaria*. Es werden aber auch viele andere Arten (insgesamt 21) genutzt. Besonders bedeutend sind hier Disteln, die in den Gebieten meist mehr einzeln vorkommen und dann vor allem in der zweiten Hälfte der Flugzeit, wenn *Scabiosa columbaria* seltener wird, geradezu belagert sein können. Auch *C. jacea* wird häufig besucht. *Knautia arvensis* erlangt vor allem auf der nördlichen Plateauheide im Steinbruch Hirschhalde sowie an der Grenze zwischen Wiese und südexponierter Heide an der Arphalde Bedeutung, wo sie häufig und Skabiose selten ist. Schließlich kann der Falter auch sonst wenig beachtete Pflanzen nutzen. So erfolgten Beobachtungen an der Arphalde an *Plantago media* sowie im Eselsburger Tal an *Calluna vulgaris* und *Odontites vulgaris*.

3.6 Einnischung nach der Blühphänologie und Konkurrenz um Saugblüten

Auf der nördlichen Plateauheide an der Hirschhalde (H 1) fällt im ersten Durchgang (Tab. 8) der blütenökologischen Aufnahmen eine Vielzahl an Blüten auf, die *Z. loti* nutzte. Stärker besucht waren *Prunella grandiflora*, *Leontodon hispidus*, *Onobrychis viciifolia* und vor allem der einzige geöffnete Blütenstand von *Knautia arvensis*, in dem sich gleichzeitig zwei Tiere aufhielten. Sehr interessant ist aber ein Männchen, das blütenstet mindestens viermal eine Blüte von *Helianthemum nummularium* anflieg. Neben wenigen Beobachtungen von *Aricia agestis* ist dies die einzige an Sonnenröschen beobachtete Art. Dies ist umso wunderlicher, weil das Sonnenröschen bekanntermaßen keinen Nektar, sondern nur reichlich Pollen produziert (vgl. WESTRICH 1989). In der Wacholderheide (H 2) hingegen war mit vier (gegen 13 im Steinbruch) *Z. loti* eine geringere Dichte zu verzeichnen. Außerdem blühten bereits mehr Widderchen-typische Pflanzen wie *Echium vulgare* und vor allem *Scabiosa columbaria*, so dass diese fast ausschließlich besucht wurden.

Mitte Juli konnten in beiden Aufnahmeflächen deutlich mehr Widderchen aufgefunden werden, wobei auf der nördlichen Plateauheide immer noch eine höhere Widderchendichte herrschte als in der ausgedehnten Wacholderheide. In ersterer blühten jetzt deutlich mehr *Knautia*- sowie erste *Centaurea jacea*-Pflanzen, die nun trotz Vorhandenseins zahlreicher anderer Arten von den dominierenden *Z. viciae* und *Z. loti* ausschließlich besucht wurden. In der Wacholderheide übernahm *S. columbaria* weitgehend die Rolle von *K. arvensis*, blühte allerdings in deutlich größerer Stückzahl als jene. Dominierend war hier *Z. purpuralis*.

Anfang August nun fanden sich in der Wacholderheide deutlich größere Widderchendichten von *Z. carniolica*, *Z. transalpina* und *Z. filipendulae* als auf der nördli-

Tabelle 8. Ergebnisse der blütenökologischen Aufnahme-
flächen; H1 = Steinbruch, H2 = Wacholderheide.

| Aufnahme Datum | Blütendichte/ Besuch | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|----------|-------------------|---------------------------|--------------|------------------------|
| | H1 | H2 | H1 | H2 | H1 | H2 |
| Datum | 2.7 | 2.7 | 18.7. | 18.7. | 2.8. | 2.8. |
| <i>Scabiosa columbaria</i> | | 5 2loti | | 98 3lo,2v,1c, 1t,1e,9p | 1 | 611 6f,8t,4p, 1e,9c |
| <i>Knautia arvensis</i> | 1 2loti | | 14 8v,4loti,1p,1l | 4 1p | 50 14f,1c,2v | 3 1f |
| <i>Centaurea jacea</i> | | | 10 4loti,3v,1f | | 3 1p,1f | 11 1f |
| <i>Leontodon hispidus</i> | 1 1loti | 12 1loti | | 8 | | 46 |
| <i>Prunella grandiflora</i> | 10 3loti | 44 | 98 | 200 | 400 | 260 |
| <i>Helianthemum numm.</i> | 260 1loti | | 128 | 19 | 45 | |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> | 140 1loti | | 26 | | 112 | |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | 3 1loti | | | | | |
| <i>Trifolium pratense</i> | 32 1loti | | 5 | | 4 | |
| <i>Veronica teucrium</i> | 58 2loti | | | | | |
| <i>Plantago media</i> | 49 1loti | 11 | 8 | 2 | 8 | |
| <i>Echium vulgare</i> | | 1 1loti | | | | |
| <i>Origanum vulgare</i> | | | | | | 26 2c |
| Summe | 13 | 4 | 22 | 18 | 19 | 32 |
| Aufnahme | H1 | H2 | K1 | K1 | K1 | K1 |
| Datum | 3.9. | 3.9. | 4.7 | 18.7. | 1.8. | 4.9. |
| <i>Scabiosa columbaria</i> | | 38 6t | 1 | 6 1loti | 18 1f,7t | 4 1t |
| <i>Knautia arvensis</i> | 2 1f | | | 4 1v | 6 1t | |
| <i>Centaurea jacea</i> | 6 1f | 12 | | 3 | 8 1f | 5 1t |
| <i>Prunella grandiflora</i> | 150 | 39 | 4 | 38 | 41 | 10 |
| <i>Leontodon hispidus</i> | | 24 | | | | |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | | | | | | |
| <i>Trifolium pratense</i> | 1 | | | | | |
| <i>Vicia cracca</i> | | | | | | |
| <i>Plantago media</i> | | | | | | |
| <i>Origanum vulgare</i> | | | | | | |
| <i>Bupthalmum salicifolium</i> | | | 312 2loti | 900 | 400 | 16 |
| Summe | 2 | 6 | 2 | 2 | 10 | 2 |

Abkürzungen der Widderchennamen: c = *carniolica*, e = *ephialtes*, f = *filipendulae*, l = *lonicerae*, lo = *loti*, p = *purpuralis*, t = *transalpina*, v = *viciae*

chen Plateauheide im Steinbruch, wo hauptsächlich *Z. filipendulae* flogen. Es hatte hier auch eine Massenblüte der Skabiose eingesetzt, die neben wenigen Beobachtungen an *C. jacea*, *K. arvensis* und *Origanum vulgare* fast ausschließlich genutzt wurde. Auf der nördlichen Heide waren dagegen nach wie vor die jetzt in höchster Abundanz vorhandenen *Knautien* und *C. jacea* besucht.

