© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Mitt. Münch. Ent. Ges.	74	37–59	München, 1. 12. 1985	ISSN 0340–4943

Aus dem Zoologischen Institut der Universität zu Köln, Lehrstuhl für Physiologische Ökologie

Ökologische Untersuchungen über die Habitatbindung der *Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera)*

Ecological studies on the habitat selection of the *Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera)*

mit 4 Tabellen und 11 Abbildungen

von **Wolfgang WIPKING**

Gliederung:

1. Abstract 37
2. Zusammenfassung 38
3. Einleitung 39
4. Freilanduntersuchungen zur Verbreitung und Habitatbindung der *Zygaenidae* im Rheinland 39
4.1 Beschreibung der Untersuchungsstandorte 39
4.2 Material und Methoden 42
4.3 Ergebnisse 43
5. Experimentelle Untersuchungen über die Reaktion der *Zygaenidae*-Larven in einem Feuchtegradienten 48
5.1 Material und Methoden 48
5.2 Ergebnisse 51
6. Diskussion 54
7. Literatur 56

1. Abstract:

In the Rhineland, a total of 20 *Zygaenidae* species are known, but after 1960 only 17 species in 19 "subspecies" were found. In the Rhineland 12 species reach the northwestern border of their distribution range in Germany.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Insects were investigated in 9 locations with different ecological conditions and flora. It was possible to correlate some of the *Zygaenidae* species characteristic to dry grasslands *(P. subsolana, P. globulariae, P. geryon, Z. carniolica, Z. achilleae, Z. lonicerae, Z. transalpina, Z. ephialtes)*, rock-gardens with bushes *(A. infausta, R. p. pruni)*, moist grasslands *(P. statices heuseri, Z. trifolii)* and the Calluneta of northwestern Germany *(R. pruni callunae, P. st. statices)*.

Most of the biotops of the species are characterized by an extremely thin layer of top soil and limestone or volcanic fill as well as edaphic dryness, strong daily and yearly temperature differences caused by southern exposure, and steep hillsides. The species of dry grassland are eurytopic or inhabitants of mesothermic mixed forests in the continental and southern parts of Eurasia.

Laboratory experiments were done on reactions to humidity preference of larvae and pupae of 6 *Zygaenidae* species and 7 "subspecies". Dry grassland species showed high affinity to the lower humidities, the species from marshy biotops preferred the highest humidity and the socalled "euryoecous" species are characterized by indifferent reactions. These results correspond with the microclimatic investigations and the other field observations. Thus, the regional ecological restriction of several species to limestone biotops proves to be based on a preference for dryness and a higher range of temperature.

2. Zusammenfassung:

Aus dem Rheinland sind 20 *Zygaenidae*-Arten bekannt geworden. Nach 1960 wurden hiervon noch 17 Arten in 19 „Unterarten" nachgewiesen. 12 Species erreichen im Rheinland ihre nordwestliche Verbreitungsgrenze in Deutschland.

Zur Untersuchung der Habitatbindung der Widderchen wurden 9 verschieden gestaltete Standorte ausgewählt, an denen alle 17 Zygaenen-Species vorkommen.

Charakteristische Artenkombinationen könnten regional den Trockenrasen *(P. subsolana, P. globulariae, P. geryon, Z. carniolica, Z. achilleae, Z. lonicerae, Z. transalpina, Z. ephialtes)*, Felsgebüschen *(A. infausta, R. p. pruni)*, Feuchtwiesen *(P. statices heuseri, Z. trifolii)* und Calluneten *(R. pruni callunae, P. st. statices)* zugeordnet werden.

Alle Trockenrasen sind durch flachgründige Böden, meist kalkhaltigen oder vulkanischen Untergrund mit edaphischer Trockenheit und durch starke Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresgang infolge der S-Exposition und steilen Hangneigung gekennzeichnet. Die thermophilen Trokkenrasenarten sind in Süd- und Zentraleuropa eurytop oder bewohnen in der Regel lichte Wälder oder Waldränder.

Zur Klärung der Habitatbindung der Arten wurden Laborexperimente gegenüber einem wichtigen Mikroklimafaktor, der Luftfeuchtigkeit, an Larven von 6 Arten in 7 Unterarten durchgeführt. Die Trockenrasenarten erwiesen sich als mesohygr, die Arten der Felsgebüsche als stenohygr, die Arten der Feuchtwiesen als oligohygr und die weiter verbreiteten Arten als euryhygr. Die oftmals vermutete „Kalkbindung" der rheinischen Widderchen dürfte in Wahrheit eine Bindung an die über Kalkgestein herrschenden Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse sein.

Den Herren Dr. ALBERTI (Göttingen-Rosdorf), FORST (Köln), Dr. HOFFMANN (Köln), LEESTMANS (Brüssel), Prof. Dr. NAUMANN (Bielefeld), Dr. TARMANN (Innsbruck), TREMEWAN (London), Dr. WAGNER-ROLLINGER (Luxemburg) und den Mitgliedern der ARBEITSGEMEINSCHAFT RHEINISCH-WESTFÄLISCHER LEPIDOPTEROLOGEN danke ich herzlich für die Überlassung von Literatur, Zuchtmaterial und Beobachtungsdaten.

Mein ganz besonderer Dank gilt den Herren Prof. Dr. H. U. THIELE (†) für die Stellung des Themas und Prof. Dr. D. NEUMANN (Köln), der die Förderung und Betreuung der Arbeit freundlicherweise übernahm.

Die Untersuchungen wurden ermöglicht durch naturschutzrechtliche Erlaubnisse der Reg.-Bez. Köln, Koblenz, Weser-Ems und Freiburg i. Br. sowie der Kreise Aachen, Düren, Euskirchen, des Rheinisch-Bergischen Kreises und der Stadt Köln.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

3. Einleitung:

Die Floren- und Faunenelemente der Trocken- und Halbtrockenrasen in Mitteleuropa stellen in der Mehrzahl Relikte einer hauptsächlich in SW- und SE-Europa heimischen Flora und Fauna dar.

Charakteristisch für viele Trockenrasen in Mitteleuropa sind Species aus der Familie der *Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera),* von denen es als sicher angesehen wird, daß sie die Glazialperioden in hoher Artenzahl im Mediterrangebiet und im pannonisch-kaspischen Raum überdauert und anschließend mit Verbesserung des Klimas Mitteleuropa neu besiedelt haben (ALBERTI, 1954; REISS, 1936). Die meisten im Rheinland vorkommenden *Zygaenidae* gehören den eurosibirischen und pontomediterranen Verbreitungstypen an und nur wenige Species haben eine atlantomediterrane Herkunft (BURGEFF, 1950, 1951; HOLIK & SHELJUZHKO, 1953–1957). 17 Arten aus 3 der 7 beschriebenen Unterfamilien (ALBERTI, 1954) der weltweit verbreiteten *Zygaenidae* kommen im Rheinland vor:

Chalcosiinae: Aglaope infausta L.; *Zygaeninae: Zygaena purpuralis* BRÜNN., *Z. minos* DEN. & SCHIFF. (= *pimpinellae* GUHN), *Z. carniolica* SCOP., *Z. achilleae* ESP., *Z. meliloti* ESP., *Z. lonicerae* SCHEVEN, *Z. trifolii* ESP., *Z. filipendulae* L., *Z. transalpina* ESP., *Z. hippocrepidis* HBN., *Z. ephialtes* L., *Procridinae: Rhagades p. pruni* DEN. & SCHIFF., *R. pruni callunae* SPUL., *Procris subsolana* STGR., *P. globulariae* HBN., *P. geryon* HBN., *P. st. statices* L., *P. statices heuseri* REICHL.

Die Art *Z. scabiosae* ist im Rheinland ausgestorben und über weitere 3 Arten liegen keine sicheren neuen Nachweise vor.

Obwohl die *Zygaenidae,* die auch als Widderchen oder Blutströpfchen bezeichnet werden, systematisch besonders gut bearbeitet sind (ALBERTI, 1954, 1958/59, 1981; NAUMANN, 1977; NAUMANN et al., 1983; REISS & TREMEWAN, 1967), gibt es wenig Untersuchungen über die Habitatansprüche der europäischen Arten. Weiter existierten für das Rheinland keine detaillierten Verbreitungskarten, so daß mit einer Kartierung der Widderchen zunächst die Voraussetzungen für die anschließende ökologische Bearbeitung dieser insgesamt interessanten Schmetterlingsfamilie geschaffen werden mußten (MAIXNER & WIPKING, 1985).

Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung sollen folgende Fragen stehen:

1. Wie setzt sich die *Zygaenidae*-Fauna der Untersuchungsstandorte qualitativ zusammen und wodurch unterscheidet sich die artenreiche Fauna der Trockenrasen von der der übrigen Standorte?
2. Welche mikroklimatischen Verhältnisse charakterisieren die Trockenrasen?
3. Welche Rolle spielt der Faktor Luftfeuchtigkeit für die Habitatwahl der einzelnen Arten?

4. Freilanduntersuchungen zur Verbreitung und Habitatbindung der *Zygaenidae* im Rheinland

4.1 Beschreibung der Untersuchungsstandorte:

Im Rheinland wurden 9 verschiedene Standorte ausgewählt, die als typische Widderchenhabitate gelten können. Sie wurden zunächst sporadisch, 1981 und 1982 dann regelmäßig während der Sommermonate aufgesucht. Hierbei konnten alle derzeit bekannten rheinischen Widderchen-Arten und Widderchen-Habitattypen nachgewiesen werden.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Alle Standorte liegen im Einzugsgebiet des Rheins im Bereich des Rheinischen Schiefergebirges, der westfälischen Bucht und der Niederrheinischen Tiefebene, also entsprechend den früheren lokalfaunistischen Arbeiten im Bereich der ehemaligen preußischen Rheinprovinz von Bauer (1840), Fuchs (1867/1868), Gross (1964), Harkort et al. (1977), v. Hymmen (1854), Jordan (1886), Kinkler et al. (1971, 1974), de Lattin et al. (1957–1964), Lederer & Künnert (1961–1964), Retzlaff (1973, 1975), Schmidt-Koehl (1977a, 1977b), Stamm (1981), Stollwerk (1863), Uffeln (1908), Weitzel (1977) und Zielaskowski (1951).

