

Biographie und Kopulation des Apollofalters

DETLEF MADER

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	66
Abstract	68
Key Words	70
1 Vorkommen, Zeichnung und Bedeutung des Apollofalters	70
1.1 Vorkommen des Apollofalters in Moseltal, Blautal und Altmühltal.....	71
1.2 Roter und Schwarzer Apollofalter.....	71
1.3 Bedeutung des Apollofalters	73
2 Phänomene von Kopulation und Oviposition des Apollofalters	73
2.1 Schnelligkeit von Kopulation und Oviposition.....	73
2.2 Verborgenheit von Kopulation und Oviposition.....	74
3 Biographie des Apollofalters	77
3.1 Univoltinismus der vernalen bis aestivalen Generation	77
3.2 Schlüpfen der Imagines und Paarung von Männchen und Weibchen.....	78
3.3 Begattungstasche am Abdomen des Weibchens nach erfolgter Paarung.....	79
3.4 Ablage der Eier.....	80
3.5 Aufnahme von Nektar durch die Imagines	82
3.6 Überwinterung der Eier.....	83
3.7 Schlüpfen der Raupen aus den überwinterten Eiern	84
3.8 Verpuppung der Raupen und Schlüpfen der Imagines.....	85
3.9 Fliegen der Imagines.....	85
3.10 Temperaturregulation der Imagines und Raupen.....	87
3.11 Lebensdauer und Staffelung des Erscheinens der Imagines.....	88
3.12 Einjährige oberirdische Entwicklung	89
3.13 Aufeinanderfolge und Abhängigkeit der Generationen	91
4 Sexualethologie des Apollofalters	92
4.1 Begattung unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen	92
4.2 Konkurrenzkampf der Männchen.....	93
4.3 Erregung der paarungsbereiten Männchen	94
4.4 Vorspiel zur Kopulation.....	95
5 Kopulation des Apollofalters	96
5.1 Antipodale Stellung bei der Kopulation.....	96
5.2 Sympodale Stellung bei der Kopulation	98
5.3 Steuerung der Kopulation durch Vollmond und Neumond	100
6 Anerkennung	103
7 Literaturverzeichnis	103
8 Abbildungserläuterungen	106
9 Tafelerläuterungen	106
10 Bildtafeln	109

Zusammenfassung

Die Kopulation von anderen Insekten findet meist in antipodaler und epipodaler Stellung von Männchen und Weibchen sowie untergeordnet auch in sympodaler, klinopodaler, schizopodaler, cyclopodaler und sinusoidaler Position der beiden Partner statt, wohingegen die Paarung von Schmetterlingen überwiegend in antipodaler Stellung von Männchen und Weibchen sowie manchmal auch in sympodaler Position der beiden Partner und gelegentlich sogar auch in epipodaler oder klinopodaler Stellung von Männchen und Weibchen vorgenommen wird, andererseits jedoch eine schizopodale, cyclopodale oder sinusoidale Position der beiden Partner bei der Vereinigung von Schmetterlingen nicht vorkommt. Die antipodale Stellung der beiden Partner während der Kopulation, bei der Männchen und Weibchen nur mit den verbundenen Abdomenspitzen in Kontakt stehen und ansonsten mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern entgegengesetzt zueinander orientiert sind, wobei die beiden voneinander abgewandten Partner in die jeweils entgegengesetzte Richtung schauen und entweder beide Partner mit ihren Ventralseiten auf dem Substrat ruhen, oder nur einer der beiden Partner mit seiner Ventralseite auf dem Substrat aufliegt und der andere der beiden Partner in der Luft hängt, oder beide Partner an Zweigen und Blütenständen hängen und nicht mit ihren Ventralseiten auf dem Substrat ruhen, ist die verbreitetste Position der Paarung sowohl bei dem Apollofalter (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) als auch bei anderen Schmetterlingen und gehört zusammen mit der epipodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation zu den verbreitetsten Positionen der Paarung bei anderen Insekten.

Während der Paarung des Apollofalters und anderen Schmetterlingen sind die Körper der beiden Partner manchmal auch so stark gekrümmt, daß Männchen und Weibchen nicht nur mit den Abdomenspitzen vereinigt sind, sondern sich auch mit den Ventralseiten der Körper im Bereich des Thorax nahekommen oder berühren und dabei sogar mit den Beinen streicheln, überlappen und halten, und durch diese sympodale Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters gelangen die beiden Partner in Juxtaposition zueinander und stehen sich von Angesicht zu Angesicht gegenüber.

Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters und anderen Schmetterlingen sind deshalb die Ventralseiten der stark gekrümmten Körper der beiden Partner einander zugewandt und stehen in spitzem Winkel zueinander oder sind im Extremfall sogar fast parallel zueinander orientiert, und die beiden Partner bilden quasi ein Paarungsrads, welches sowohl an den Beinen am Thorax als auch an den Abdomenspitzen geschlossen ist.

In Übergangsstadien zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters und anderen Schmetterlingen stehen die Ventralseiten der stark gekrümmten Körper der beiden Partner in stumpfem oder rechtem Winkel zueinander, so daß kein geschlossenes Paarungsrads zustande kommt, zwischen den Kopfenden der Leiber von Männchen und Weibchen eine breite Lücke klafft und die beiden Partner sich nicht von Angesicht zu Angesicht gegenüberstehen.

Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung des Apollofalters und anderen Schmetterlingen können sich die beiden einander zugewandten Partner nicht nur mit den Beinen streicheln, überlappen und halten, sondern Männchen und Weibchen können sich während der Kopulation auch in die Augen sehen, wohingegen bei der antipodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung

rung des Apollofalters und anderen Schmetterlingen die beiden voneinander abgewandten Partner in die jeweils entgegengesetzte Richtung schauen sowie in Übergangsstadien zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters und anderen Schmetterlingen die beiden einander angenäherten Partner in senkrecht oder stumpfwinklig zueinander stehende Richtungen schauen.

In der epipodalen Stellung bei der Kopulation von Insekten sitzt das Männchen auf dem Weibchen, beide Partner sind mit den Abdomenspitzen verbunden, und Männchen und Weibchen sind parallel zueinander orientiert, wobei die Ventralseite des Körpers des Männchens die Dorsalseite des Körpers des Weibchens bedeckt.

Die epipodale Stellung bei der Kopulation ist bei dem Hirschkäfer (*Lucanus cervus* LINNAEUS 1758; Coleoptera: Lucanidae) und anderen Käfern, der Streifenwanze (*Graphosoma lineatum* LINNAEUS 1758; Hemiptera: Pentatomidae) und anderen Wanzen, der Rotflügeligen Ödlandschrecke (*Oedipoda germanica* (LATREILLE 1804); Orthoptera: Acrididae) und anderen Heuschrecken, und diversen anderen Insekten weit verbreitet, kommt jedoch bei dem Apollofalter und den meisten anderen Schmetterlingen nicht vor.

In der klinopodalen Stellung bei der Kopulation von Insekten sitzt das Männchen nur auf dem distalen Teil des Abdomens des Weibchens, so daß im Gegensatz zu der epipodalen Position bei der Paarung die medialen und proximalen Teile des Abdomens des Weibchens in der klinopodalen Stellung der Partner während der Paarung freiliegen, und das Männchen sitzt oftmals auch nicht horizontal und parallel, sondern sitzt nur schräg und diagonal oder manchmal sogar fast subvertikal auf dem distalen Teil des Abdomens des Weibchens, wobei beide Partner meist insgesamt jedoch in einer horizontalen Linie orientiert sind und in die gleiche Richtung schauen.

Die klinopodale Stellung bei der Kopulation von Insekten ist vor allem bei den Käfern (Coleoptera) ausgeprägt und ist dabei besonders bei dem Goldglänzenden Rosenkäfer (*Cetonia aurata* LINNAEUS 1761; Coleoptera: Scarabaeidae) sowie anderen Blatthornkäfern (Scarabaeidae) und Blattkäfern (Chrysomelidae) weit verbreitet, kommt jedoch bei dem Apollofalter und den meisten anderen Schmetterlingen nicht vor.

In der schizopodalen Stellung bei der Kopulation von Insekten sitzt das Männchen lediglich auf dem distalen Ende des Abdomens des Weibchens, beide Partner sind mit den Abdomenspitzen verbunden, und Männchen und Weibchen sind schräg, diagonal oder orthogonal zueinander orientiert, wobei aufgrund des spitzen, rechten oder stumpfen Winkels zwischen den Körperachsen der beiden Partner die Ventralseite des Körpers des Männchens mit Ausnahme des distalen Endes des Abdomens des Weibchens nicht die Dorsalseite des Körpers des Weibchens während der Paarung bedeckt.

Die schizopodale Stellung bei der Kopulation von Insekten ist vor allem bei den Wanzen und Zikaden (Hemiptera) ausgeprägt und ist dabei besonders bei der Blutzikade (*Cercopis vulnerata* ROSSI 1790; Hemiptera: Cercopidae) weit verbreitet, kommt jedoch bei dem Apollofalter, anderen Schmetterlingen und Käfern nicht vor. In der cyclopodalen Stellung bei der Kopulation von Insekten bilden das Männchen und das Weibchen ein charakteristisches Paarungsrad, und beide Partner sind nicht mit den Abdomenspitzen miteinander verbunden.

Die cyclopodale Stellung bei der Kopulation von Insekten ist vor allem bei den Libellen (Odonata) ausgeprägt, wohingegen sie bei den Schmetterlingen (Lepidoptera), Käfern (Coleoptera), Wanzen (Hemiptera) und anderen Insekten nicht vorkommt. Die

cyclopodale Stellung bei der Paarung der Libellen entsteht dadurch, daß der Samenbehälter des Männchens bei den Libellen sich nicht wie bei den meisten anderen Insekten am distalen Ende des Abdomens befindet, sondern an der Ventralseite des ersten proximalen Segmentes des Abdomens nach dem Thorax sitzt, wohingegen die Geschlechtsöffnung des Weibchens bei den Libellen ebenso wie bei den meisten anderen Insekten an der Ventralseite des distalen Endes des Abdomens liegt. Während der Kopulation in cyclopodaler Stellung bei den Libellen ergreift deshalb das Männchen mit dem distalen Ende seines Hinterleibes das Weibchen am Kopf, und das Weibchen biegt dann sein Abdomen unter seinem Thorax und seinem Kopf so weit nach vorne, daß die Geschlechtsöffnung an der Ventralseite der distalen Abdomenspitze des Weibchens den Samenbehälter an der Ventralseite des ersten proximalen Segmentes des Abdomens nach dem Thorax des Männchens berührt, wodurch das charakteristische Paarungsrad der Libellen erzeugt wird.

