

Aus dem Zoologischen Institut der Universität München

Biologie, Verbreitung und Morphologie von
***Praezygaena (Epizygaenella) caschmirensis* (Kollar, 1848)**

(Lepidoptera, Zygaenidae)

Von Clas M. Naumann¹⁾

Abstract

Biology, distribution and morphology of *Praezygaena (Epizygaenella) caschmirensis* (Kollar, 1848) (Lepidoptera, Zygaenidae).

P. caschmirensis is limited to the northern parts of the oriental faunal region, where it is found along the southern border of the Himalayan and the Hindukush range. There is no overlapping of the distribution areas of *Zygaena* and *Praezygaena*. — The foodplant is *Gymnosporia royleana* (Celestraceae). Foodplant records of Ethiopian Zygaenini belong to the same plant family, while the palearctic genus *Zygaena* is mainly restricted to Umbelliferae and Fabaceae (Papilionaceae).

P. caschmirensis has three annual generations. The larvae do not posses a special diapause instar (L 4) like those of *Zygaena*. A number of pattern characters of the larva is discussed in detail and compared with those of other Zygaenidae. The same applies to other details of the biology of the species.

Finally several morphological characters are described and compared with *Zygaena* and the Ethiopian Zygaenini. An analysis of the phylogenetic relationships to other Zygaenini is given basing on the detailed information on *P. caschmirensis* given in this paper.

1.	Einleitung und Problemstellung	46
1.1	Material und Methoden	47
1.2	Urbeschreibung, Historisches	48
2.	Beobachtungen und Ergebnisse	48
2.1	Verbreitung	48
2.2	Biotop	54
2.3	Die Futterpflanze	55
2.4	Das Verhalten der Imagines	57
2.5	Die Variabilität der Imagines	58
2.5.1	Die geographische Variabilität	58
2.5.2	Die saisonäre Variabilität	60

¹⁾ 6. Beitrag zur Kenntnis der Gattung *Zygaena* F. und ihrer Vorstufen (5: Ent. Z., 87, 89—93).

2.5.3	Die phänotypische Variabilität	60
2.6	Die Larvalentwicklung	62
2.6.1	Das Ei und die Eiablage	62
2.6.2	Das 1. Larvalstadium	63
2.6.3	Das 2. Larvalstadium	63
2.6.4	Das 3. Larvalstadium	63
2.6.5	Das 4. Larvalstadium	63
2.6.6	Das 5. und 6. Larvalstadium	64
2.6.7	Das Verhalten der Raupe	64
2.6.8	Unterschiede der Raupenzeichnung gegenüber <i>Zygaena</i>	65
2.7	Der Kokon und die Puppe	66
2.8	Dauer der imaginalen Flugzeiten	67
2.9	Parasiten, Feinde	69
3.	Morphologie	70
3.1	Das Geäder	70
3.2	Die Feinstruktur der Flügelschuppen	71
3.3	Die Besporung der Hinterbeine	72
3.4	Der männliche Genitalapparat	73
3.5	Der weibliche Genitalapparat	75
3.6	Der Kokon-Bau	76
4.	Die stammesgeschichtlichen Beziehungen	77
5.	Zusammenfassung	82
6.	Literaturverzeichnis	82

1. Einleitung und Problemstellung

Praezygaena (Subgen. *Epizygaenella*) *caschmirensis* (KOLLAR, 1848) (Abb. 6, 7) ist ein Vertreter der Tribus *Zygaenini* der in allen Erdteilen verbreiteten Lepidopterenfamilie der *Zygaenidae* (ALBERTI 1954). Das Verbreitungsgebiet dieser Art (Abb. 1) erstreckt sich am Südrand des himalayanischen Gebirgssystems von Ostafghanistan bis Nepal. Sie wurde — ursprünglich innerhalb der sonst rein paläarktisch verbreiteten Gattung *Zygaena* Fabricius, 1775, beschrieben — von JORDAN (1908) in die neu errichtete Gattung *Epizygaena* verwiesen und stand längere Zeit im Vordergrund taxonomischer Diskussionen, da sich — bis ALBERTI (1955) erstmals Genitaluntersuchungen durchführte — keine sicheren Abgrenzungsmöglichkeiten gegen *Zygaena* ergaben. Die Verhältnisse wurden noch dadurch kompliziert, daß für die nominelle Gattung *Epizygaena* Jordan, 1908 versehentlich ein Gattungstypus aus dem Genus *Zygaena* festgelegt worden war (*afghana* Moore, 1857) und daß daher für *caschmirensis* ein Substitutionsname (*Epizygaenella*) erforderlich wurde (TREMewan & POVOLNY 1968)¹⁾.

¹⁾ Die etwas verwickelten nomenklatorischen Verhältnisse wurden von TREMEWAN & POVOLNY (1968) endgültig geklärt. Sie werden im Rahmen dieser Arbeit daher nicht nochmals diskutiert, da ich mich in dieser Hinsicht den Ausführungen der beiden Autoren anschließe. Die in dieser Arbeit verwendete Nomenklatur weicht daher von der in den Arbeiten ALBERTI's (1954, 1955, 1956 und 1958/59) ab.

Vom Standpunkt der Biogeographie und der Evolutionsbiologie verdiente diese Art besonderes Interesse, seit ALBERTI (1955) erkannte, daß sie enge morphologische und habituelle Beziehungen zu einem größeren Komplex afrikanischer Arten besitzt, für die er die Gattung *Praezygaena* errichtete. Offenbar haben sich in Südafrika einige reliktdäre Vertreter ursprünglicher Zygaenini erhalten.

Die bisher über *P. caschmirensis* bekannten Angaben beziehen sich auf den Habitus und auf morphologische Details des Geäderbildes, der Bespornung der Hinterbeine und des Genitalapparates beider Geschlechter. Darüber hinausgehende Angaben zur Biologie, Variabilität, Gesamtverbreitung und zu den präimaginalen Stadien fehlen bisher oder haben sich im Verlaufe der hier wiedergegebenen Beobachtungen als unzutreffend herausgestellt. Es scheint daher angebracht, eigene, neue Beobachtungen zur Biologie von *P. caschmirensis* zusammenzustellen und, zusammen mit einer Überprüfung der morphologischen Befunde, die Beziehungen von *P. caschmirensis* zu der paläarktischen Gattung *Zygaena* vom Standpunkt der konsequent-phylogenetischen Systematik (HENNIG 1950, 1969; SCHLEE 1971) erneut zu interpretieren. Aus den ALBERTI'schen Untersuchungen läßt sich nämlich nicht mit Sicherheit erkennen, ob das Taxon *Praezygaena* (mit seinen beiden Teilgruppen in der Aethiopia und der Orientalis) monophyletisch entstanden ist oder nicht. Hier- von hängt aber die Antwort auf die Frage, ob die Zygaenini ein- oder mehrmals aus der Aethiopia in den orientalis-paläarktischen Raum eingewandert sind, ab (vgl. NAUMANN 1977 b).

1.1 Material und Methoden

Im Rahmen eines mehrjährigen Aufenthaltes in Afghanistan und nachfolgender Exkursionen ergab sich von 1970—1973 die Gelegenheit, *Praezygaena caschmirensis* im Freiland zu beobachten, Daten zur Ökologie, Biologie und Verbreitung dieser Art in Afghanistan zu sammeln und sie erstmals aus dem Ei zu züchten. Freilandbeobachtungen und Populationszählungen an einem Biotop standen hierbei im Vordergrund. Die meisten dieser Beobachtungen wurden im Talsystem des Dar-e-Nur, ca. 50 km nördlich von Jalalabad, Ostafghanistan, durchgeführt. Sobald die Futterpflanze eindeutig bekannt war, konnten zudem weitere Standorte an geeigneten Biotopen aufgefunden und somit die Gesamtverbreitung dieser Art in Ostafghanistan geklärt werden.

Genital- und andere morphologische Strukturen wurden nach leichter Mazeration in 10%iger KOH-Lösung präpariert, gereinigt und in der üblichen Weise entwässert und eingebettet. Die Auswertung und Zeichnung im Mikroskop erfolgte unter Zuhilfenahme eines Zeichenspiegels. — Soweit raster-elektronenoptische Aufnahmen angefertigt wurden, geschah dies nach der Oberflächenbehandlung mit Golddampf am Cambridge-Stereoscan des Paläontologischen Institutes, später auch des Institutes für Angewandte Zoologie, der Universität Bonn. Frau HEMMER und Frl. BELAI (beide Bonn) waren mir bei diesen Arbeiten behilflich, wofür ihnen an dieser Stelle bestens gedankt sei. Für die freundliche Bestimmung von Pflanzenmaterial und -fotos danke ich Herrn Prof. Dr. D. PODLECH, München. Zahlreiche Hinweise und Anregungen erhielt ich von den Herren Dr. B. ALBERTI (Göttingen), Dr. W. DIERL (München), Mag. G. TARMANN (Innsbruck), Dr. L. VARI (Pretoria), Dr. K. H. WIEGEL (München) und Th. WITT (München). Herrn St. RICHTER (Reutlingen) verdanke ich Untersuchungsmaterial aus dem Kumaon-Gebiet, der Zoologischen Staatssammlung (München) und Herrn Th. WITT (München) die Möglichkeit zur Bearbeitung von Material aus deren Sammlungen. — Für die Freilandarbeiten in Afghanistan stand im Rahmen der zwischen den Universitäten Bonn und Kabul bestehenden Partnerschaft zeitweise ein Exkursionsfahrzeug zur Verfügung.

1.2 Urbeschreibung, Historisches

P. caschmirensis wurde aus einer von dem österreichischen Baron HÜGEL in den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts in Kaschmir zusammengetragenen „Naturalien“-Ausbeute von KOLLAR (1848) wie folgt beschrieben:

„ZYGAENA CASCHMIRENSIS. Kllr.

Tab. XIX. Fig. 6

Alis anticis obscure-virescentibus, maculis quinque magnis subrotundatis pallide-flavis; posticis rubris margine fasciaque transversa nigris; collari flavo, abdomine rubro-cincto. — Expans. alar. 1" — 1",3".

Habitat. in regno Caschmir et in Himal.

Gestalt und Größe der Zyg. *Filipendulae* L., auch die Grundfarbe der Vorderflügel dieselbe, welche jedoch nicht rothe, sondern blossockergelbe Flecken führen und zwar fünf an der Zahl: einen großen, unmittelbar an der Flügelwurzel, zwei in der Mitte des Flügels von runder Form schief untereinander gestellt, und endlich zwei nahe an der Spitze des Flügels, von denen der innere rund, der äußere länglich und von allen der größte ist. Die Hinterflügel erscheinen von einer dieser Gattung eigenthümlichen rothen Färbung, sind schwarz gesäumt und mit einer schwarzen Binde durch die Mitte des Flügels versehen.

Die Unterseite entspricht der oberen, nur steht noch am Vorderrande der Hinterflügel, nahe an der Wurzel ein schwarzer Punkt. — Kopf und Leib sind dunkelgrün, der Halskragen gelb und ein breiter Streif vor der Spitze des Hinterleibes roth. — Die Fühler kolbig, dunkelgrün in's Bläuliche schillernd, an der Spitze weiss.

FREIHERR v. HÜGEL hat diese interessante Art sowohl aus dem Himalaya-Gebirge als aus Kaschmir mitgebracht, jedoch nur in wenigen Exemplaren.“

Der gut kenntlichen Beschreibung und der Abbildung ist lediglich anzufügen, daß sich an der Flügelwurzel zwei Flecken finden, die allerdings sehr nahe nebeneinander stehen. Der Besitz eines doppelten Fleckenpaares an der Flügelwurzel ist ein abgeleitetes Merkmal einiger spezialisierter *Zygaenini* (ALBERTI 1958/59, NAUMANN 1977 b).

Neues Material der Art wurde erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts (HAMPSON 1892) und während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Britisch-Indien gesammelt und befindet sich zum Großteil im Britischen Museum. Die erste Meldung aus Afghanistan stammt von HOLIK & SHELJUZHKO (1953: 124), allerdings mit der unzutreffenden Fundortangabe „Kabul“ nach einem Exemplar (♂) der coll. HEYDEMANN (Kiel), jetzt in Coll. WITT (München).

2. Beobachtungen und Ergebnisse

2.1 Verbreitung

Praezygaena caschmirensis ist in weiten Teilen der unteren, monsun-beeinflußten Gebirgsstufe des Himalaya-Systems und in den süd-östlichen Ausläufern des Hinduksch in Afghanistan und Pakistan verbreitet. Abb. 1 gibt die bisher aus der Literatur (HAMPSON 1892, TREMEWAN & POVOLNY 1968) bekanntgewordenen Fundorte (soweit sie aufgefunden werden konnten) und die Standorte eigener Beobachtungen (1970—73) wieder. Während die Art in Afghanistan den Westrand ihres Areals erreicht (siehe 2.2 Biotop), ist die östliche Begrenzung ihrer Verbreitung bisher nicht mit Sicherheit anzugeben. Die beiden Einzelfunde aus Nepal stellen die

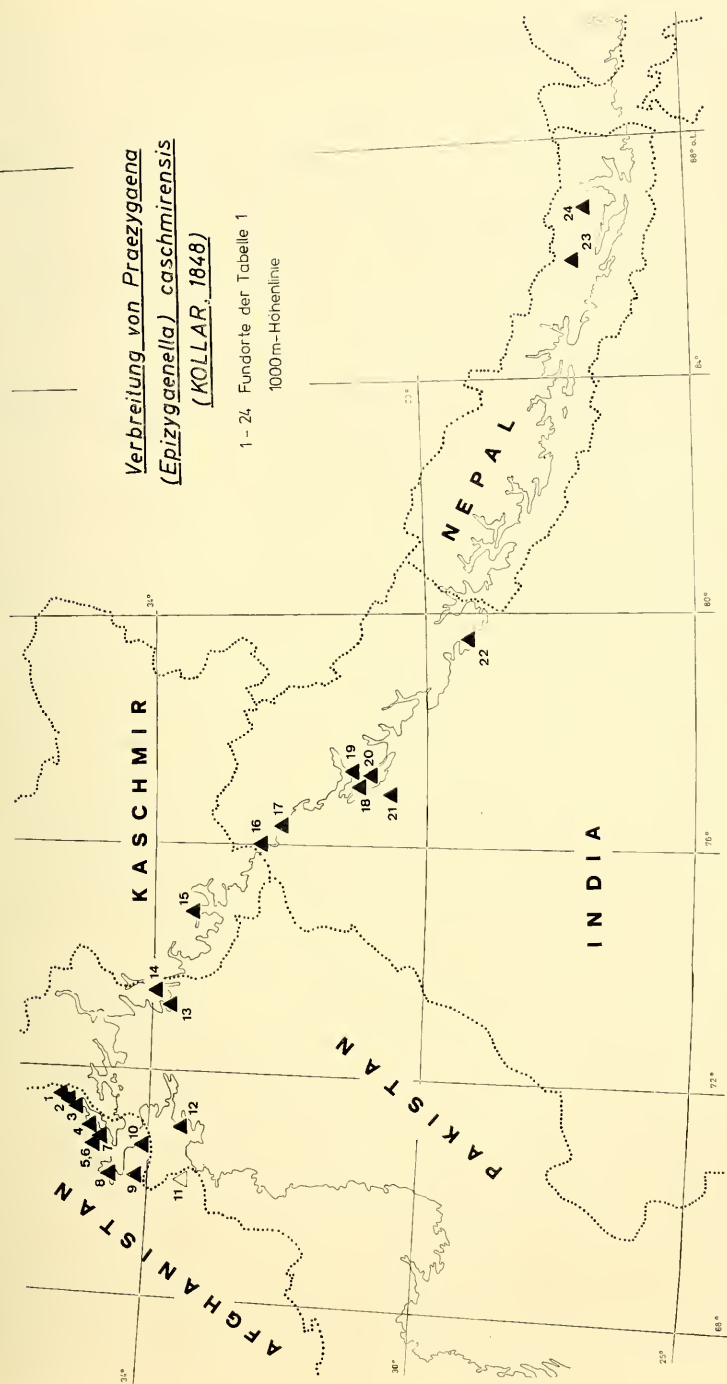


Abb. 1: Verbreitung von *Praezygaena* (*Epizygaenella*) *caschmirensis* (Kollar, 1848).