Einen Monat später ist ein großer Einbruch bei den Blüten- und Widderchenzahlen zu verzeichnen. Sowohl *K. arvensis* als auch *Z. filipendulae* fanden sich auf der nördlichen Heide nur mehr in geringer Abundanz. Auch in der Wacholderheide war *S. columbaria* stark zurückgegangen, blühte aber noch zahlreicher als *K. arvensis*. Als einziges Widderchen konnte daran noch *Z. transalpina* festgestellt werden, allerdings in

etwas größerer Zahl als *Z. filipendulae* auf der nördlichen Plateauheide. In der Trockenperiode im September schließlich war ein weiterer Rückgang erkennbar. Einzelne Skabiosen blühten aber noch bis in den Oktober.

Am Kunigundenbühl waren Anfang und Mitte Juli nur wenige *Z. loti* sowie eine *Z. viciae* anzutreffen. Besucht wurde anfangs das überaus zahlreiche Ochsenauge und dann mit zahlreicherem Aufblühen von Skabiosen und *Knautien* fast nur mehr diese. Anfang August hatte – wie anderswo auch – *S. columbaria* ihren Blütehöhepunkt und wurde von den nun zahlreichen *Z. transalpina* sowie von *Z. filipendulae* genutzt. Einen Monat später waren sowohl Skabiosen als auch Widderchen auch hier wieder stark zurückgegangen, während zum Beispiel *C. jacea* auf gerin-

gem Niveau konstant geblieben war. In den beiden kleinen Untersuchungsgebieten ist die Koppelung an Skabiose bzw. Knautie noch deutlicher, da außerhalb deren Optimumszeiten nur extrem wenige Skabiosen blühten und auch attraktive Alternativangebote wie *Echium vulgare* oder *Onobrychis viciifolia* selten waren.

Verhaltensbeobachtungen

Meist verhalten sich die Falter blütenstet, vor allem, wenn von den attraktiven Arten wie *Scabiosa columbaria* oder *Knautia arvensis* genügend viele Exemplare blühen. Zwischen den beiden Arten wird allerdings kaum unterschieden, sondern problemlos gewechselt; allenfalls ist *K. arvensis* etwas beliebter. Auch scheinen unter sonst gleichen Bedingungen die Aufenthaltszeiten hier etwas länger zu sein. Auch wo weniger attraktive Arten wie *Prunella grandiflora* in größerer Zahl blühen und andere, beliebtere weitgehend fehlen, verhalten sich die Falter meist blütenstet. Sind aber alle Nektararten eher vereinzelt vorhanden, tritt an die Stelle der Artenstetigkeit gelegentlich eine Farbenstetigkeit. So konnten an der nördlichen Plateauheide der Hirschhalde oder auch an der Arphalde Falter von *Zygaena loti* und *Z. filipendulae* beobachtet werden, die nacheinander Esparsette, Rotklee und Großblütige Braunelle besuchten (alle rosa bis violett-blau). *Z. loti* an der Hirschhalde besuchte abwechselnd die gelben *Leontodon hispidus* und *Medicago falcata*. Schließlich kommen auch Tiere vor, die zwischen den Farben wechseln, so beispielsweise *Z. transalpina* am Wartberg zwischen *Anthericum ramosum* und *S. columbaria*. Letzteres lässt sich vor allem dann beobachten, wenn die weniger attraktive Art häufig ist und die bevorzugte Skabiose nur sehr selten dazwischensteht.

Höherstehende Blüten (Disteln, Skabiosen, Knautien) werden gegenüber bodennahen (*Cirsium acaule*, *Thymus*) bevorzugt. Beim Blütenbesuch können agile von eher ruhigen Arten unterschieden werden, was allerdings auch witterungsabhängig ist. Zu ersteren gehören vor allem *Zygaena ephialtes* und *Z. transalpina*, zu letzteren *Z. purpuralis* und *Z. carniolica*. *Z. loti*, *Z. filipendulae* sowie *Z. viciae* bilden im Untersuchungsgebiet eine Übergangsgruppe mit oft intermediärem Verhalten. Bei den agilen Arten ist typisch, dass sie sich seltener zu Ansammlungen auf Blüten zusammenfinden, bzw. solche schon bei geringer Störung wieder verlassen. So ließ sich ein *Z. transalpina*-Falter am 2.8.99 an der Hirschhalde bereits von einer *Erebia aethiops* verscheuchen, was bei *Z. carniolica* nur selten möglich wäre. Agile Arten sind auch gleichmäßiger im Gelände verteilt, während die anderen sich oft auf wenige Blüten konzentrieren. Oft werden in solchen Fällen einartige Gemeinschaften gebildet. Allerdings sind auch Beobachtungen nicht selten, in denen sich Tiere mehrerer Arten wie z.B. *Z. purpu-*

ralis und *Z. carniolica* zusammengefunden haben.

Die meisten Widderchen saugen länger am Blütenstand. Besonders lang sind die Aufenthaltszeiten bei bewölktem Himmel, wo die Tiere selbst bei leichtem Regen – relativ warme Temperaturen vorausgesetzt – immer wieder saugen. Bei sonnigem, nicht übermäßig heißem Wetter dagegen betragen die Besuchszeiten meist nur 0,5 bis 5 min Minuten, wobei auch hier agile Arten kürzere Zeiten aufweisen. Die Tiere verbringen oft die Nacht auf den Blüten, was nur bei *Z. ephialtes* nie und bei *Z. viciae* sowie *Z. transalpina* eher selten festgestellt wurde. So saugen sie anders als die meisten Konkurrenten wie Tagfalter, Bienen oder Schwebfliegen, nicht aber Hummeln, auch spät-abends und frühmorgens sowie bei mäßiger Witterung. Zur Konkurrenz einzelner Widderchenarten um die gleiche Blüte liegen nur wenige Beobachtungen vor, wohl auch deshalb, weil meist erheblich mehr Blüten als Falter vorhanden waren. Am 18.7.99 konnte an der Hirschhalde ein *Z. loti*-Männchen beobachtet werden, das auf einer Skabiose landete und die beiden vorhandenen *Z. carniolica* vertrieb. Dies erfolgte aber nicht direkt durch aggressives Verhalten, sondern indirekt, da die durch das aktive Blütenbesuchverhalten der *Z. loti* offenbar gestörten Tiere mehr oder weniger freiwillig das Feld räumten. Das umgekehrte Verhalten aber konnte öfters festgestellt werden. So können agile Arten durch nachfolgende Landung mehrerer Tiere weniger agiler Arten zum vorzeitigen Abfliegen veranlasst werden. In der Konkurrenz mit anderen Blütenbesuchern sind Widderchen im allgemeinen überlegen. Eine Ausnahme bilden nur die auch relativ witterungsunabhängigen Hummeln, die durch Größe und scheinbar „stures“ Verhalten Widderchen vertreiben können.