Als naturnahe Lebensräume einer Kulturlandschaft gelten Gebiete mit den überwiegend durch extensive landwirtschaftliche Nutzung entstandenen Ersatzvegetationen, wie den in NW-Deutschland auf Böden mit geringer Pufferkapazität stockenden *Calluna*-Heiden und Borstgrasrasen (Paffen, 1940). Trockenrasenformationen sind auf den rheinischen Mittelgebirgsbereich mit vulkanischem oder kalkhaltigem Gestein beschränkt. Ursprünglich waldfreie Gebiete dürften die Felsheiden entlang des Mittelrheins sowie die Schwermetallrasen der Eifelrandgebiete gewesen sein (Schwickerath, 1966).

Folgende Standorte wurden eingehend untersucht:

1. das 700 ha große Heidemoorgebiet Gildehauser Venn (40 m NN; Landkreis Grafschaft Bentheim) im Länderdreieck Niederlande, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen;
2. die im S-Teil der Wahner Heide bei Köln (Niederrheinische Bucht, 50–60 m NN) auf trockenen Heidesanden stockenden Calluneten;

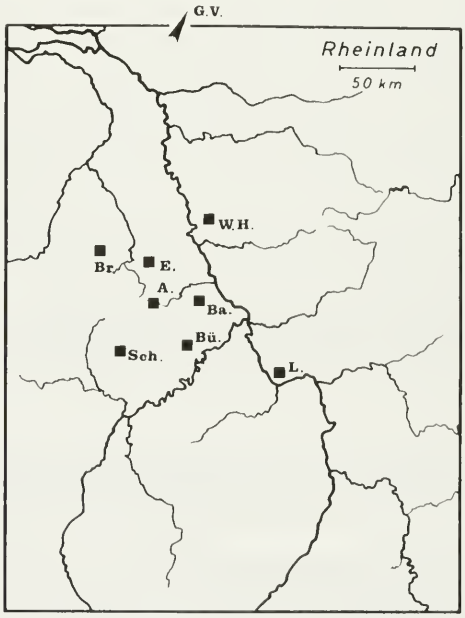


Abb. 1: Übersichtskarte zur Lage der Untersuchungsstandorte (A. = Ahrdorf, Ba. = Bausenberg [Niederzissen], Br. = Breinig, Bü = Büchel, E = Eschweiler, G. V. = Gildehauser Venn [außerhalb der Karte], L. = Lorch, Sch. = Schönecken, W. H. = Wahner Heide).

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

3. der durch seinen kleinräumigen Wechsel von kalkhaltigen Trockenrasen, Schwermetallfluren *(Violeta calaminariae* Tx. 1961) und tiefer gelegenen vernäßten Stellen gekennzeichnete Breiniger Berg am westlichen Vennabfall im Kreis Aachen (280 m NN);
4. die landwirtschaftlich nicht genutzten Gebiete entlang der B 259 im Bereich des Nassenbergs (450 m NN, Landkreis Cochem-Zell) bei Büchel;
5. der Enzian-Schillergrasrasen (SCHUMACHER, 1977) auf dem Lambertsberg bei Eschweiler-Iversheim im NE-Teil der Sötenicher Kalkmulde (250 m NN, Kreis Euskirchen);
6. die als „Burgberg" und „Auf Ich" (500 m NN) bezeichneten Kalktrockenrasen im Bereich des Durchbruchtals des Burbachs durch die Dolomitschwelle östlich Schönecken bei Prüm (Eifel);
7. die Grasheiden, Xerobrometen und Weinbergswüstungen oberhalb der Burgruine Nollig bei Lorch (330 m NN) im Mittelrheintal;
8. die Trockenrasen auf den SW- und SE-Flanken des Bausenbergs bei Niederzissen (320 m NN, Eifel) und
9. die Trockenrasen, Ruderalfluren und frischen Mähwiesen im Bereich des Bahnhofsgeländes von Ahrdorf (Kreis Euskirchen).

Die Mehrzahl der Untersuchungsstandorte (Abb. 1) konzentrierte sich damit auf die Eifel, wo besonders viele *Zygaenidae*-Species zu erwarten waren.

Abb. 2: Übersichtsskizze des Lambertsbergs bei Eschweiler (parallelstreifige Signatur = Trockenrasen, gerasterte Signatur = Mähwiese, Ziffern 1–4 = Lage der Meßstellen).

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

4.2 Material und Methoden:

Als Sammelmethode für die *Zygaenidae*-Imagines wurde ausschließlich der Tagfang mit dem Netz angewandt, die Raupensuche erfolgte sowohl mit dem Käscher als auch durch systematische Suche an der Vegetation. Durch Genitaluntersuchungen sicher determiniertes Belegmaterial befindet sich in der Sammlung des Verfassers und des Zoologischen Instituts der Universität zu Köln.

Auf dem Kalktrockenrasen des *Lambertsbergs* bei Eschweiler (Abb. 1, E) wurden am 6. 6. und 27. 8. 1981 zur Beurteilung des Mikroklimas Geländemessungen durchgeführt. Die 4 Meßstellen befanden sich auf der Wasserscheide des Trockenrasens (Nr. 1, Abb. 2), in unterschiedlicher Steillage in SE-Exposition (Nr. 2 & 3, Abb. 2) sowie zum Vergleich im unmittelbar benachbarten landwirtschaftlich genutzten Talboden eines Trockentälchens (Nr. 4, Abb. 2).

Die Messungen wurden jeweils in 5 und 30 cm Höhe über dem Erdboden durchgeführt. Auf dem SE-exponierten Trockenrasen handelt es sich dabei um den Bereich der Krautschicht, in der *Zygaenidae*-Raupen gekäschert werden konnten. Der Tagesgang der Temperatur wurde mit waagrecht gelagerten und gegen direkte Sonneneinstrahlung abgeschirmten $^1/_{10}$°-Thermometern gemessen, die Luftfeuchtigkeit (R. F.) mit Haarhygrometern. Die Summenmessung der Evapotranspiration wurde mit 15 und 30 ml fassenden PICHE-Evaporimetern mit weißen PICHE-Plättchen (3 cm ∅) be-

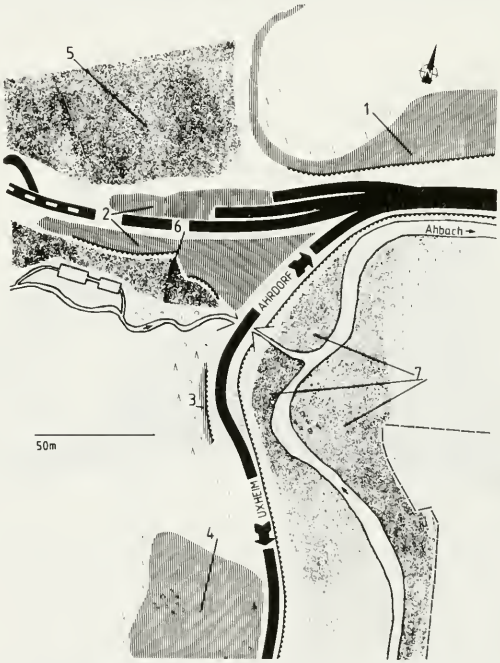


Abb 3: Skizze des Untersuchungsgebietes Ahrdorf in dem bis 1978 bestehenden Zustand. Parallelstreifige Signatur: 1) Blaugrashalde; 2) Trockenrasen und wärmeliebende Ruderalgesellschaften; 3) lichtes Felsengebüsch westlich der Bahnlinie; 4) Trockenrasen mit eingestreuten Hochstaudenfluren. Gerasterte Signatur: 5) Mähwiese; 6) Wiesen entlang der Fischteiche; 7) Mähwiesen.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

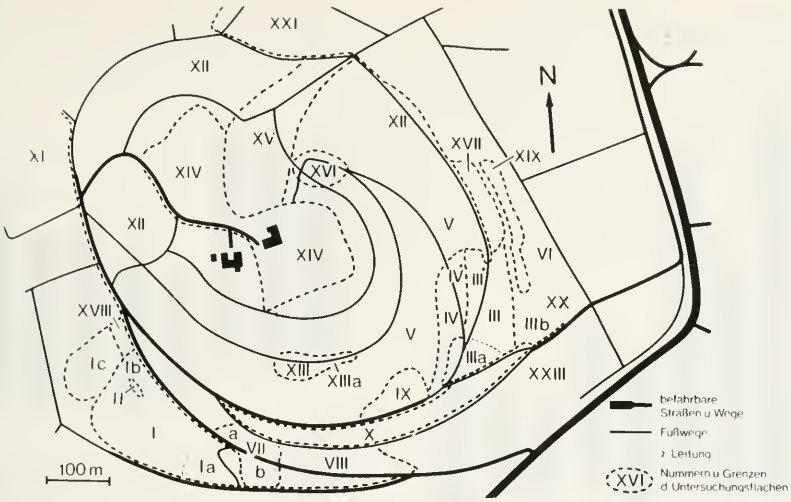


Abb. 4: Karte des Bausenbergs: Wegenetz und Bezeichnung der Untersuchungsgebiete (aus: HOFFMANN & THIELE, 1982). Zygaenen wurden an den folgenden Standorten gefunden: I) Trokkenrasen am SW-Hang (*C. caperata*-Rasen); II) Hecke auf diesem Rasen; III) Rasen am SE-Hang (*T. geyeri*-Rasen); IIIa) *Candidula unifasciata*-Rasen; IV) trockene Eichengebüsche oberhalb dieses Rasens (der heutige Forstweg); VII) *Coronilla-varia*-reicher Trockenrasen ober- und unterhalb des Fahrwegs (soweit noch erhalten); X) S-exponierter Teil des markierten Wanderwegs auf der mittleren Stufe (Vulkanweg); XXIII) Rasen auf der E-Seite unterhalb des markierten Wanderwegs.

stimmt. Pro Meßstelle wurden je ein Thermometer, ein Hygrometer und ein Evaporimeter verwandt. Nach halbstündiger Äquilibrierung der Geräte wurde von 8–18 Uhr MEZ gemessen, wobei halbstündig die Meßwerte abgelesen wurden.