Tabelle 1: Zusammenstellung der Fundorte von *P. caschmirensis*
(die Numerierung entspricht den Angaben in Abb. 1):

Nr. Fundort	Belege in coll. (resp. Literaturangabe)
1 Prov. Kunar, Kunar-Tal 20 km südlich Barikot, 1040 m, 16. 4. 1971	Naumann, ZSM
2 Prov. Kunar, Kunar-Tal, 11 km nördlich Asmar, 950 m, 11. 4. 1971 (Shigal)	Naumann, ZSM Naumann, ZSM
3 Prov. Kunar, Kunar-Tal, 10 km südl. Asmar, 950 m, 11. 4. 1971 (Shigal)	
4 Prov. Nangarhar, Kunar-Tal, Fakirkot, 10. 9. 1973	Naumann
5 Prov. Nangarhar- Dar-e-Nur I, Buschzone unterhalb des Laubwaldgürtels, 1200—1500 m, März, April 1971, September 1971, April 1972, September 1972 und 1973	Naumann, Wiegel
6 Prov. Nangarhar, Dar-e-Nur II, Buschzone unterhalb des Laubwaldgürtels, ca. 1200—1400 m, März/April 1971, September/Okttober 1971	Naumann
7 Prov. Nangarhar, Dar-e-Nur III, Wiesen- und Kulturgebiete, stellenweise mit kleinen Ödlandflächen durchsetzt, April 1970, 1971 und 1972	Naumann
8 Prov. Laghman, vic. Laghman/Sherkana, 1000 m, 6. 4. 1972, leg. Kabakov	Naumann
9 Prov. Nangarhar, Safed-Koh-Nordseite, 40 km SW Jalalabad, Sengani, 1500 m, 2. 4. 1971	Naumann
10 Prov. Nangarhar, Safed-Koh-Nordseite, 40 km SSE Jalalabad, Oktober 1971 (L-2-Raupen geklopft)	Naumann
11 Prov. Paktia, Zamba-Schlucht bei Yaqubi, 16. 4. 1972: Fraßspuren an <i>Gymnosporia</i>	teste Naumann
12 Pakistan, Hangu, SW Peshawar, e. l. 11. 10. 1963, leg. M. N. Zaman	TREMEWAN & POVOLNY 1968
13 Pakistan, Islamabad, Stadtgebiet, 30. 3. 1972, leg. Freitag	Naumann
14 Pakistan, Khyra Gully, Murree Hills und 'Murree'	TREMEWAN & POVOLNY 1968
15 Süd-Kaschmir, Rajaori	TREMEWAN & POVOLNY 1968
16 India, Dalhousie	TREMEWAN & POVOLNY 1968
17 India, Kangra	TREMEWAN & POVOLNY 1968
18 India, Sabatoo (= ? Sabathu)	TREMEWAN & POVOLNY 1968
19 India, Simla	TREMEWAN & POVOLNY 1968

20	India, Solan bei Simla	TREMEWAN & POVOLNY 1968
21	India, Ambala, Punjab	TREMEWAN & POVOLNY 1968
22	India, Kumaon-Himalaya, Distr. Naini-Tal, Bhim-Tal, ca. 1500 m, 29. 3. — 4. 4. 1974, leg. Smetacek und 12.—19. 5. 1971, leg. de Freina	Naumann Witt
23	Nepal, Sun Khosi Tal, 2150 m, 2. V. 1962, leg. G. Ebert & H. Falkner (1 ♂)	ZSM
24	Nepal, Prov. 3 East, Jubing, 1600 m, 6. 5. 1964, leg. W. Dierl (1 ♀)	ZSM

Die nachstehenden von TREMEWAN & POVOLNY (1968) gemeldeten Fundorte konnten nicht lokalisiert werden und sind daher auf der Verbreitungskarte nicht eingetragen:

West Pakistan: Thundiana. — India: Chitta; Dangali; Dooniera; Ramargh; Kilu. — Allgemeine Angaben der Literatur wie ‚India, Kaschmir‘ usw. wurden nicht berücksichtigt.

ersten sicheren Nachweise für dieses Land dar und erweitern zugleich das bekannte Fluggebiet wesentlich nach Osten. Ob sich das Areal jedoch bis in den Bereich der Brahmaputra-Schlucht in Assam erstreckt, kann noch nicht übersehen werden. Dies ist nur dann zu erwarten, wenn die Futterpflanze dort ebenfalls vorkommt. In Ostafghanistan reicht das Areal (Abb. 2) im Kunar-Tal bis über Asmar hinaus nordwärts in eine Höhenstufe von etwa 1200—1400 m. Diesem Höhenbereich folgt die Art an den Talhängen, verläßt die Talsohle selbst bereits bei Asmar und findet sich im subtropischen Becken von Jalalabad einheitlich in der Höhenstufe von 1200 bis 1500 m, sofern nicht durch sekundäre Einflüsse der Lebensraum, speziell die Futterpflanze, vernichtet wurde. Westwärts konnten noch Exemplare bei Laghman nachgewiesen werden, während mehrere Nachsuchen in den nördlich angrenzenden Tälern von Alingar und Alisheng, auch zur Flugzeit der Imagines, vergeblich verliefen. RECHINGER (1969) nennt aus diesem Gebiet allerdings noch „Laghman, Najil, 1500 m“ als Standort der Futterpflanze *Gymnosporia royleana*. — Am Nordrand des Safed-Koh-Gebirges konnten zwei Standorte bei ca. 1300—1500 m festgestellt werden. Da diese Kette von Norden nur an wenigen Stellen zugänglich ist und die Biotope in einer Höhe liegen, die nur nach längerem Anweg erreichbar sind, ist anzunehmen, daß *P. caschmirensis* in diesem Gebiet noch an weiteren Standorten nachgewiesen werden kann.

Von besonderem Interesse ist der Nachweis der Art im Becken von Khost. Dort wächst die Futterpflanze *Gymnosporia royleana* an einer eng begrenzten Stelle am Eingang der Zamba-Schlucht bei Yaqubi (RECHINGER 1969, eigene Feststellungen). Ein weiterer Standort bei Tanni (südwestlich Khost) (PODLECH, mündliche Mitteilung) konnte leider nicht aufgesucht werden. — Imagines und Raupen konnten an diesem Standort nicht nachgewiesen werden; dafür fanden sich jedoch bei einer längeren Nachsuche am 19. 4. 1972 an den Frühljahrsblättern dieser Pflanze die sehr charakteristischen Fraßspuren der Eilarven von *P. caschmirensis* (siehe 2.6 Larvalentwicklung und Abb. 5). Es darf demnach angenommen werden, daß sich das Verbreitungsgebiet um den Nordrand des Safed-Koh-Gebirges über die Kurram Agency (Pakistan) am Ostabfall des afghanischen Hochlandes zum Indus-Becken bis zumindest in das Gebiet von Khost erstreckt, möglicherweise sogar noch weiter nach Süden.

In der Coll. WITT (München) befinden sich 5 ♂♂ 1 ♀ mit der Fundortangabe „Hindukusch, Dare-Nur, 2600 m, 10. 4. 1973, leg. Ing. FLAUGER“. Diese Angabe ist unzutreffend, denn der Standort Dar-e-Nur liegt ca. 100—120 km südlich des Hindukusch-Kammes und die *caschmirensis*-Standorte dieses Tales übersteigen mit Sicherheit nicht die 1500-m-Linie.

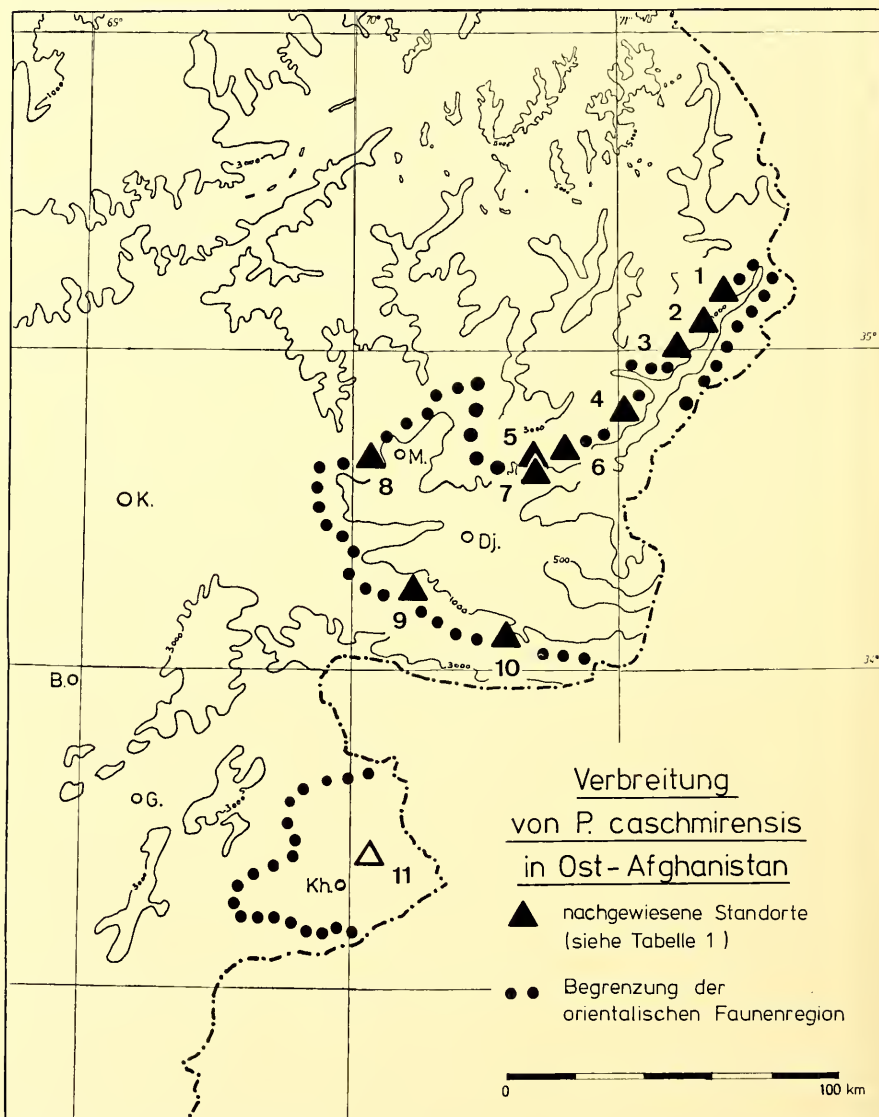
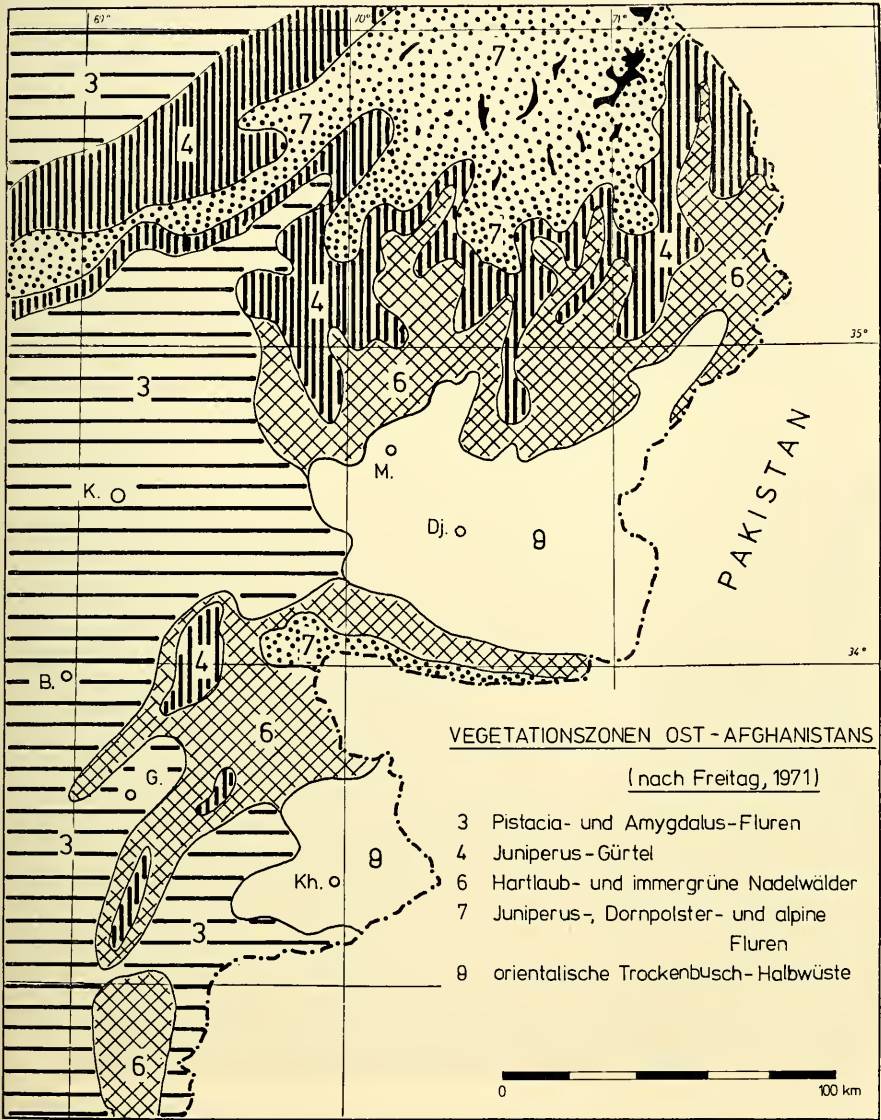


Abb. 2: a. Verbreitung von *P. caschmirensis* in Ost-Afghanistan.

In seiner Gesamt-Verbreitung erweist sich *P. caschmirensis* somit als ein typischer Vertreter der orientalischen Fauna, dessen Lebensräume im unmittelbaren Grenzbe-
reich zur Paläarktis liegen, jedoch nicht in dieses Gebiet eindringen.



b. Vegetationsgeographische Gliederung Ost-Afghanistans (nach FREITAG 1971, verändert).

2.2 Biotop

Die *caschmirensis*-Biotope Ostafghanistans liegen im oberen Bereich der subtropischen Dornbuschsteppe in Höhenlagen von 1200—1500 m (Abb. 3 und 4). Vereinzelt reichen bereits Gewächse der sogenannten „Hartlaub-Gesellschaften“ in diesen Bereich herein. *Quercus baloot* ist die auffälligste Leitform solcher Gesellschaften (FREITAG 1971). *P. caschmirensis* selbst dringt jedoch nicht mehr in geschlossene *Quercus baloot*-Bestände ein. Eine ausgedehnte Strauchschicht mit einer Anzahl von Zwergsträuchern ist vielmehr für den Lebensbereich dieser Art charakteristisch. Folgende Strauchformen treten besonders häufig auf und dürfen somit als charakteristisch für den Lebensraum von *P. caschmirensis* betrachtet werden: *Gymnosporia royleana* (Celestraceae), *Astragalus gracilis* (Fabaceae), *Sageretia brandrethiana* (Rhamnaceae) und vereinzelt auch *Acacia modesta*. Häufig sind die Standorte mit großen Beständen von *Dodonaea viscosa* (Sapintaceae) durchsetzt. Die Biotope liegen fast stets in Süd- bis Südost-Exposition an relativ stark (bis 45°) geneigten Hängen. Der Boden ist mit großen, silikathaltigen Gesteinsblöcken durchsetzt oder bedeckt. Zwischen diesen Blöcken finden sich vereinzelt sandige oder tonige Anschwemmungen. Die Biotope liegen in einer Zone, die im Winter bereits regelmäßigen Nachtfrösten, nur ausnahmsweise auch tagsüber andauernden Frösten ausgesetzt ist. Im schneereichen Winter 1971/72 waren die Biotope im Dar-e-Nur (Nr. 5—7 der Abb. 1 und 2) zeitweise mit einer 5—10 cm hohen Schneedecke überzogen.



Abb. 3: Lebensraum von *P. caschmirensis* in Ost-Afghanistan, Biotop Dar-e-Nur I. Der eigentliche Biotop liegt im Hintergrund über dem terrassierten Ackerbaugelände. Auf den Bergen im Hintergrund lockere Hartlaubwald-Gesellschaften.