Ein unikaler Sonderfall ist die sinusoidale Stellung bei der Kopulation von Jungköniginnen und Drohnen der Hornisse (*Vespa crabro* LINNAEUS 1758; Hymenoptera: Vespidae), welche möglicherweise auch bei anderen sozialen Wespen entwickelt ist und auch bei der Paarung von Weibchen und Männchen von einigen solitären Bienen auftritt. Die antipodalen und sympodalen Stellungen bei der Kopulation des Apollofalters werden in einer Auswahl von Fotos illustriert.

Abstract

The copulation of other insects takes mainly place in antipodal and epipodal position of male and female as well as subordinately also in sympodal, clinopodal, schizopodal, cyclopodal and sinusoidal position of both partners, whereas the pairing of butterflies happens predominantly in antipodal position of male and female as well as sometimes also in sympodal position of both partners and occasionally even also in epipodal or clinopodal position of male and female while otherwise, however, a schizopodal, cyclopodal or sinusoidal position of both partners does not occur in the mating of butterflies.

The antipodal position of both partners during the copulation when male and female are only in contact with the connected tips of the abdomina and are otherwise oriented oppositely to each other with straightly stretched or slightly curved bodies, with both adversely to each other oriented partners looking into the respectively opposite direction and either both partners resting with their ventral sides on the substrate, or only one of both partners lying with its ventral side on the substrate and the other of both partners hanging in the air, or both partners hanging on twigs and flower stands and not resting with their ventral sides on the substrate, is the most widespread position of pairing of the Apollo Butterfly (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) as well as also of other butterflies and belongs together with the epipodal position of male and female during the copulation to the most widespread positions of pairing of other insects.

During the pairing of the Apollo Butterfly and other butterflies, the bodies of both partners are sometimes also such strongly curved that male and female are not only connected with the tips of the abdomina, but approach or touch each other also with the ventral sides of the bodies in the region of the thorax and thereby also pet, overlap and hold each other with the legs, and in this sympodal position of male and female during the copulation of the Apollo Butterfly and other butterflies, both partner get in juxtaposition to each other and stand face to face to each other.

In the sympodal position of male and female during the copulation of the Apollo Butterfly and other butterflies, the ventral sides of the strongly curved bodies of both partners are thus faced towards each other and stand in acute angle to each other or are in an extreme case even almost oriented parallel to each other, with both partners thereby generating apparently a pairing wheel which is closed at the legs at the thorax as well as at the tips of the abdomina.

In transitional stages between the antipodal and the sympodal position of male and female during the copulation of the Apollo Butterfly and other butterflies, the ventral sides of the strongly curved bodies of both partners stand in obtuse or right angle to each other, and then a closed pairing wheel does not originate, a broad gap remains between the capital ends of the bodies of male and female, and both partners do not stand face to face to each other.

In the sympodal position of male and female during the pairing of the Apollo Butterfly and other butterflies, both partner which are faced towards each other cannot only pet, overlap and hold each other with the legs, but male and female can also look each other into the eyes during the copulation, whereas in the antipodal position of male and female during the pairing of the Apollo Butterfly and other butterflies, both adversely to each other oriented partners look into the respectively opposite direction as well as in transitional stages between the antipodal and the sympodal position of male and female during the copulation of the Apollo Butterfly and other butterflies, both partners which are approached towards each other look into directions that are oriented perpendicularly to obtusely to each other.

In the epipodal position during the copulation of insects, the male sits on the female, both partners are connected with the tips of the abdomina, and male and female are oriented parallel to each other, with the ventral side of the body of the male covering the dorsal side of the body of the female.

The epipodal position during the copulation is widely distributed with the Stag Beetle (*Lucanus cervus* LINNAEUS 1758; Coleoptera: Lucanidae) and other beetles, the Striped Shield Bug (*Graphosoma lineatum* LINNAEUS 1758; Hemiptera: Pentatomidae) and other bugs, the Red-Winged Grasshopper (*Oedipoda germanica* (LATREILLE 1804); Orthoptera: Acrididae) and other grasshoppers, and various other insects, whereas it does not occur with the Apollo Butterfly and most of the other butterflies.

In the clinopodal position during the copulation of insects, the male sits only on the distal part of the abdomen of the female, and therefore in contrast to the epipodal position during the pairing, the medial and proximal parts of the abdomen of the female are exposed freely in the clinopodal position of the partners during the mating, and the male often does also not sit horizontally or parallel, but sits only obliquely and diagonally or sometimes even almost subvertically on the distal part of the abdomen of the female, with both partners, however, predominantly in total being oriented in a horizontal line and looking into the same direction.

The clinopodal position during the copulation of insects is predominantly established with the beetles (Coleoptera) and is particularly widely distributed with the Golden Rose Chafer (*Cetonia aurata* LINNAEUS 1761; Coleoptera: Scarabaeidae) as well as other scarabaeid beetles (Scarabaeidae) und chrysomelid beetles (Chrysomelidae), whereas it does not occur with the Apollo Butterfly and most of the other butterflies. In the schizopodal position during the copulation of insects, the male sits only on the distal end of the abdomen of the female, both partners are connected with the tips of the abdomina, and male and female are oriented obliquely, diagonally or orthogonally to

each other, with because of the acute, right or obtuse angle between the axes of the bodies of both partners, the ventral side of the body of the male not covering the dorsal side of the body of the female except of the distal end of the abdomen of the female.

The schizopodal position during the copulation of insects is predominantly established with the bugs and froghoppers (Hemiptera) and is particularly widely distributed with the Black-and-Red Froghopper (*Cercopis vulnerata* ROSSI 1790; Hemiptera: Cercopidae), whereas it does not occur with the Apollo Butterfly, other butterflies and beetles. In the cyclopodal position during the copulation of insects, male and female generate a characteristical pairing wheel, and both partners are not connected with the tips of the abdomina.

The cyclopodal position during the copulation of insects is predominantly established with the dragonflies and damselflies (Odonata), whereas it does not occur with butterflies (Lepidoptera), beetles (Coleoptera), bugs (Hemiptera) and other insects.

The cyclopodal position during the copulation of dragonflies and damselflies originates by the fact that the spermatophore of the male of dragonflies and damselflies is not located at the distal end of the abdomen such as with most of the other insects, but sits at the ventral side of the first proximal segment of the abdomen behind the thorax, whereas the genital opening of the female of dragonflies and damselflies is located at the ventral side of the distal end of the abdomen such as with most of the other insects. During the copulation of the dragonflies and damselflies in cyclopodal position, the male therefore seizes the female at its head with the distal end of its abdomen, and the female then bends its abdomen below its thorax and its head so widely in proximal direction that the genital opening at the ventral side of the distal tip of the abdomen of the female touches the spermatophore at the ventral side of the first proximal segment of the abdomen behind the thorax of the male, thereby generating the typical pairing wheel of the dragonflies and damselflies.

An unique exceptional case is the sinusoidal position in the copulation of young queens and drones of the hornet (*Vespa crabro* LINNAEUS 1758; Hymenoptera: Vespidae) which is probably also developed with other social wasps and occurs also in the pairing of some solitary bees. The antipodal and sympodal positions during the copulation of the Apollo Butterfly are illustrated in a selection of photographs.

Key Words

Apollo Butterfly (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae), other insects, copulation, pairing, mating, sexual ethology, position, antipodal, sympodal, epipodal, clinopodal, schizopodal, cyclopodal, sinusoidal, juxtaposition, interference, oviposition, hatching, pupation, emergence, metamorphosis, competition, excitation, stimulation, hormonal drive, reproduction, strategy, proterandry, superandry, monoandry, polyandry, success, risk, restriction, recession, numerous insect species.

1 Vorkommen, Zeichnung und Bedeutung des Apollofalters

Die einleitenden Bemerkungen betreffen das Vorkommen des Apollofalters (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) in Moseltal, Blautal und Altmühltal; Roter und Schwarzer Apollofalter, und Bedeutung des Apollofalters.

1.1 Vorkommen des Apollofalters in Moseltal, Blautal und Altmühltal

Die Mitglieder der Familie der Ritterfalter (Lepidoptera: Papilionidae) sind durch eine unterschiedliche biogeographische Verbreitung in Deutschland gekennzeichnet. Der Schwalbenschwanz (*Papilio machaon* LINNAEUS 1758) kommt fast überall vor, wohingegen der regional begrenzte Segelfalter (*Iphiclides podalirius* LINNAEUS 1758) nur in bestimmten größeren und kleineren Arealen auftritt und in anderen Räumen fehlt, während der endemische Apollofalter (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758) mit regional sehr separierten geographischen Rassen oder Unterarten auf wenige kleinere Gebiete beschränkt ist (Literaturübersicht in MADER 2010b, 2011a, 2012a, 2013a, 2013b).

Das Moseltal zwischen Koblenz und Trier nimmt dabei eine herausragende Stellung ein. Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899) fliegt an zahlreichen Flugplätzen im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südlich Cochem, findet an den pittoresken Steilhängen des kurvenreichen Moseltales mit vielen mäanderartigen Flußschlingen zwischen Koblenz und Trier in den Weinbergen und an den Waldrändern optimale Lebensbedingungen, und hat sich deshalb bis heute in einer ausgedehnten Provinz an der Mosel erhalten, wohingegen die meisten anderen Populationen des Apollofalters in Deutschland in den letzten 100 Jahren verschwunden sind.

Das regional limitierte Vorkommen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier wurde schon von BACH & WAGNER (1844), SPEYER & SPEYER (1850, 1858), HYMMEN (1854), HEINEMANN (1859), STOLLWERCK (1863) und LEYDIG (1881, 1895, 1902) im Schrifttum dokumentiert und wird damit seit über 150 Jahren in der Literatur erwähnt.

Außerhalb des Moseltales leben heute nur noch einige begrenzte Populationen des Apollofalters in Deutschland in den Alpen, der Schwäbischen Alb und der Fränkischen Alb, wohingegen zahlreiche Populationen in etlichen weiteren Gebieten, welche vor mehreren bis vielen Jahrzehnten oder sogar vor etwa einem Jahrhundert oder noch früher existiert haben, inzwischen ausgestorben und erloschen sind.

Von den wenigen außerhalb des Moseltales heute noch existierenden Populationen des Apollofalters in Deutschland sind vor allem der Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b), welcher im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm im nordöstlichen Teil der Schwäbischen Alb fliegt; der Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922), welcher im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt zwischen Weißenburg in Bayern und Greding am südwestlichen Ausläufer der Fränkischen Alb fliegt, welcher durch das Nördlinger Ries von dem nordöstlichen Ausläufer der Schwäbischen Alb getrennt wird; und der Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b), welcher in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth fliegt, hervorzuheben.

1.2 Roter und Schwarzer Apollo

Der Apollofalter (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) wird wegen seiner typischen roten Flecken hauptsächlich auf den Hinterflügeln und bei manchen Unterarten untergeordnet bis akzessorisch auch auf den Vorderflügeln auch Roter Apollo genannt und steht mit seinen charakteristischen roten Flecken im Gegensatz zum Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae), dessen Flügelzeichnung ausschließlich aus schwarzen und grauen Elementen ohne rote Flecken besteht.