Das von der Bundesbahn aufgegebene Bahnhofsgelände bei Ahrdorf sowie der daran anschließende erste Streckenabschnitt der früheren Bahnlinie nach Üxheim waren durch einen kleinräumigen Wechsel von Trockenrasen, Ruderalfluren und bachbegleitenden Mähwiesen gekennzeichnet (Abb. 1, A; 3). Auf dem nur $^1/_3$ km² großen Bausenberg bei Niederzissen waren die Widderchenhabitate in der Zusammensetzung der Vegetation kaum unterscheidbar (Abb. 1, Ba; 4). An beiden Standorten wurden ausschließlich vergleichende Beobachtungen vorgenommen. Die Aufsammlungen in den übrigen 6 Gebieten sollten zeigen, wieweit die Lebensräume der Widderchen floristisch zur Umgebung abzugrenzen sind.

4.3 Ergebnisse:

Die am 6.6. und 27.8.1981 bei den mikroklimatischen Geländemessungen auf dem Lambertsberg jeweils herrschende wechselnde Bewölkung spiegelt im Gegensatz zu Strahlungstagen am ehesten die täglichen Verhältnisse wider.

Das kontinentale Mikroklima auf dem Trockenrasen unterschied sich vor allem im Tagesgang der Temperatur und Evapotranspiration deutlich von dem des unmittelbar benachbarten landwirtschaftlich genutzten Gebietes, wo trotz vorhandener Futterpflanzen

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

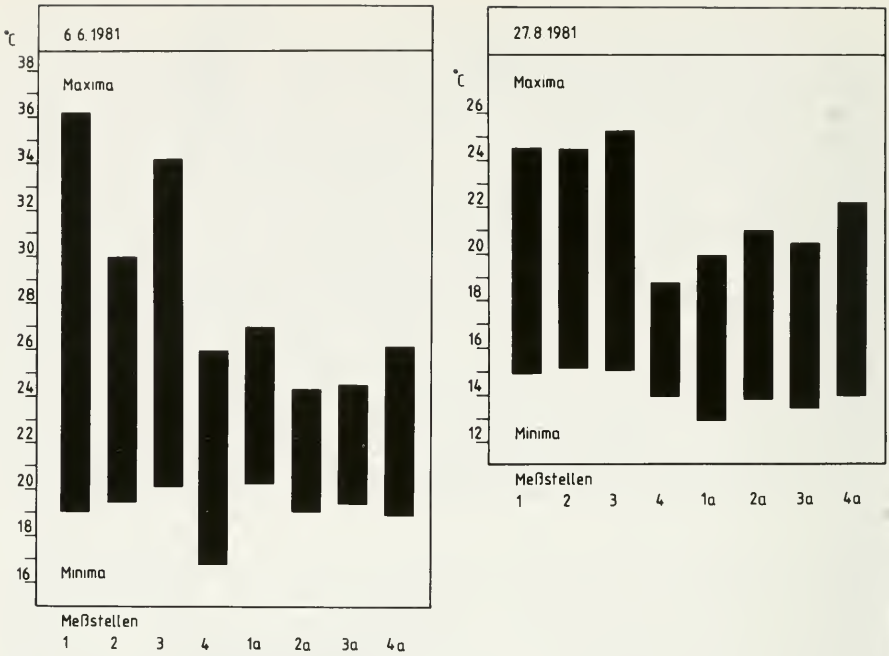


Abb. 5: Extremtemperaturen auf dem Lambertsberg bei Eschweiler in den bodennahen Luftschichten (a = Meßplätze in 30 cm Höhe).

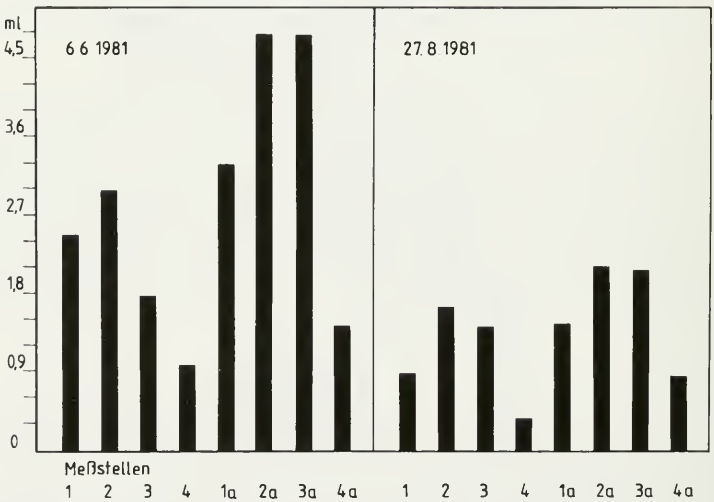


Abb. 6: Evapotranspiration zwischen 8.00 und 18.00 Uhr MEZ in den bodennahen Luftschichten auf dem Lambertsberg bei Eschweiler (Meßplätze wie in Abb. 5).

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

	Mittelrhein, Lorch (Nollig)	Eifel, Ahrdorf (Bahnhofsgelände)	Eifel, Niederzissen (Bausenberg)	Eifel, Schönecken (Burgberg & Auf Ich)	Eifel, Iversheim (Eschweiler Trockenrasen)	Eifel, Breinig (Breinigerberg)	Eifel, Büchel (Nassenberg)	Münsterland (Gildehauser Venn)	Niederrheinische Bucht (Wahner Heide)
A. infausta	▲ ++	–	–	–	–	–	–	–	–
R. pruni	▲ ++	–	▲ +	–	–	–	–	–	–
R. pruni ssp. callunae	–	–	–	–	–	–	–	▲ ++	▲ ++
P. subsolana	▲ ++	▲ +	▲ +	–	–	–	–	–	–
P. globulariae	◆ ++	◆ +	–	◆ +	◆ +	◆ ++	–	–	–
P. statices	◆ +	–	–	–	–	◆ ++	–	◆ ++	◆ ++
P. statices f. heuseri	–	▲ ++	–	–	–	–	▲ ++	–	▲ +
P. geryon	◆ +	◆ ++	◆ +	◆ ++	◆ ++	–	–	–	–
Z. purpuralis	◆ ++	◆ +	◆ +	◆ ++	◆ +	◆ ++	–	–	◆ +
Z. pimpinellae	▲ +	–	–	–	–	–	–	–	–
Z. carniolica	–	▲ ++	–	▲ ++	–	–	–	–	–
Z. achilleae	◆ +	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	–	–	–	–
Z. meliloti	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ +	–	–	–
Z. filipendulae	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ +	◆ +
Z. trifolii	◆ +	◆ ++	◆ +	◆ +	◆ ++	◆ ++	◆ ++	–	◆ ++
Z. lonicerae	◆ +	◆ +	◆ +	◆ ++	◆ ++	–?	–	–	–
Z. transalpina	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	◆ ++	–	–	–	–
Z. ephialtes	▲ ++	–	▲ ++	–	–	–	–	–	–
ARTENZAHL	15	12	11	10	9	6	3	3	6

Tab. 1: Faunenliste der rheinischen *Zygaenidae* in den 9 Untersuchungsstandorten (nach Angaben von KINKLER [1978], STAMM [1981], sowie eigenen Beobachtungen 1979–1982). + + = regelmäßig in entsprechenden Biotopen, + = vereinzelt in entsprechenden Biotopen, ▲ = Verbreitungsschwerpunkt in einem Biotop, ◆ = Verbreitungsschwerpunkte in zwei oder mehr Biotopen (aus: WIPKING, 1982, verändert und ergänzt).

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

keine Widderchen oder deren Larven vorkamen (Abb. 5, 6). Der untersuchte Trockenrasen kann hinsichtlich seines Strahlungsgenusses nur mit geographisch weit südwärts gelegenen Standorten verglichen werden. Zu der selbst bei diffuser Himmelsstrahlung feststellbaren stärkeren Erwärmung tritt dann noch eine edaphische Trockenheit, die in der geringen Wasserspeicherkapazität der Böden gründet.

9 *Zygaenidae*-Arten finden auf dem Lambertsberg noch ausreichende Entwicklungsmöglichkeiten, wovon 6 Arten *(P. globulariae, P. geryon, Z. achilleae, Z. meliloti, Z. lonicerae, Z. transalpina)* den Mittelgebirgsrand nordwärts nicht überschreiten und auf dem Lambertsberg ihre NW-Verbreitungsgrenze erreichen (Tab. 1).

Eine für die Eifel so große Zahl an Blutströpfchenarten konnte nur noch am Untersuchungsstandort Ahrdorf nachgewiesen werden (12 Species, Tab. 2). Die hier vorkommenden Zygaenen lassen sich in drei ökologische Gruppen überwiegend standorttreuer Arten einteilen, deren Larven ausschließlich in den bezeichneten Biotopen vorkommen und deren Imagines sich auch nur selten daraus entfernen, wie durch Käscherfänge nachgewiesen wurde. Der Artenreichtum an Widderchen ist nur durch eine Vielzahl ausreichend großer, unterschiedlicher Biotop- und Habitattypen möglich, da die Larven der *Zygaenidae*-Arten zwar auf engstem Raum benachbart sind, aber meist nur in einer einzigen Pflanzengesellschaft gefunden wurden. Die ausschließlich auf warmen und trockenen Flächen vorkommenden Arten *P. subsolana, P. globulariae, P. geryon, Z. purpuralis, Z. carniolica, Z. achilleae, Z. lonicerae* und *Z. transalpina* werden als „Trockenrasenarten" bezeichnet und den Bewohnern der Mähwiesen *(P. statices heuseri, Z. trifolii)* sowie den indifferenten Species *Z. meliloti* und *Z. filipendulae* gegenübergestellt (Tab. 2).