Die beschriebenen Brutbiotope sind nicht stets mit den Aufenthaltsorten der Imagines identisch, obwohl während der Hauptflugzeit ein wesentlicher Prozentsatz der Populationen, besonders die ♀♀, in den beschriebenen Lebensräumen bleibt. Meist liegen die Biotope nur wenige Höhenmeter über der durch Bewässerungs- und Terrassenfeldbau genutzten Ackerbauzone (Abb. 3). An den Rändern solcher Bewässerungsgebiete finden sich meist zahlreiche Blütenpflanzen, die von den Imagines besucht werden und die daher nicht selten zu einer gewissen Konzentration der ♂♂ am Rande der Feldbauzone führt. — Die angrenzenden Trockenhänge werden im allgemeinen von Ziegen, vereinzelt auch von Schafen und Kühen beweidet. Da jedoch die Futterpflanze *Gymnosporia royleana* (Abb. 5) durch lange Dornen geschützt ist, wird sie durch die Beweidung nicht beeinträchtigt. Gleiches gilt für die Nutzung der Strauchschicht als Heizungs- und Feuerungsmaterial. Auch hier wird *Gymnosporia* vergleichsweise weniger als andere Sträucher genutzt. Nahrungspflanzen der Imagines fehlen in den beschriebenen Biotopen praktisch vollständig, so daß die Imagines aus diesem Grund gezwungen sind, ihre Standorte zeitweise zu verlassen.

Die oft recht hohen Individuendichten einzelner Populationen stehen in krassem Gegensatz zu der geringen Populationsdichte von *Zygaena*-Standorten in der Nähe menschlicher Siedlungs- und Beweidungsgebiete in der Hügelize (2000—3000 m) anderer Gebiete Afghanistans.

Zu dem ostnepalesischen Standort „Jubing“ (24 der Abb. 1) finden sich nähere Angaben bei DIERL (1966). Danach handelt es sich um einen warm-gemäßigten Standort im Bereich des *Castanopsis*-gemischten Laubwaldes. DIERL erhielt das einzige Beleg-Exemplar, ein ♀, von einem steilen, relativ vegetationsarmen und trockenen Hang, der eine Trockeninsel im Bereich der sonst üppigen, monsunbedingten Laubwaldzone darstellt (DIERL, mündliche Mitteilung). Vereinzelt finden sich im Biotop Bestände von *Pinus excelsa* auf felsigem Untergrund (vgl. Abb. 14, Hintergrund rechts, bei DIERL 1966). — Offensichtlich sind *caschmirensis*-Standorte im Ostteil des Areals kleiner und lokaler als in dem durch langsam abnehmende Niederschlagsmengen gekennzeichneten Westteil des Areals.

2.3 Die Futterpflanze (Abb. 4 und 5)

Nach den Angaben von KITAMURA (1955) ist *Gymnosporia royleana* (dort unter dem Synonym *G. montana* aufgeführt) von Afghanistan über Indien bis in den Malayischen Archipel und nach Australien verbreitet. Außerdem treten diese und andere *Gymnosporia*-Arten auch auf dem afrikanischen Kontinent auf (KITAMURA 1955, VARI, briefliche Mitteilung). Sicherlich reicht das Areal im Osten weiter als das der *P. caschmirensis*, da diese Art sonst sicherlich aus dem Malayischen Archipel oder aus Australien gemeldet worden wäre. Für Nepal gibt KITAMURA (l. c.) noch folgende *Gymnosporia*-Standorte an: „Between Kal Tal and Ngyak and Kakani hill, 2000 m.“ Man darf annehmen, daß *P. caschmirensis* sich auch an diesen beiden Standorten nachweisen lassen wird.

Alte Büsche von *Gymnosporia royleana* erreichen in Ostafghanistan Höhen von maximal 2 Metern. Man trifft sie bevorzugt am Rande großer Felsblöcke oder zwischen mehreren solchen Blöcken an, wo sie in den ersten Jahren, solange die Triebe noch weich sind, gegen die Abweidung geschützt sind. Diese Art stellt ein stenökes Element der oberen Dornbuschzone dar. Sie fehlt den tieferen (d. h. trok-



Abb. 4: Biotop von *P. caschmirensis* (Dar-e-Nur II) in einem trockenen Seitental, das nur nach gelegentlichen Regengüssen kurzfristig Wasser führt. Rechts und links des Bachbettes *Gymnosporia*-Büsche.

Abb. 5: Triebe der Futterpflanze *Gymnosporia royleana*. Die Pfeile weisen auf stark verfärbte Blattspitzen, die durch den Schabefraß von jungen *P. caschmirensis*-Raupen entstanden.

keneren und heißeren) Lagen des subtropischen Bereiches im Gebiet von Jalalabad ebenso regelmäßig wie der unteren Laubwaldzone. — Der Versuch Jungpflanzen unter den klimatisch vollkommen verschiedenen Bedingungen Kabuls zu halten scheiterte.

TREMEWAN & POVOLNY (1968) geben an, daß am Biotop von *P. caschmirensis* zahlreiche *Zizyphus*-Büsche wüchsen und daß in West-Pakistan eine Raupe an *Zizyphus* gezogen worden sei. Diese Angabe beruht auf einem Irrtum: *Zizyphus nummularia* (Rhamnaceae) ist zwar ebenfalls ein Vertreter der subtropischen Dornbuschsteppe, wächst jedoch stets in tieferen Lagen als *Gymnosporia* und wird auch — wie Versuche ergaben — als Futterpflanze von den Raupen von *P. caschmirensis* nicht angenommen. Der Verfasser konnte auch den von POVOLNY (briefliche Mitteilung) beschriebenen Fundplatz besuchen und feststellen, daß dort *Zizyphus* nicht wächst, die oben zitierte Angabe also irrtümlich erfolgte.

Die Tatsache, daß *P. caschmirensis* an *Gymnosporia* lebt, unterstreicht die engen Beziehungen zwischen den äthiopischen *Zygaenini* und *P. caschmirensis*. Auch der ursprünglichste Vertreter lebender *Zygaenini*, *Orna nebulosa* (GUÉRIN, 1829), lebt

an einer *Gymnosporia*-Art (*G. [Maytenus] buxifolia*) und an *Cassine* (*Elaeodendron*) *sphaerophyllum*, ebenfalls einer Celestracee (VARI, briefliche Mitteilung).

2.4 Das Verhalten der Imagines

Die Imagines von *P. caschmirensis* verbringen den größten Teil des Tages und die Nacht ruhend an den Ästen und Zweigen verschiedener Sträucher (Abb. 7). Bevorzugte Ruhepflanzen sind hierbei *Sageretia brandrethiana* und *Astragalus gracilis*, während man nur vereinzelt Exemplare, meist ♀♀, auf *Gymnosporia* vorfindet. Ganz selten wurden ruhende Exemplare auch an *Dodonea viscosa* und an anderen Pflanzen getroffen. Beliebt sind auch noch die getrockneten, vielfach für Einzäunungen verwendeten Zweige von *Acacia minuta*. Nach *Zygaena*-Art an senkrechten Grashalmen ruhende Exemplare wurden nicht beobachtet.

Die Hauptschwärmzeit der Männchen fällt in die Zeit von 11.00—13.30 Uhr (Ortszeit). In den ersten Vormittagsstunden sind die Temperaturen, zumindest während der Flugzeit der Frühjahrsgeneration, (s. u.) noch relativ gering, d. h. kaum höher als 20—23° C. Daß die Lufttemperatur eine erhebliche Rolle für die Aktivität der ♂♂ spielt, zeigt die Beobachtung, daß Exemplare an geschützteren Standorten, an denen die Temperaturen schneller ansteigen, bereits etwa 1 Stunde früher aktiv werden als solche an Biotopen mit freier Luftbewegung. — Frischgeschlüpfte ♀♀ beginnen etwa zur gleichen Zeit ihren Duftdrüsenapparat auszustülpen, worauf sehr schnell eine größere Anzahl von ♂♂ (bis zu 20) angelockt wird. Sobald es einem der Tiere gelungen ist die Kopula (Abb. 7) einzugehen, läßt die Schwärmaktivität der übrigen angelockten Tiere schnell nach. Diese lassen sich oft in einem Umkreis von etwa 2 m um das in Kopula sitzende Pärchen nieder. Die Kopulahaltung der beiden Partner entspricht genau der anderer Zygaeniden, d. h. ♂ und ♀ sitzen voneinander abgewandt, wobei meist das ♀ einen Teil der Flügel des ♂ mit seinen Flügelspitzen bedeckt; nur vereinzelt wurde auch der umgekehrte Fall beobachtet.

Der Flug der Tiere gleicht vollkommen dem von Vertretern der Gattung *Zygaena*. Er ist im allgemeinen geradlinig, bei Verfolgung schnell und führt fast nur zum Zwecke der Nahrungsaufnahme über die Grenzen des Biotops hinaus. Ganz vereinzelt kann man Exemplare beobachten, die sich größere Strecken vom Biotop oder von geeigneten Stellen mit Nahrungsblüten entfernt haben und bis zu anderen Standorten der Art gelangen könnten. Wie bei *Zygaena* fällt also die große Standorttreue der Imagines auf. — Die gelben Flecken des Vorderflügels fallen im Flug nicht auf, das Flugbild wird lediglich von den roten Hinterflügeln bestimmt.

Als Nahrungspflanzen der Imagines kommen nur wenige Arten in Betracht: ♂♂ der Frühjahrsgeneration umflogen im Dar-e-Nur besonders gerne blühende Maulbeerbäume, deren Blütebeginn etwa mit dem der Flugzeit von *P. caschmirensis* übereinstimmt. Etwas später beginnt auf den umliegenden Feldern die Blüte von *Coriandrum sativum* (Umbelliferae), die hier als Gewürzpflanze in abwechselnden Reihen mit *Papaver somniferum* angebaut wird. Die Blüten dieser Pflanze besitzen eine enorme Attraktivität auf die ♂♂. Im oberen Kunar-Tal wurden an einer eng begrenzten Stelle zahlreiche ♂♂ beobachtet, die an *Coriandrum* saugten und deren nächster *Gymnosporia*-Standort wenigstens 1,5 km entfernt war. Im gleichen Gebiet wurden an der Straße Asmar-Barikot auch auffallend viele Imagines an einem nicht näher bestimmten Busch mit kleinen, fliederartigen Blüten beobachtet. Auch diese Pflanze schien eine hohe Attraktivität zu besitzen und wurde anderen im Gebiet stehenden Blütenpflanzen vorgezogen.

♂♂ der Herbstgeneration (gen. aut. *postcaschmirensis*) beginnen den Flug wegen der dann höheren Temperaturen bereits früher am Tage und sind auch noch bis etwa 15 Uhr schwärmend zu beobachten. Sie bevorzugen als Nahrungspflanzen *Acacia modesta*, die zu dieser Zeit ihre zweite Blüteperiode hat.

2.5 Die Variabilität der Imagines

Die Imagines von *P. caschmirensis* unterliegen einer geringen phänotypischen Variabilität (innerhalb einer gegebenen Population), ferner einer geographischen und einer saisonären Variabilität.

2.5.1 Die geographische Variabilität (Abb. 6)

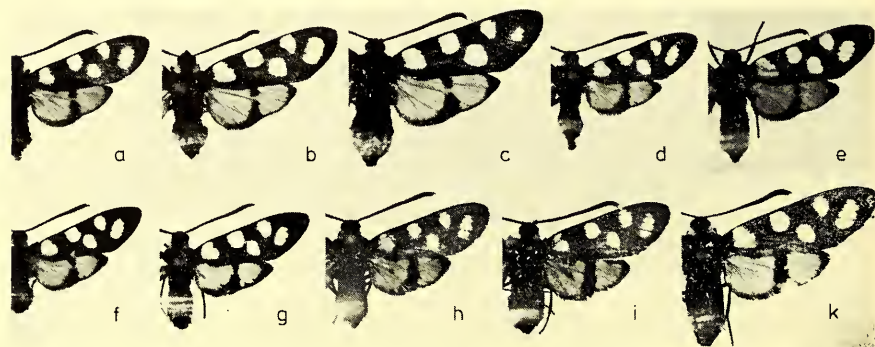


Abb. 6: Die Variabilität von *P. caschmirensis*: a, b, c: gen. vern. *caschmirensis* ♂, ♀, ♀ (Dar-e-Nur 21. 3. 1971). Das auf Bild c gezeigte ♀ trägt einen aberrativ reduzierten Vorderflügelfleck 6 (26. 3. 1971). d, e: gen. autumn. *postcaschmirensis*, Holotypus ♂, Allotypus ♀ (Dar-e-Nur, 1. 10. 1971). f, g: gen. aest. *aestivocashmirensis*, Holotypus ♂, Paratypus ♀ (Dar-e-Nur, a. o. (Kabul) 17. und 7. 7. 1971). h, i, k: ssp. *asoka* Moore: India, Naini-Tal, Bhim-Tal, 1500 m, 28. 3. — 4. 4. 1974). Alle Belegstücke in coll. NAUMANN.
150

Die vorliegenden Stücke afghanischer und pakistanischer Populationen sowie nord-indische Tiere (mit Ausnahme solcher aus dem Kumaon-Gebiet) stimmen habituell vollkommen überein. Zwischen beiden Geschlechtern besteht allerdings eine erhebliche Größendifferenz (vgl. Tabelle 2). Alle diese Populationen (Nr. 1—21 der Abb. 1) sind der typischen *P. caschmirensis* (locus typicus: Kaschmir) zuzurechnen. Eine aus dem Kumaon-Himalaya vorliegende Serie (Distr. Naini-Tal, vic. Bhim-Tal, ca. 1500 m, 28. 3.—4. 4. 1974, leg. F. Smetacek; insgesamt 8 ♂♂ 6 ♀♀) weicht jedoch habituell von diesen Stücken erheblich ab. Auf diese kleine Serie¹⁾ und die beiden vorliegenden Stücke aus Nepal (Nr. 23 und 24 der Abb. 1) trifft die Diagnose der von MOORE (1879) beschriebenen „*Zygaena*“ *asoka* zu, die demzufolge als *Praezygaena* (Subgen. *Epizygaenella*) *caschmirensis* ssp. *asoka* (MOORE, 1879)

¹⁾ Vom gleichen Fundort finden sich 18 ♂♂ 9 ♀♀, 12.—19. 5. 1971, leg. DE FREINA, in coll. WITT (München).

(comb. nov.) zu behandeln ist. Sie unterscheidet sich von Stücken der ssp. *caschmirensis* aus Afghanistan, Dar-e-Nur, in Übereinstimmung mit der MOORE'schen Diagnose wie folgt: größer (vgl. Tabelle 2), Vorderflügelstellen relativ kleiner, Fleck 6 bei den meisten ♂♂, manchmal auch bei den ♀♀, von dunkel bestäubten Flügeladern durchschnitten und dann meist wesentlich kleiner als bei ssp. *caschmirensis*. Die Hinterflügel-Querbinde ist nahezu stets breit schwarz geschlossen, so daß zwei getrennte, rote Flügelfelder entstehen. Außerdem tritt im Hinterflügel regelmäßig im oberen Teil des Innenfeldes ein schwarzer Längsstrich auf, ferner (bei 3 ♂♂), ebenfalls im basalen Rotfeld, an der Analis ein keilförmiger, dunkler Längsstrich, der in Extremfällen (1 ♂, Abb. 6 i) zu einem breiten Längsdreieck ausgezogen ist, dessen Spitze zur Flügelbasis weist.

Tabelle 2: Variabilität der Flügellängen bei *P. caschmirensis*

		\overline{x} [mm]	♂ s	n	\overline{x} [mm]	♀ s	n
gen. vern. <i>caschmirensis</i>	Dar-e-Nur I	13,5	0,57	15	16,1	0,60	15
	11 km N Asmar	13,3	0,52	15	16,5	0,69	15
	Safed-Koh: Sengani	12,8	0,52	6	16,0	—	1
gen. aest. <i>aestivocaschmirensis</i>	Dar-e-Nur I	12,6	0,42	5	15,5	19,0	2
gen. autumn. <i>postcaschmirensis</i>	Dar-e-Nur I	11,7	0,59	15	14,7	0,67	15
ssp. <i>asoka</i>	India, Naini-Tal	14,2	0,37	8	17,1	1,36	6

HAMPSON's Angabe (1892: 230—231) „males from Nepal in the British Museum are exactly intermediate between the two forms“ trifft auf die beiden vorliegenden Nepal-Stücke jedenfalls nicht zu. Diese liegen im Bereich der Variationsbreite der ssp. *asoka*.