Der Schwarze Apollo ist ebenso wie der ihm ähnliche Baumweißling (*Aporia crataegi* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Pieridae) deutlich kleiner als der Rote Apollo, und der Baumweißling hat ebenso wie der Schwarze Apollo auch keine roten Flecken, sondern hat ebenso wie dieser ausschließlich schwarze Bestandteile der Flügelzeichnung, welche jedoch lediglich schwarze Adern beinhalten, wohingegen schwarze Flecken und Binden nur beim Schwarzen Apollo vorhanden sind und beim Baumweißling fehlen. Im Gegensatz zum Roten Apollo kommt der Schwarze Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier, im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm, und im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt nicht vor. Der Rote Apollo wurde im entomologischen Schrifttum manchmal auch als Deutscher Apollo sowie als Roter Augenspiegel, Weißer Ritter und Hauswurzfaller bezeichnet (Literaturübersicht in MADER 2011a), und analog wurde der Schwarze Apollo auch Schwarzer Augenspiegel genannt. In Extremfällen können die roten Flecken auf den Flügeln des Roten Apollo stark reduziert und nur noch reliktsch vorhanden sein, und derartige abnorme Variationen des Roten Apollo haben mit Ausnahme von residualen roten Säumen an wenigen Flecken fast nur schwarze Flecken und ähneln daher dem Schwarzen Apollo (STEUDEL 1885).

Männchen und Weibchen des Roten Apollo unterscheiden sich oftmals geringfügig und manchmal auch signifikant in ihrer Flügelzeichnung (sexueller Digryphismus) und ihrer Flügelfarbe (sexueller Dichromismus); die Weibchen des Apollofalters sind gelegentlich bis häufig etwas größer als die Männchen (sexueller Dimorphismus); und gelegentlich kommen beim Apollofalter auch Zwitter, Gynandromorphen oder Hermaphroditen sowie Hybride vor (unter anderen BRYK 1914a, 1918a; EISNER 1936, LEDERER 1938), wobei die Bastarde besonders in den Berührungsintervallen und Überlappungszonen der Verbreitungsgebiete und Flugzeiten verschiedener Unterarten des Apollofalters oder verschiedener Arten der Gattung *Parnassius* auftreten (unter anderen HESSE 1913, 1914; HERING 1932).

Der berühmteste Zwitter eines Apollofalters ist ein Gynandromorph des Apfelsinen-Apollo (*Parnassius autocrator* AVINOV 1913; Lepidoptera: Papilionidae), welcher in Hindukusch und Pamir in Afghanistan und umliegenden Ländern Zentralasiens fliegt (Literaturübersicht in MADER 2011a, 2012a).

Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899) gehört ebenso wie der Blau-Apollo (*Parnassius apollo thiemmo* FRUHSTORFER 1921b), der Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922) und der Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b) zu denjenigen geographischen Rassen des Apollofalters, bei denen rote Flecken lediglich auf den Hinterflügeln, nicht jedoch auf den Vorderflügeln vorhanden sind, was bei der überwiegenden Zahl der Unterarten des Apollofalters der Fall ist, wohingegen nur wenige Regionalformen des Apollofalters rote Flecken sowohl auf den Hinterflügeln als auch auf den Vorderflügeln besitzen (unter anderen die Weibchen des Jura-Apollo *Parnassius apollo nivatus* FRUHSTORFER 1906 aus dem Französischen und Schweizer Jura, des Nevada-Apollo *Parnassius apollo nevadensis* OBERT HÜR 1891 aus der Sierra Nevada südöstlich Granada im südöstlichen Teil von Spanien, des Asturien-Apollo *Parnassius apollo asturiensis* PAGENSTECHE 1909a aus Asturien südlich Oviedo und Gijón im nordwestlichen Teil von Spanien, und des Aragonien-Apollo *Parnassius apollo aragonicus* BRYK 1914a aus Aragonien nordwestlich Barcelona im nordöstlichen Teil von Spanien; Verbreitungskarten sind in GLASSL 2005 enthalten; weitere Beispiele sind in CAPDEVILLE 1978 – 1980, GLASSL 2005 und WEISS 2005 abgebildet).

1.3 Bedeutung des Apollofalters

Der Apollofalter (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) wurde in 1995 zum Schmetterling des Jahres in Deutschland gewählt. Wegen seiner Berühmtheit und Schönheit wurde der Apollofalter auserkoren, den Umschlag aller fünf Bände des Standardwerkes über die Schmetterlinge Mitteleuropas (FORSTER & WOHLFAHRT 1954, 1955, 1960, 1971, 1973 – 1981) als repräsentativer Schmetterling zu verzieren. Der Apollofalter steht damit als herausragendes Mitglied der Schmetterlinge auf einer Stufe mit dem Hirschkäfer, welcher der renommierteste und spektakulärste Vertreter der Käfer Mitteleuropas ist und deshalb ebenfalls wiederholt als repräsentativer Käfer oder ausgezeichnetes Insekt zur Gestaltung des Titels zahlreicher Bestimmungsbücher und Naturführer über Käfer und Insekten auserlesen wurde (Literaturübersicht in MADER 2009a).

Im Logo der vor fast 150 Jahren in 1866 gegründeten Entomologischen Gesellschaft Düsseldorf und des seit über 25 Jahren alljährlich in Düsseldorf stattfindenden West-deutschen Entomologentages (MELANARGIA 2010) werden die Schmetterlinge durch den Apollofalter vertreten.

Der vor fast 120 Jahren in 1897 gegründete Entomologische Verein in Frankfurt am Main wurde sogar nach dem Apollofalter benannt und verwendet eine Abbildung des namengebenden Schmetterlings als Signum auf der Titelseite seiner Zeitschrift (LEDERER 1937b), und der vor fast 100 Jahren in 1916 in Luxemburg ins Leben gerufene Zirkel der jungen Lepidopterologen wurde ebenfalls nach dem Apollofalter bezeichnet (WAGNER-ROLLINGER 1977).

In neuerer Zeit wurde sogar in Japan eine entomologische Zeitschrift mit dem Namen Apollo herausgegeben (ROSE 1995). Wegen der Schönheit des Apollofalters, welcher darüber hinaus aufgrund seines langsamen Flatterfluges und seines oftmals längeren Verweilens auf Blüten und Steinen ein sehr dankbares Objekt zum Fotografieren und Filmen ist, wurde auch das Zentralorgan für Amateur- und Fach-Fotografie, welches früher in Dresden erschienen ist, mit dem Namen Apollo versehen.

2 Phänomene von Kopulation und Oviposition des Apollofalters

Ich habe den Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südlich Cochem in 2010, 2011, 2012 und 2013 schwerpunktmäßig, den Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b; Lepidoptera: Papilionidae) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm in 2011 und 2013 stichprobenartig, und den Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt in 2011 ebenfalls stichprobenartig untersucht (MADER 2010b, 2011a, 2012a, 2013a, 2013b) und habe bei meinen umfangreichen Beobachtungen bei dem Mosel-Apollo festgestellt, daß die Kopulation von Männchen und Weibchen sowie die Oviposition der befruchteten Weibchen sehr rasch nach dem Schlüpfen der Weibchen und häufig im Verborgenen stattfinden. Schnelligkeit und Verborgenheit von Kopulation und Oviposition des Apollofalters werden nachstehend erläutert.

2.1 Schnelligkeit von Kopulation und Oviposition

Die Männchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) schlüpfen häufig etwas früher als die Weibchen und machen sich nach ihrem Erscheinen unverzüglich auf die Suche nach Weibchen, um mit einer ra-

schen Kopulation die Weitergabe ihrer Spermien so frühzeitig wie möglich sicherzustellen und damit ihren Lebenszweck so schnell wie möglich zu erfüllen. Deshalb werden bereits frisch geschlüpfte Weibchen des Mosel-Apollo, welche mit weichen, zerknitterten und noch nicht vollständig entfalteten, aufgepumpten und ausgehärteten Flügeln an Pflanzen oder auf Steinen sitzen, manchmal schon von mehreren rivalisierenden Männchen umschwärmt, wobei auch die gerade erst geschlüpfen Weibchen sofort ihre Paarungsbereitschaft signalisieren und ihr Abdomen zur Kopulation ausstrecken, um durch schnelle Befruchtung und Ablage ihrer Eier ihr Lebensziel möglichst rasch zu erreichen.

Eine deutliche Überzahl der Männchen gegenüber den Weibchen des Mosel-Apollo sowie die aufgrund der Proterandrie bereits vor dem Schlüpfen der Weibchen erreichte Flugfähigkeit der Männchen ist die Garantie dafür, daß jedes Weibchen umgehend und problemlos von einem Männchen aufgefunden und befruchtet werden kann. Aufgrund der raschen Paarung unverzüglich nach dem Schlüpfen der Weibchen des Mosel-Apollo und ebenso auch anderer Unterarten oder geographischer Rassen des Apollofalters finden sich auch Weibchen mit noch feuchten und schlaffen Flügeln, an deren Hinterleib schon eine Begattungstasche (Sphragis) angebracht ist, welche die bereits abgeschlossene Befruchtung des Weibchens infolge der schon stattgefundenen Kopulation mit einem Männchen belegt, noch bevor das Weibchen durch Entfalten, Aufpumpen und Aushärten der Flügel die Flugfähigkeit erreicht hat. Die meisten Weibchen des Mosel-Apollo tragen schon bei ihrem erstmaligen Erscheinen an den Blüten der Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und anderer Nektarpflanzen (Übersicht in MADER 2011a) eine Begattungstasche (Sphragis) an ihrem Abdomen, welche die bereits erfolgte Kopulation mit einem Männchen dokumentiert.

Nach der Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo beginnt das Weibchen häufig schon am darauffolgenden Tag und manchmal sogar noch am gleichen Tag mit der Ablage der Eier, welche meist einzeln oder auch in Gruppen oder Reihen an Blütenständen, Blättern und Stielen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae); an trockenen Pflanzenstengeln, an Grashalmen, unter überhängenden Steinen, an Felsvorsprüngen, in Spalten von Felsen und Mauern, und zuweilen sogar an freiliegenden Steinen in Geröllhalden und Schotterfluren angeheftet werden.