	Fläche Nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	
P. subsolana schuetzei	–	+	–	–	–	–	–	a
P. globulariae	–	+	–	+	–	–	–	a
P. geryon	+	+	–	+	(+)	–	–	a
Z. purpuralis	–	+	+	–	–	–	–	a
Z. carniolica	+	+	–	–	–	–	–	a
Z. achilleae	+	+	+	+	–	–	–	a
Z. lonicerae	+	+	–	+	–	–	–	a
Z. transalpina astragali	+	+	+	+	–	–	–	a
P. statices heuseri	–	–	–	–	+	+	+	b
Z. trifolii	–	–	–	–	+	+	+	b
Z. filipendulae	+	+	–	+	+	+	+	c
Z. meliloti	+	+	+	+	+	+	–	c

Tab. 2: Verbreitung der *Zygaenidae* in den 7 Teilflächen des Untersuchungsgebietes Ahrdorf: a) Wärme und Trockenheit liebende Arten; b) Arten der Mähwiesen; c) indifferente Arten.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Leider konnten die in Ahrdorf begonnenen Untersuchungen nicht fortgeführt werden, da einige Jahre nach Aufgabe des Bahnbetriebs auf der ehemaligen Bahntrasse eine Straße errichtet wurde, der auch der einzige in Nordrhein-Westfalen gelegene Flugplatz von *P. subsolana* ssp. *schuetzei* ALB. zum Opfer fiel (WIPKING, 1979). Die Art ist daher in die „Rote Liste NW" (WAGENER et al, 1979) als „ausgestorbene oder verschollene" Species aufzunehmen.

Auf dem Bausenberg dominieren die Wärme und Trockenheit liebenden Arten, da andere Habitate fehlen. Die zeitliche und räumliche Artenzusammensetzung der untersuchten Teilflächen weist jedoch zwischen verschieden exponierten Trockenrasen und sogar deren Teilflächen große Unterschiede auf. Die auf dem SW-Hang vorkommenden Species *R. p. pruni* und *P. subsolana* fehlen auf der SE-Seite, während die dort vorkommenden Arten *Z. transalpina* und *Z. ephialtes* anscheinend auf diese Seite des Bausenbergs beschränkt sind (Abb. 4, 7).

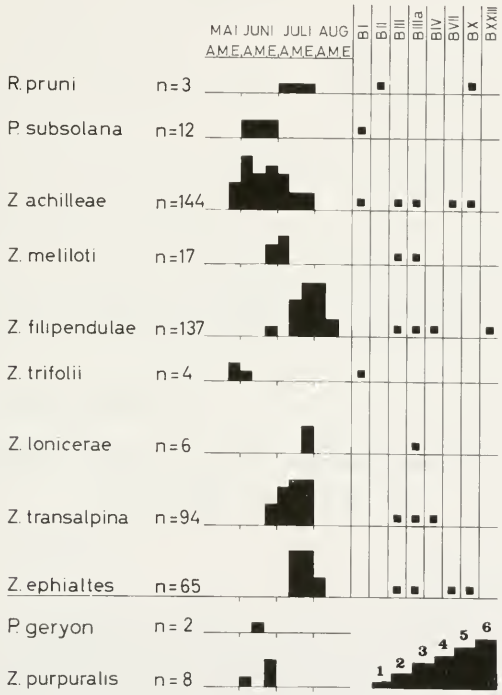


Abb. 7: Flugzeiten und Verbreitung der *Zygaenidae* in den untersuchten Flächen auf dem Bausenberg; zusammengestellt aus der Gesamtheit aller bis 1980 vorliegenden Beobachtungsdaten (B 1–B XXIII: vgl. Abb. 4). ■ = Beobachtungen in den untersuchten Teilflächen, A = 1. Monatsdrittel, M = 2. Monatsdrittel, E = letztes Monatsdrittel, n = Anzahl der Beobachtungen und Funde (von *P. geryon* und *Z. purpuralis* fehlen genauere Standortsangaben). Erläuterungen zu den Säulendiagrammen: 1 = Einzelbeobachtungen oder Einzelfänge, 2 = 2 bis 5 Beobachtungen, 3 = 6 bis 10 Beobachtungen, 4 = 11 bis 20 Beobachtungen, 5 = 20 bis 50 Beobachtungen, 6 = mehr als 50 Beobachtungen.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Für die in S und SW-Deutschland als Larven in 1,2 m Höhe an Rosaceen lebenden Populationen von *R. pruni* ist der Bausenberg der nördlichste Fundpunkt. Nur 80 km weiter nördlich kommt die Raupe in der Wahner Heide wie für die N-deutschen Populationen typisch in ± 30 cm Höhe an *Calluna vulgaris* (L.) HULL vor (GROSS, mdl). *P. subsolana* ist ausschließlich auf eine kleinste Fläche innerhalb des Rasens B I beschränkt. Die Bestimmung der Habitatgröße gelang hier anhand der befallenen Larvenfutterpflanzen leicht, da die erwachsenen Raupen oberirdisch an ihrer Futterpflanze *Carlina vulgaris* L. minieren im Gegensatz zu österreichischen Populationen, die *Cirsium eriophorum* (L.) SCOP. bevorzugen (TARMANN, 1979).

Folgende weitere Ergebnisse können nach Auswertung auch der Beobachtungen in den übrigen 6 Standorten festgestellt werden (vgl. Tab. 1,3):

1. Alle durch einen *Zygaenidae*-Reichtum ausgezeichneten Habitate sind durch folgende ökologisch gleiche Grundbedingungen gekennzeichnet:
   a) extrem flachgründige Böden;
   b) kalkhaltiger oder vulkanischer Untergrund mit dadurch bedingter stärkerer Wärmespeicherung und edaphischer Trockenheit;
   c) starke Temperaturschwankungen im Jahres- und Tagesgang durch S-Exposition und steile Neigung der Hänge.
2. Die Lebensräume der Präimaginalstadien der Widderchen lassen sich höheren pflanzensoziologischen Kategorien zuordnen, wobei das pflanzensoziologische Register von KNAPP (1971) verwendet wurde.
3. Die Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen den Untersuchungsstandorten sind um so größer, als die Standortbedingungen verschieden sind.
4. Die Artenzusammensetzung charakterisiert nur den jeweils untersuchten Habitattyp und ist höchstens regional gültig, da die Artenzahl im gleichen Habitattyp zum Nordrand des Rheinlands allmählich abnimmt und einige Species in unterschiedlichen Landesteilen auch unterschiedliche Habitattypen bewohnen. Die Verbreitung der Larvenfutterpflanze wirkte dabei nicht limitierend.

5. Experimentelle Untersuchungen über die Reaktion der *Zygaenidae*-Larven in einem Feuchtegradienten

5.1 Material und Methoden:

Für die Untersuchung zur Feuchtigkeitspräferenz der Larven wurden insgesamt 7 Subspecies von 6 Arten aus den Trockenrasen, Heiden, Felsgebüschen und Mähwiesen ausgewählt, deren Habitatansprüche im Rheinland durch eigene Freilandbeobachtungen bekannt waren *(A. infausta, R. p. pruni, P. st. statices, P. statices heuseri, Z. achilleae, Z. transalpina, Z. filipendulae)*.

Erstmals wurde die Reaktion von *Zygaenidae*-Larven in einem Luftfeuchtigkeitsgradienten an im Freiland gefundenen Raupen von *A. infausta* und *R. p. pruni* durch WIPKING (1982) untersucht. An durch Eizucht und durch Freilandfunde erhaltenem Larvenmaterial wurden diese Untersuchungen dann 1981/82 fortgeführt. Leider gelang die Überwinterung der Larven von *Z. achilleae* und *Z. filipendulae* nicht, so daß hier nur Versuche mit Raupen aus dem 2. und 3. Larvenstadium (L_{2-3}) möglich waren.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Gezüchtet wurden die *Zygaenidae*-Larven in Petrischalen, deren Oberseiten mit Gaze bespannte Öffnungen (4 cm ∅) hatten. Die Schalen wurden mit dem Deckel nach unten auf Gefäße gesetzt, die zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit mit Wasser gefüllt waren. Die Zuchten erfolgten im Sommer unter konstanten Langtagbedingungen (LD 16/8, 20°C), bei LD 12/12, 12°C und im Winter unter Kurztagbedingungen (LD 8/16, 5°C).

Zur Ermittlung der Feuchtigkeitspräferenz wurden die Larven in die nach dem Vorbild von THIELE (1964) konstruierten ringförmigen Feuchtigkeitsorgeln gesetzt (20 cm ∅, 5 cm Höhe), worin zur Einstellung eines 5stufigen Luftfeuchtegradienten Wasser und Salzmischungen gegeben wurden (Wasser = 100%, K_2SO_4 = 90%, NaCl = 75%, $Ca(NO_3)_2$ = 55%, $CaCl_2$ = 40%). Die Sektoren mit 100 und 40% R. F. kamen nur je einmal vor. Der Gradient stellte sich nach 4–6 Stunden ein und blieb für mehrere Tage stabil. Das Einsetzen der Versuchstiere erfolgte nach 24 Stunden durch kleine Öffnungen im Deckel in einen ebenfalls gekammerten Einsatz mit einem Boden aus luftdurchlässiger Seidengaze. Die Versuchstiere konnten sich über den Salzmischungen frei von einem Sektor in den nächsten durch 2 cm hohe Schlitze zwischen den Trennwänden bewegen. Die jeweils eingesetzten 10 oder 20 Versuchstiere wurden zu Versuchsbeginn gleichmäßig auf die einzelnen Gradienten der Orgel verteilt. Bei der Zucht über das Puppenstadium zum fertigen Falter wurden die Salzmischungen wöchentlich erneuert. Täglich wurde der Aufenthaltsort der Larven notiert. Bei Versuchsende wurde der Ort der Puppenkokonfertigung registriert. Ungerade Zahlen bei der Auswertung sind darauf zurückzuführen, daß die Larven zwischen dem stets beigefügten Futter nicht zu sehen oder abgestorben waren. Alle übrigen Versuche wurden bei 20°C und 6–8 Lux durchgeführt, mit Ablesungen in 5 Min. Abstand (Beginn: 0,5 Stunden nach Einsetzen der Larven in die gegen seitliche Lichteinflüsse abgeschatteten Orgeln).