An der gleichen Stelle beschrieb HAMPSON noch eine weitere, zu *Praezygaena* (Subgen. *Epizygaenella*) zu stellende Art als „*Zygaena erythrosoma*“: „♀. Differs. from typical *caschmirensis* in being without the yellow spots on the collar, and in having the whole of the terminal segments of the abdomen crimson. Hab. Almora. Exp. 36 mm. Type in B. M.“

ALBERTI (1958/59), der zwei Stücke im Britischen Museum einsehen konnte, äußerte Zweifel an der Artberechtigung von *erythrosoma*. Da auch der Fundort „Almora“ (im Kumaon-Himalaya) nur etwa 50 km von den vorliegenden Tieren aus Naini Tal entfernt liegt, wäre eine Verwechslung mit leicht abweichenden Tieren der ssp. *asoka* denkbar. Für die Synonymie beider beschriebener Taxa sprechen folgende Beobachtungen: bei Trockenmaterial von *P. caschmirensis* sind die Abdominalsegmente oft so eingezogen, daß sie einfarbig rot erscheinen. In Wirklichkeit

ist jedoch nur der kaudale Teil der Segmente rot beschuppt. Die Patagia-Flecken können bei leicht geflogenen Stücken oder während des Fanges abgerieben werden. — Das Artrecht von *P. erythrosoma* bleibt jedenfalls fraglich, solange nicht neues Material aus dem Kumaon-Himalaya untersucht werden kann.

2.5.2 Die saisonäre Variabilität (Abb. 6)

Tiere der ersten Generation (gen. vern. *caschmirensis*) unterscheiden sich durch ihre erhebliche Größe (vgl. Tabelle 2) von solchen der 2. und 3. Generation. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die 2. Generation lediglich aus einer ab-ovo-Zucht bekannt ist (siehe 2.6). Beim Vergleich größerer Serien zeigt sich, daß die Sommergeneration (gen. aest. *aestivocaschmirensis*, f. n.) durch geringere Größe und durch eine schwächere Ausprägung des vom Vorderrand ausgehenden Hinterflügelzahnes ausgezeichnet ist. Auch der Hinterflügelraum ist breiter. (Holotypus ♂, Dar-e-Nur, 1200 m, ab ovo [Kabul] 6.7.1971; Allotypus ♀, Paratypen ♂♂ und ♀ mit Schlupfzeiten vom 8.6.—21.7.1971, coll. Naumann). Bei der Herbstgeneration (gen. aut. *postcaschmirensis*, f. n.) fällt wie bei der Sommergeneration die geringere Größe, daneben aber auch die blassere Grundfärbung der Exemplare und eine schwächere Ausprägung der Hinterflügelzeichnung, besonders im Costalbereich, auf. (Holotypus ♂, Dar-e-Nur, 1200 m, 1.10.1971; Allotypus ♀, zahlreiche Paratypen ♂♂ und ♀♀ vom September und Oktober 1971, 1972 und 1973, coll. NAUMANN).

Über die Dauer der einzelnen Flugperioden wird im Abschnitt 2.8 berichtet.

Ob auch bei der ssp. *asoka* mehrere Generationen auftreten, ist nicht bekannt. Aus dem späten Flugtermin der nepalesischen Tiere und den Mai-Tieren in coll. WITT aus dem Kumaon könnte geschlossen werden, daß es sich hier bereits um eine zweite Generation handelt.

2.5.3 Die phänotypische Variabilität (Abb. 6)

Die phänotypische Variabilität der Imagines ist (bei afghanischen Stücken der ssp. *caschmirensis*) außerordentlich gering. Unter etwa 2000 beobachteten und markierten Individuen fanden sich nur drei Exemplare, bei denen der Nierenfleck (6) der Vorderflügel auf etwa die Hälfte seiner normalen Größe reduziert bzw. bei

Abb. 7: Kopula von *P. caschmirensis* gen. autumn. *postcaschmirensis* an *Acacia modesta* (Dar-e-Nur I, 1.10.1971).

Abb. 8: L 1-Raupe, Länge etwa 2,5 mm.

Abb. 9: L 3-Raupe, Länge etwa 3,5 mm.

Abb. 10: Adulte Raupe von *P. caschmirensis*, Ansicht von dorsal. Die Verteilung der Subdorsalflecken ist gut erkennbar. Länge ca. 20 mm (Dar-e-Nur, ab ovo-Zucht Kabul, Juni 1971).

Abb. 11: Adulte Raupe von *P. caschmirensis*, Lateralansicht. Länge etwa 18 mm (Dar-e-Nur, ab ovo-Zucht Kabul, Juni 1971).

Abb. 12: Adulte *P. caschmirensis*-Raupe, Vorderkörper von vorne gesehen. Die weit vorgezogene „Kapuze“ ist gut erkennbar.

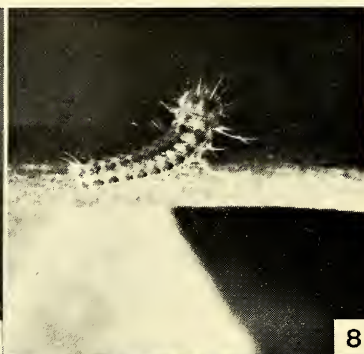
Abb. 13: Kokon von *P. caschmirensis* an einem Aststück von *Gymnosporia royleana*.

einem Tier sogar ganz verschwunden war. Bei einem Tier ist eine breite Konfluenz der sonst isoliert stehenden Flecken 3 und 4 zu beobachten.

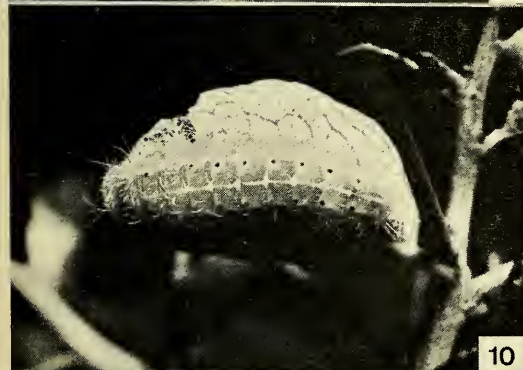
Im Hinterflügel erstreckt sich die Variabilität lediglich auf die Breite des Hinterflügelsaumes und der Verbindung zwischen vorderem und hinterem Flügelzahn. Letztere ist nur bei etwa 10% der ♂♂ (1% der ♀♀) der Frühjahrsgeneration ge-



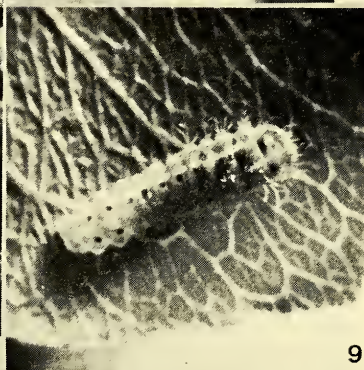
7



8



10



9



11



12



13

geschlossen. In etwa gleicher Häufigkeit findet sich der bei der ssp. *asoka* bereits erwähnte, keilförmige Fleck entlang der Anals.

Die ♂♂ tragen auf den Segmenten 5, 6 und 7, die ♀♀ nur auf den Segmenten 5 und 6 den bereits beschriebenen, nur dorsal ausgebildeten Hinterleibsgürtel. Dieses Merkmal ist ganz konstant ausgebildet.

2.6 Die Larval-Entwicklung

Freilandraupen erhält man mühelos durch Abklopfen der Futterpflanze kurz nach Beendigung der Flugzeit der Imagines. Eine ziemlich sichere Bestimmung der einzelnen Stadien ist über die Kopfkapselbreite der Raupen möglich (Abb. 14).

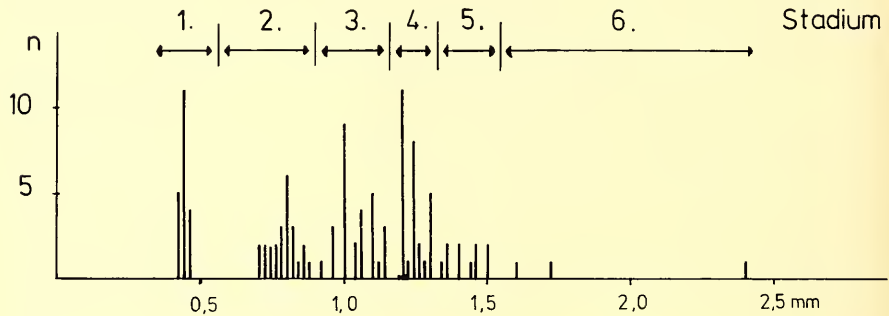


Abb. 14: Kopfkapselbreiten der einzelnen Larvalstadien von *P. caschmirensis* (Nachkommen der Frühjahrsgeneration, Freilandmaterial).

Um die einzelnen Stadien und die gesamte Larvalentwicklung besser verfolgen zu können, wurde 1971 in Kabul eine ab-ovo-Zucht durchgeführt. Die Eier stammten von im Dar-e-Nur gefangenen Freiland-♀♀. Die Aufzucht erfolgte mit der Futterpflanze *Gymnosporia royleana*, die in regelmäßigen Abständen aus dem ca. 200 km entfernten Dar-e-Nur herangeschafft werden mußte. Bei dieser Zucht eingetretene Verluste sind im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß nicht stets frisches Futter in ausreichender Menge zur Verfügung stand. Besonders die Jungraupen litten unter diesem Mangel, da sie ältere Blätter nur zögernd annahmen.

Parallel zu dieser Zucht wurden regelmäßig Freilandraupen geklopft und fixiert, um das Wachstum im Freiland mit dem der unter den Kabuler Bedingungen gezogenen Tieren vergleichen zu können. Hierbei ergab sich, daß die Tiere der Laborzucht anfänglich nahezu gleich schnell wie die Freilandraupen heranwuchsen. Vom 4. Stadium an trat im Labor jedoch eine Verzögerung gegenüber den Freilandtieren ein, die vermutlich auf die niedrigeren Temperatur-Bedingungen zurückzuführen ist (Kabul liegt in ca. 1800 m Höhe). Der Großteil der Raupen war daher erst Ende Juni (im Freiland Anfang bis Mitte Juni) erwachsen.

2.6.1 Das Ei und die Eiablage

Leider ist es nicht gelungen, die Eiablage im Gelände unmittelbar zu beobachten. Auch nach der Entdeckung der Futterpflanze blieb die Suche nach Eiern auf der

Blattunterseite oder an Triebspitzen ergebnislos. — In der Gefangenschaft konnte die Eiablage zunächst ebenfalls nicht erreicht werden. Erst als die Behälter zufällig für wenige Minuten starker Sonneneinstrahlung und Erwärmung ausgesetzt waren, begannen die Weibchen einen sonst nicht beobachteten Schwirrflug und gleichzeitig mit der Eiablage. Es darf daher angenommen werden, daß die Eiablage auch im Freiland nur bei hohen Temperaturen erfolgt, wie es ähnlich auch für eine Reihe asiatischer *Zygaena*-Arten beobachtet wurde (NAUMANN, unveröffentlicht).

Das Ei ist blaßgelb, länglich-elliptisch, aufrechtstehend. Die Mikropyle liegt oben, am freien Eiende. Die Eidauer beträgt, je nach Temperatur-Verhältnissen, 10—12 Tage (Ablage am 1. 4., Schlupf am 10. 4.; Ablage am 26. 9., Schlupf am 8. 10.).

2.6.2 Das 1. Larvalstadium (L 1) (Abb. 8)

Die Eiraupe (Abb. 8) ist weißgrau, trägt auf jeder Seite Primärborsten und zeigt keine auffällige Pigmentierung. Der Kopf wird, wie auch bei anderen *Zygaeniden* üblich, nach das kapuzenartig nach vorn gezogene 1. Thorakalsegment eingezogen (vgl. Abb. 11). Diese Erscheinung ist bei *P. caschmirensis* stärker als bei *Zygaena*, jedoch in ähnlicher Weise wie bei *Procris* F. (TARMANN, persönliche Mitteilung) ausgebildet.

2.6.3 Das 2. Larvalstadium (L 2)

Die Grundfarbe der Raupe ist ein helles Grau-violett; die Primärborsten des 1. Stadiums sind zu Gruppen von jeweils mehreren Sekundärborsten umgewandelt, deren Zahl in den folgenden Stadien noch zunimmt. Unter den Ocelli der Kopfkapsel hat sich ein dunkler Pigmentfleck gebildet, der in allen späteren Stadien erhalten bleibt. Die auffälligste Veränderung gegenüber der Eiraupe besteht jedoch in einer Reihe schwarzer Subdorsalflecke am Vorderrand der Segmente 3 und 5—11. Der Subdorsalfleck fehlt also den Segmenten 1—2, 4 und 12—14. Er bleibt in den folgenden Stadien erhalten und bildet gemeinsam mit später hinzutretenden Zeichnungselementen ein auffälliges Muster.

2.6.4 Das 3. Larvalstadium (L 3) (Abb. 9)

Die Grundfarbe nimmt einen leicht grünlich-bräunlichen Farbton an, entspricht jedoch eher dem Stadium 2 als den folgenden Stadien. Eine helle Dorsallinie ist angedeutet. Unter den Subdorsalflecken steht ein kleiner, weißlicher Fleck und auf der gleichen Höhe, jedoch am Segmenthinterrand, ein gelber Pigmentfleck auf den Segmenten 2—11, also auch auf dem 1. Abdominalsegment, dem ja der Subdorsalfleck fehlt.

2.6.5 Das 4. Larvalstadium (L 4)

Mit der Häutung L 3/L 4 erfolgt ein grundlegender Farbwechsel: die Grundfarbe der Raupe ist von nun an ein leuchtendes Hellgrün; folgende Zeichnungselemente lassen sich erkennen:

1. eine helle Dorsallinie auf den Segmenten 2—12, die in jedem Segment beim Übergang in das nächstfolgende durch einen gelben Pigmentfleck begrenzt wird. Dieser ist an seinem Hinterrand seitlich verbreitert.

2. schwarze Subdorsalflecken auf den Segmenten 3 und 5—11.
3. eine helle Subdorsallinie, die am Segmentende wie die Dorsallinie durch einen gelben Pigmentfleck beendet wird. Diese Pigmentflecke finden sich auf den Segmenten 2—12.

Jedes Segment trägt somit insgesamt drei endständige Pigmentflecke, einen schwarzen, vorderrandständigen Subdorsalfleck und eine helle Dorsal- sowie zwei helle Subdorsallinien.

2.6.6 Das 5. und 6. Larvalstadium (L 5 und L 6) (Abb. 10, 11 und 12)

In den beiden letzten Stadien tritt eine Veränderung des Zeichnungsmusters nur noch durch eine sich langsam steigernde, kräftigere Ausbildung der beschriebenen Zeichnungselemente auf dem (durch die Farbe der Hämolymphe bedingten) grünlichen Farbgrund auf. Fixierte Exemplare verlieren die Färbung vollkommen, lediglich die Pigmentierung der Subdorsalflecken, der Borstenbasen und die im Bereich der Ausführgänge der Wehrdrüsen bleiben erhalten.

Erwachsene Raupen von *P. caschmirensis* erreichen eine Länge von etwa 23 bis 25 mm, wobei die Daten je nach dem Streckungszustand der Raupe nach oben oder unten abweichen. Der angegebene Wert entspricht etwa der normalen Ruhelage.

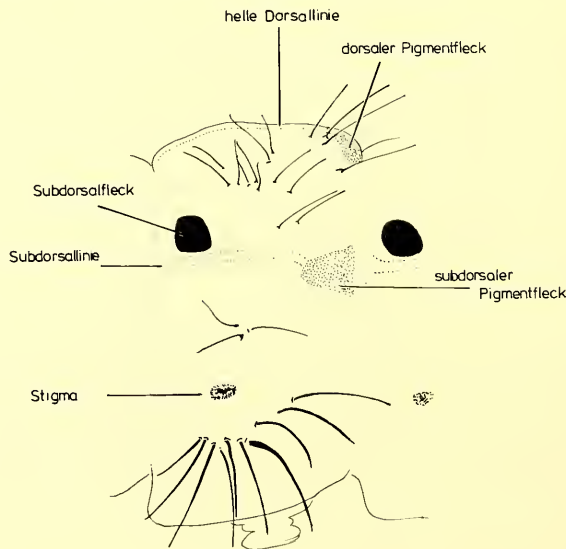


Abb. 15: Zeichnung des 6. Segmentes einer L 6-Raupe von *P. caschmirensis*, schematisch. Die beiden Pigmentflecke sind gelb, die Dorsallinie und die Subdorsallinie weißlich, der Subdorsalfleck schwarz, die Grundfarbe hellgrün.