Infolge der vorgenannten Blitzhochzeit des Mosel-Apollo unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen und der bald danach beginnenden Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen haben die meisten Weibchen schon bei ihrem erstmaligen Erscheinen an den Blüten der Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und anderer Nektarpflanzen (Übersicht in MADER 2011a) mit bereits absolvierter Kopulation und Oviposition ihr Lebensziel erreicht, so daß der Lebenszweck der Weibchen durch Prädatoren und Unfälle im Verkehr nicht mehr gefährdet werden kann. Die Männchen des Mosel-Apollo betreiben jedoch auch nach der Paarung mit einem Weibchen noch eine intensive Fürsorge für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation und suchen und begatten manchmal fast bis zum Ende ihres Lebens weiterhin Weibchen, wie durch das gelegentliche Auftreten von Kopulationen zwischen einem völlig frischen Weibchen und einem total abgeflogenen und zerfetzten Männchen unterstrichen wird, worin sich widerspiegelt, daß die Männchen zuweilen bis zu ihrem letzten Atemzug für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation kämpfen.

2.2 Verborgenheit von Kopulation und Oviposition

Die Paarung des Apollofalters findet meist im Verborgenen statt und kann deshalb nur selten in der Natur studiert werden. Ich habe während meinen umfangreichen Beobach-

tungen des Mosel- Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier kein einziges Mal eine Kopulation von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo beobachten können, und ebenso habe ich bei meinen gelegentlichen Observationen des Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm vergeblich nach einer Paarung von Männchen und Weibchen des Blau-Apollo Ausschau gehalten.

Von den vielen Naturfotografen, welche alljährlich zur Flugzeit des Mosel-Apollo an den bekanntesten Flugplätzen zwischen Winnigen und Cochem oftmals stundenlang warten, beobachten und fotografieren, haben nur wenige bisher das Glück gehabt, der Kopulation von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo beiwohnen und diese im Bild dokumentieren zu können (POSTLER & POSTLER 2002; MICHAEL SCHROERS, persönliche Mitteilung 2010, 2014; LOTHAR HINZ, persönliche Mitteilung 2014; LOTHAR LENZ, persönliche Mitteilung 2014; DANIEL MÜLLER, persönliche Mitteilung 2014; DIRK VORBUSCH, persönliche Mitteilung 2014; HANS-PETER WECKBECKER, persönliche Mitteilung 2014), und WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014) gehören sicher zu den wenigen Naturfotografen, denen dieses Kunststück bei dem Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt gelungen ist.

Die Paarung des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt konnten auch DR. MATTHIAS DOLEK (persönliche Mitteilung 2014), MICHAEL GLASS (persönliche Mitteilung 2014), Dr. ANDREAS HALLER (persönliche Mitteilung 2014), GUNTHER HASLER (persönliche Mitteilung 2014) und GERHARD WIDER (persönliche Mitteilung 2014) beobachten und festhalten; die Kopulation des Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm haben RAINER DESCHLE (persönliche Mitteilung 2014) und GÜNTER HERRMANN (persönliche Mitteilung 2014) verfolgen und überliefern können, und bei dem Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth sind HUBERTUS EICKE (persönliche Mitteilung 2014) und THOMAS MÜLLER (persönliche Mitteilung 2014) Zeuge der Vereinigung von Männchen und Weibchen geworden.

Alle anderen Naturfotografen, welche mir Bilder des Mosel-Apollo für meine Publikationen geliefert haben (Übersicht in MADER 2010b, 2011a, 2012a, 2013a, 2013b), konnten mir immer nur Ablichtungen von einzelnen Exemplaren des Mosel-Apollo vorlegen und konnten mir keine Aufnahmen der Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo zur Verfügung stellen. Bei ihren wissenschaftlichen Studien des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier haben auch WILFRIED HASSELBACH (persönliche Mitteilung 2014), HELMUT KINKLER (persönliche Mitteilung 2014) und NORBERT RICHARZ (persönliche Mitteilung 2014) das Privileg genossen, bei der Kopulation von Männchen und Weibchen zuschauen und dokumentieren zu können.

Weitere miterlebte und festgehaltene Beispiele der Paarung von Apollofaltern umfassen die Kopulation des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg (RALPH STURM, persönliche Mitteilung 2014), des Engadin-Apollo (*Parnassius apollo rhaeticus* FRUHSTORFER 1906) im Alpenrheintal südlich des Bodensees in Liechtenstein (FERDINAND ELLENBAST, persönliche Mitteilung 2014; DIETER GSCHWEND, persönliche Mitteilung 2014), des Wallis-Apollo (*Parnassius apollo valesiacus* FRUHSTORFER 1906) in den Schweizer Alpen nördlich des Rhône-tales oberhalb des Genfer Sees zwischen Sion und Brig im Wallis in der Schweiz (BERNHARD JOST, persönliche Mitteilung 2014) und des Steiermark-Apollo (*Parnassius apollo brittingeri* REBEL & ROGENHOFER 1892) in

der Umgebung von Leoben in der Steiermark in Österreich (FRITZ BAYERL, persönliche Mitteilung 2014).

Ebenso wie die Paarung von Männchen und Weibchen vollzieht sich auch die Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen des Apollofalters oftmals im Verborgenen. Ich habe während meinen umfangreichen Beobachtungen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier kein einziges Mal die Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen des Mosel-Apollo beobachten können, und ebenso habe ich bei meinen gelegentlichen Observationen des Blau-Apollo im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm vergeblich nach einer Oviposition durch die befruchteten Weibchen des Blau-Apollo Ausschau gehalten.

Von den vielen Naturfotografen, welche alljährlich zur Flugzeit des Mosel-Apollo an den bekanntesten Flugplätzen zwischen Winnigen und Cochem oftmals lange ausharren und auf schöne Motive warten, haben nur WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2012) und ROBERT LÜCKE (persönliche Mitteilung 2012) einmal zufällig neben einem eierlegenden Weibchen des Mosel-Apollo gestanden und haben die Oviposition in aller Ruhe beobachten und fotografieren können, wohingegen von den vielen anderen Naturfotografen, welche mir Bilder des Mosel-Apollo für meine Veröffentlichungen überlassen haben, keiner mir auch Aufnahmen der Oviposition gezeigt hat. WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014) gehören erneut sicher zu den wenigen Naturfotografen, denen derartige Schnappschüsse bei dem Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt gelungen sind. Die Eiablage des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt konnte auch DR. MATTHIAS DOLEK (persönliche Mitteilung 2014) beobachten und festhalten.

Weil das Weibchen des Apollofalters nach der Kopulation von Männchen und Weibchen oftmals bereits am nächsten Tag und manchmal sogar noch am gleichen Tag mit der Ablage der Eier anfängt, konnten WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt an ein und demselben Tag an einem ausgedehnten Flugplatz sowohl etliche Pärchen in Kopulation als auch mehrere eierlegende Weibchen bei insgesamt zahlreichen Faltern beobachten und fotografieren, was als außergewöhnliches Glück und herausragende Sternstunde für Studium und Dokumentation der Fortpflanzung des Apollofalters gewertet werden kann.

LOTHAR LENZ (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Mosel-Apollo und JERZY DĄBROWSKI (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Karpathen-Apollo (*Parnassius apollo carpathicus* REBEL & ROGENHOFER 1892) haben sowohl Kopulation als auch Oviposition des Apollofalters schon in der Natur gesehen, aber nicht oder nur teilweise in Fotos festgehalten, wohingegen KLAUS HANISCH (persönliche Mitteilung 2014), HORST und ELFRIEDE HERGARDEN (persönliche Mitteilung 2014), MANFRED JOHANN (persönliche Mitteilung 2014), MONIKA und HERMANN KILLING (persönliche Mitteilung 2014), JÖRG KUHNBANDNER (persönliche Mitteilung 2014), MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014), HEINZ STETZUHN (persönliche Mitteilung 2014) und YVONNE und THOMAS TREIS (persönliche Mitteilung 2014) bisher vergeblich auf eine Möglichkeit der Beobachtung und Dokumentation von Paarung und Eiablage des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier gewartet haben. WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und ROBERT LÜCKE (persönliche Mitteilung 2014) haben zwar die Oviposition durch die befruchteten Weibchen des Mosel-Apollo miterleben können, haben aber nicht bei der Kopulation von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo zuschauen können, wohingegen DANIEL MÜLLER (persönliche Mitteilung 2014), MICHAEL

SCHROERS (persönliche Mitteilung 2014), DIRK VORBUSCH (persönliche Mitteilung 2014) und HANS-PETER WECKBECKER (persönliche Mitteilung 2014) zwar die Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo studieren und fotografieren konnten, jedoch bisher noch keine Gelegenheit zur Beobachtung und Dokumentation der Eiablage durch die befruchteten Weibchen des Mosel-Apollo gehabt haben.

Bei ihren wissenschaftlichen Studien des Mosel- Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier haben auch WILFRIED HASSELBACH (persönliche Mitteilung 2014), HELMUT KINKLER (persönliche Mitteilung 2014) und NORBERT RICHARZ (persönliche Mitteilung 2014) das Privileg genossen, bei der Eiablage durch die befruchteten Weibchen zusehen und aufnehmen zu können. ULRICH BENSE (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm und Dr. KLAUS VON DER DUNK (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt haben bisher ohne Erfolg auf eine Möglichkeit der Beobachtung von Kopulation und Oviposition gewartet.

3 Biographie des Apollofalters

Der Entwicklungszyklus des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) verläuft analog zu der Metamorphose der anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters, wobei lediglich die Zeiten des Erscheinens und Verschwindens der Imagines und Raupen entsprechend den groß- und kleinräumigen meteorologischen, klimatischen, geographischen, hydrologischen und orographischen Bedingungen sowie dem regionalen astronomischen Szenario in den Verbreitungsgebieten der diversen Subspezies des Apollofalters unterschiedlich sein können. Die nachstehende Darstellung der Biographie des Apollofalters beinhaltet Univoltinismus der vernalen bis aestivalen Generation, Schlüpfen der Imagines und Paarung von Männchen und Weibchen, Begattungstasche am Abdomen des Weibchens nach erfolgter Paarung, Ablage der Eier, Aufnahme von Nektar durch die Imagines, Überwinterung der Eier, Schlüpfen der Raupen aus den überwinterten Eiern, Verpuppung der Raupen und Schlüpfen der Imagines, Fliegen der Imagines, Temperaturregulation der Imagines und Raupen, Lebensdauer und Staffelung des Erscheinens der Imagines, einjährige oberirdische Entwicklung, und Aufeinanderfolge und Abhängigkeit der Generationen.