Interessant ist auch das Verhalten bei extremer Hitze. Viele Widderchen legen dann ein Aktivitätspause ein. Auffällig ist in dieser Hinsicht *Z. purpuralis*. Falter dieser Art hängen dann ganz charakteristisch unter den Blütenköpfchen von z.B. Skabiosen, Knautien, Flockenblumen und Disteln im Schatten derselben. *Z. ephialtes* besuchte in einem Fall weiterhin Blüten des Dostes, aber nur solche Blütenstände, die durch über ihnen stehende beschattet waren.

3.7 Konkurrenz um Raupennahrungspflanzen

Außer den Raupennahrungspflanzen ist zu diesem Thema bisher wenig bekannt, da sich nur wenige Arbeiten mit der aus der Konkurrenz resultierenden unterschiedlichen Nutzung der Pflanzenarten und ihre Auswirkungen auf die Dominanzverhältnisse der Arten beschäftigt haben. Untereinander konkurrieren folgende Widderchenarten um die gleichen Ressourcen: Hornklee-Fresser sind *Zygaena filipendulae*, *Z. carniolica*, *Z. Ionicerae* und teils *Z. viciae*.

Diese Arten gehen einer Konkurrenz auf folgende Weise aus dem Weg. *Z. viciae* und *Z. Ionicerae* sind

Saumbewohner, wo sich auch teilweise *Z. filipendulae*, fast nie aber *Z. carniolica* entwickelt. *Zygaena viciae*-Raupen finden sich jedoch nach der Überwinterung von Mai bis Mitte Juni, während die von *Z. filipendulae* erst ab Mitte Juni bis August in größerem Umfang erscheinen. Das Konkurrenzproblem der beiden Saumararten löst sich dadurch, dass *Z. loniceræ* nur in geringer Dichte vorkommt. Auch nutzt diese Art zusätzlich *Trifolium*-Arten und *Z. viciae* vor allem *Lathyrus*- und *Vicia*-Arten. *Z. filipendulae* und *Z. carniolica* kommen allerdings individuenreich an den selben Stellen vor. Ungeachtet der Tatsache, dass sich erstere auch zu einem guten Teil in geschlossener Vegetation und letztere in lückiger entwickelt, kommen doch beide öfter an denselben Pflanzen in lückigen, heißen südlichen Hanglagen vor. Hier konnte *Z. carniolica* als erwachsene Larve mit dem höchsten Nahrungsbedarf aber drei Wochen vor den *Z. filipendulae*-Raupen beobachtet werden. Anfang Juni waren noch keine *Z. filipendulae* zu sehen, sind also noch zumindest sehr klein und verstecktlebend gewesen.

Hufeisenklee-Fresser sind *Z. loti* und *Z. transalpina hippocrepidis*. Diese Arten sind deutlich phänologisch getrennt. Erst wenn *Z. loti* bereits als Falter fliegt, sind erwachsene *Z. transalpina*-Raupen zu finden (Mitte Juni bis Anfang August). Wichtiger ist hier die intergenerische Konkurrenz mit *Polyommatus coridon*.

Die Bunte Kronwicke wird von *Z. loti*, *Z. transalpina* und *Z. ephialtes* gefressen. Auch hier ist die phänologische Trennung wirksam. Nur erwachsenen *Z. ephialtes*-Raupen am Kunigundenbühl kann durch die sehr zahlreichen, dann meist halberwachsenen *Z. transalpina* die spärliche Ressource *Coronilla varia* streitig gemacht werden. *Zygaena transalpina* frisst ja auch Hufeisenklee, *Z. ephialtes* hingegen kann nicht ausweichen.

Esparsette fressen *Z. carniolica*, *Z. loti* und *Z. viciae*. Diese können gelegentlich zeitgleich an derselben Pflanze angetroffen werden, wobei es sich dann meist um erwachsene *Z. loti* und halberwachsene *Z. viciae* und *Z. carniolica* handelt. Da es sich bei allen drei Arten nicht um die wichtigste Raupenfutterpflanze im Gebiet handelt, kann die resultierende Konkurrenz zwischen den auch räumlich getrennten *Z. viciae* und *Z. carniolica* wohl vernachlässigt werden.

Intergenerische Konkurrenz konnte vor allem zwischen dem Bläuling *Polyommatus coridon* und *Z. transalpina* festgestellt werden. Diese tritt vor allem in kleinen Gebieten mit wenigen Hufeisenklee-Pflanzen, aber trotzdem starker *P. coridon*-Population auf. Im Untersuchungsgebiet war vor allem die Rappeshalde betroffen. Anfang bis Mitte Juni, als *Z. transalpina* eben zu finden war und bis Mitte Juli heranwachsen sollte, war fast sämtlicher Hufeisenklee von den erwachsenen *P. coridon*-Raupen bis auf die Stengel kleingeschrotet. Wohl auch deshalb ist *Z. transalpina* hier recht selten.

4. Diskussion

Im Folgenden werden die regionale Einnischung infolge intragenerischer Konkurrenz und eventueller Vermeidungsstrategien diskutiert. Dabei gelten die Ergebnisse erst einmal nur für das Untersuchungsgebiet; sie können für andere Regionen anders aussehen.

4.1 Räumliche Einnischung in unterschiedliche Vegetationsformationen

Origanetalia-Arten sind *Zygaena viciae*, *Z. transalpina*, *Z. ephialtes* und *Z. loniceræ*.

Zygaena viciae ist hier zwar weit verbreitet, findet sich aber in größerer Abundanz nur in mehr oder weniger flächigen Beständen des Trifolium medii, so beispielsweise in der nördlichen Plateauheide an der Hirschhalde. Im Geranion sanguinei bevorzugt sie die mesophilen Bestände. Ansonsten strahlt sie aufgrund ihrer euryöken Eigenschaften auch in offene Mesobromion-Gesellschaften und dergleichen ein, erreicht hier aber nur sehr geringe Dichten. Diese Befunde stimmen gut mit HOFMANN (in EBERT 1994) überein. *Z. loniceræ* teilt mit ihr die gleichen Präferenzen. Wichtig scheint hier Wald- oder wenigstens Gebüschnähe zu sein. Immer tritt sie in sehr geringen Dichten auf. Mehr als drei bis vier Individuen pro Gebiet wurden an einem Tag nie beobachtet (vgl. KREUSEL 1999).

Zygaena transalpina ist deutlich zum Geranion sanguinei hin orientiert. Ihre besten Populationen hat sie dort, wo durch eine geringe Beweidungsintensität oder durch Nutzungsaufgabe in noch mageren, hängigen und teils auch lückig-felsigen Beständen eine flächige Versaumung durch Arten wie *Anthericum ramosum*, *Aster amellus* oder *Thesium bavarum* festzustellen ist. Dort bildet sie ähnlich starke Populationen aus wie *Z. viciae* in ihren mesophilen Säumen. Wichtig ist auf jeden Fall, dass die Verfilzung noch nicht zu einem Rückgang der Nahrungspflanze Hufeisenklee führt. *Z. ephialtes* ist meist eine low-density-species des Geranion sanguinei und hier auf *Coronilla varia*-Vorkommen angewiesen. Oft findet sie sich mit *Z. transalpina* zusammen, ist aber durch ihre Nahrungspflanzenspezialisierung im Gebiet seltener. Andererseits geht sie mit der Kronwicke auch in ruderalen Bestände.