Es wurden unterschieden:

a) Arten mit oligohygrer Reaktion = Präferenz für hohe Luftfeuchtigkeit (100–90% R. F.; niedrige Reizintensität),
b) Arten mit mesohygrer Reaktion = Präferenz für mittlere Luftfeuchtigkeit (± 75% R. F.),
c) Arten mit stenohygrer Reaktion = Präferenz für niedrige Luftfeuchtigkeit (55–40% R. F.) und
d) Arten mit euryhygrer Reaktion = keine ausgeprägte Präferenz für eine bestimmte Luftfeuchtigkeit.

Tab. 3: Angabe der Habitatpräferenzen der bearbeiteten rheinischen *Zygaenidae*. Der Bindungsgrad der *Zygaenidae* an ihre Lebensräume wurde in Anlehnung an WAGENER et al. (1977) in 4 Kategorien unterteilt: I = Arten, die fast vollständig oder ausschließlich in nur einem Habitattyp auftreten; II = Arten, die eine deutliche Habitatbevorzugung mit dort möglicher Optimalentwicklung erkennen lassen, aber auch in anderen ähnlichen Habitaten, wenn auch weniger häufig, zu finden sind; III = Arten, die in unterschiedlichen Landesteilen auch unterschiedliche Habitate bevorzugen und in der Regel dann auch fast nur darin auftreten; IV = Arten, die in mehreren ähnlichen Habitaten vorhanden sind und sich dort optimal entfalten können; dennoch kann ein Habitat bevorzugt werden.

■ = regelmäßig im entsprechenden Habitat
▬ = vereinzelt im entsprechenden Habitat

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

	An Rosen und Hasel reiche Gebüsche	Atlantisch- subatlantische Zwergstrauch- Heiden	Sandtrockenrasen	Westlich- submediterrane Trockenrasen auf basischen (kalkhaltigen) Ausgangsgesteinen	Trockenrasen auf sauren und vulkanischen Ausgangsgesteinen	Schwermetallrasen	Rasen und Wiesen unterschiedlicher Nährstoffversorgung auf nicht- trockenen Standorten, Ruderalfluren	Biotopbindungsgrad
Aglaope infausta L.	■							I
Rhagades pruni pruni SCHIFF.	■							III
Rhagades pruni callunae SPUL.		■						III
Procris statices statices L.		■	■	■		■		III/IV
Zygaena pupuralis BRÜNN.			■	■	■	■		II
Zygaena filipendulae L.				■	■	■	■	IV
Zygaena trifolii ESP.				■			■	IV
Zygaena meliloti ESP.				■	■	■		III
Zygaena lonicerae SCHEVEN				■	■	■		II
Procris globulariae HBN.				■	■	■		III
Zygaena achilleae ESP.				■	■			II
Zygaena transalpina astragali ESP.				■	■	■		II
Procris subsolana schuetzei ALB.				■	■	■		I
Procris geryon HBN.				■	■	■		I
Zygaena carniolica SCOP.				■	■			I
Zygaena ephialtes L.					■	■		I
Procris statices heuseri REICHL							■	III/IV

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

5.2 Ergebnisse:

Alle untersuchten Arten reagierten auf den angebotenen Luftfeuchtigkeitsgradienten mit einer in Einklang mit den Freilandbeobachtungen stehenden eindeutigen Bevorzugung bestimmter Feuchtigkeitsstufen (Tab. 4).

Tab. 4: Präferenzverhalten der untersuchten rheinischen *Zygaenidae*-Arten in einem angebotenen Luftfeuchtigkeitgradienten bei 20° C.

a) Entwicklungsstadien mit Präferenz für hohe Luftfeuchtigkeit (= oligohygre E.)
Larven von *P. statices*
Larven von *P. statices* „F." (= *heuseri)*
überwinternde Larven (L_3–L_5) von *Z. transalpina*

b) Entwicklungsstadien mit Präferenz für mittlere Luftfeuchtigkeit (= mesohygre E.)
junge Larven (L_2–L_3) von *Z. achilleae*
junge Larven (L_2–L_4) von *Z. transalpina*
erwachsene Larven (L_5–L_7) von *Z. transalpina*

c) Entwicklungsstadien mit Präferenz für niedrige Luftfeuchtigkeit (= stenohygre E.)
Larven von *A. infausta*
Larven von *R. p. pruni*

d) Entwicklungsstadien ohne ausgeprägte Präferenz für eine bestimmte Luftfeuchtigkeit (= euryhygre E.)
junge Larven (L_2–L_3) von *Z. filipendulae*

Die untersuchten stenöken Arten der Felsgebüsche *(A. infausta, R. p. pruni)* sind aufgrund der Versuche im Luftfeuchtegradienten als xerophil zu bezeichnen, während beide „Semispecies" von *P. statices* eine hygrophile Reaktion zeigen (Abb. 8, 9). Die vorwiegend auf Sandtrockenrasen vorkommende Art *P. statices* ist als Larve nach TARMANN (1978) vor allem in den frühen Abend- und Morgenstunden aktiv, wo es zu einer hohen Taubildung kommt. TARMANN konnte die Raupen bei fehlender nächtlicher Taubildung nur unmittelbar an der bodennächsten Vegetation finden. Dies würde die Präferenz für hohe Luftfeuchtigkeit auch der Nominatform erklären.

Die Feuchtigkeitsansprüche junger und erwachsener Raupen von *Z. transalpina* unterscheiden sich deutlich von denen überwinternder Larven. Jeweils 25 diapausierende Raupen wurden während des Winters über 12 Wochen in Zuchtschalen mit 100, 90, 75 und 40% R. F. bei LD 8/16 und 5°C gehalten. Bei hoher Luftfeuchtigkeit (100–90%) häuteten sie sich nach Rückführung in den Langtag wieder zu aktiven Larven; dagegen waren bei 40% R. F. die meisten Tiere schon während des Winters abgestorben und die restlichen Individuen starben, ohne sich zu häuten, im Langtag ab (Abb. 10). Anscheinend sind die diapausierenden Larven gegen Austrocknung empfindlich und benötigen vor allem im Frühjahr Feuchtigkeit, um sich wieder häuten zu können.

Ebenfalls überwinternde Larven von *A. infausta* und *R. p. pruni* konnten nahezu ohne Verluste auch während des Winters bei 40% R. F. gehalten werden. Häutungsschwierigkeiten, wie sie bei den Larven von *Z. transalpina* vorkamen, konnten nicht registriert werden.

L_{2-3}, L_7-Larven von *Z. transalpina* und L_{2-3}-Larven von *Z. achilleae* wählten vor allem mittlere Luftfeuchtigkeiten (Abb. 11) und nur die Raupen der wenig anspruchsvollen *Z. filipendulae* zeigten keine ausgeprägte Präferenz im Feuchtigkeitsgradienten.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

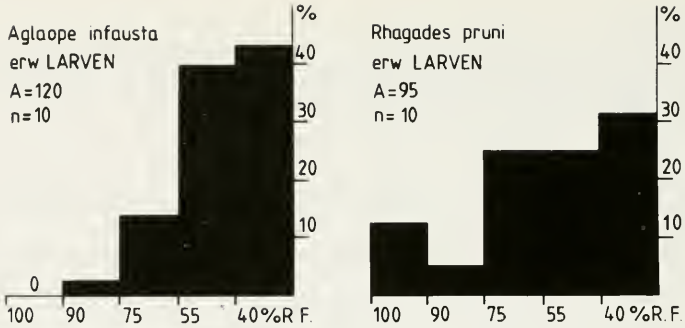


Abb. 8: Feuchtigkeitspräferenz der erwachsenen Raupen von *A. infausta* und *R. pruni* (Abszisse = Aufenthaltswahl der Raupen in den Feuchtigkeitsstufen in Prozent, n = Anzahl der Tiere, A = Anzahl der Ablesungen in 5min.-Intervallen nach 0,5 h Adaptionszeit, Versuchsdauer = 2 h).