2.6.7 Das Verhalten der Raupe

Jungrauen bis zum 3. Stadium lassen sich bei Störungen (etwa Erschütterungen der Futterpflanzen) an einem Seidenfaden in die Tiefe fallen, wie dies auch *Zyga-*

na-Raupen und vermutlich die meisten Zygaeniden tun. Größere Raupen rollen sich hingegen bei Störung asselförmig ein und fallen in dieser Haltung zu Boden.

Während der Stadien 1—3 halten sich die Raupen ganztägig auf der Futterpflanze auf, während größere Tiere, besonders während der Stadien 5 und 6, die Pflanze anscheinend zeitweise verlassen und dann vermutlich am Boden versteckt ruhen. Jedenfalls gelang es nur ausnahmsweise erwachsene Raupen durch Käschern und Abklopfen der Futterpflanze zu erhalten, wie dies bei den Stadien 1—3 ohne weiteres der Fall ist.

Die Eiraupe fällt durch einen Schabefraß auf, der besonders bei den Frühjahrs-trieben der Futterpflanze (die noch weich und nicht lederartig verhärtet sind) auffällt. Dieser Fraß führt zu sehr charakteristischen braunen Trockenstellen im Parenchym der befallenen Blätter (Abb. 5). An den Trockenstellen dieser Blätter lassen sich befallene Pflanzen sofort erkennen und in einigen Fällen gelang es, weitere Biotope an Hand dieser charakteristischen Fraßbilder zu erkennen und anschließend dort Raupen zu finden (Klopfproben).

Die Raupen fressen in unregelmäßigen Abständen, meist nachts oder in der Dämmerung, jedoch wurden auch vereinzelt tagsüber fressende Raupen angetroffen. Beobachtungen über den Freßrhythmus, die an der in Kabul durchgeführten ab-ovo-Zucht vorgenommen wurden, können nicht generalisiert werden, da die Raupen im Verlaufe dieser Zucht oft mehrere Tage ohne Futter aushalten mußten.

2.6.8 Unterschiede der Raupenzeichnung gegenüber *Zygaena*

Gegenüber den Raupen der paläarktischen Gattung *Zygaena* bestehen einige auffällige Unterschiede, die bereits an dieser Stelle zusammengefaßt seien:

1. starke Kapuzenbildung des 1. Segmentes (Abb. 12): der Kopf der Raupe liegt auch beim Fressen vollkommen geschützt und tritt nur ganz vereinzelt bei extremen Such- und Streckbewegungen aus dieser Kapuze heraus.
2. Ein Diapausestadium (wie bei *Zygaena*) fehlt gänzlich. Dies gilt auch für die Nachkommen der Herbstgeneration, die den ganzen Winter über fressend angetroffen werden, wenn es die Temperaturverhältnisse zulassen. Die Mehrzahl der *Zygaena*-Arten ist hingegen univoltin und überwintert in einem besonderen Diapausestadium (meist L 4), in dem keine Nahrung aufgenommen wird. Erst nach der Häutung L 4 / L 5 (die mit einem auffälligen, der Häutung L 3 / L 4 bei *caschmirensis* entsprechenden) Farbwechsel verbunden ist, erfolgt die erneute Nahrungsaufnahme (BURGEFF 1970; UEBEL 1974, eigene Beobachtungen). *P. caschmirensis* verhält sich also wie die Nachkommen der 1. Generation zweibrütiger Arten von *Zygaena* (z. B. *fausta*, *elodia*, bestimmte Populationen von *transalpina* und *filipendulae*), die ihre Entwicklung ebenfalls ohne Zwischenschaltung eines Diapausestadiums vollenden können. — Die phylogenetische Bedeutung dieses Befundes soll später (Abschnitt 4) diskutiert werden.
3. Ein sehr auffälliger Unterschied liegt in der Verteilung der Subdorsalflecken. Bei allen auf dieses Merkmal hin untersuchten *Zygaena*-Arten (*afghana*, *fausta*, *elodia*, *carniolic*, *occitanica*, *rhodamanthus*, *viciae*, *transalpina*, *elegans*, *filipendulae*, *trifolii*, *lonicer*, *tamara*, *purpur* und *pimpinellae*)

erstrecken sich die am Segmentvorderrand stehenden Subdorsalflecken auf die Segmente 2—12, also auch auf das 2. Thorakal- und das 1. Abdominalsegment. Am Segmentende finden sich bei vielen Formen ebenfalls Subdorsalflecken, die mit den vorderen sogar zu einer Binde vereinigt sein können. Diese stehen auf den Segmenten 1—11.

4. Die Raupe von *P. caschmirensis* lebt, wie die der afrikanischen *Zygaenini*, an einer Celestracee, während alle *Zygaena*-Arten entweder an Fabaceen oder an Umbelliferen leben. Einige Arten, deren Raupen an anderen niederen Pflanzen leben, dürfen als stark abgeleitete Sonderentwicklungen betrachtet werden (ALBERTI 1958/59). Jedes der drei derzeit anerkannten Subgenera lebt jeweils auf einer der genannten Pflanzengruppen (Subgen. *Agrumenia* und *Zygaena* an Fabaceen, *Mesembrynus* an Umbelliferen, sekundär auch an Labiaten).

2.7 Der Kokon und die Puppe

Der Kokon von *P. caschmirensis* ist einheitlich hellgelblich bis hellbräunlich. Seine Gestalt ist länglich-kahnförmig (Abb. 13) bis spindelförmig. Die spezielle Form ist (wie auch bei *Zygaena*) abhängig von dem Untergrund, an dem er befestigt wird. Er gleicht in seinem Aufbau und in seiner Gestalt ganz den Kokons von *Zygaena afghana* und anderen vorderasiatischen Arten des Subgenus *Agrumenia*. Entsprechend enthält auch er Calcium-Oxalat-Kristalle in der Modifikation des Whewellit ($\text{CaO} \cdot \text{C}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$) (NAUMANN, 1977 a). Diese Kristalle (Abb. 18) sind länglich-schindelförmig und abgeflacht. Sie entsprechen weitgehend dem auch bei ursprünglichen Formen des Genus *Zygaena* verbreiteten morphologischen Typus.

Das Gespinst wird in der Regel an versteckten Stellen in der Vegetation, meist in Bodennähe, angelegt. Besonders bevorzugt sind gegen Regenwasser geschützte Stellen unter größeren Steinen und Felsblöcken. Oft finden sich in den Dorngebüschchen der Futterpflanze größere Felsbrocken, die möglicherweise von der ansässigen Bevölkerung bei der Bereinigung von Weide- und Wegflächen in den Gebüschchen deponiert wurden. Im Schutz der Unterseite solcher Steine finden sich die Kokons, teils am Stein selbst, teils an geschützt liegenden Stengel- oder Holzteilen, in größeren Mengen. Da sich die Kokons an solchen Stellen in unterschiedlichem Erhaltungszustand befinden, ist anzunehmen, daß es sich hier um Ansammlungen handelt, die im Verlaufe mehrerer Jahre entstanden sind. — Die Kutikula der Puppe selbst ist nur schwach sklerotisiert. Die Exuvie wird beim Schlüpfen, ganz wie dies auch beim Schlupfvorgang von *Zygaena* erfolgt, teilweise aus dem Kokon herausgezogen und bleibt dann an der „Reuse“ hängen, wenn der Falter die Puppe ganz verläßt.

Ganz selten finden sich Gespinste auch an höher gelegenen Teilen der Futterpflanze, dann meist an schwer sichtbaren Stellen. Nach Art einiger Angehöriger des Subgenus *Zygaena* an Halmen oder Gräsern frei angelegte Kokons wurden nicht beobachtet.

Die Imagines schlüpfen etwa ab 8.00 Uhr morgens bis höchstens 10.00 Uhr. Im allgemeinen ist der Schlupf jedoch bereits gegen 9.00 Uhr beendet. Man kann frisch geschlüpfte und nur teilweise entwickelte Exemplare manchmal in der niederen Vegetation, seltener an Steinen oder Felsblöcken hängend beobachten. Die Entwicklungsdauer beträgt ca. 25—35 Minuten, vom Verlassen der Puppe bis zum Zusammenlegen der erhärteten Flügel über dem Abdomen gerechnet.

Tabelle 3: Dauer des Puppenstadiums

	♀	♂	♂	♀	♀
Kokonbeginn	3. 4. 72	13. 9.	13. 9.	?	?
Verpuppung	5. 4. 72	17. 9.	17. 9.	17. 9.	22. 9.
Schlupf	11. 5. 72	30. 9.	30. 9.	30. 9.	8. 10.
Dauer des Puppen- stadiums (Tage)	35	13	13	13	16

Die Dauer des Puppenstadiums konnte in einigen Fällen an im Freiland gefundenen Raupen (allerdings unter den klimatischen Bedingungen Kabuls) überprüft werden (vgl. Tabelle 3). Die für das ♀ Nr. 1 angegebene Schlupfzeit darf als anomal lang angesehen werden. Die Entwicklung erfolgte während eines Kälteeinbruchs im ungeheizten Raum. Am Biotop der Raupe ließen sich zum Zeitpunkt des Schlüpfens bereits seit einiger Zeit keine Imagines mehr nachweisen. — Die wesentlich kürzere Entwicklungsdauer der Tiere der Herbstgeneration, die eher im Bereich der Normalzeiten liegen dürfte, ist durch die günstigeren klimatischen Verhältnisse zu dieser Zeit bedingt. Außerdem sind die Imagines der Herbstgeneration kleiner als die der Frühjahrsgeneration (vgl. 2.5.2). Jedenfalls liegt die Entwicklung der Puppe mit 13—15 Tagen in dem gleichen Bereich, den auch *Zygaena*-Arten zur Entwicklung benötigen.

2.8 Dauer der imaginalen Flugzeiten (Abb. 16)

Die Imagines treten, wie oben ausgeführt wurde, in drei aufeinanderfolgenden Generationen auf, von denen die erste (gen. vern. *caschmirensis*) und die dritte (gen. aut. *postcaschmirensis*) im Freiland beobachtet werden konnten. Es gibt keine Anzeichen dafür, daß die Nachkommen der 1. Generation als Raupen eine Sommer-Diapause durchmachen. Sie wuchsen im Freiland rasch, im Labor leicht verzögert heran und ergaben in beiden Fällen ab Anfang resp. Ende Juni die Imagines. Es ist daher anzunehmen, daß die Imagines auch im Freiland zu diesem Zeitpunkt schlüpfen.

Um die Dauer der Flugzeit der Frühjahrs- und der Herbstgeneration zu ermitteln, wurden bei den Geländebegehungen im Biotop Dar-e-Nur I im Frühjahr 1971 und im Herbst 1971 sämtliche beobachteten Exemplare durch Entschuppen auf dem rechten Vorderflügel, bei späteren Wiederfinden auf dem linken Vorderflügel usw. markiert. Somit wurde es möglich, sowohl die jeweilige Gesamtzahl der vorhandenen Imagines und deren Geschlechterverhältnis als auch die ungefähre Lebensdauer der Imagines zu ermitteln. Die ermittelten Werte sind in Abb. 16 wiedergegeben. Es zeigt sich deutlich, daß die ♀♀ mit etwa 14 Tagen Verzögerung gegenüber den ♂♂ schlüpfen und daß das Gesamtgeschlechterverhältnis bei 1:1 liegt, wie dies auch durch die Zucht bestätigt wurde. Die durchschnittliche Lebensdauer der Imagines liegt bei etwa 14 Tagen. Jedenfalls wurden markierte Exemplare nur ausnahmsweise nach mehr als zwei Wochen wiedergefunden, während die Quote an Zweifängen

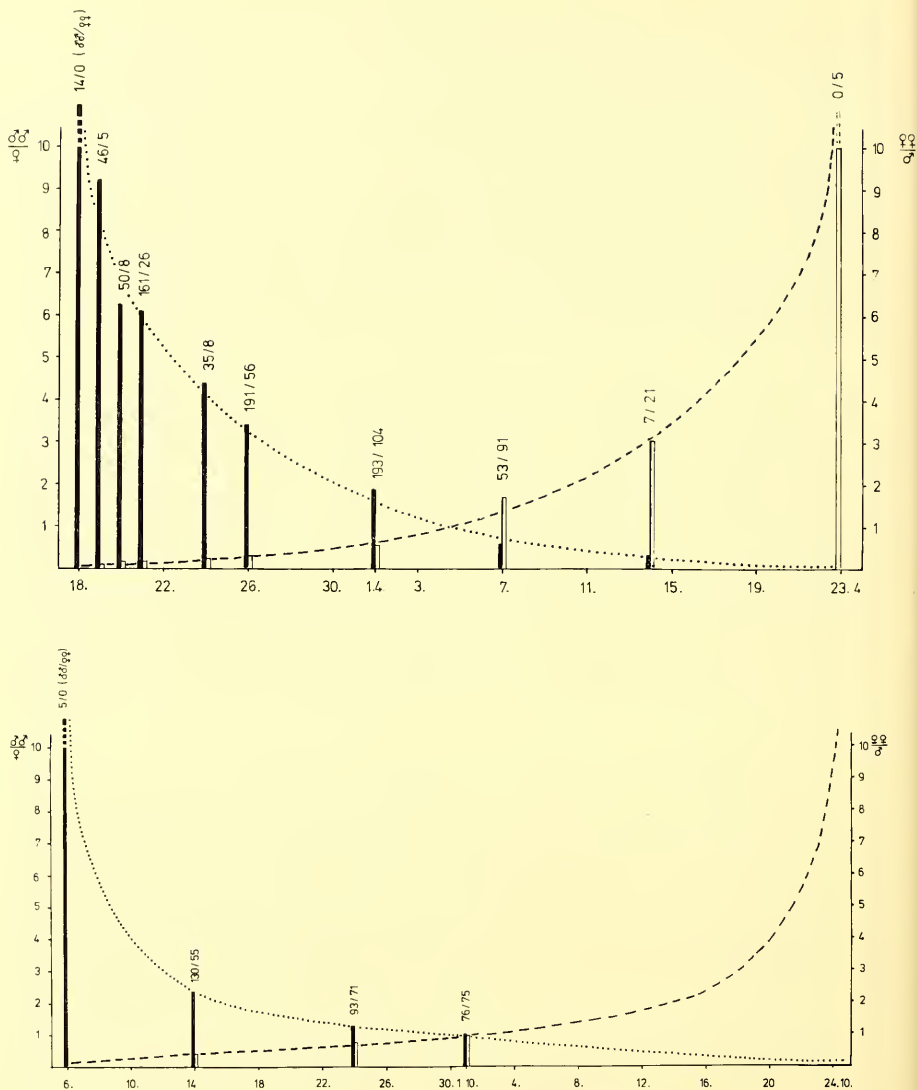


Abb. 16: Veränderung des Geschlechterverhältnis im Verlaufe der Flugzeit, Population Dar-e-Nur I (1971). a. Frühjahrsgeneration, b. Herbstgeneration. Links (schwarze Balken): Anzahl der auf ein ♀ jeweils entfallenden ♂♂, rechts (helle Balken) Anzahl der auf je ein ♂ entfallenden ♀♀.

bis zu diesem Zeitpunkt bei ca. 65 % lag. Es darf daher angenommen werden, daß die Imagines nach diesem Zeitpunkt nicht abgewandert sind, sondern daß ihre imaginale Erscheinungszeit nicht wesentlich über 14 Tagen liegt.

Setzt man voraus, daß die durchschnittliche Lebensdauer beider Geschlechter etwa gleich groß ist, so ergibt sich aus der Übertragung der Daten aus der ersten Periode der Flugzeit auf die zweite eine durchschnittliche Gesamtflugzeit von etwa 34—36 Tagen. Diese Werte gelten für die Frühjahrsgeneration, während die entsprechenden Daten für die Herbstgeneration in Abb. 16 b dargestellt sind. Sie ergeben eine Flugdauer von etwa 48 Tagen.

Die Entwicklung der Nachkommen der 3. Generation wird offensichtlich sehr stark durch die kühlen Wintertemperaturen gehemmt. Der Einfluß der Tageslänge konnte wegen des Fehlens geeigneter Laborbedingungen nicht geprüft werden. Im Januar 1972 eingetragene halb- bis $\frac{3}{4}$ -erwachsene Raupen ergaben jedenfalls bei Haltung im warmen Zimmer bereits ab Ende Januar, zum Großteil bis Mitte Februar die Imagines, zu einer Zeit also, in der die Freilandraupen erst im 4. oder 5. Stadium waren. Im gleichen Jahr begann die Frühjahrsgeneration im Freiland sogar erst im April zu schlüpfen, da noch Ende Januar an den Biotopen Schnee gefallen war, der bis in den Februar hinein liegen blieb. Derartige Ereignisse dürfen jedoch als außergewöhnlich für den Lebensraum von *P. caschmirensis* angesehen werden.