Es kann also festgehalten werden, dass sich *Zygaena transalpina* und *Z. viciae* gegenseitig in recht hohem Maß aus dem Weg gehen und nirgends starke syntope Vorkommen ausbilden. Ihre Pendanten *Z. ephialtes* und *Z. loniceræ* "verfolgen" im Gebiet eine low-density-Strategie.

Euryökie-Grad: *Z. viciae* > *Z. ephialtes* > *Z. loniceræ* > *Z. transalpina*.

Brometalia-Arten sind *Zygaena loti*, *Z. filipendulae*, *Z. minos*, *Z. purpuralis* und *Z. carniolica*.

Zygaena loti hat ihren Schwerpunkt in heißen, trockenen Abraumhalden und Böschungen mit teils lückiger

und teils kniehohere Vegetation, wo der Wurzelkriecher *Coronilla varia* gute Bestände ausbildet. In stark beweideten Gebieten mit Hufeisenklee findet sie sich regelmäßig in allerdings etwas geringerer Dichte. Auch in alle anderen Bestände vor allem des Geranion sanguinei oder auch des trockenen Flügels des Trifolium medii dringt die Art mit ihren Futterpflanzen dank relativ großer ökologischer Valenz ein. Die Art hätte mit einiger Berechtigung auch bei den Origanietalia-Arten (Schwerpunkt) eingereicht werden können, zumal sie auch im Eselsburger Tal die Säume im Mühlal bevorzugt und etwa felsiges Gelände meidet.

Zygaena filipendulae ist als euryökstes Widderchen im Gebiet überall zu finden (vgl. 3.3). Höchste Dichten werden allerdings im etwas dichter- und höherwüchsigen Gentiano-Koelerietum und seinen frühen Brachestadien sowie auch an mageren Stellen mit hohem Moosanteil erreicht. Regelmäßig findet sie sich in ruderalisierten Beständen. Als Konkurrenz kann sie allein vom Lebensraum her betrachtet theoretisch für alle anderen Widderchen Bedeutung erlangen.

Zygaena minos ist im Gebiet individuenarm und am ehesten als Bewohner von nicht zu kurzwüchsigen und meist weniger trockenen, aber oft südexponierten Beständen zu charakterisieren. Sie lebt zwar auch an felsigen Stellen, ist hierfür aber im Untersuchungsgebiet weniger typisch.

Zygaena purpuralis hat ihren Schwerpunkt im Gebiet zusammen mit dem Thymian in flachgründigen Bereichen des Gentiano-Koelerietums und findet sich besonders häufig in zum Xerobromion überleitenden Beständen. Sehr bedeutend ist weiterhin das Alysosiedion (Sedo-Scleranthetea). Es werden aber auch etwas höherwüchsige oder unter lockerem Kiefernschirm gelegene Bestände besiedelt, sofern Thymian an Sonderstandorten noch vorkommt. Die Art ist also nur auf ausreichende Thymianbestände angewiesen und scheint ansonsten eine größere ökologische Anpassungsfähigkeit zu besitzen.

Zygaena carniolica ist als xerothermstes Widderchen im blütenreichen, südexponierten und oft zum Xerobromion tendierenden Gentiano-Koelerietum vertreten. Bevorzugt werden nicht allzu stark beweidete Gebiete, doch scheint sie mit schärferer Beweidung wie im Eselsburger Tal besser zurechtzukommen als mit Verfilzung bei Brache. Hier hilft ihr der im Gebiet als Hauptnahrung genutzte Hornklee, der auch in lückigen Beständen regelmäßig vorkommt. Die Raupenfunde an Esparsette in verfilzten Bereichen fallen zwar aus dem Rahmen, sind aber mit der relativen Bevorzugung dieser Art zu erklären. Wo Esparsette wächst, wird sie meist besonders gerne gefressen. Ohne die benachbarten Reserven auf Optimalstandorten heißen Mikroklimas sind aber wohl in den mesophileren und teils verfilzten Beständen keine individuenreichen Populationen möglich.

Konkurrenz ist hier also einerseits besonders zwischen *Z. loti* und *Z. filipendulae* sowie andererseits *Z.*

purpuralis, *Z. carniolica* und auch hier *Z. filipendulae* zu erwarten. Aber auch *Z. transalpina*-*Z. filipendulae* und *Z. viciae*-*Z. filipendulae* überschneiden sich. *Zygaena minos* erlangt hierbei durch seltenes Auftreten kaum Bedeutung und konkurriert als Falter am ehesten noch mit *Z. loti*.

Euryökie-Grad: *Z. filipendulae* > *Z. loti* > *Z. purpuralis* > *Z. minos* > *Z. carniolica*.

4.2 Zeitliche Einnischung aufgrund unterschiedlicher Jahresphänologie

Frühe Widderchen sind *Zygaena loti* (Mitte Juni-Juli), *Z. minos* (Juni-Anfang Juli) und *Z. viciae* (Juli) (vgl. 3.4). Mittelspäte Arten sind *Z. purpuralis* (Juli-Mitte August), *Z. loniceriae* (Juli-Anfang August) und *Z. ephialtes* (Mitte Juli-Anfang August). *Zygaena carniolica* (Mitte Juli-Ende August), *Z. transalpina* (Ende Juli-Anfang September) und *Z. filipendulae* (Ende Juli-Ende September) gehören dagegen zu den späten Arten.

Diese zeitliche Einnischung bedingt, dass im Verlauf des Sommers am gleichen Standort mehrere „Wellen“ von Widderchen erscheinen. Auch bei den meisten sind sich in der Flugzeit etwas überschneidenden Arten ist es so, dass bei Erscheinen größerer Mengen frischgeschlüpfter Falter der nächsten Art an einer Lokalität die vorherige nur mehr in zerstreuteren und abgeflogenen Exemplaren fliegt. Ein Beispiel sind *Z. carniolica* und *Z. purpuralis*. Wenn *Z. carniolica* in Menge erscheint, ist *Z. purpuralis* an denselben Stellen bereits zum größeren Teil abgeflogen. Die unter 4.1 beschriebenen möglichen Konkurrenten *Z. loti* – *Z. filipendulae* und *Z. viciae* – *Z. filipendulae* schließen sich phänologisch ebenfalls weitgehend aus. Eine völlige Überschneidung ist jedoch auch phänologisch zwischen *Z. filipendulae* und *Z. transalpina* gegeben.