3.1 Univoltinismus der vernalen bis aestivalen Generation

Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) gehört ebenso wie die anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters zu den univoltinen Insekten und kommt nur in einer vernalen bis aestivalen Generation vor, welche vor der Sommer-Sonnenwende beginnt, das aestivale Solstitium überbrückt und nach der Sommer- Sonnenwende endet, wohingegen der Segelfalter (*Iphiclides podalirius* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) und der Schwalbenschwanz (*Papilio machaon* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) zu den bivoltinen Insekten zählen und in zwei Generationen auftreten, welche die vernale Generation vor der Sommer-Sonnenwende und die aestivale Generation nach der Sommer- Sonnenwende umfassen. Bezüglich des Voltinismus gleichen sich damit die beiden geschwänzten Ritterfalter und unterscheiden sich von dem ungeschwänzten Mosel-Apollo, welcher der dritte Vertreter der Familie Papilionidae im Moseltal ist. Die Ausbildung von zwei getrennten Generationen mit teilweise manifestiertem Saisondimorphismus konnte beim Apollofalter und bei anderen Vertretern der Gattung *Parnassius* bisher nicht nachgewiesen werden (EISNER 1942) und wird manchmal durch das

gleichzeitige Vorkommen von sowohl frischen als auch abgeflogenen Imagines nebeneinander und durch die gelegentliche kontemporäre Existenz aller vier Stadien der Metamorphose (unter anderen SELMONS 1894, RAAB 1928), welche von bereits sehr früh geschlüpften Weibchen nach der Kopulation mit ebenfalls sehr zeitig herausgekommenen Männchen abgelegte Eier, noch nicht verpuppte Raupen, noch vor dem Schlüpfen stehende Puppen und sowohl früh als auch spät geschlüpfte Schmetterlinge umfassen, aufgrund des gestaffelten Erscheinens der Imagines in vier Phasen im Abstand von jeweils etwa einem halben Mondzyklus und der damit verbundenen asynchronen Entwicklung verschiedener Teile der Populationen vorgetäuscht.

Bei der Zucht des Apollofalters im Labor kann eine zweite Generation künstlich erzeugt werden (NIKUSCH 1981). Die Flugzeit des univoltinen Mosel-Apollo überlappt sich mit den Flugzeiten der Frühjahrsgenerationen und der Sommergenerationen des Segelfalters und des Schwalbenschwanzes, so daß zweimal pro Jahr für jeweils eine kurze Zeit die exklusive Konstellation des gleichzeitigen Fluges der drei Ritterfalter im Moseltal zwischen Koblenz und Trier bewundert werden kann, wohingegen diese Papilioniden-Troika ansonsten, wenn überhaupt, nur an wenigen anderen Lokalitäten in Deutschland und in den umliegenden Ländern im zentralen Mitteleuropa simultan nebeneinander bestaunt werden kann. In dem fast unikalen Szenario des kontemporären Vorkommens der drei Papilioniden fliegen die ersten Exemplare des Mosel-Apollo zusammen mit den letzten Individuen der Frühjahrsgenerationen von Segelfalter und Schwalbenschwanz vor der Sommer-Sonnenwende, wohingegen die letzten Exemplare des Mosel-Apollo gemeinsam mit den ersten Individuen der Sommergenerationen von Segelfalter und Schwalbenschwanz nach der Sommer-Sonnenwende auftreten.

3.2 Schlüpfen der Imagines und Paarung von Männchen und Weibchen

Die ersten Individuen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier schlüpfen etwa Mitte bis Ende Mai, und die letzten Exemplare schlüpfen etwa Mitte bis Ende Juni. Die Männchen des Mosel-Apollo schlüpfen häufig etwas früher als die Weibchen und machen sich nach ihrem Erscheinen unverzüglich auf die Suche nach Weibchen, um mit einer raschen Kopulation die Weitergabe ihrer Spermien so frühzeitig wie möglich sicherzustellen und damit ihren Lebenszweck so schnell wie möglich zu erfüllen. Deshalb werden bereits frisch geschlüpfte Weibchen des Mosel-Apollo, welche mit weichen, zerknitterten und noch nicht vollständig entfalteten, aufgepumpten und ausgehärteten Flügeln an Pflanzen oder auf Steinen sitzen, manchmal schon von mehreren rivalisierenden Männchen umschwärmt, wobei auch die gerade erst geschlüpfte Weibchen sofort ihre Paarungsbereitschaft signalisieren und ihr Abdomen zur Kopulation ausstrecken, um durch schnelle Befruchtung und Ablage ihrer Eier ihr Lebensziel möglichst rasch zu erreichen.

Eine deutliche Überzahl der Männchen gegenüber den Weibchen des Mosel-Apollo sowie die aufgrund der Proterandrie bereits vor dem Schlüpfen der Weibchen erreichte Flugfähigkeit der Männchen ist die Garantie dafür, daß jedes Weibchen umgehend und problemlos von einem Männchen aufgefunden und befruchtet werden kann. Im Freiland ergeben Zählungen der Individuen des Apollofalters meist ein Verhältnis Männchen:Weibchen von 2:1, wohingegen in Zuchtexperimenten das Verhältnis Männchen:Weibchen manchmal nahe 1:1 liegt, wobei diese Diskrepanz in erster Linie durch die leichtere Erfassbarkeit der Männchen im Gelände hervorgerufen wird, weil die Männchen überwiegend fliegen und nur untergeordnet auch am Boden oder auf Blüten sitzen,

wohingegen die Weibchen häufig auch am Boden und auf Blüten sitzen und lediglich untergeordnet ebenfalls fliegen (ADAMSKI 2004).

KINKLER, KWIATKOWSKI, KWIATKOWSKI & BOSSELMANN (1996) haben darauf hingewiesen, dass aus dem vorgenannten Grund bei der Kontrolle und der Zählung der Exemplare des Mosel-Apollo an den Flugplätzen im Moseltal mit dem Fernglas wahrscheinlich nur etwa 60 – 70 % der tatsächlich anwesenden Individuen erfaßt werden. Die Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo dauert oft mehrere bis etliche Stunden oder sogar einige Tage und findet meist im Gras (BRYK 1914a, 1918a) oder auf dem Boden sowie untergeordnet auch auf Blüten (WOLFGANG FISCHER, persönliche Mitteilung 2014; DANIEL MÜLLER, persönliche Mitteilung 2014; MICHAEL SCHROEREN, persönliche Mitteilung 2014; DIRK VORBUSCH, persönliche Mitteilung 2014; HANS-PETER WECKBECKER, persönliche Mitteilung 2014) statt, und deshalb ist der Mosel-Apollo während der Kopulation einem erhöhten Prädationsrisiko ausgesetzt (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989), wohingegen in anderen Fällen die Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo relativ rasch erfolgt und weniger als eine Stunde oder sogar weniger als eine halbe Stunde dauert (MICHAEL SCHROERS, persönliche Mitteilung 2014).

Gelegentlich bis verbreitet erfolgt die Kopulation von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo und ebenso auch anderer Unterarten oder geographischer Rassen des Apollofalters direkt auf oder zwischen Pflanzen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae), so daß das Weibchen nach der Paarung gleich an Ort und Stelle bleiben und mit der Eiablage an der Hauptfutterpflanze der Raupen des Mosel-Apollo in der schützenden Umgebung der engständigen Triebe der sukkulenten Nahrungspflanze der Larven beginnen kann, wodurch das Prädationsrisiko verringert wird.

Im Gegensatz zu vielen anderen Tagfaltern fliegen in Kopulation befindliche Pärchen des Apollofalters in der Regel nicht auf, sondern bleiben meist im Gras (BRYK 1914a, 1918a), auf dem Boden (POSTLER & POSTLER 2002) und auf Blüten sitzen, und bei gelegentlichem Auffliegen von kopulierenden Pärchen des Apollofalters ist häufig das Weibchen der fliegende Teil (UGRJUMOW 1914, LEDERER 1938). Bei Störungen während der Paarung fliegen die in Kopulation befindlichen Pärchen des Apollofalters manchmal nur kurz auf, flattern lediglich wenige Meter weiter, lassen sich dann erneut nieder und setzen die Paarung fort (GERHARD WIDER, persönliche Mitteilung 2014), oder das Tandem aus miteinander verbundenen Männchen und Weibchen des Apollofalters bewegt sich durch Flügelschläge nur flach am Boden entlang, ohne vom Untergrund abzuheben (MICHAEL SCHROERS, persönliche Mitteilung 2014). Nach dem Schlüpfen aus der Puppe benötigt der Apollofalter für das Entfalten, Aufpumpen und Aushärten der Flügel bis zur Flugfertigkeit etwa ein bis zwei Stunden (UGRJUMOW 1914, KAMMEL 1940). Die Paarung des Apollofalters findet meist im Verborgenen statt, wodurch ebenfalls das Prädationsrisiko herabgesetzt wird, aber selbstverständlich nicht ganz ausgeschaltet werden kann.

3.3 Begattungstasche am Abdomen des Weibchens nach erfolgter Paarung

Ein während der Kopulation vom Männchen auf das Weibchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) und ebenso auch anderer Unterarten oder geographischer Rassen des Apollofalters übertragenes Sekret führt zu der Ausbildung einer Begattungstasche (Sphragis), und dieser chitinöse dornartige Fortsatz verschließt nach der Paarung die Geschlechtsöffnung des Weibchens

und verhindert damit die mehrfache Kopulation und Befruchtung des Weibchens durch weitere Männchen, wohingegen das Männchen nach der Paarung mit einem Weibchen noch mit anderen bisher nicht befruchteten Weibchen kopulieren kann. Gelegentlich wurde jedoch auch die wiederholte Paarung von Weibchen des Apollofalters mit mehreren Männchen trotz bereits vorhandener Sphragis am Abdomen des Weibchens beobachtet, wobei jedoch die Begattungstasche am Hinterleib des Weibchens eine nochmalige Vereinigung blockiert und lediglich noch eine Pseudopaarung zulässt, nicht jedoch eine erneute Kopulation oder Bigamie ermöglicht, und deshalb sind die Weibchen des Apollofalters durch Monogamie trotz möglicher Polyandrie gekennzeichnet (BRYK 1911, 1914a, 1914b, 1918a, 1918b, 1919, 1934).

Die Begattungstasche bereits befruchteter Weibchen ist ein typisches Merkmal des Apollofalters (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) und der anderen Arten der Gattung *Parnassius* (Literaturübersicht in MADER 2011a), und wird durch den Peraplast des Männchens gebildet und an dem Sterigma des Weibchens angebracht (SCUDDER 1892; BRYK 1914a, 1918a, 1918b, 1919). Manchmal kommt es beim Apollofalter sogar zur Entwicklung einer doppelten Sphragis (KOTZSCH 1940b) oder einer Sphragis und eines Spermatophragmas (PETERSEN 1928) oder einer Sphragis und einer Plethosphragis (BRYK 1924), wobei das Vorhandensein von zwei Begattungstaschen am Abdomen des Weibchens als Zeugnis der Polyandrie die mehrmalige Paarung des Weibchens mit verschiedenen Männchen belegt (BRYK 1914a, 1914b, 1918a, 1918b, 1919, 1924; LEDERER 1938).