2.9 Parasiten, Feinde

Obwohl im Laufe der dreijährigen Freilandbeobachtungen zahlreiche Freilandraupen aufgezogen wurden und außerdem auch die im Freiland gefundenen Kokons untersucht wurden, konnte nicht ein einziger Parasit gezogen oder beobachtet werden. Dieser Befund ist um so überraschender als Freiland-Populationen des Genus *Zygaena* oft zu einem sehr hohen Prozentsatz (z. B. *Z. filipendulae* im Bereich der Schwäbischen Alb ca. 90 %) mit Chalcididen und Ichneumoniden, teilweise auch mit Tachiniden parasitiert sind.

P. caschmirensis ist offensichtlich ebenso wie ihre paläarktischen Verwandten durch einen Übelgeschmack gegen Feinde aus den Gruppen der Reptilien und Vögel geschützt. Obwohl im Fluggebiet zahlreiche insektenfressende Vögel (z. B. der Drongo, *Dicrurus macrocercus*, mehrere *Oenanthe*-Arten) oder Reptilien (*Mabuya aurata*, *Agama nuristanensis*) leben oder brüten, konnte nicht ein einziges Mal beobachtet werden, daß diese *P. caschmirensis* nachstellen. Nur einmal wurde an einem vermutlich von *Lanius schach erythronotus*, dem Kastanienrückenwürger, mit Beutetieren besetzten Dornbusch ein ♂ gefunden, das möglicherweise einem Vogel zum Opfer fiel. Hingegen konnten verschiedentlich in Spinnennetzen Reste ausgesaugter und eingesponnener Individuen gefunden werden. Auch eine im Gebiet vorkommende schwarz-rot gezeichnete Reduviide (Heteroptera) erbeutet gelegentlich ruhende Imagines.

Über die Anfälligkeit gegen Krankheiten liegen keine Beobachtungen vor. Bei der in Kabul durchgeführten Zucht eingetretene Verluste können in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt werden, da die Tiere unter äußerst ungünstigen Bedingungen gehalten werden mußten. — Auf eine besondere Empfindlichkeit gegen kühle Temperaturen und gegen Frost darf vermutet werden: nach dem schnee- und frostreichen Winter 1971/72 wurde die Gesamtzahl der beobachteten Individuen auf höchstens ein Drittel der nach dem trockenen und gemäßigten Winter 1970/71 ermittelten Zahlen (vgl. Abb. 16 a) geschätzt. Außerdem deutet auch die extrem lange Entwicklungszeit des in Tabelle 3 unter Nr. 1 aufgeführten ♀ auf eine besondere Empfindlichkeiten gegen niedere Temperaturen.

3. Morphologie

Im Folgenden sollen einige morphologische Merkmale von *P. caschmirensis* beschrieben und abgebildet werden, die entweder längere Zeit in der Diskussion um die Abgrenzung der Genera *Epizygaena* (sensu auctorum, jetzt: *Praezygaena*, Subgen. *Epizygaenella*) und *Zygaena* F. eine Rolle gespielt haben oder die sich im Verlaufe der Untersuchung als neu erwiesen haben und die zum Verständnis der Frage, ob *P. caschmirensis* als Schwestergruppe von *Zygaena* aufzufassen ist oder nicht beitragen können.

3.1 Das Geäder (Abb. 17)

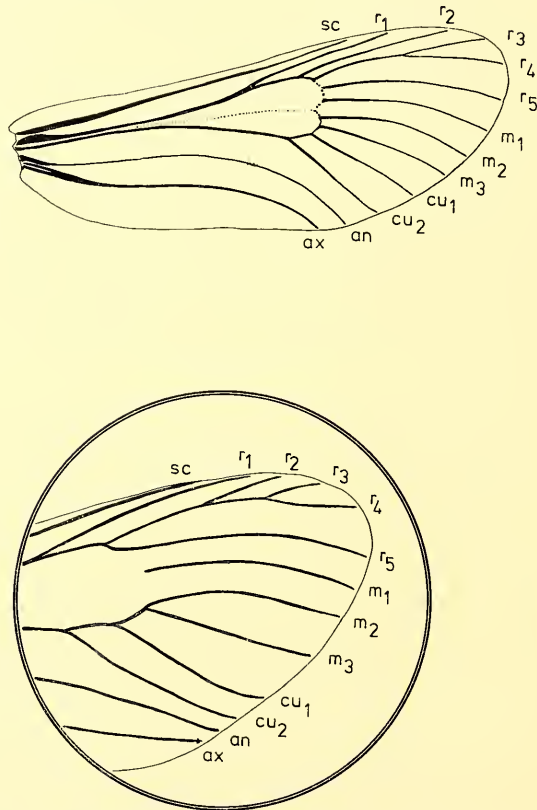


Abb. 17: Vorderflügel-Geäder von *Zygaena* (oben) und *P. caschmirensis* (unten).

P. caschmirensis weicht von allen anderen *Zygaenini* durch die gemeinsame Stielung der Vorderflügel-Adern r_2 — r_4 ab. Der Medianstamm der Zelle ist — wie bei *Zygaena* — weitgehend reduziert. Während sich bei *Zygaena* noch andeutungsweise der ehemalige Verlauf dieser Ader erkennen läßt, finden sich solche Hinweise bei

caschmirensis nicht mehr. In allen anderen Einzelmerkmalen besteht Übereinstimmung.

3.2 Die Feinstruktur der Flügelschuppen (Abb. 18b—d)

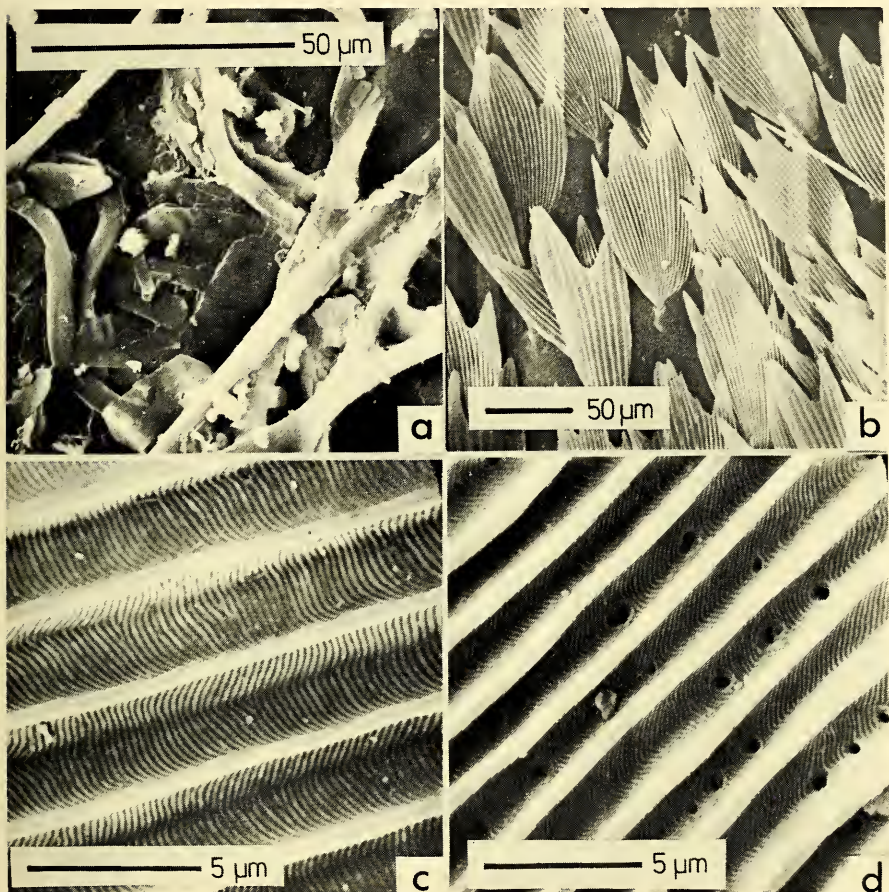


Abb. 18: a: Feinstruktur der Kokonwand von *P. caschmirensis*; rechts Gespinstfäden, links Ca-Oxalat-Kristalle; b—d: Feinstruktur der Schuppen des Fleck 4 bei *P. caschmirensis* (b und c) und *Zygaena (Agrumenia) sogdiana storaiae* Naumann, 1974. Ringförmige Durchbrechungen der Schuppenfläche zwischen den Rippen treten nur bei *Zygaena* auf.

ALBERTI (1958/59) hat sich erstmals mit den Flügelschuppen der *Zygaenini* beschäftigt und hierbei die im Bereich des Flecks 4 liegenden Schuppen geprüft. Danach ähneln die *P. caschmirensis*-Schuppen im Umriss denen mutmaßlich basaler Formen von *Zygaena* (des Subgenus *Agrumenia*). Ich konnte die Feinstruktur dieser Schuppen zahlreicher *Zygaena*-Arten mit denen von *P. caschmirensis* anhand raster-elektronenoptischer Aufnahmen vergleichen. Hierbei zeigte sich, daß die Schuppen

von *Zygaena* in den zwischen den einzelnen Längsrippen liegenden Vertiefungen sehr charakteristische, kreisförmige Vertiefungen mit umgebenden Ringstrukturen besitzen. Diese Öffnungen fehlen bei *P. caschmirensis* und stellen offensichtlich eine Apomorphie von *Zygaena* dar, die zugleich für die Begründung der Monophylie dieses Taxons herangezogen werden kann (NAUMANN 1977 b).

3.3 Die Bespornung der Hinterbeine (Abb. 19)

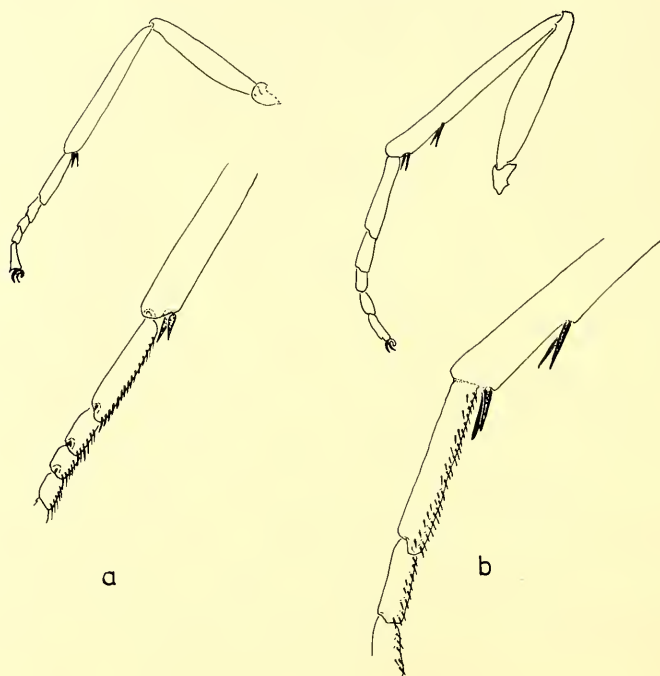


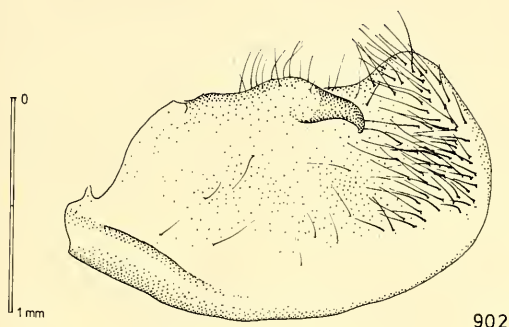
Abb. 19: Bespornung der Hinterbeine bei *P. caschmirensis* (a) und *Zygaena* (*Zygaena*) *ephialtes* (Linnaeus, 1767) (b).

Bei der Aufstellung der Gattung *Epizygaena* gab JORDAN (1908) als wesentliches Kriterium gegenüber *Zygaena* das Fehlen des zweiten (mittleren) Sporenpaars an der Hintertibia an. BURGEFF (1914), nach ihm ALBERTI (1956, 1958/59) und HOLIK (1956) zeigten, daß dieses Merkmal innerhalb der *Zygaenini* mehrfach konvergent entstanden ist. Zuvor hatte ALBERTI (1954) in seiner *Zygaeniden*-Revision diejenigen Arten des Genus *Zygaena*, denen dieses Merkmal ebenfalls fehlt, zu *Epizygaena* gestellt. Er hatte jedoch später, vor allem nach Kenntnis der Genitalstrukturen, von dieser Auffassung Abstand nehmen müssen, da sich zeigte, daß auf diese Art und Weise ein polyphyletisches Taxon entstanden wäre. — Beide Merkmalsausprägungen werden zum besseren Verständnis abgebildet, da anscheinend entsprechende Abbildungen in der Literatur bisher fehlen.

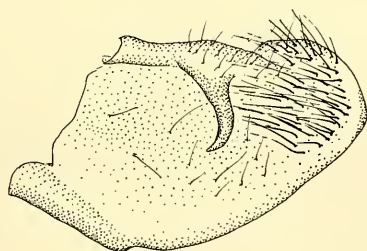
3.4 Der männliche Genitalapparat (Abb. 20—23)

Der männliche Genitalapparat wurde erstmals von ALBERTI (1955) untersucht und abgebildet. Er entspricht in seinem Grundplan dem von *Zygaena*, zeigt jedoch auch einige auffällige Abweichungen:

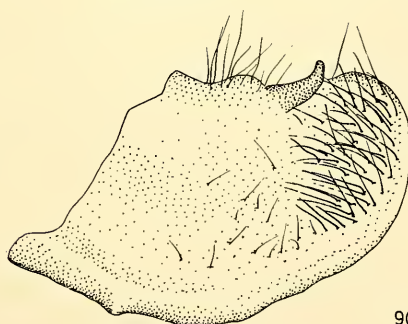
1. Die Valven tragen einen dorsal-randständigen großen Dorn (Abb. 20), wie er in weitgehender Übereinstimmung bei den *Præygaena*-Arten des afrikanischen Kontinents auftritt. Länge und Stärke dieses Dornes variieren intraspezifisch.



902



808



906

Abb. 20: Rechte Valven von *P. caschmirensis*, Seitenansicht von innen. Der Valvendorn ist unterschiedlich stark ausgebildet (902: Frühjahrsgeneration, 808 und 906 Herbstgeneration).

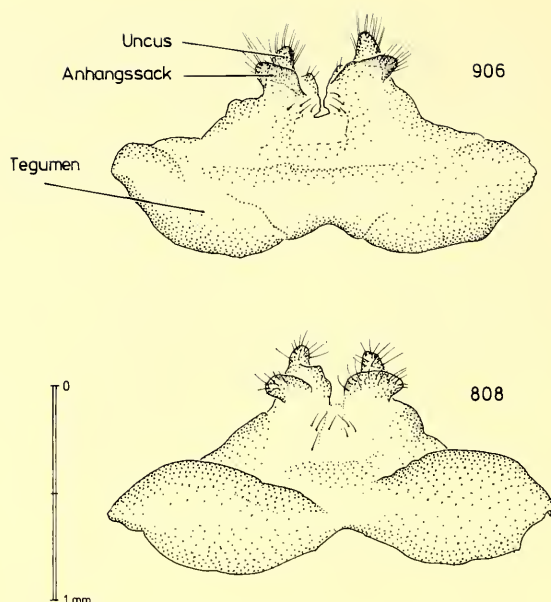


Abb. 21: Uncus-Tegumen-Komplex von *P. caschmirensis*.