Vor allem zur besten „Widderchenzeit“ Mitte Juli bis Mitte August sind an guten Lokalitäten intensivere Überschneidungen möglich, wenn sich auch die einzelnen Arten anhand des Erhaltungszustands oder der Abundanz meist noch einzelnen Wellen zuordnen lassen. So konnten in der Wacholderheide an der Hirschhalde am 26.7.99 immerhin acht Arten gleichzeitig festgestellt werden. Der Höhepunkt der Individuenzahl lag hier am 13.8.99 mit 295 Widderchen aus vier Arten (besonders *Z. transalpina* und *Z. filipendulae*). 1999 war für die starke Überschneidung vor allem die Witterung verantwortlich. Durch das kühlere Frühjahr verschob sich die Flugzeit von *Z. loti* und auch *Z. purpuralis* nach hinten, während das Erscheinen der späteren Arten, aber auch *Z. viciae* kaum von 1998 abwich. So waren diese Arten 1998 phänologisch deutlicher getrennt. Interessant ist auch, dass gerade die beiden frühen Arten insgesamt seltener waren als im Vorjahr, was eventuell auf witterungsbedingter höherer Larvensterblichkeit beruht. Hierbei ist bei den Widderchen aber immer auch die partielle Mehrjährigkeit der Larval-phase zu bedenken. Somit

sind genaue Aussagen anhand der Witterungsverläufe in den beiden Jahren nicht möglich und bedürfen langjähriger Untersuchungen. Es soll hier aber noch erwähnt werden, dass späte Arten nicht unbedingt eine längere Wachstumsphase als Larve haben müssen. Überwinterter Widderchenraupen der frühen bis mittelspäten Arten einschließlich *Z. carniolica* waren ab Ende April oder Anfang Mai zu beobachten. *Z. filipendulae* hingegen fand sich vor Anfang bis Mitte Juni nur sehr selten in Einzelexemplaren, die fast alle parasitiert waren. *Z. transalpina* wurde bis Anfang Juni überhaupt nicht gefunden, obwohl im Mai 1998 am guten Fundort Kunigundenbühl sehr intensiv danach gesucht wurde. Die im Laufe des Juni erscheinenden Raupen beider Arten waren zunächst noch relativ klein, so wie die früheren Arten Ende April. Anfang bis Ende Juli, wenn die anderen Arten bereits flogen, waren die höchsten Abundanzen erwachsener Larven zu finden, die letzten davon noch fast den ganzen August. Es scheint demnach wahrscheinlich, dass die Flugzeitenverschiebungen zu einem guten Teil durch eine um gut einen Monat längere Diapause mindestens der sich im gleichen Jahr zum Falter entwickelnden Tiere der beiden Arten zustande kommt. Da die jahreszeitlich später abgelegten Eier als Larve im Herbst auch später in Diapause gehen, haben sie wohl eine ähnlich lange Gesamtdiapause. Ob hier auch artliche Unterschiede bei der genetisch fixierten partiellen Mehrjährigkeit eine Rolle spielen, muss noch offen bleiben. Insgesamt ist auch festzuhalten, dass je geringer die Abundanz ist desto kürzer ungeachtet aller artlichen Unterschiede auch die Gesamtflugzeit in einem Gebiet ausfällt, da gestorbene oder abgewanderte Tiere nicht mehr in dem Maß ersetzt werden und die statistische Wahrscheinlichkeit für phänologische Ausreißer sinkt. Durch die Taktik der Rotwiderchen, den ganzen Sommer in Wellen präsent zu sein sowie durch die meist hohen Abundanzen wird der durch die Warntracht (aposematisches Muster) – die Tiere sind durch cyanogene Substanzen giftig und übel-schmeckend (HOFMANN in EBERT 1994) – erhaltene Schutzeffekt erhöht. Potentielle Prädatoren können sich diese so leichter merken. Das Flugzeitende im September muss nicht durch schlechtes Wetter ausgelöst werden. Die rapide Abnahme von *Z. filipendulae* 1999 am Wartberg fiel in eine ungewöhnlich heiße und trockene Phase, in der das meiste Grün welk war. Hier kann ein Flüssigkeitsmangel als Ursache angenommen werden, der auch früher im Jahr bei entsprechender Witterung von Bedeutung sein dürfte.

4.3 Abhängigkeit von Flächengröße, -lage und Bewirtschaftung

Auf kleinen Flächen können nur wenige Arten individuenreiche Bestände ausbilden. Besonders *Zygaena transalpina* und *Z. purpuralis* sind im Untersuchungs-

gebiet dazu befähigt, sofern der Lebensraum optimale Bedingungen bietet. So gelingt dies *Z. purpuralis* an Rappeshalde und nördlichem Wartberg und *Z. transalpina* an Kunigundenbühl und ebenfalls nördlichem Wartberg. An der Rappeshalde ist *Z. transalpina* aufgrund zu geringer Häufigkeit des Hufeisenklee selten und *Z. purpuralis* am Kunigundenbühl, da hier zu wenig Thymian vorkommt. Am nördlichen Wartberg sind aber für beide die Ansprüche erfüllt und beide häufig, zumal sie phänologisch getrennt sind und daher nicht um die dort eher knappen Nektarressourcen konkurrieren. Deutlich größere Flächen für starke Populationen benötigen im Untersuchungsgebiet meist *Z. carniolica* und *Z. loti*. Erstere kommt zwar an kleineren wie 1998 an der Rappeshalde auch gelegentlich häufiger vor, ist hier aber nie dominierend. Alle starken *Z. transalpina*-Kolonien finden sich meist in Waldnähe. In der ohne Waldkontakt liegenden Herbrechtinger Heide im Eselsburger Tal ist die Population recht schwach. Ansonsten weist bis auf *Z. lonicerae* keine der übrigen Arten eine starke Affinität zu Wald oder Gebüsch auf. Auch *Z. viciae* kann in waldfernen aber arttypischen mesophilen Säumen (z.B. an Weg- und Ackerrändern) häufig sein. Insgesamt ist die benötigte Flächengröße neben den artspezifischen Unterschieden abhängig vom Anteil der für die jeweilige Art an Exposition, Untergrund, Steinanteil und Bewuchsdichte optimalen Biotopfläche in Wechselwirkung mit der Konkurrenz und der Häufigkeit der Raupennahrungspflanze. Bestimmte Expositionen werden wegen des Mikroklimas bevorzugt. So ist die xerotherme *Z. carniolica* auf Südhänge fixiert, die auch von *Z. ephialtes* präferiert werden. Da prinzipiell die meisten Widderchen wärme-liebend sind, ist es nicht verwunderlich, dass zum Beispiel im Eselsburger Tal die größte Diversität an den durch Taleinschnitte entstehenden Südhängen vorliegt. Intensitätsunterschiede in der Beweidung spielen insofern eine Rolle, als einerseits dadurch höhere Vegetationsteile reduziert werden, die für manche Arten wie *Z. transalpina* als Ruheplatz der Raupe oder als Imaginalhabitat wie bei *Z. viciae* wichtig sind. Andererseits kann die Raupenfutterpflanze zu stark verbissen wie bei *Z. ephialtes* oder auch gefördert werden (Thymian). Bei *Z. transalpina* kann es aber auch sein, dass die im Juni bis Juli gerne an frischen Grashalmen etc. in gewisser Höhe sitzenden Raupen von Schafen versehentlich trotz ihres Geschmacks mitgefressen werden, während die Mitte Juli bis August an oft dünnen Halmen befindlichen Hochkokons von *Z. filipendulae* oder *Z. transalpina* nicht mehr so oft verbissen werden. Sehr gut weideverträglich sind jedenfalls vor allem *Z. purpuralis*, *Z. carniolica* und *Z. filipendulae*, deren Raupen meist bodennah an auch in stärker beweideten Arealen häufigen Pflanzen leben (*Lotus*, *Thymus*). *Zygaena carniolica* bildet dann aber oft nicht so starke Populationen wie an nur leicht beweideten Stellen aus. Andererseits meidet sie verfilztes Brachland weit-

gehend. Nach Nutzungsaufgabe profitieren zunächst alle Arten, mit zunehmender Verfilzung aber nur mehr *Z. loniceræ* und *Z. viciae*.