Die Ausbildung einer Begattungstasche am Hinterleib des Weibchens während der Vereinigung mit einem Männchen ist nicht nur auf den Apollofalter und die anderen Arten der Gattung *Parnassius* beschränkt, sondern charakterisiert auch zahlreiche andere sphragophore Schmetterlinge aus verschiedenen Familien (BRYK 1918b, 1919, 1924). Zuweilen wurde auch der Versuch der Kopulation eines Männchens des Apollofalters mit einem schon toten aber noch warmen und weichen Weibchen registriert (BRYK 1911, 1914a, 1918a; LEDERER 1938).

3.4 Ablage der Eier

Weil bei dem Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) ebenso wie bei den anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters Paarung und Eiablage unmittelbar nach dem Erscheinen der Weibchen beginnen und die ersten Weibchen aufgrund der Proterandrie erst etwa ein bis zwei Wochen nach dem Auftauchen der ersten Männchen herauskommen, finden Kopulation und Oviposition bei dem Mosel-Apollo in den meisten Jahren schon ab Ende Mai bis Anfang Juni statt, wohingegen in etlichen Jahren Paarung und Eiablage bei dem Mosel-Apollo auch erst ab Anfang bis Mitte Juni oder ab Mitte bis Ende Juni anfangen und in dem außergewöhnlichen Jahr 2011 wegen des extrem frühen Beginns des Schlüpfens und Ausfliegens der ersten Falter Kopulation und Oviposition bei dem Mosel-Apollo sogar schon ab Mitte Mai eingesetzt haben.

Wegen der Staffelung des Schlüpfens und Ausfliegens des Mosel-Apollo in vier Phasen im Abstand von jeweils etwa einem halben Mondzyklus erstreckt sich die Eiablage in Jahren mit frühem Erscheinen der ersten Falter von Mitte bis Ende Mai über etwa eineinhalb Mondzyklen oder sogar fast zwei Mondzyklen bis Mitte bis Ende Juni oder sogar Anfang Juli und in Jahren mit spätem Herauskommen der ersten Falter von Mitte bis Ende Juni über etwa eineinhalb Mondzyklen oder sogar fast zwei Mondzyklen bis Mitte bis Ende Juli oder sogar Anfang August, und deshalb findet die Oviposition bei dem Mosel-Apollo in einem Zeitraum statt, in dem die verschiedenen Kaltlufteinbrüche der kür-

zeren Schlechtwetterphasen von Maikälte (Eisheiligen), Junikälte (Schafskälte), Julikälte und Augustkälte die längeren Schönwetterperioden mit viel Sonnenschein, hohen Temperaturen und Trockenheit unterbrechen. Die drastischen Temperaturstürze und erheblichen Niederschläge während der verschiedenen Kaltluftereinbrüche der kürzeren Schlechtwetterphasen von Maikälte (Eisheiligen), Junikälte (Schafskälte), Julikälte und Augustkälte können vermutlich durch verbreitete Fäulnis, Vernässung, Verpilzung und Verschimmelung eine erhöhte Verlustrate der abgelegten Eier des Mosel-Apollo hervorrufen. Die verschiedenen Kaltluftereinbrüche der kürzeren Schlechtwetterphasen von Maikälte (Eisheiligen), Junikälte (Schafskälte), Julikälte und Augustkälte umfassen in manchen Jahren bis zu 16 Phasen, welche mit drastischen Temperaturstürzen und erheblichen Niederschlägen die längeren Schönwetterperioden mit viel Sonnenschein, hohen Temperaturen und Trockenheit unterbrechen (MADER 2013a, 2013b).

Nach der Paarung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo beginnt das Weibchen häufig schon am darauffolgenden Tag und manchmal sogar noch am gleichen Tag mit der Ablage der Eier, welche meist einzeln oder auch in Gruppen oder Reihen an Blütenständen, Blättern und Stielen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae); an trockenen Pflanzenstengeln, an Grashalmen, unter überhängenden Steinen, an Felsvorsprüngen, in Spalten von Felsen und Mauern, und zuweilen sogar an freiliegenden Steinen in Geröllhalden und Schotterfluren angeheftet werden.

Bei der Oviposition verwendet das Weibchen des Apollofalters die Sphragis als Legetasche und tastet damit die Unterlage vor der Anbringung der Eier ab (BRYK 1914a, 1918a, 1918b). Jedes einzelne befruchtete Weibchen des Mosel-Apollo ist für sich allein in der Lage, mit der erfolgreichen Oviposition die Basis für das Überleben der Population in der nächsten Generation zu legen, und jedes einzelne Männchen, welches mit der Paarung seine Spermien zur Befruchtung der Eier an ein Weibchen übergibt, leistet ebenso seinen Beitrag zur erfolgreichen Reproduktion und damit zur weiteren Existenz der Population in der nächsten Generation. Infolge der vorgenannten Blitzhochzeit des Mosel-Apollo unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen und der bald danach beginnenden Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen haben die meisten Weibchen schon bei ihrem erstmaligen Erscheinen an den Blüten der Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und anderer Nektarpflanzen (Übersicht in MADER 2011a) mit bereits absolvierter Kopulation und Oviposition ihr Lebensziel erreicht, so daß der Lebenszweck der Weibchen durch Prädatoren und Unfälle im Verkehr nicht mehr gefährdet werden kann.

Die Männchen des Mosel-Apollo betreiben jedoch auch nach der Paarung mit einem Weibchen noch eine intensive Fürsorge für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation und suchen und begatten manchmal fast bis zum Ende ihres Lebens weiterhin Weibchen, wie durch das gelegentliche Auftreten von Kopulationen zwischen einem völlig frischen Weibchen und einem total abgeflogenen und zerfetzten Männchen unterstrichen wird, worin sich widerspiegelt, daß die Männchen zuweilen bis zu ihrem letzten Atemzug für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation kämpfen. Ebenso wie die Paarung von Männchen und Weibchen vollzieht sich auch die Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen des Apollofalters oftmals im Verborgenen, wodurch wiederum das Prädationsrisiko minimiert wird.

3.5 Aufnahme von Nektar durch die Imagines

Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) saugen an verschiedenen vorzugsweise rotblühenden, violettblühenden und blaublühenden Pflanzen Nektar als Nahrung, um ihre Kraftstoffreserven aufzufüllen und den Verbrauch der gespeicherten Vorräte an Energieträgern zu kompensieren oder zu verlangsamen (Übersicht der Nektarpflanzen des Mosel-Apollo in MADER 2011a). Die ausreichende Aufnahme von Nährstoffen an den Tankstellen der Blütenstände von hauptsächlich rotblühenden, violettblühenden und blaublühenden Pflanzen gewährleistet, daß die Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo aufgrund länger anhaltender Kondition und Fitness sowie möglicherweise auch verlängerter Lebensdauer mit einer höheren Wahrscheinlichkeit mit dem erfolgreichen Abschluß von Kopulation und Eiablage die Ziele ihres Lebenszyklus erreichen können und dadurch den Fortbestand der Population in der nächsten Generation begründen und sicherstellen können.

Wenn der Beginn des ersten oder zweiten Entwicklungsschubes des Mosel-Apollo am Anfang der Flugzeit in die erste oder zweite von insgesamt drei oder vier mehrtägigen Hitzephasen mit Tageshöchsttemperaturen von 32 – 36 °C gefallen ist, haben aufgrund der kraftstrotzenden und hormonstimulierten frisch geschlüpften Männchen am Anfang der Flugzeit trotz der Hitze die Individuenzahlen des Mosel-Apollo täglich zugenommen, sind die sexuell erregten Männchen auf der Suche nach Weibchen trotz der Hitze ausdauernd an den Felsen und Hängen herumgefliegen und haben sich sogar vor der Paarung fast gar keine Pausen zum Nektartrinken an Blüten gegönnt, sondern haben in der Thermik der heißen Luft ihren hormonetriebenen Suchflug nach Weibchen unermüdlich bis zur Kopulation fortgesetzt, und haben sich erst nach vollzogener Paarung zum Nektartrinken an Blüten niedergelassen, wohingegen die Weibchen nach ihrer Befruchtung durch die Kopulation mit einem Männchen sogar erst noch die Eiablage vorgenommen haben und sich erst dann nach erledigter Oviposition zum Nektartrinken an Blüten eingefunden haben, wie durch die bereits vorhandene Begattungstasche (Sphragis) am Abdomen der Weibchen bei ihrem Auftauchen an den Blüten zum Nektartrinken dokumentiert wird.

Mit dem Erscheinen zum Nektartrinken an Blüten erst nach erfolgter Paarung und Eiablage leisten die Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo durch ihre bis zum Abschluß von Kopulation und Oviposition asketische Lebensweise ebenfalls einen Beitrag zur Verringerung des Prädationsrisikos und stellen somit die Sicherung der Erhaltung der Population in der nächsten Generation über ihren Bedarf der Aufnahme von Nährstoffen für die Erhaltung ihrer Kondition und Fitness und möglicherweise auch Verlängerung ihrer Lebensdauer.

Im Gegensatz dazu haben die dritte und vierte von insgesamt drei oder vier mehrtägigen Hitzephasen mit Tageshöchsttemperaturen von 32 – 36 °C am Ende der Flugzeit oftmals das Verschwinden des Mosel-Apollo beschleunigt, denn es sind zahlreiche alte kraftlose und sterbende Exemplare des Mosel-Apollo, welche nur noch zeitweise langsam am Boden herumgeflattert sind, nur noch gelegentlich an den Felsen und Hängen in der Thermik der heißen Luft gesegelt sind oder sich haben gleiten lassen, und manchmal sogar mehrere Tage hintereinander an den wenigen Blüten einer einzigen Flockenblume, Distel oder anderen Pflanze gesessen sind und noch etwas Nektar gesaugt haben, innerhalb weniger Tage oder sogar von einem auf den anderen Tag erloschen.

Die Imagines des Apollofalters übernachten häufig an den roten und violetten Blüten von Flockenblumen, Disteln (TUMMA 1892, LÖWENSTEIN 1932) und anderen Pflanzen; an geschützten Stellen in den Felswänden und unter großen Felsblöcken, an Büschen und Bäumen sowie unter abgefallenem Laub im nahegelegenen Wald (STAUDER 1916a, 1916b; LEDERER 1938), an Gräsern dicht am Boden in Wiesen (WERNER 1928), und zwischen Pflanzen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae), wobei besonders in der schützenden Umgebung der engständigen Triebe der sukkulenten Hauptfutterpflanze der Raupen das Prädationsrisiko verringert wird. Gelegentlich versammeln sich abends zahlreiche Individuen des Apollofalters in Gruppen zur Übernachtung an gemeinschaftlichen Schlafplätzen und brechen nach der Übernachtung morgens von dort zum Blütenbesuch auf (BISCHOF 1971a, BARON 1982).