2. Die Uncus-Spitzen (Abb. 21) sind kurz; über den Ansatzstellen der Spitzen finden sich auf der Dorsalseite blasige, leicht sklerotisierte Aussackungen, die als „Anhangssack des Uncus“ bezeichnet werden sollen, da sie sicherlich nicht homolog mit ähnlichen Bildungen bei den Papilioniden sind, die als „Superuncus“ bezeichnet werden (TUXEN, in KLOTS 1970). — Diese Anhangssäcke fehlen bei *Zygaena*. Ob sie auch bei den afrikanischen *Praezygaena*-Arten auftreten, läßt sich leider aus Mangel an geeignetem Untersuchungsmaterial nicht entscheiden. Für *P. caschmirensis* ist es jedenfalls neu und von ALBERTI (1955, 1956, 1958/59) nicht erwähnt. Sicherlich kann es nur als eine abgeleitete, spezialisierte Merkmalsstufe verstanden werden. Informationen über seine Ausprägung bei den afrikanischen Formen könnten wesentlich zum Verständnis der Stammesgeschichte der *Zygaenini* beitragen (vgl. Abschnitt 4).
3. Die Lamina dorsalis (Abb. 22) trägt eine schwach ausgeprägte Axialfurche, die Anzahl der Hauptdornen schwankt zwischen 4 und 6; die wenigen Nebendornen sind klein oder fehlen ganz.
4. Die Lamina ventralis (Abb. 23) trägt eine Reihe randständiger Hauptdornen, deren Anzahl zwischen 9 und 13 variiert. Bei *Zygaena* ist sie, von wenigen Ausnahmen abgesehen, aus einem Feld kleiner, gleichmäßig angeordneter Nebendornen aufgebaut (vgl. ALBERTI 1958/59, Tafel 33—41). Zur Frage, ob die Laminae dorsales und ventrales aller *Zygaeninae* homologe Organe seien und welche Funktion sie besitzen, wird in einer gesonderten Untersuchung Stellung genommen. Es kann jedoch bereits hier mitgeteilt

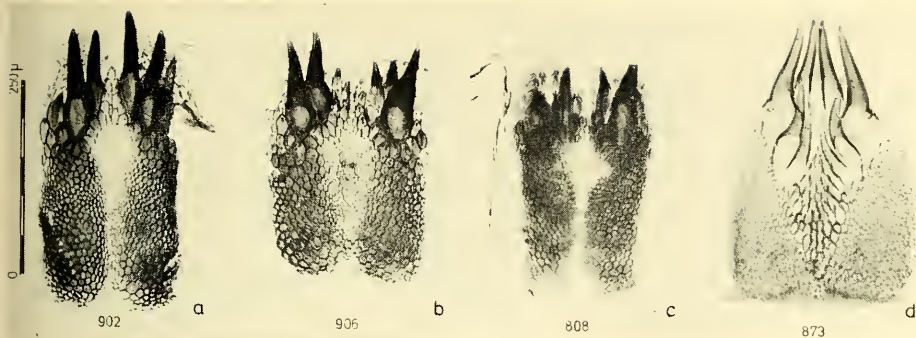


Abb. 22: Lamina dorsalis von *P. caschmirensis* (a—c) und *Zygaena (Agrumenia) escaleraei saadii* Reiss, 1938. Die Anzahl und Ausbildung der Hauptdornen ist bei *P. caschmirensis* variabel, bei *Zygaena* art- und gruppenkonstant.

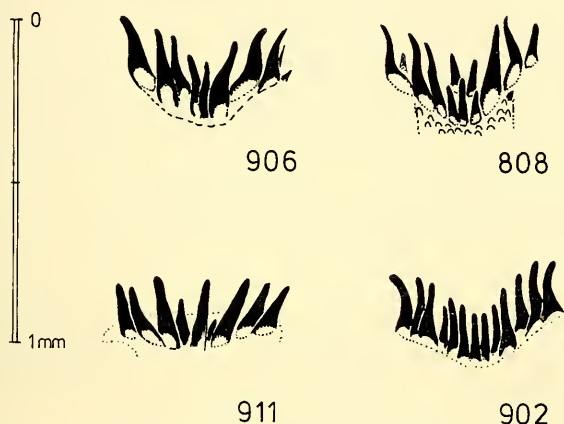


Abb. 23: Lamina ventralis von *P. caschmirensis*: Anzahl und Anordnung der Dornen ist variabel.

werden, daß diese Strukturen bei allen *Zygaenini* homolog und zumindest bei *P. caschmirensis* und *Zygaena* auch funktionsgleich sind (NAUMANN, in Vorbereitung).

3.5 Der weibliche Genitalapparat (Abb. 24)

Der weibliche Genitalapparat entspricht weitgehend dem Grundplan der ditrysi-schen Lepidopteren. Gegenüber dem basisnaher *Zygaena*-Arten unterscheidet er sich durch die stärker strukturierte (gewellte) Fläche zwischen dem Ostium bursae und dem Ovipositor, die bei der Kopulation der Lamina dorsalis anliegt (NAUMANN 1977 c) und bei anderen Lepidopteren-Gruppen im basalen Teil als „lamella post-vaginalis“ bezeichnet wird (FIBIGER & KRISTENSEN 1974).

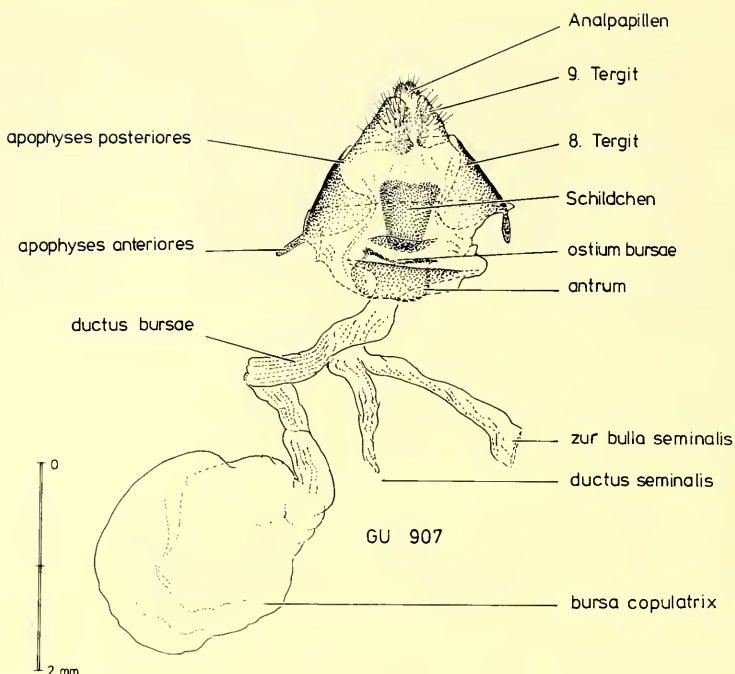


Abb. 24: Weiblicher Genitalapparat von *P. caschmirensis*.

Es scheint, daß die starke Sklerotisierung und Strukturierung ein ancestrales Merkmal, das Fehlen dieser Sklerotisierung hingegen eine Reduktion, also einen abgeleiteten Merkmalszustand darstellt (Abb. hierzu bei NAUMANN 1977 c).

3.6 Der Kokon-Bau (Abb. 18 a)

Wie bereits unter 2.7 ausgeführt wurde, entsprechen Gestalt und Feinbau des Kokons weitgehend dem von *Zygaena*. Auch hier finden sich zahlreiche in die Kokonwand eingelagerte Kristalle, deren Struktur der von in *Zygaena*-Kokons nachgewiesenen Calcium-Oxalat-Monohydrat-Kristallen (NAUMANN 1977 a) entspricht. Mittlerweile konnte auch in diesem Fall durch histologische Untersuchung adulter Raupen gezeigt werden, daß diese Kristallsubstanzen während der letzten Larvalstadien in den Malpighi'schen Gefäßen gespeichert werden. Ferner hat sich gezeigt, daß auch bei *Aglaope infausta* (Linnaeus, 1767), einem Vertreter der Unterfamilie *Chalcosiinae* (sensu ALBERTI 1954), Kristallsubstanzen in den Kokon eingelagert werden, die aufgrund ihrer Struktur ebenfalls Calcium-Oxalate sein dürften. Daraus ergibt sich, daß das Merkmal „Kristall-Kokon“ ein plesiomorphes Zygaeniden-Merkmal sein dürfte und bei der Rekonstruktion der Stammesgeschichte dieser Gruppe wenig hilfreich sein wird, falls sich nicht noch hiermit verbundene Teilspezialisierungen einzelner Zweige der Zygaeniden ergeben sollten.

4. Die stammesgeschichtlichen Beziehungen

Im folgenden Abschnitt soll nun geprüft werden, wieweit die gewonnenen Informationen Hinweise auf die verwandtschaftlichen Beziehungen von *P. caschmirensis* innerhalb der *Zygaenini* geben können. In diesem Zusammenhang werden unter „verwandtschaftlichen Beziehungen“ ausschließlich genealogische Beziehungen und nicht etwa auf Ähnlichkeit (resp. Divergenz) begründete Verhältnisse verstanden (vgl. hierzu HENNIG 1950, 1969 und MAYR 1976). Im Hinblick auf die von ALBERTI (1955 und 1958/59) festgestellten Übereinstimmungen von *P. caschmirensis* mit afrikanischen *Praezygaena*-Arten (*agria*, *conjuncta*, *myodes*, *ochroptera*) und die palaearktisch verbreitete Gattung *Zygaena* läßt sich die Fragestellung hierbei wie folgt präzisieren:

Ist *P. caschmirensis* näher mit den afrikanischen *Praezygaena*-Arten oder mit dem Genus *Zygaena* verwandt? oder gibt es Hinweise darauf, daß *Zygaena* und *Praezygaena* nächstverwandte sind und somit gemeinsam die Schwestergruppe von *caschmirensis* darstellen?

Die drei alternativen Denkmöglichkeiten, die sich unter der Voraussetzung einer monophyletischen Abstammung dieser drei Gruppen ergeben, sind in Abb. 25 wiedergegeben. Da eine ausführliche Erörterung stammesgeschichtlicher Beziehungen innerhalb der *Zygaenini* an anderer Stelle erscheint (NAUMANN 1977 b) wollen wir uns hier auf die oben umrissene Fragestellung konzentrieren und die Frage der Monophylie aller drei Taxa resp. jedes einzelnen Taxons für sich hier nicht näher erörtern. Sie sei als gegeben vorausgesetzt.

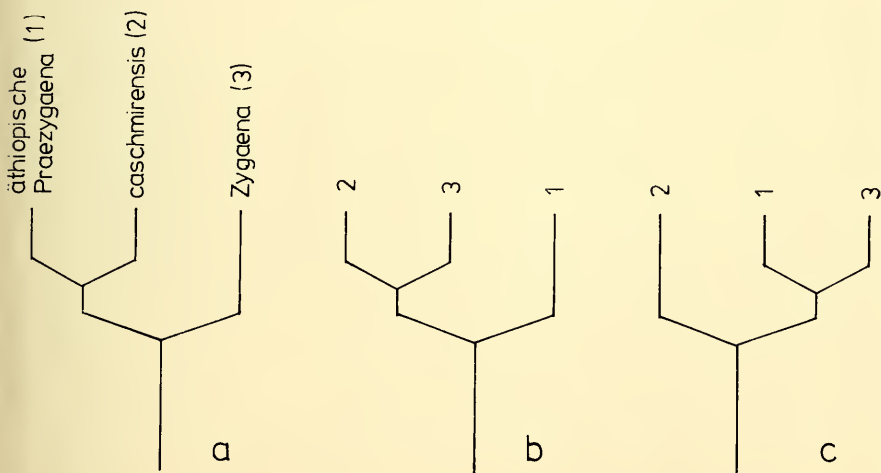


Abb. 25: Theoretisch mögliche stammesgeschichtliche Beziehungen zwischen den äthiopischen *Praezygaena*-Arten, *P. (Epizygaenella) caschmirensis* und *Zygaena*.

Die in Tabelle 4 gegebene Merkmalsübersicht, die als Grundlage der Diskussion dienen soll, enthält eine Zusammenstellung von Merkmalen, in denen sich die drei

Tabelle 4: Merkmalsübersicht der aethiopischen *Praezygaena*-Formen, von *P. caschmirensis* und *Zygaena*

	aethiopische <i>Praezygaena</i>	<i>caschmirensis</i>	<i>Zygaena</i>
1. Stielung der Radialadern	r ₃ —r ₄	r ₂ —r ₃ —r ₄	r ₃ —r ₄
2. Schuppenstruktur	?	ohne Ringstrukturen	mit Ringstrukturen
3. Hinterbein: Mittelsporne der Tibia	fehlen	fehlen	teils fehlend, teils vorhanden
4. Subdorsalflecken der Raupe	?	fehlt Segment 2, 4 und 12	auf Segment 2—12
5. Futterpflanzen	?(Celestraceen ?)	Celestraceen (Gymnosporia)	Fabaceen, Umbelliferae
6. Diapausestadium	?	fehlt	L 4 (vorhanden)
7. Valvondorn	vorhanden	vorhanden	fehlt
8. Anhangssack des Uncus	?	vorhanden	fehlt
9. Lamina dorsalis	zahlreiche Hauptdorne, Anzahl variabel	4—8 Hauptdorne, Anzahl variabel	2—4 Hauptdorne, Anzahl konstant
10. Lamina ventralis	randständig, vergrößert	randständig, groß	klein, gleichmäßig bedornt
11. Schildchen	kräftig sklerotisiert	große, sklerotisierte Fläche	klein
12. Signum	vorhanden	fehlt	vorhanden (2 Subgenera) fehlt (1 Subgenus)
13. Verbreitung	Aethiopsis	Orientalis	Palaearktis

Taxa ganz oder teilweise unterscheiden. Solche Merkmale, die alle drei Taxa offensichtlich unverändert von einem gemeinsamen Vorfahren übernommen haben (z. B. die Sechsfleckigkeit des Vorderflügels, also das zygaenoide Zeichnungsmuster, den doppelten Basalfleck der Vorderflügelwurzel oder die Kokonstruktur) wurden nicht berücksichtigt, da sie zur Klärung der gestellten Frage nicht beitragen können. Sie sind als Symplesiomorphien für die stammesgeschichtliche Rekonstruktion der Aufspaltungsvorgänge und ihrer relativen zeitlichen Reihenfolge nicht beweiskräftig (HENNIG 1950, 1953, 1969; NAUMANN 1971; SCHLEE 1968, 1971). Für die Rekonstruktion der Stammesgeschichte sind jedoch nur abgeleitete Merkmale ausschlaggebend, deren monophyletische Entstehung an ihrer speziellen Struktur erkannt werden kann. Aufgabe der Merkmalsanalyse der drei Taxa muß es also sein zu prüfen, welche der jeweils übereinstimmend ausgeprägten Merkmalskomplexe auf Symplesiomorphien und welche auf Synapomorphien beruhen. Die in der Tabelle aufgeführten Merkmale sollen daher nachstehend unter diesem Aspekt besprochen und — soweit möglich — analysiert werden.

1. Die Stielung der Adern r_2 — r_4 des Vorderflügels bei *P. caschmirensis* ist eine Autapomorphie dieses Taxons, während die übereinstimmende Stielung von r_3 und r_4 bei *Praezygaena* und *Zygaena* die ursprüngliche Merkmalsausprägung der *Zygaenini* verkörpert, also als Symplesiomorphie keine weitere Beweiskraft besitzt. Das Merkmal ist also für unsere Fragestellung nicht hilfreich.

2. Die spezielle Feinstruktur der *Zygaena*-Schuppen ist als Autapomorphie dieser Gattung zu verstehen, sollten sich nicht überraschend ähnliche Spezialisierungen auf den Schuppen von afrikanischen *Praezygaena*-Angehörigen finden. Leider war Untersuchungsmaterial dieser Gruppe nicht zugänglich.

3. Der Besitz von Mittelspornen der Hintertibien ist, wie bereits ausgeführt wurde, ein plesiomorphes Merkmal vieler Lepidopteren-Familien. Ihre Reduktion läßt sich, selbst wenn sie bei einer Tiergruppe übereinstimmend eingetreten ist, nicht als Apomorphie-Kriterium bewerten, da ja auch im Falle einer polyphyletischen Reduktion des Merkmales das Endergebnis dieses Prozesses, das Fehlen der Sporne, gleich aussehen würde. Im Falle der *Zygaeniden* wurde bereits von BURGEFF (1914), später von ALBERTI (1955 und 1958/59) und HOLIK (1956) auf die polyphyletische Entstehung des Merkmales hingewiesen.

4. Da die Raupen der afrikanischen *Praezygaena*-Arten noch unbekannt sind (VARI, briefliche Mitteilung) können aus der speziellen Reduktion der Subdorsalflecken auf den Segmenten 2, 4 und 12 bei *P. caschmirensis* leider keine Rückschlüsse gezogen werden. Sollten auch den afrikanischen *Praezygaena*-Raupen die Subdorsalflecken dieser Segmente fehlen, so wäre dies ein wichtiger Hinweis auf gemeinsame Abstammung, denn eine so spezielle Reduktion wäre kaum als konvergent entstanden interpretierbar.