4.4 Bedeutung der Konkurrenzfaktoren

Limitierend sind neben den mikroklimatischen Einflüssen vor allem Nektarquellen, Raupennährpflanzen und Parasitoide. Bereits letztere machen eine zu hohe Raupenkonzentration auf kleiner Fläche langfristig unmöglich. So müssen die Arten in unterschiedliche Bereiche ausweichen, um es durch zeitliche und räumliche Ausdünnung den Parasitoiden schwer zu machen. Beim Konkurrenzfaktor Raupennährpflanzen lässt sich schlussfolgern, dass hier eine deutliche Einnischung vorliegt. So sind Arten mit gleicher Hauptnahrungspflanze phänologisch und oft auch räumlich getrennt, so *Zygaena loti* und *Z. transalpina*, *Z. carniolica* und *Z. filipendulae* und *Z. filipendulae* und *Z. viciae*. Arten mit gleicher Phänologie haben dann dafür unterschiedliche Futterpflanzen wie bei *Z. transalpina* und *Z. filipendulae*.

Beim Konkurrenzfaktor Nektarquellen kann ausgesagt werden, dass in Gebieten mit wenig Blüten wie der Arphalde keine hohen Widderchenzahlen zu erwarten sind, besonders keine starken sich phänologisch überschneidenden Populationen. Andererseits ist der Umkehrschluss nicht zwingend. So ist der Moldenberg zwar blütenreich (*Scabiosa columbaria!*), aber besonders arm vor allem an spätfliegenden Blutströpfchen. Wo aber eine hohe Blütendichte herrscht, fällt die Nektarversorgung als Konkurrenzfaktor aus und ermöglicht bei sonst guten Rahmenbedingungen (optimales Mikroklima durch günstige abiotische und vegetationsstechnische Voraussetzungen) das gleichzeitige Vorkommen mehrerer Arten in hoher Abundanz. Durch die hohe Blütendichte von *S. columbaria* in der Wacholderheide an der Hirschhalde wird Überschneidung von *Z. transalpina*, *Z. filipendulae* und *Z. carniolica* erst ermöglicht. Parallel zu den geschilderten Individuenzahlen geht die Blühphänologie der Skabiose. So wurden auf der blütenökologischen Aufnahme-fläche am 18.7.99 insgesamt 98 *Scabiosa*-Köpfchen gezählt, während es am 2.8. mit 611 einen Höhepunkt gab und sich die Zahlen bis zum 3.9. auf 38 verringerten.

Der Südteil des Wartbergs ist vor allem am Westhang extrem *Scabiosa*-reich. So sind hier die extrem hohen Individuendichten der sich teils überschneidenden *Z. carniolica* und *Z. filipendulae* möglich, wobei auch *Z. transalpina* und *Z. purpuralis* noch gut vertreten sind. In blütenarmen Gebieten jedoch ist die Nektarversorgung ein limitierender Faktor und verhindert individuenreiche Populationen mehrerer Arten zur gleichen Zeit. So sind *Z. purpuralis* und *Z. transalpina* am nördlichen Wartberg und *Z. purpuralis* und *Z. filipendulae* an der Rappeshalde phänologisch getrennt.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Widderchenphänologie im Untersuchungsgebiet und -zeitraum mit der *Scabiosa*-Blüte korreliert ist. Früher fliegende Arten wie *Z. loti* müssen zu Beginn ihrer Flugzeit entweder auf andere Pflanzen ausweichen oder haben wie *Z. viciae* ein habitatbedingt anderes Pflanzenspektrum. Später fliegende Widderchen wie *Z. filipendulae* weichen im September ebenfalls teilweise auf andere Nektarquellen aus. Allerdings ist die Skabiose wohl nur deshalb so beliebt, weil sie im Untersuchungsgebiet die häufigste Art ist. Wäre sie selten und dafür andere widercherentaugliche Arten dominant (Knautien, Disteln, Flockenblumen etc.), so wäre die Verteilung der Individuenhäufigkeiten der einzelnen Arten je nach den übrigen Ressourcen unter Umständen mit deren Blühphänologie korreliert.

4.5 Schlussfolgerungen für den Naturschutz

Im Untersuchungsgebiet der Ostalb kommen neun von insgesamt 13 derzeit aus derzeit aus Baden-Württemberg bekannten Rotwidderchen vor, daneben noch verbreitet die Grünzygaene *Adscita geryon*. Da aufgrund des Fehlens von *Coronilla coronata* weder *Zygaena fausta* noch *Z. angelicae elegans* im Untersuchungsgebiet vorkommen können und auch die Feuchtgebietsart *Z. trifolii* naturgemäß fehlt, finden sich im Gebiet mit der Ausnahme von *Z. osterrodensis*, einem Bewohner von Binnensäumen (Wegränder, Kahlschläge) warmer und lichter Wälder, alle potentiell vorkommenden Arten. Hierunter sind vor allem auch solche, deren Vorkommen von HOFMANN (in EBERT 1994) noch als auf der Ostalb eventuell rückläufig (*Z. ephialtes*, *Z. transalpina*, *Z. carniolica*) bezeichnet wurden oder um Heidenheim gänzlich unbekannt (*Z. minos*) waren.

Im Untersuchungsgebiet stellen die noch vorhandenen Halbtrockenrasen für die meisten Widderchen außer der euryökeren *Zygaena filipendulae* die einzigen besiedelten Rückzugsgebiete dar. Somit kommt ihrer Erhaltung und Entwicklung große Bedeutung zu, zumal wenn man die sonstigen vorkommenden Tier- und Gefäßpflanzenarten berücksichtigt.