3.6 Überwinterung der Eier

Die letzten Individuen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) fliegen etwa Mitte bis Ende Juli oder Anfang August, und in Ausnahmefällen wurden auch noch im September fliegende Exemplare gesehen (KILIAN 1922). Der Mosel-Apollo ist ebenso wie die anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters durch eine obligatorische Entwicklungshemmung beim Erreichen des Eistadiums oder eine Ovo-Diapause gekennzeichnet, bei der entweder nur das Ei oder das fertig entwickelte kleine Räupchen im Ei hiberniert und erst im folgenden Frühjahr am Ende der Dormanzperiode das kleine Räupchen aus dem Ei schlüpft.

Nach der Eiablage des Mosel-Apollo im Frühjahr wird deshalb die Entwicklung unterbrochen und wird erst dann fortgesetzt, wenn entweder nur das Ei oder das fertig entwickelte kleine Räupchen im Ei überwintert hat und im folgenden Frühjahr das kleine Räupchen aus dem Ei schlüpft. Während der Hibernation sind entweder nur das Ei oder das fertig entwickelte kleine Räupchen im Ei an den oberirdischen (epigäischen) Anheftungsstellen der Eier des Mosel-Apollo der klirrenden Kälte des Winters schutzlos ausgesetzt und sind deshalb entsprechend der Härte des Winters manchmal auch kürzeren oder längeren Dauerfrostperioden ohne Abschirmung exponiert. Die meisten Dauerfrostperioden in den letzten Jahren waren als Kahlfröste oder Nacktfröste entwickelt, bei denen eine trockene Kälte ohne Niederschläge geherrscht hat und dementsprechend die Oberfläche der Landschaft blank gelegen hat und nicht durch eine Schneedecke vor dem strengen Frost geschützt war (MADER 2013a). Darüber hinaus sind besonders die unter überhängenden Steinen, an Felsvorsprüngen, und in Spalten von Felsen und Mauern angehefteten Eier des Mosel-Apollo auch bei Schneefall trotzdem der klirrenden Kälte des Winters ohne Isolation ausgesetzt, weil an den überhängenden und eingeschnittenen Stellen von Steinen, Felsen und Mauern sich aus gravitativen und niveodynamischen Gründen keine Schneedecke ablagern kann.

Die Eischale gewährt dem fertig entwickelten kleinen Räupchen des Mosel-Apollo im Ei zwar eine gewisse Isolation gegen die Einwirkung des Frostes, schirmt das kleine Räupchen im Ei jedoch nur bei leichtem Frost ausreichend ab, wohingegen bei starkem Frost das kleine Räupchen im Ei gefriert. Bei anhaltendem Dauerfrost mit einstelligen oder zweistelligen Minusgraden taut das kleine Räupchen des Mosel-Apollo im Ei erst dann wieder auf, wenn der Permafrost endet und tagsüber im Sonnenschein wieder Plusgrade erreicht werden. Je länger die Dauerfrostperiode anhält, desto größer ist die Gefahr des Absterbens des kleinen Räupchens des Mosel-Apollo im Ei. Das Absterben zahlreicher kleiner Räupchen des Mosel-Apollo im Ei während längerer Dauerfrostperioden mit

zweistelligen Minusgraden hat einen signifikanten Einfluß auf die Entwicklung einer lediglich retardierten Populationsstärke des Mosel-Apollo, weil die durchschnittliche Verlustrate im Stadium des kleinen Räupchens im Ei bei anhaltendem Permafrost wesentlich erhöht wird und im Extremfall an manchen Standorten sogar fast ein Totalverlust der kleinen Räupchen im Ei drohen kann.

3.7 Schlüpfen der Raupen aus den überwinterten Eiern

Die Raupe des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) schlüpft aus dem überwinterten Ei entsprechend dem Ende des winterlichen Wetters und dem Beginn des frühlingshaften Wetters etwa Ende Februar bis Mitte oder Ende März, manchmal jedoch bereits Anfang bis Mitte Februar oder sogar noch früher, und wächst bis etwa Mitte bis Ende April oder Anfang bis Mitte Mai, zuweilen jedoch schon bis Anfang bis Mitte April oder sogar noch früher zur Verpuppungsreife heran. Gelegentlich wurde auch das vorzeitige Schlüpfen einzelner Raupen des Mosel-Apollo schon im Herbst etwa drei bis vier Monate nach der Eiablage beobachtet, was auf die nicht absolute Kontrolle der obligatorischen Diapause zurückzuführen ist, denn aufgrund der hohen Temperaturansprüche sind im Herbst keine geeigneten Bedingungen für die Entwicklung der Larven vorhanden (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989). Die Entwicklungszeit der Raupen des Mosel-Apollo vom Schlüpfen aus dem Ei bis zur Verpuppung dauert etwa zwei Monate.

Die Raupe des Mosel-Apollo und der anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters hält sich häufig gerne unter Steinen und Felsvorsprüngen versteckt auf und kommt oftmals nur zum Fressen an den Polstern und Kissen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae) ins Freie und ans Tageslicht, und schützt sich durch die weitgehend verborgene Lebensweise vor Räubern.

Die Raupe des Mosel-Apollo und der anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters frißt nicht nur im grellen Sonnenschein in der wärmsten Tageszeit, sondern auch bei Regen sowie am Abend und in der Nacht (HOFFMANN 1915, GRAF 1920, GRÜTZNER 1927, GOLTZ 1930b, LEDERER 1938). Nach eisigen Nächten ist die Raupe des Apollofalters frühmorgens glashart gefroren, taut jedoch im Sonnenschein am Tag wieder auf und frißt weiter. Während kürzeren oder längeren Dauerfrostperioden bleibt die Raupe des Apollofalters dagegen so lange gefroren, wie der Permafrost anhält, und taut erst am Ende der Minusgrade wieder auf, wenn tagsüber im Sonnenschein Plusgrade erreicht werden. Je länger die Dauerfrostperiode anhält, desto höher ist das Risiko, daß die Raupe des Apollofalters den Permafrost nicht überlebt und zwischenzeitlich abstirbt. Das vorzeitige Schlüpfen von Raupen des Mosel-Apollo vor einer oder mehreren Dauerfrostperioden im Winter führt zu einer erhöhten und überdurchschnittlichen Verlustrate im juvenilen Stadium der Raupen, welche außerhalb der schützenden Eischale besonders bei Permafrost mit zweistelligen Minusgraden nur eine sehr geringe oder fast gar keine Überlebenschance haben, wohingegen das zeitgerechte Schlüpfen von Raupen des Mosel-Apollo nach einer oder mehreren Dauerfrostperioden im Winter die Möglichkeit einer lediglich durchschnittlichen oder sogar unterdurchschnittlichen Verlustrate im juvenilen Stadium der Raupe bietet, weil die Überlebenschance der kleinen Räupchen des Mosel-Apollo innerhalb der Geborgenheit der Eihülle besonders bei Permafrost mit zweistelligen Minusgraden wesentlich größer ist als außerhalb der schützenden Eischale.

3.8 Verpuppung der Raupen und Schlüpfen der Imagines

Die Raupe des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) verpuppt sich etwa Anfang bis Mitte Mai oder Ende Mai bis Anfang Juni, gelegentlich jedoch schon Mitte bis Ende April oder sogar noch früher in einem leichten und lockeren Gespinst am Boden, unter Steinen und Felsüberhängen, in Spalten von Felsen oder in Ritzen zwischen Steinen an Felsen und Trockenmauern. Zwei bis vier Wochen nach der Verpuppung schlüpfen die ersten Imagines des Mosel-Apollo und begeben sich nach dem Entfalten, Aufpumpen und Aushärten der Flügel unverzüglich auf Brautschau. Das bisher früheste Erscheinen der ersten Imagines des Mosel-Apollo hat in dem außergewöhnlichen Jahr 2011 bereits Anfang Mai stattgefunden, wohingegen in den meisten Jahren die ersten Falter des Mosel-Apollo ab Mitte bis Ende Mai aufgetaucht sind und in etlichen Jahren die ersten Exemplare sogar erst Anfang bis Mitte Juni herausgekommen sind (Literaturübersicht in MADER 2011a, 2012a; Zusammenstellung der Daten in MADER 2013a, 2013b). In 2014 sind die ersten Individuen des Mosel-Apollo ebenfalls Mitte bis Ende Mai herumgeflogen (MONIKA und HERMANN KILLING, persönliche Mitteilung 2014; DANIEL MÜLLER, persönliche Mitteilung 2014; FRIEDHELM RUDORFER, persönliche Mitteilung 2014).

Die großen Ritterfalter mit einer Flügelspannweite von etwa 65 – 80 mm fliegen nach dem Schlüpfen und dem Aushärten der Flügel in elegantem und majestätischem Segel- und Flatterflug um die Felsen und Mauern und durch die Wiesen in den Weinbergen und an den Waldrändern an den Steilhängen des Moseltales auf der Suche nach Partnern für die Paarung, und mit der Kopulation von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo endet der vorhergehende Entwicklungszyklus und beginnt ein neuer Entwicklungszyklus.

3.9 Fliegen der Imagines

Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) ist ein ausgeprägter Sonnenliebhaber und flattert lebhaft und freudig im intensiven strahlenden Sonnenschein bei wolkenlosem blauem Himmel, wohingegen er bei gefiltertem trübem Sonnenlicht bei milchig-weißem Himmel schon merklich weniger begeistert und beglückt herumsegelt und sich bei bedecktem Himmel mit nur zeitweise fahlem Sonnenschein an dünneren Stellen oder in Lücken der Wolkendecke selbst bei warmem Wetter mit Temperaturen um 20 °C und mehr manchmal sogar überhaupt nicht blicken läßt.

Der Mosel-Apollo zählt auch zu den xerothermophilen Schmetterlingen, welche warme und trockene Gebiete bevorzugen und darin besonders in offenem Gelände außerhalb des Waldes auftreten, und deshalb im wärmebegünstigten Moseltal einen optimalen Lebensraum haben. Wegen seiner ausgeprägten solaren Affinität tummelt sich der Mosel-Apollo häufig bevorzugt an nach Osten und Südosten einfallenden Steilhängen des Moseltales, welche aufgrund ihrer günstigen Exposition und optimalen Neigung bereits ab dem frühen Morgen durch intensive fast orthogonale Sonneneinstrahlung erwärmt werden und wo besonders an warmen Tagen schon am zeitigen Vormittag zahlreiche Individuen des heliophilen Ritterfalters herumflattern. Daneben fliegt der sonnenliebende Mosel-Apollo auch verbreitet an nach Süden und Südwesten einfallenden Steilhängen des Moseltales, welche infolge ihrer geeigneten Ausrichtung und passenden Inklination bis zum hereinbrechenden Abend durch konzentrierte nahezu senkrecht auftreffende Insolation aufgeheizt werden und wo vor allem an warmen Tagen bis zum späten Nachmittag zahlreiche Exemplare des heliophilen Mosel-Apollo herumschweben. Nur untergeordnet akzeptiert der solaraffine Mosel-Apollo auch nach Westen einfallende

Steilhänge des Moseltales, welche am Vormittag im Schatten liegen und erst ab Mittag von der Sonneneinstrahlung erreicht werden und dann bis zum Abend durch intensive steil spitzwinklige bis rechtwinklige Insolation erwärmt werden, wo der heliophile Ritterfalter ebenfalls bis zum späten Nachmittag herumfliegt, wohingegen der sonnenliebende Mosel-Apollo nach Norden geneigte Steilhänge des Moseltales, welche lediglich am frühen Vormittag und am späten Nachmittag durch seitlich einfallende flach spitzwinklige Sonneneinstrahlung tangiert werden, eher meidet.