Besitzen die *Praezygaena*-Raupen hingegen die gleiche Fleckenanordnung wie *Zygaena*-Raupen, so würde dies wenig beweisen: die plesiomorphe Merkmalsausbildung wäre ja zweifellos der Besitz dieser Flecken auf allen Körpersegmenten bzw. in der bei *Zygaena* ausgeprägten Form. In diesem Fall würde die Reduktion der Flecken bei *caschmirensis* eine autapomorphe Bildung dieses Taxons darstellen und nicht zur Klärung der stammesgeschichtlichen Frage beitragen.

5. Die Tatsache, daß *caschmirensis* ebenso wie basale *Zygaenini* (VARI, briefliche Mitteilung; *Orna nebulosa*) auf einer Celestracee lebt, dürfte wohl so zu interpre-

tieren sein, daß die ursprüngliche Futterpflanze aller Zygaenini eine Celestracee war und daß erst die spezialisierte Gattung *Zygaena* (und möglicherweise andere Teilgruppen bei der Siedlung neuer Lebensräume) auf andere Pflanzenfamilien ausgewichen sind. Dies mag bei *Zygaena* im Zusammenhang mit der Einwanderung in den klimatisch und ökologisch für Celestraceen wenig geeigneten palaearktischen Raum zusammenhängen.

Es ist wahrscheinlich, daß auch die afrikanischen *Praezygaena*-Arten — sollten sie nicht autapomorph eine andere Pflanzengruppe gewählt haben — ebenfalls an Celestraceen leben. Auch diese Übereinstimmung zwischen *Praezygaena* und *P. caschmirensis* wäre dann allerdings eine Plesiomorphie, also für die Stammesgeschichte wenig beweiskräftig.

6. Ähnlich wie die Feinstruktur der Flügelschuppen im Bereich des Flecks 4 ist der Erwerb eines speziellen Diapause- und Überwinterungsstadiums bei *Zygaena* eine Autapomorphie, eine über den einfachen, bei *caschmirensis* realisierten Zustand hinausführende Spezialisierung, die zwar hilfreich für die Begründung der Monophylie der Gattung *Zygaena* ist, jedoch nichts über die Beziehungen zu den beiden anderen Gruppen aussagt.

7. Umgekehrt stellt das Fehlen des Valvendornes bei *Zygaena* den bei allen übrigen Zygaenini realisierten plesiomorphen Merkmalszustand dar. Die übereinstimmende Ausprägung bei den afrikanischen *Praezygaena*-Arten und bei *caschmirensis* bildet hingegen den bisher einzigen Merkmalskomplex, der sich mit ziemlicher Sicherheit als eine synapomorphe Bildung von *Praezygaena* und *caschmirensis* deuten läßt. Die bei der Typusart von *Praezygaena* (*myodes* [DRUCE, 1899]) ausgeprägte Merkmalsstufe entspricht weitgehend dem bei *caschmirensis* realisierten Typus (ALBERTI 1955), die sich mit einer überraschenden habituellen Ähnlichkeit beider Formen deckt.

8. Für den Anhangssack des Uncus bei *caschmirensis* gilt das unter 4. über die Bedeutung der Reduktion der Subdorsalflecken der Raupe Gesagte, da die Merkmalsausprägung bei *Praezygaena* nicht bekannt ist.

9., 10.: Hauptdornen der Lamina dorsalis: auch in diesem Merkmal sind die Übereinstimmungen zwischen *Praezygaena* und *caschmirensis* plesiomorpher Natur (siehe hierzu auch bei NAUMANN 1977 b) und die spezialisierte Ausbildung des Merkmals bei *Zygaena* ist als Autapomorphie dieser Gattung zu verstehen. Sinngemäß gilt das Gleiche für die Ausbildung der Lamina ventralis.

11. Im weiblichen Genitalapparat ist die Bildung des kaudal der lamella postvaginalis gelegenen „Schildchen“ (ALBERTI 1954, 1958/59) eine Spezialisierung von *Zygaena*; der übereinstimmende Besitz einer kräftig sklerotisierten Platte bei äthiopischen *Praezygaena* und *P. caschmirensis* besagt also nichts über die Beziehungen der drei Gruppen zueinander. Die Umgestaltung dieser Platte bei *P. caschmirensis* stellt eine Spezialbildung dieser Art dar.

12. Da das Signum der Bursa copulatrix bei dem Subgenus *Praezygaena* und zwei Teilgruppen von *Zygaena* in morphologisch gleicher Weise ausgebildet ist, muß angenommen werden, daß es in dieser Form bereits zum Grundplan der drei Taxa gehört, also ebenfalls ein plesiomorphes Merkmal darstellt. Das Fehlen des Signum bei *P. caschmirensis* und bei der Untergattung *Mesembrynus* von *Zygaena* kann daher nur als konvergent entstandenes Verlustmerkmal verstanden werden.

13. Eine Interpretation der Verbreitung der drei Gruppen läßt sich mit Sicherheit nicht in der Weise durchführen, daß sich entscheiden ließe, ob etwa die Besiedlung von (Orientalis + Palaearktis) aus einer gemeinsamen Wurzel, also monophyletisch oder zweimal unabhängig voneinander erfolgte. Im Gegenteil wird die Interpretation des Verbreitungsbildes erst aus der Analyse der übrigen Merkmale möglich werden.

Wie wir gesehen haben, sind — mit einer Ausnahme — alle bekannten Übereinstimmungen zwischen dem Subgenus *Praezygaena* und *P. caschmirensis* Plesiomorphien. Lediglich die Ausbildung eines Valvendornes dürfte eine Synapomorphie darstellen und somit für eine monophyletische Beziehung der beiden Taxa sprechen. Alle Unterschiede gegenüber *Zygaena* sind hingegen entweder als Autapomorphien von *P. caschmirensis* (z. B. die Reduktion der Subdorsalflecken der Raupe) oder von *Zygaena* (z. B. die Ausbildung des Diapausestadiums L 4, der Feinbau der Schuppen und der Laminae dorsales und ventrales) zu verstehen.

Sind (*Praezygaena* + *caschmirensis*) und *Zygaena* demzufolge Schwestergruppen (vgl. Abb. 25 a), so folgt daraus, daß *P. (Epizygaenella) caschmirensis*-Vorfahren und die Stammart von *Zygaena* unabhängig voneinander aus der Aethiopia in die Orientalis resp. Palaearktis eingewandert sind, daß also die tertiäre Brückenverbindung innerhalb der Zygaenini eine zweimalige Nutzung fand, denn beide Teilgruppen haben ja gleiches phylogenetisches Alter und waren Ausgangspunkt getrennter Entwicklungslinien.

Es wäre wünschenswert, diese Vorstellung im Verlaufe weiterer Untersuchungen zur Biologie und Morphologie der aethiopischen *Praezygaena*-Arten zu untermauern und nach weiteren Synapomorphien zu suchen, die sie belegen könnten.

Für die gegenteilige Annahme, daß nämlich *P. caschmirensis* und *Zygaena* synapomorphe Merkmale besitzen, haben sich im Verlaufe der hier vorgetragenen Beobachtungen keine Hinweise finden lassen, obwohl wir gerade bei *Zygaena* (im Gegensatz zu den aethiopischen Formen) über sehr detaillierte Kenntnisse der Genitalmorphologie, der Larvalstadien und der Biologie verfügen. Es scheint eher umgekehrt alles dafür zu sprechen, daß es neben zahlreichen plesiomorphen auch einige apomorphe Übereinstimmungen zwischen den afrikanischen *Praezygaena*-Arten und *P. caschmirensis* gibt. — Auch für die dritte Möglichkeit, daß *Praezygaena* und *Zygaena* als Schwestergruppe einem *caschmirensis*-Zweig gegenüber stehen, gibt es keine Hinweise. Diese Möglichkeit darf daher ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Aus den vorgetragenen Überlegungen folgt, daß *P. caschmirensis* und die afrikanischen *Praezygaena*-Arten höchstwahrscheinlich in einem Schwestergruppenverhältnis stehen, obwohl wir bisher nur eine einzige Synapomorphie kennen, die dieses Schwestergruppenverhältnis belegt. — Es ist demzufolge richtig, diese beiden Taxa auch weiterhin als Subgenera in einer Gattung zu vereinen, wie es bereits ALBERTI (1958/59) vorgeschlagen hat.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen eines mehrjährigen Aufenthaltes in Afghanistan ergab sich Gelegenheit Beobachtungen zur Biologie und Verbreitung von *Praezygaena* (*Epizygaenella*) *caschmirensis* (Kollar, 1848) zu machen. Über die Lebensweise dieser Art war bisher fast nichts bekannt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. *P. caschmirensis* ist ausschließlich in der Orientalis verbreitet. Sie kommt streng vikariant mit der in Ostafghanistan ihre Arealgrenze erreichenden und im Palaearktikum weit verbreiteten Gattung *Zygaena* Fabricius, 1775 vor.
2. Die afghanischen Biotope von *P. caschmirensis* liegen in einem schmalen Gürtel der oberen Trockenbuschzone, knapp unterhalb der tiefsten Hartlaubwaldgesellschaften.
3. Die Futterpflanze der Raupe von *P. caschmirensis* ist *Gymnosporia royleana* (Celestraceae). Auch *Orna nebulosa*, ein aethiopischer ursprünglicher Vertreter der Zygaenini lebt an *Gymnosporia* und anderen Celestraceen.
4. Die Imagines ostafghanischer Populationen zeigen eine sehr geringe habituelle Variabilität. Sie treten in drei aufeinanderfolgenden Generationen auf, deren Flugzeiten im März/April, im Juni/Juli und im September/Oktober liegen.
5. Innerhalb ihres Gesamtareales tritt *P. caschmirensis* in zwei geographischen Rassen auf: ssp. *caschmirensis* fliegt von Afghanistan bis Nordindien, während die ssp. *asoka* vom Kumaon-Himalaya ostwärts bis Nepal verbreitet ist.
6. Die unbekannten ersten Stände werden beschrieben und abgebildet. Gegenüber den Raupen des Genus *Zygaena* bestehen einige wesentliche Unterschiede des Zeichnungsmusters.
7. Eine Anzahl morphologischer Merkmale (Geäder, Feinstruktur der Schuppen, Feinbau des Kokons, Bespornung der Hinterbeine, männlicher und weiblicher Genitalapparat) wurden untersucht und mit *Zygaena* und den aethiopischen *Praezygaena*-Arten verglichen.
8. Eine vergleichende Merkmalsanalyse der bekannten Daten ergibt, daß die Übereinstimmungen mit den aethiopischen *Praezygaena*-Formen apomorpher Natur sein dürften. Merkmale, deren Ausbildung bei *Praezygaena* in der Aethiopis noch nicht bekannt sind, können entweder Synapomorphien von (*Praezygaena* + *Epizygaenella*) oder aber Autapomorphien von *Epizygaenella* sein. Übereinstimmungen mit *Zygaena* sind jedoch sicherlich auf Plesiomorphie gegründet.

6. Literaturverzeichnis

- ALBERTI, B. 1954: Über die stammesgeschichtliche Gliederung der Zygaenidae nebst Revision einiger Gruppen (Insecta, Lepidoptera). — Mitt. zool. Mus. Berlin 30: 115—480
— — 1955: Zur Stammesgeschichte und Systematik der Zygaenini (Lep., Zygaenidae). — Dt. ent. Z. (N. F.) 2: 300—321

- — 1956: Zur Umgrenzung und Gliederung von *Zygaena* F. (Lep. Zygaenidae). — Ent. Z. 66: 200—206
- — 1958/59: Über den stammesgeschichtlichen Aufbau der Gattung *Zygaena* F. und ihrer Vorstufen (Insecta, Lepidoptera). — Mitt. zool. Mus. Berlin 34: 245—396 und 35: 203—242
- DIERL, W. 1966: Zur Kenntnis der Hauptbiotope des Expeditionsgebietes Khumbu-Himal vom Gesichtspunkt des Entomologen (Nepal-Expedition 1964). — Erg. Forsch.-Unternehm. Nepal Himalaya, Lief. 3: 142—171
- FIBIGER, M. & KRISTENSEN, N. P. 1974: The Sesiidae (Lepidoptera) of Fennoskandia and Danmark. — Fauna ent. Scand., Gadstrup, 2
- FREITAG, H. 1971: Die natürliche Vegetation Afghanistans. Beiträge zur Flora und Vegetation Afghanistans I. — Vegetatio (Acta Geobotanica) 22: 285—344
- HAMPSON, G. F. 1892: The Fauna of British India, including Ceylon and Burma. Moths, vol. I — Taylor and Francis, London
- HENNIG, W. 1950: Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik. — Deutscher Zentralverlag, Berlin
- — 1953: Kritische Bemerkungen zum phylogenetischen System der Insekten. — Beitr. Ent. 3 (Sonderheft): 1—85
- HENNIG, W. 1960: Die Dipteren-Fauna von Neuseeland als systematisches und tiergeographisches Problem. — Beitr. Ent. 10: 221—329
- — 1969: Die Stammesgeschichte der Insekten. — Kramer, Frankfurt
- HOLIK, O. 1956: Die Bedornung der Hinterschienen im Genus *Zygaena* Fabr. und ihr systematischer Wert. — Ent. Z. 66: 80—84
- HOLIK, O. & SHELJUZHKO, L. 1953: Über die Zygaenen-Fauna Osteuropas, Kleinasiens, Irans, Zentralasiens und Sibiriens. — Mitt. Münchn. ent. Ges. 43: 102—226
- JORDAN, K. 1907, in SEITZ, A.: Die Groß-Schmetterlinge der Erde, Bd. 2. — Kernen, Stuttgart
- KITAMURA, S. 1955: Flowering plants and ferns, in: Fauna and flora of Nepal Himalaya. (Scientific results of the Japanese Expeditions to Nepal Himalaya, 1952—1953). vol. I. — Kyoto
- KOLLAR, V. 1848, in: KOLLAR, V. & REDTENBACHER, L.: Aufzählung und Beschreibung der von Freiherrn Carl v. Hügel auf seiner Reise durch Kaschmir und das Himalaya-gebirge gesammelten Insecten. In: Hügel, C. v.: Kaschmir und das Reich der Siek, Cotta, Stuttgart, 5
- DE LATTIN, G. 1967: Grundriß der Zoogeographie. — Fischer, Stuttgart
- MAYR, E. 1975, übers. v. O. KRAUS: Grundlagen der zoologischen Systematik. — Parey, Hamburg und Berlin
- MOORE, F. 1879: Descriptions of new genera and species of asiatic Lepidoptera Heterocera. — Proc. zool. Soc. London 1879: 387—417
- NAUMANN, C.-M. 1971: Untersuchungen zur Systematik und Phylogenese der holarktischen Sesiiden (Insecta, Lepidoptera). — Bonner zool. Monogr. 1: 190 pp.
- — 1977 a: Untersuchungen zur Feinstruktur von Lepidopteren-Gespinsten. — Mitt. Münchn. ent. Ges. 67 (im Druck)
- — 1977 b: Stammesgeschichte und tiergeographische Beziehungen der Zygaenini (Insecta, Lepidoptera, Zygaenidae). — Mitt. Münchn. ent. Ges. 67 (im Druck)
- — 1977 c: Zur Morphologie und Funktion des Genitalapparates der Zygaenini (Insecta, Lepidoptera, Zygaenidae). — In Vorbereitung
- RECHINGER, K. H. 1969: Celestraceae, in: Flora Iranica Nr. 64. — Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz
- SCHLEE, D. 1968: Vergleichende Merkmalsanalyse zur Morphologie und Phylogenie der *Corynoneura*-Gruppe (Diptera, Chironomidae). Zugleich eine Allgemeine Morphologie der Chironomiden-Imago (♂). — Stuttg. Beitr. Naturk. 180: 150 pp.

- — 1971: Die Rekonstruktion der Phylogenese mit HENNIG's Prinzip. — Kramer, Frankfurt
- TREMEWAN, W. G. 1959: A new genus for *Zygaena simonyi* Rebel, Lepidoptera, Zygaenidae. — Entomologist 92: 213—217
- TREMEWAN, G. & POVOLNÝ, D. 1968: Beiträge zur Kenntnis der Fauna Afghanistans: Zygaenidae, Lepidoptera. — Acta Mus. Morav. 53 (Supplementum): 161—172
- TUXEN, 1956: Taxonomist's Glossary of Genitalia in Insects. — Munksgaard, Kopenhagen.
- UEBEL, W. 1974: Zygaenenzuchten. Mitt. ent. Ver. Stuttgart 9: 43—61

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Clas M. N a u m a n n , Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld,
Postfach 8640, D-4800 Bielefeld 1, Bundesrepublik Deutschland.

Angenommen am 11. Mai 1977