Neben größeren Kalkmagerrasen, z. B. Eselsburger Tal, Moldenberg und Hirschhalde finden sich sehr kleine wie Rappeshalde oder Kunigundenbühl. Generell sinken die Artenzahlen mit abnehmender Fläche, was sich auch im Untersuchungsgebiet bestätigt. Am wenigsten davon betroffen sind davon die Gefäßpflanzen, deren Artenzahl vom größten und artenreichsten Gebiet (Herbrechtinger Heide im Eselsburger Tal) zum kleinsten und artenärmsten Gebiet (Rappeshalde) etwa um die Hälfte abnimmt. Die allgemein etwas weniger von der Witterung abhängigen Pflanzen müssen zu ihrer Erhaltung dank ihrer vieljährigen Lebensspanne oder des Vorhandenseins in der Diasporenbank auch nicht jedes Jahr einen Fortpflanzungserfolg haben, wie er für Insekten trotz mancher Strategien wie

der partiellen Mehrjährigkeit gerade in kleinen und damit oft individuenschwach besiedelten Gebieten unverzichtbar ist. Hier steigt mit der Verkleinerung der Fläche das Aussterberisiko drastisch an. Über den Artenreichtum solcher Gebiete an Insekten entscheiden dann zwei Faktoren, die Flug- oder Ausbreitungsfähigkeit der Arten und die räumliche Nähe zu noch besiedelten Gebieten. So war es nicht überraschend, dass die Artenzahl bei den flugfähigen Widerchen selbst im kleinsten Gebiet mit sechs von neun Arten immer noch recht hoch war, während beispielsweise die ohne Wanderschäferlei weniger ausbreitungsfähigen Heuschrecken (vgl. DETZEL 1998: 70-75) an der Rappeshalde mit neun Arten nur etwa ein gutes Drittel der Zahl des artenreichsten Gebiets erreichten.

Welche Folgen hätte nun eine Aufgabe der Nutzung, vor allem durch Beweidung? Zunächst kommt es zu mehr Blüten (kein Abfressen, „Versaumungsprozesse“) und weniger Störungen und deswegen auch zu mehr Schmetterlingen (qualitativ und quantitativ). Allmählich werden durch Verfilzung und Verbuschung aber die vor allem als Larvalhabitat bedeutsamen lückig-heißen Bereiche überwachsen, so dass in der Folge alle stenöken und xerothermen Arten sukzessive aussterben. Bei den Widerchen würden bei fortschreitender Sukzession nur noch Arten der Säume längerfristig gefördert. Das heißt, dass auch bei der oft als „beweidungsempfindlich“ bezeichneten Gruppe der Rotwiderchen eine schärfere Beweidung mit weniger Blüten und Falterindividuen auf Dauer besser als eine Nutzungsaufgabe ist. So kommen im noch am intensivsten beweideten Eselsburger Tal immerhin acht von neun Arten vor.

Dies gilt allerdings nur in großflächigen Biotopen, wo immer irgendwo geeignete Säume oder Ruderalstellen als Rückzugsgebiete vorhanden sind. In sehr kleinen und heute verinselten Gebieten hingegen dürfte eine starke Beweidung das Aussterberisiko deutlich erhöhen. Die hier meist individuenschwachen Bestände haben kaum Ausweichmöglichkeiten. Eine gelegentliche Entbuschung ist zwar wichtig, hält aber den Verfilzungsprozess aufgrund von Biomasseakkumulation und Eutrophierung durch Laub, Luftschadstoffe etc. nicht auf. Hier kann nur eine herbstliche Mahd von etwa der Hälfte der Fläche im jährlichen Wechsel wenigstens etwas Abhilfe schaffen. Der Nachteil einer etwaigen Uniformisierung der durch selektive Beweidung entstandenen Gentiano-Koelerieten müsste dabei in Kauf genommen werden. Zusätzlich ist auch die Schaffung kleinflächiger lückiger Sukzessionsbereiche durch Abplagen der Vegetation unter Berücksichtigung gefährdeter Arten denkbar, wenn auch sehr arbeitsintensiv.

Natürlich sind zunächst große zusammenhängende Flächen, wo es sie noch gibt, wegen größeren Artenreichtums und längerfristiger Erhaltungswahrscheinlichkeit bevorzugt schützenswert. Aber auch den kleinen Gebieten kommt als Biotopinsel und -brücke

große Bedeutung im Biotopverbund zu. Auch wenn keine direkte räumliche Vernetzung möglich ist, zeigen doch zahlreiche Untersuchungen (z.B. KREUSEL 1999), dass selbst lange als sehr standorttreu eingeschätzte Arten wie die Widerchen sehr wohl zu einem nennenswerten Individuenaustausch über mehrere Kilometer befähigt sind und die kleinen Gebiete eine wichtige Rolle bei der Verhinderung von Isolationseffekten spielen.

5. Zusammenfassung

1998 und 1999 wurden sieben unterschiedliche Kalkmagerrasen auf der Schwäbischen Ostalb bei Heidenheim auf die Artengemeinschaft der Rotwiderchen und ihre Mechanismen zur Konkurrenzvermeidung (Koexistenz) hin untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass eine räumliche Einnischung in Vegetationsformationen, eine zeitliche durch unterschiedliche Jahresphänologie und eine nahrungsbiologische Einnischung der Falter und Larven in Korrelation mit Faktoren wie Größe, Exposition, Struktur und Bewirtschaftung der Gebiete vorliegt. Hierbei können aber zum Teil beträchtliche jährliche Schwankungen infolge klimatischer oder biotischer (Parasitoide, Konkurrenten) Ursachen auftreten. Deshalb wären längerfristige Untersuchungen über mehrere Jahre sinnvoll.

Bei der regionalen räumlichen Einnischung der Widerchen können einmal Arten der Säume und Arten der offenen Halbtrockenrasen unterschieden werden. In beiden Gruppen gibt es Unterschiede in den Anforderungen an den Feuchtigkeitsgrad des Lebensraumes. So hat *Zygaena viciae* ihr Abundanzmaximum in eher mesophilen Säumen (*Trifolium medii*), während *Z. transalpina* besonders zahlreich in flächigen Trockensäumen (*Geranium sanguineum*) auftritt. Besonders euryöke Arten wie *Z. loti* und *Z. filipendulae* können in allen Vegetationsformationen vorkommen. Besonders artenreich sind Flächen mit enger Verzahnung der Pflanzengesellschaften, so an steinigem, teils buschigen und nur mäßig beweideten Südhängen (Hirschhalde).

Die phänologische Einnischung äußert sich durch das sommerliche Erscheinen der Widerchen in Wellen. Besonders greift diese Einnischung bei Arten ähnlicher räumlicher Ansprüche. So sind die xerothermen Arten lückig-niedrigwüchsiger Standorte *Z. carniolica* und *Z. purpuralis* phänologisch weitgehend getrennt wie auch *Z. loti* und *Z. filipendulae*. Weiterhin zeigen Arten mit gleicher Hauptfraßpflanze allgemein wenig Überschneidung. So findet sich *Z. loti* als erwachsene Raupe im Mai und *Z. transalpina* mehr im Juli auf Hufeisenklee. Auch *Z. filipendulae* und *Z. carniolica* (Hornklee) treten getrennt auf, wenn auch nur etwa um drei Wochen.

Die nahrungsbiologische Einnischung ist im Larvalstadium besonders auffällig bei Arten gleicher Phänologie.