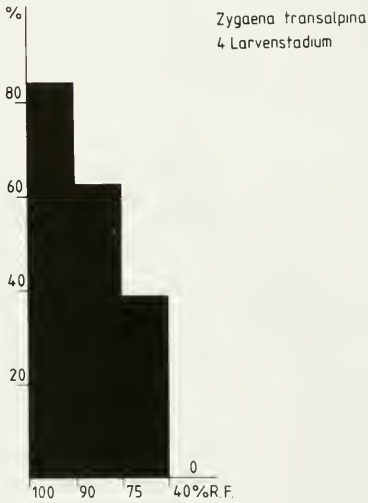
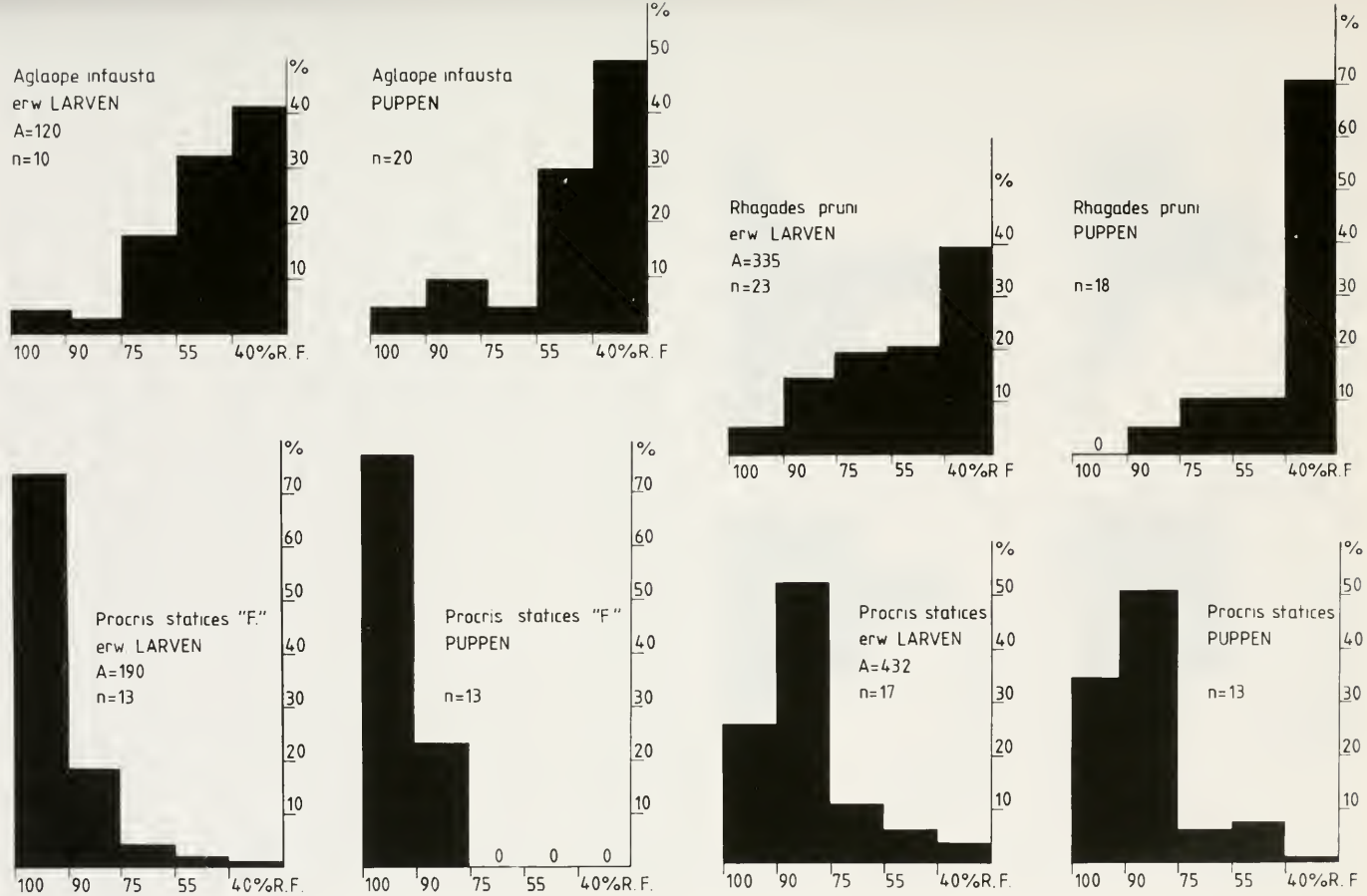


Abb. 10: Prozentanteile überlebender, sich häutender Diapauselarven (L_4) von *Z. transalpina* in verschiedenen Luftfeuchtigkeiten bei LD 8/16, 5° C für 12 Wochen und anschließend LD 16/8, 20° C (n = insgesamt 120).

Abb. 9: Feuchtigkeitspräferenz der Larven der rheinischen *Zygaenidae*-Arten *A. infausta*, *R. p. pruni*, *P. st. statices*, *P. statices heuseri* („F.") (A = Anzahl der Ablesungen in Tagesintervallen, links = erwachsene Raupen, rechts = Ort der Puppenkokonfertigung, Abszisse und n = vgl. Abb. 8).



© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

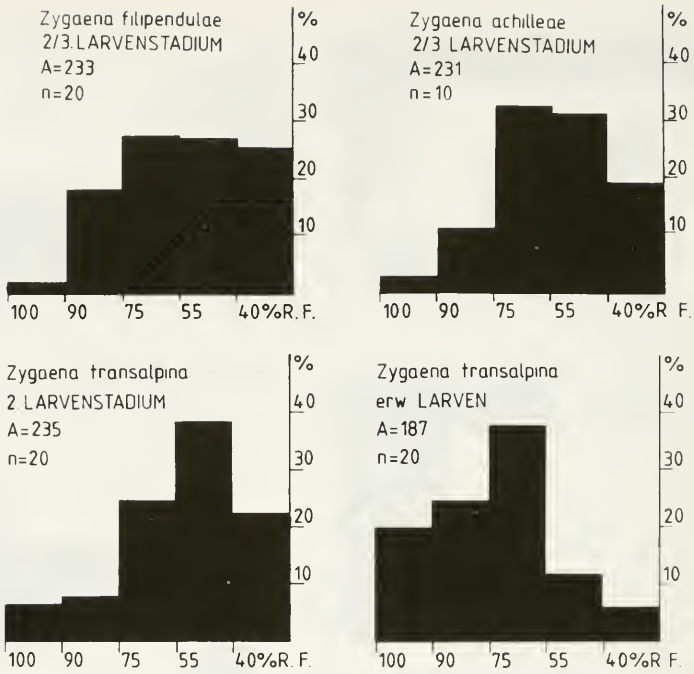


Abb. 11: Feuchtigkeitspräferenz der Larven der rheinischen *Zygaenidae*-Arten *Z. filipendulae* (L_{2-3}), *Z. achilleae* (L_{2-3}) und *Z. transalpina* (L_2, L_7) (A = Anzahl der Ablesungen in 5min.-Intervallen nach 0,5 h Adaptionszeit; Versuchsdauer 2 und 4 h, Abszisse und n = vgl. Abb. 8).

6. Diskussion:

Alle bisherigen Angaben zur Habitatbindung der *Zygaenidae* sind anhand von Freilandbeobachtungen vorgenommen worden. Die Kalkbindung rheinischer *Zygaenidae* ist vermutlich ähnlich der Kalkstetigkeit von Asseln *(Isopoda)* (Thiele, 1959) und Carabiden *(Coleoptera)* (Lindroth, 1949) auf eine Bindung an spezielle, sich über Kalkböden einstellende mikroklimatische Bedingungen rückführbar. Ein direkter Schluß auf die abiotischen Habitatansprüche der *Zygaenidae* kann aber aus dem Vorkommen in bestimmten Pflanzengesellschaften nicht gezogen werden, denn in SE-europäischen Gebieten finden sich die heimischen „Trockenrasenarten" in lichten Wäldern oder an Waldrändern, während in den Steppen nördlich des Schwarzen und Kaspischen Meeres fast keine Zygaenen vorkommen (Alberti, 1971).

Da sich das Klima zum NW-Arealrand der *Zygaenidae*-Arten ändert, tritt ein Standorts- oder Habitatwechsel ein, vorausgesetzt die abiotischen Ansprüche der Arten bleiben über größere geographische Räume einheitlich (vgl. Böhme, 1978; Franz, 1931; Kühnelt, 1943).

Kersberg (1968) und Knapp (1971) weisen bereits darauf hin, daß niedrige, offene Pflanzengesellschaften je nach Hangneigung, Exposition und Relief viel extremeren

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Temperaturen ausgesetzt sind, als dies die für vergleichende Betrachtungen verschiedener Großräume geeigneten Werte meteorologischer Stationen erkennen lassen. Obwohl bei ökologischen Untersuchungen dem Mikroklima für die Beurteilung der Biotope eine wesentliche Bedeutung zukommt (GEIGER, 1964), reichten die mikroklimatischen Geländemessungen auf dem Lambertsberg zur Ermittlung der Habitatansprüche von *Zygaenidae*-Larven nicht aus. Bei der Vielzahl der im Freiland einwirkenden Faktoren blieb unklar, welche Umweltansprüche die einzelnen Arten stellen. Sicher ist, daß im Vergleich zur Umgebung größere Wärmesummen und ausgeglichene Luftfeuchtigkeitsverhältnisse auf den Trockenrasen die Entwicklung der hauptsächlich in S-Europa vorkommenden Arten ermöglichen. Selbst mehrjährige langfristige Klimamessungen reichen zur Ermittlung der Habitatansprüche von Insekten nicht aus (REMMERT, 1976, 1978 a, 1978 b). Ein aus langfristigen Ergebnissen gemittelter Durchschnittswert kann durchaus jenseits einer experimentell gewonnenen Toleranzgrenze liegen, da in einem einzigen „optimalen" Sommer von vielen Insekten eine so große Population aufgebaut wird, die genügt, mehrere weniger günstige Sommer zu überdauern. Somit scheinen kleine, wenig differenzierte und weit voneinander isolierte Trockenrasen nahe der Arealgrenze für eine dauerhafte Besiedlung auszuscheiden, was bei der Größenfestlegung neu auszuweisender Schutzgebiete mehr beachtet werden muß, sollen die eigentlich zu schützenden Arten sich dort auf Dauer auch erhalten.

Ein regionaler Futterpflanzen- und Biotopwechsel tritt bei zahlreichen Lepidopterenarten zwischen nordwest- und süddeutschen Populationen auf (DE LATTIN, 1967). Ob die Larven der ssp. *callunae* von *R. pruni* in den Heidegebieten NW-Deutschlands andere physiologische Ansprüche an den Lebensraum stellen als die SW-deutschen Populationen, die in Felsgebüschen an Rosaceen leben, ist unbekannt. PEUS (1928) weist jedoch schon auf das kontinentalere Kleinklima in Hochmooren hin. KROGERUS, R. (1937) und STRÜBING (1957) fanden in solchen Biotopen zahlreiche thermophile Insektenarten. Es ist anzunehmen, daß die Zygaenide *R. pruni* ebenfalls durch einen Standortswechsel die in N-Deutschland für sie klimatisch ungünstigen, humiden Verhältnisse kompensiert. Da die Widderchen bereits in verschiedenen Landesteilen unterschiedliche Habitate besiedeln, können sie höchstens regional mit bestimmten pflanzensoziologischen Verbänden in Verbindung gesetzt werden, womit sich ihre Verwendungsmöglichkeit als Bioindikator einengt. Wenigstens die Trockenrasenarten *(P. subsolana, P. globulariae, P. geryon, Z. carniolica, Z. achilleae, Z. lonicerae, Z. transalpina, Z. ephialtes)* können wegen ihrer Ortstreue, ihrer hohen Individuenzahlen und der optischen Auffälligkeit als Charakterarten für intakte Trockenrasen bezeichnet werden. *Z. carniolica* wurde von WEITZEL (1982) als Leitform der Trocken- und Halbtrockenrasen genannt. Hierzu sollten auch die übrigen, im gleichen Habitat heimischen Arten hinzugestellt werden. Eine regionale Korrelation stenöker Trockenrasenwidderchen mit pflanzensoziologischen Verbänden wie den Meso- und Xerobrometen ist im NW-Grenzgebiet ihrer Verbreitung möglich, während subtilere Vegetationsunterschiede nicht mit den abiotischen Habitatansprüchen der Widderchen übereinstimmen, wie dies für die Verbreitung der *Zygaenidae* auf dem Bausenberg nachgewiesen ist.

Unter den heutigen Klimabedingungen sind die Wärme und Trockenheit präferierenden Relikt-Arten, die zuvor weiter nach N verbreitet waren, fast ausschließlich auf den durch extensive landwirtschaftliche Betriebsformen entstandenen Extremstandorten wie den Trockenrasenformationen konkurrenzfähig. Da *Zygaenidae* nicht als eigentliche „Kulturfolger" bewertet werden, dürften sie spätestens in der bis heute wärmsten und trockensten Phase der postglazialen Klimaentwicklung um 4200 v. Chr. (Eichenmisch-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

waldzeit) das Rheinland erreicht haben (STRAKA, 1975; TACKENBERG, 1954). Mit Verschlechterung des Klimas dürften sie sich in die durch den Menschen gerodeten oder gelichteten Gebiete zurückgezogen haben. Bei den im Rheinland gelegenen Verbreitungsgrenzen der Widderchenarten dürfte es sich daher eher um ökologische Existenzgrenzen als um historische Verbreitungsgrenzen handeln; so zerfallen die aktuellen Areale nach N und W hin in kleinste, weit voneinander entfernte Vorkommen (TREMEWAN, 1968; WROMWELL, 1983).

Mit Hilfe von Präferenzversuchen ist es möglich, die Bedeutung eines einzelnen auf die *Zygaenidae*-Arten einwirkenden Mikroklimafaktors zu prüfen und die Reaktionen der einzelnen Arten miteinander zu vergleichen. Weil die Versuchstiere die ihnen zusagende Intensitätsstufe in einem kontinuierlichen Gefälle eines Feuchtigkeitsgradienten selbst wählen können, kommen diese Versuche vor allem dann der Natur recht nahe, wenn die übrigen Bedingungen mit den im Freiland gewonnenen Werten im wesentlichen übereinstimmen. Stimmen getestes Präferenzverhalten einer Art im Laborversuch mit der Freilandintensität eines Faktors überein, so wirkt dieser Faktor, aber nicht unbedingt allein, beim Zustandekommen des Verbreitungsbildes mit. Indifferente Reaktionen oder im Gegensatz zu den Freilandbeobachtungen stehende Versuchsergebnisse bedeuten, daß andere als der untersuchte Faktor entscheidend für die Verbreitung sind.

Von einer Zuordnung zu den 7 Valenztypen der Reaktion im Luftfeuchte-Gradienten bei THIELE (1964) wurde wegen des geringen Tiermaterials vorläufig abgesehen. Weiter wurde berücksichtigt, daß während der Haltung der Larven eine Änderung der Feuchtigkeitspräferenz eintreten kann, wie auch eine Änderung der Vorzugsfeuchte in Abhängigkeit mit dem Alter der Versuchstiere möglich ist (BODENHEIMER, 1931).

Alle getesteten *Zygaenidae*-Species zeigten ein in Übereinstimmung mit den Freilandbeobachtungen stehendes Präferenzverhalten. Die Reaktion im Feuchtigkeitsgefälle ist besonders bei den Arten *A. infausta*, *R. p. pruni*, *P. st. statices* und *P. statices heuseri* sehr scharf und ein zuverlässiges Kriterium der ökologischen Eigenart der untersuchten Species. Dies gilt um so mehr, als innerhalb eines weiten Temperaturbereiches, nämlich den am Standort möglichen, die Feuchtigkeitspräferenz konstant bleibt (THIELE, 1964, 1977). Die angewandte Methode liefert mithin erste Ergebnisse über die Feuchtigkeitsansprüche der Widderchen. In Verbindung mit vergleichenden Freilanduntersuchungen ist diese Methode vorzüglich geeignet, die Präferenz der *Zygaenidae* gegenüber diesem wichtigen Mikroklimafaktor zu bestimmen.

7. Literatur:

ALBERTI, B. (1939): Eine deutsche Rasse von *Procris subsolana*. – Ent. Z. **53**, 312–314.

— — (1954): Über die stammesgeschichtliche Gliederung der *Zygaenidae* nebst Revision einiger Gruppen *(Insecta, Lepidoptera)*. – Mitt. Zool. Mus. Berlin **30**, 115–460.

— — (1956): Zur Artrecht-Frage von *Zygaena transalpina* ESP., *angelicae* O. und *elegans* BGFF. – Dtsch. Ent. Z. N. F. **3**, 91–96.

— — (1958): Des problèmes dans le groupe de *Zygaena transalpina* ESP. – Bull. Soc. Ent. Mulhouse Jan./Fev., 1–9.

— — (1958/59): Über den stammesgeschichtlichen Aufbau der Gattung *Zygaena* F. und ihrer Vorstufen *(Insecta, Lepidoptera)*. – Mitt. Zool. Mus. Berlin **34**, 245–396; **35**, 203–242.

— — (1971): Zur Kenntnis der *Zygaeniden*-Fauna des Großen Kaukasus und Transkaukasiens *(Lepidoptera)*. – Faun. Abh. Staatl. Mus. Tierk. Dresden **3**, 51–81.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

— — (1981): Über Wesen und Aussagegrenzen der „Phylogenetischen Systematik" von HENNIG, untersucht am Beispiel der *Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera)*. – Mitt. Münch. Ent. Ges. **71**, 1–31.

BAUER, J. (1840): Systematische Beschreibung der Schmetterlinge in ihren drei Lebensperioden, welche in der Umgebung von Trier gefunden werden. I. und II. Abth., Tag- und Dämmerungsschmetterlinge. – Manuskript (Stadtbibl. Trier).

BECKER, J. (1975): Art und Ursachen der Habitatbindung von Bodenarthropoden *(Carabidae* [*Coleoptera*], *Diplopoda, Isopoda)* xerothermer Standorte in der Eifel. – Beitr. Landespfl. Rhld.-Pf. **4**, 89–140.

BODENHEIMER, F. S. (1931): Über die Temperaturabhängigkeiten von Insekten III. Die Beziehungen der Vorzugstemperatur zur Luftfeuchtigkeit der Umgebung. – Z. vgl. Physiol. **13**, 740–747.

BÖHME, W. (1978): Das KÜHNELT'sche Prinzip der regionalen Stenözie und seine Bedeutung für das Subspezies-Problem; ein theoretischer Ansatz. – Z. Zool. Syst. Evolut.-forsch. **16**, 256–266.

BURGEFF, H. (1950): Verbreitungsstudien an der Gattung *Zygaena* FAB. *(Lepidoptera)*. – Portugaliae Acta Biol. Ser. A., 663–728.

— — (1951): Die Meeralpengrenze der Zygaenen, eine mit Hilfe der Populationsanalyse der Arten der Gattung *Zygaena* durchgeführte Untersuchung über die Lokalisation und die Bedeutung geographischer Rassen in ihrem Zusammenhang mit der Eiszeit. – Biol. Zentr.-bl. **70**, 1–23.

FRANZ, H. (1931): Über die Bedeutung des Mikroklimas für die Faunenzusammensetzung auf kleinem Raum. – Z. Morph. Ökol. Tiere **22**, 587–628.

— — (1950): Qualitative und quantitative Untersuchungsmethoden in Biozönotik und Ökologie. – Acta biotheoretica **9**, 101–114.

FUCHS, A. (1867/68): Verzeichnis der Schmetterlinge, welche in der Gegend von Oberursel vorkommen. – Jb. Nass. Ver. Naturk. **21/22**, 203–260.

GEIGER, R. ([4]1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. – Braunschweig.

GROSS, F. J. (1964): Beitrag zur Lepidopterenfauna der weiteren Umgebung von Wiesbaden. – Jb. Nass. Ver. Naturk. **97**, 50–80.

HARKORT, W. et al. (1977): Schmetterlinge in Westfalen, Teile III–IV. – Dortm. Beitr. Landesk., Naturwiss. Mitt. **11**, 99–202.

HEUSER, H. (1960): Ein Beitrag zur Kenntnis der pfälzischen *Procris*-Arten mit Beschreibung einer neuen Art der Gattung. – Pfälzer Heimat **11**, 28–30.

— — (1962): Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse an Faltermaterial der Gattung *Procris* F. aus dem Gebiet der Pfalz. – Nachr.bl. Bayer. Ent. **11**, 88–92.

— — (1964): Die Fühlergestaltung bei den Faltern aus der *Procris-statices*-Gruppe als Bestimmungsmerkmal. – Pfälzer Heimat **15**, 67–68.

HOFFMANN, H. J. und THIELE, H. U. (1982): Neue Untersuchungen zur Tierwelt des Bausenbergs in der Eifel. – Decheniana Beih. **27**, 1–279.

HOLIK, O. & SHELJUZHKO, L. (1953–57): Über die Zygaenen-Fauna Osteuropas, Kleinasiens, Irans, Zentralasiens und Sibiriens. – Mitt. Münch. Ent. Ges. **43**, 102–226; **44/45**, 26–158; **46**, 93–239; **47**, 143–185.

v. HYMMEN (1854): Verzeichnis der Lepidopteren, welche ich in der Umgebung von Trier gefangen habe. – Jahresber. Ges. nützl. Forsch. Trier 1853.

JORDAN, K. (1886): Die Schmetterlingsfauna Nordwest-Deutschlands. – Zool. Jb. Suppl. **1**, 1–81, 41 Tab.