So lebt beispielsweise *Z. transalpina* im Untersuchungsgebiet anscheinend nur an Hufeisenklee und Bunter Kronwicke, während die gleichzeitig erwachsene Raupe von *Z. filipendulae* an Hornklee frisst. Im Imago-stadium ist Konkurrenz um Saugblüten nur in Gebieten mit eher geringer Blütendichte relevant. Hier ist dann zu einer gegebenen Zeit jeweils eine Art häufiger, wie *Z. purpuralis* im Juli und *Z. filipendulae* im August an der Rappeshalde. In Gebieten mit hoher Blütendichte (Skabiose!) sind individuenreiche Populationen mehrerer, sich phänologisch überschneidender Arten möglich, da hier die Nektarversorgung nicht konkurrenzrelevant ist (Wartberg, Hirschhalde). Im Gebiet besonders auffällig ist die phänologische Koppelung der Individuendichte mit der Blühphänologie der wichtigsten Art *Scabiosa columbaria*, die von Mitte Juli bis Ende August kulminiert, also deutlich später liegt als der Blühaspekt z.B. in den Mesobrometen des Kaiserstuhls. Abschließend werden Bedeutung und Pflege der Flächen erörtert. Bei der Pflege der Halbtrockenrasen erscheint meist eine Schafbeweidung mit gelegentlicher Entbuschung als das Mittel der Wahl, während sehr kleine, isolierte Gebiete wohl nur durch Entbuschung und teilweise Mahd mit Abfuhr des Mähgutes in mehrjährigen Abständen erhalten werden können, sollen sie nicht durch zunehmende Verwachsung und Verfilzung einen guten Teil ihrer besonders bedrohten Arten sowie ihre Bedeutung als Biotopbrücke verlieren.

Literaturverzeichnis

- BEINLICH, B. & PLACHTER, H. (Hrsg.) (1995): Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad-Württ., **83**: 520 S.; Karlsruhe.
- BLAB, J. & KUDRNA, O. (1982): Hilfsprogramm für Schmetterlinge. Ökologie und Schutz von Tagfaltern und Widderchen. – In: ERZ, W. (Hrsg.): Naturschutz aktuell, **6**: 135 S.; Greven (Kilda).
- BRIEMLE, G., EICKHOFF, D. & WOLF, R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., **60**: 160 S.; Karlsruhe.
- Deutscher Wetterdienst (1998, 1999): Monatlicher Witterungsbericht der Wetterstation Heidenheim/Brenz.
- ESCHE, T. (1996): Konkurrieren Nachtschmetterlinge um Blüten? Untersuchungen zu Nischentrennung und Bestäubungsaktivität (Insecta: Lepidoptera). – Neue ent. Nachr., **35**: 194 S.; Kelttern.
- FLEISCHLE, J. (1993): Geoökologische Einheiten im NSG Eselsburger Tal und ihre Gefährdung durch den Menschen – In: Karst und Höhle 1993: Karstlandschaft Schwäbische Ostalb: 443-457; München (Verband der deutschen Höhlen und Karstforscher e.V.).
- FORSTER, W. & WOHLFAHRT, TH. A. (1984 b): Die Schmetterlinge Mitteleuropas, Bd. 3, Spinner und Schwärmer (Bombyces und Sphinges). – 2. Aufl., 239 S. + 28 Taf.; Stuttgart (Franck'sche Verlagshandlung).
- FRAZER, J.F.D. (1973): Estimating butterfly numbers. – Biol. Conserv., **5**: 271-276; Essex.
- GENSER, J. (1991): Die Wacholderheiden des NSG „Eselsburger Tal“ (Ostalb). – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., **66**: 107-140; Karlsruhe.
- GEYER, O. & GWINNER, M. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. – 4. Aufl., 482 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart).
- HERMANN, G. (1992): Tagfalter und Widderchen - Methodisches Vorgehen bei Bestandsaufnahmen zu Naturschutz- und Eingriffsplanung. – In: TRAUTNER, J. (Hrsg.): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. – Reihe Ökologie in Forschung und Anwendung, Nr. 5: 219-238; Weikersheim.
- HOFMANN, A. (1994): Zygaeninae. – In EBERT, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 3, Nachtfalter I: 196-335; Stuttgart (Ulmer).
- KOLLER, T. (1991): Ökologische Untersuchungen an zwei aufgelassenen Kalksteinbrüchen im Kreis Heidenheim. – 100 S. + Anhang; Diplomarbeit, Universität Ulm.
- KREUSEL, B. (1999): Dispersionsdynamik von Widderchen zwischen verinselten Kalkmagerrasen in Süddeutschland unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutzaspekten. – Natur und Landschaft, **74** (6): 255-265; Stuttgart.
- LÜTTMANN, J. (1987): Verteilung von Widderchen-Populationen (*Procis statices* L., *Zygaena filipendulae* L., *Zygaena melliloti* ESP.) in einem Lebensraummosaik. – Verh. Ges. Ökol., **15**: 359-364; Göttingen.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 7. Aufl.: 1050 S.; Stuttgart (Ulmer).
- PFÄFF, S. (1995): Nahrungsbiologie von Lepidopteren am Beispiel heimischer Hesperiiidae. – 98 S.; Diplomarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- POLLARD, E. (1977): A method for assessing changes in the abundance of butterflies. – Biol. Cons., **12**: 115-134; Essex.
- REIFF, W. (1993): Geologie und Landschaftsgeschichte der Ostalb. – In: Karst und Höhle 1993: Karstlandschaft Schwäbische Ostalb: 71-94; München (Verband der deutschen Höhlen und Karstforscher e.V.).
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (Hrsg.) (1997): Schmetterlinge und ihre Lebensräume - Arten, Gefährdung, Schutz. – 679 S.; Basel (Schweizerischer Bund für Naturschutz).
- SMOLIS, M. & GERKEN, B. (1987): Zur Frage der Populationsgröße und intrapopularen Mobilität von tagfliegenden Schmetterlingen, untersucht am Beispiel der Zygaenidenarten (Lepidoptera: Zygaenidae) eines Halbtrockenrasens. – Decheniana, **140**: 102-117; Bonn.
- THOMAS, J.A. (1983): A quick method for estimating butterfly numbers during surveys. – Biol. Cons., **27**: 195-211; Essex.
- WAGNER, W. (1999): Biozöologische Untersuchungen an sieben Halbtrockenrasenkomplexen im Raum Heidenheim (Baden-Württemberg: Ostalbkreis). – 125 S. + Anhang; Diplomarbeit, Universität Ulm.
- WEIDEMANN, H. J. & KÖHLER, J. (1996): Nachtfalter- Spinner und Schwärmer. – 512 S.; Augsburg (Naturbuch-Verlag).
- WIPKING, W. (1985): Ökologische Untersuchungen über die Habitatbindung der Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera). – Mitt. Münch. ent. Ges., **74**: 37-59; München.