KERSBERG, H. (1968): Die Prümer Kalkmulde (Eifel) und ihre Randgebiete. – Schr. r. Landesstel. Nat.-schutz Landsch.-pfl. NRW **4**, 1–207.

KINKLER, H. (1978): Die Tagfalter *(Diurna)* und Widderchen *(Zygaenidae)* der Kalkmagerrasen der Nordeifel (Nordrhein-Westfalen). – Mitt. Arbeitsgem. rhein. westf. Lepidopterol. **2**, 74–77.

— — , SCHMITZ, W., NIPPEL, F. (1971): Die Tagfalter des Bergischen Landes. – Jb. Naturw. Ver. Wuppertal **24**, 20–63.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

— — et al. (1974): Die Falter des Bergischen Landes, II. Teil: Spinner, Schwärmer... – Jb. Naturw. Ver. Wuppertal **27**, 38–80.

KNAPP, R. (1971): Einführung in die Pflanzensoziologie. – Stuttgart.

KROGERUS, H. (1948): Ökologische Untersuchungen über Uferinsekten. – Acta Zool. Fenn. **53**, 1–157.

KROGERUS, R. (1937): Mikroklima und Artverteilung. – Acta Soc. faun. flor. Fennica **60**, 290–308.

KÜHNELT, W. (1943): Die Leitformenmethode in der Ökologie der Landtiere. – Biol. gener. **17**, 106–146.

DE LATTIN, G. (1967): Grundriß der Zoogeographie. – Jena.

DE LATTIN et al. (1957–64): Die Lepidopterenfauna der Pfalz. – Mitt. Pfälz. Ver. Naturk. u. Naturschutz Pollichia, III. Reihe **4**, **6**, **7**, **9**, **11**, div. S.

LEDERER, G. und KÜNNERT, R. (1961–64): Beiträge zur Lepidopterenfauna des Mittelrheins und der angrenzenden Gebiete. – Ent. Z. **71–74**, div. S.

LINDROTH, C. (1949): Die Fennoskandischen Carabiden, 3. Allgem. Teil. – Kungl. Vetensk. Vitterh. Samh. Handling Ser. B. **4**, 1–911.

MAIXNER B. und WIPKING W. (1985): *Zygaenidae* FABR. (1775). – In: KINKLER, H. et al. (Hrsg.) Die geographische Verbreitung der Großschmetterlinge in Nordrhein-Westfalen, Westhessen und im nördlichen Teil von Rheinland-Pfalz – Fundortlisten und Verbreitungskarten. – Mitt. Arbeitsgem. rhein.-westf. Lepidopterol. **4**, 103–211.

NAUMANN, C. (1977): Stammesgeschichtliche und tiergeographische Beziehungen der *Zygaenini (Insecta, Lepidoptera)*. – Mitt. Münch. Ent. Ges. **67**, 1–25.

— — , RICHTER, G., WEBER, U. (1983): Spezifität und Variabilität im *Zygaena-purpuralis*-Komplex. – Theses Zoologicae **2**, 1–264, 4 pl.

PAFFEN, K. H. (1940): Heidevegetation und Ödlandwirtschaft in der Eifel. – Beitr. Landeskde. Rhld. **3**, 3 (Manuskript, Maschinenschrift).

PEUS, F. (1928): Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt nordwestdeutscher Hochmoore. – Z. Morph. Ökol. Tiere **12**, 533–683.

REICHL, E. R. (1964): *Procris heuseri* nov. spec. und *Procris statices* L., zwei Arten in statu nascendi? – Nachr.-bl. Bayer. Ent. **13**, 89–95, 99–103, 117–120.

REISS, H. (1936): Ein Zygaenenfund aus der Tertiärzeit. – Ent. Rdsch. **53**, 534–550.

— — und TREMEWAN, W. G. (1967): A systematic catalogue of the genus *Zygaena* F. *(Lepidoptera, Zygaenidae)*. – Ser. Ent. **2**, 1–329, Den Haag.

REMMERT, H. (1976): Mehrjährige ökologische Untersuchungen in einem südwestdeutschen Mesobrometum. – Verh. Ges. f. Ökol. Göttingen **1976**, 275–278.

— — (1978 a): Ökologie. – Hamburg, Heidelberg, New York.

— — (1978 b): Untersuchungen in einem fränkischen Mesobrometum. – Ber. ANL **2**, 4–16.

RETZLAFF, H. (1973): Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten Hessens und Niedersachsens, I. Teil. – Ber. Naturwiss. Ver. Bielefeld **21**, 129–248.

— — (1975): Die Schmetterlinge von Ostwestfalen-Lippe und einigen angrenzenden Gebieten Hessens und Niedersachsens, II. Teil. – Ber. Naturwiss. Ver. Bielefeld **22**, 199–344.

SCHMIDT-KOEHL, W. (1977 a): Macrolepidopteren des Saarlandes. – In: MÜLLER, P. (Hrsg.) Erfassung der westpaläarktischen Tiergruppen, Fundortkataster der BR-Deutschland **3**, 1–62, 103 pl., Saarbrücken 1976.

— — (1977 b): Die Groß-Schmetterlinge des Saarlandes *(Insecta, Lepidoptera)* Bd. 1. – Abh. Arbeitsgem. tier- und pflanzengeogr. Heimatforsch. Saarland **7**, 1–234.

SCHUMACHER, W. (1977): Flora und Vegetation der Sötenicher Kalkmulde. – Decheniana Beih. **19**, 1–199.

SCHWICKERATH, M. (1966): Hohes Venn-Nordeifel. – Schr. r. Landesstel. Landsch.-pfl. Nat.-schutz NRW **2**, 1–227.

STAMM, K. (1981): Prodromus der Lepidopterenfauna der Rheinlande und Westfalens. – Solingen.

STOLLWERK, F. (1863): Die Lepidopterenfauna der Preussischen Rheinlande. – Verh. Naturhist. Ver. Preuss. Rheinland. Westph. **20** (N. F. **10**), 43–248.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

STRAKA, H. (1975): Die spätquartäre Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. – Beitr. Landespfl. Rhld.-Pf. **3**, 1–164.

STRÜBING, H. (1957): Beiträge zur Ökologie einiger Hochmoorzikaden *(Homoptera, Auchenorrhyncha)*. – Österr. Zool. Z. **6**, 566–596.

TACKENBERG, K. (1954): Fundkarten zur Vorgeschichte der Rheinprovinz. – Bonn. Jb., Beih. **2**, 1–107.

TARMANN, G. (1978): Die „*statices*-Gruppe" des Genus *Procris* F. – Mitt. Münch. Ent. Ges. **68**, 45–108.

— — (1979): Zur Biologie und Zucht von *Procris (Lucasiterna) subsolana* (STAUDINGER, 1862). – Z. Arbeitsgem. Österr. Ent. **31**, 81–91.

THIELE, H. U. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts (mit besonderer Berücksichtigung der Diplopoden). – Z. angew. Entom. **44**, 1–21.

— — (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. – Z. Morph. Ökol. Tiere **53**, 387–452.

— — (1977): Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. – Zoophysiology and Ecology **10**, 1–369.

— — und BECKER, J. (1975): Der Bausenberg, Naturgeschichte eines Eifelvulkans. – Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt auf den Trockenrasen. – Beitr. Landespfl. Rhld.-Pf. **4**, 1–394.

TREMEWAN, W. G. (1968): The history of *Zygaena loti scotia* (ROWLAND-BROWN) in West-Scotland. – Ent. Gaz. **19**, 203–218.

UFFELN, K. (1908): Die Großschmetterlinge Westfalens mit besonderer Berücksichtigung der Gegenden von Warburg, Rietberg und Hagen. – Münster.

WAGENER, S. et al. (1977): „Rote Liste" der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Schmetterlingsarten, 1. Fassung. – Mitt. Arbeitsgem. rhein.-westf. Lepidopterol. **1**, 15–36.

— — (1979): „Rote Liste" der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Großschmetterlinge. – Schr. r. LÖLF **4**, 51–64.

WEITZEL, M. (1977): Die Schmetterlingsfauna *(Macro-* und *Microlepidoptera)* des Trierer Landes als Beitrag zum Projekt „Erfassung der europäischen Wirbellosen". – Staatsexamensarbeit, Köln.

— — (1982): Eignen sich Schmetterlinge als Indikatoren für langfristige Umweltveränderung? – In: BICK, H. und NEUMANN, D. (Hrsg.), Bioindiktatoren, Ergebnisse des Symposiums „Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen". – Decheniana Beih. **26**, 178–185.

WIPKING, W. (1979): Bemerkungen zum Vorkommen von *Procris (Lucasiterna) subsolana* ssp. *schuetzei* ALB. in Nordrhein-Westfalen. – Mitt. Arbeitsgem. rhein.-westf. Lepidopterol. **2**, 16–20.

— — (1982): Die Bedeutung des Bausenbergs (Eifel) für die Verbreitung der *Zygaenidae* im Rheinland – ein Beitrag zur Ökologie und Biogeographie der rheinischen Zygaenidenfauna. In: HOFFMANN, H. J. und THIELE, H. U. (Hrsg.), Neue Untersuchungen zur Tierwelt des Bausenbergs in der Eifel. – Decheniana Beih. **27**, 260–275.

WORMELL, P. (1983): *Lepidoptera* in the Inner Hebrides. – Proc. Royal Soc. Edinburgh. **83 B**, 531–546.

ZIELASKOWSKI, H. (1951): Die Großschmetterlinge des Ruhrgebietes. – Mitt. Ruhrld. Mus. Essen **176**, 1–128.

Nicht im Text zitierte Literatur wurde bei der Auswahl der Untersuchungsstandorte benutzt.

Anschrift des Verfassers:

Wolfgang WIPKING
Zoologisches Institut der Universität Köln
– Lehrstuhl für Physiologische Ökologie –
Weyertal 119
D-5000 Köln 41

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: 074

Autor(en)/Author(s): Wipking Wolfgang

Artikel/Article: Ökologische Untersuchungen über die Habitatbindung der Zygaenidae (Lep.). 37-59