Neben dem Mosel-Apollo sind auch die anderen Unterarten oder geographischen Rassen des Apollofalters ausgeprägte Sonnenliebhaber. Bei dem Tessin-Apollo (*Parnassius apollo heliophilus* FRUHSTORFER 1922; Lepidoptera: Papilionidae) ist seine Vorliebe für intensive Sonneneinstrahlung sogar im Unterartnamen festgehalten. Über die Thermophilie etlicher Unterarten des Apollofalters hat auch FRUHSTORFER (1922, 1923c, 1924a) berichtet, und eine besonders in trockenen und warmen Biotopen lebende Unterart ist der Xerophil-Apollo (*Parnassius apollo xerophilus* FRUHSTORFER 1923c), welcher ebenfalls im Tessin vorkommt. Entsprechend seiner Heliophilie haben BRYK (1914a, 1918a) und WITTSTADT (1949) den Apollofalter als Sonnenanbeter, Sonnengott und Sonnenfalter bezeichnet, und SELMONS (1894) hat ihn als Sommervogel im Königsmantel titulierte, dessen Raupen ebenfalls ausgesprochen sonnenliebend sind und sich erst bei sehr heißer und intensiver Sonneneinstrahlung in den Schatten zurückziehen (WAGNER 1908, 1911; SKALA 1912, HOFFMANN 1915, LEDERER 1938, ASTFÄLLER 1939).

An heißen Sonnentagen läßt sich der Apollofalter selbst von zwischenzeitlichen Gewitterschauern nicht beirren und fliegt sogar auch dann noch in schwebendem Gleitflug von einer Blüte zur nächsten, wenn sich der Himmel schon verdunkelt hat und im Donnern die ersten Blitze zucken, und fliegt nach dem Ende des Gewitterregens gleich wieder, sobald die Sonne erneut hervorkommt und mit intensiver Strahlung die nassen Wiesen erwärmt (KUSDAS 1920). Nach einem Regenschauer am Nachmittag wurden zahlreiche Individuen des Apollofalters mit ausgebreiteten Flügeln regungslos im Gras am Boden liegend oder emsig saugend auf Blüten sitzend angetroffen, welche nach der Aufhellung der Wetters wieder zu fliegen begonnen haben, und nach dem Durchbruch der Sonne durch die Wolken sind am gleichen Nachmittag noch über 150 Exemplare auf den Wiesen an den Berghängen geflogen (STANDFUSS 1846). Einzelne Individuen des Apollofalters fliegen manchmal auch bei trübem oder sogar kaltem windigem Wetter (BRYK 1914a, 1918a; FRANK 1939) sowie schon wieder kurz nach dem Ende von Regenfällen, wenn die Sonne wieder durch die Wolken bricht (KAMMEL 1919). ELISABETH und WOLFGANG POSTLER (persönliche Mitteilung 2010) und HEINZ STETZUHN (persönliche Mitteilung 2012) haben sogar jeweils einmal ein durchnäßtes Exemplar des Mosel-Apollo in strömendem Regen mit ausgebreiteten Flügeln an einer Mauer sitzend beobachtet, und in analoger Weise hat UGRJUMOW (1914) bei dem Wolga-Apollo (*Parnassius apollo democratus* KRULIKOWSKY 1906) wiederholt im Regen mit ausgebreiteten Flügeln sitzende Individuen festgestellt. Andererseits hat STAUDER (1916) an einem gewitterschwülen Nachmittag an den üblichen Flugplätzen, an denen bei sonnigem trockenem Wetter zahlreiche Individuen fliegen, kein einziges Weibchen des Apollofalters entdecken können, wohingegen er mehrere Weibchen in einem nahen Wald an Büschen und Bäumen sowie unter abgefallenem Laub gefunden hat, welche dort vor dem ausbrechenden Gewitter Schutz gesucht haben, und ebenso hat LAX (1925) nach einem starken Gewitterregen mit Hagelschlag und bei heftigem Wind kein einziges Exemplar des Apollofalters beobachten können.

Der Mosel-Apollo macht sich aufgrund seiner pergamentartigen Flügel manchmal auch beim Fliegen akustisch bemerkbar, wenn er mit seinen breiten Schwingen im langsamen Flatterflug Blüten und Zweige streift, wobei ein charakteristisches Rascheln zu hören ist, welches dem Falten, Knüllen und Knistern von Pergamentpapier ähnelt. Dieses Rascheln und Knistern des Apollofalters wird möglicherweise durch eine zitternde Bewegung der unbestäubten Flügelränder (STANDFUSS 1846, MARSCHNER 1909; BRYK 1914a, 1918a) und die pergamentartige Flügelsubstanz (MEYER-DÜR 1852) hervorgerufen. Der Flatterflug des Apollofalters ähnelt dem des Baumweißlings (*Aporia crataegi* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Pieridae; BRYK 1912b, 1913a; STEPHAN 1924/1925, GOLTZ 1930a, NAUMANN 1958).

Auf Blüten sitzende und dort Nektar saugende Individuen des Mosel-Apollo werden manchmal durch anfliegende Individuen der Küsten-Blattschneiderbiene (*Megachile maritima* KIRBY 1802; Hymenoptera: Megachilidae) angegriffen und in die Flügel gebissen, wobei das Ziel der Attacke der ebenfalls von dem Nektar der Blüten angezogenen Bienen die Vertreibung des Mosel-Apollo von den besetzten Tankstellen ist, damit sie selbst allein und ungestört durch Konkurrenten den Nektar der Blüten zapfen können (LENZ 2012). Bei plötzlichen Störungen reagieren die Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo mit einem kombiniert optischen und akustischen Schreck- und Abwehrverhalten. Dabei spreizen die Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo ruckartig ihre Vorderflügel und Hinterflügel weit auseinander, so daß die beiden roten Augenpaare auf den Hinterflügeln sichtbar werden, und gleichzeitig stridulieren die Falter in dieser Schreck- und Abwehrstellung mit den Mittelbeinen und/oder den Hinterbeinen unter den Decken der breit auseinandergeklappten Hinterflügel, in dem sie die Beine meist synchron über die an den Flügelwurzeln stehenden Borsten reiben, wodurch ein kratzendes oder zischendes Geräusch entsteht, welches vermutlich angreifenden Eidechsen das Herannahen einer zischenden Schlange vortäuschen soll (PEKARSKY 1975, SCHURIAN 1975, HASSELBACH 1988; RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989). Die Männchen und Weibchen des Apollofalters erzeugen ein zirpendes oder raschelndes Geräusch, in dem sie die Schienen der Mittelbeine und/oder der Hinterbeine an den starken Wölbungen der unbeschuppten Rippen an den Unterseiten der fast horizontal ausgebreiteten Hinterflügel reiben (EATON 1882, ELWES 1886, AURIVILLIUS 1887, FRINGS 1897, PROCHNOW 1907; BRYK 1911, 1914a, 1918a; DEUTSCH 1926, SCHURIAN 1975, HASSELBACH 1988).

3.10 Temperaturregulation der Imagines und Raupen

Die Heliophilie des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) ist auch in seiner Fähigkeit zur ethologischen Temperaturregulation begründet, mit der er auch bei niedrigerer Lufttemperatur mit Hilfe der Insolation die Körpertemperatur durch Sonnen auf ein erhöhtes Niveau bringen kann, welches für die Flugaktivität ausreichend ist.

Die Imagines des Mosel-Apollo zeigen ein für viele Tagfalter typisches morgendliches Aufwärmverhalten, in dem sie sich mit ausgebreiteten Flügeln derart zur Sonne exponieren, daß die einfallenden Sonnenstrahlen möglichst senkrecht auf die gebildete Ebene treffen (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989). Die über dieses Verhalten angestrebte Aufheizung der Körpertemperatur der Imagines des Mosel-Apollo über die Lufttemperatur hinaus auf ein zur Flugaktivität erforderliches Niveau nimmt morgens und abends wegen der größeren Differenz zwischen Körpertemperatur und Lufttemperatur sowie aufgrund der niedrigeren Intensität der Sonnenstrahlung mehr Zeit in Anspruch als mittags, und dementsprechend sind die Verweildauern der Individuen des Mosel-

Apollo am Boden morgens und abends am längsten sowie mittags am kürzesten. Weil die offenen und nach Süden geneigten Felsflächen des Biotops des Mosel-Apollo an wolkenlosen Tagen in starkem Maße strahlungsexponiert sind, wird die zum Flug erforderliche Körpertemperatur des Mosel-Apollo an unbewölkten Tagen sehr schnell erreicht, und möglicherweise besteht dann für den Mosel-Apollo bei einem längeren Aufenthalt auf dem aufgeheizten Substrat sogar die Gefahr einer Überhitzung, welcher er sich durch Abflug von dem Untergrund der Felsflächen und gegebenenfalls sogar durch vorübergehendes Aufsuchen von schattigen Bereichen entzieht (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989; HASSELBACH 2003a). In analoger Weise ist das Verhalten der Larven des Mosel-Apollo darauf abgestimmt, durch die Strahlungsenergie der Sonne und die freie Exposition auf den Polstern der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae) eine Aufheizung der Körpertemperatur über die Lufttemperatur hinaus zu erreichen, wobei sowohl die schwarze Färbung der Raupen als auch die Orientierung der Körperlängsachse zur einfallenden Sonnenstrahlung eine Rolle spielen, und ebenso wie bei den Imagines wird auch bei den Larven des Mosel-Apollo eine über ein kritisches Niveau hinaus ansteigende Körpertemperatur durch den Rückzug in den Schatten verhindert (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989).

Die Imagines und ebenso auch die Larven des Mosel-Apollo führen somit eine ethologische Temperaturregulation durch, mit deren Hilfe sie eine begrenzte Unabhängigkeit von der Außentemperatur erreichen können und durch das Sonnen eine über der Lufttemperatur liegende Körpertemperatur einstellen können, welche in der Regel zwischen 25 °C und 35 °C liegt (RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989). Bei den Raupen des Mosel-Apollo wird durch den mit der ethologischen Temperaturregulation erzielten relativen Temperaturgewinn zwischen der Körpertemperatur und der Lufttemperatur die Entwicklungsdauer verkürzt, und damit verringert sich die Zeit, in der die Larven des Mosel-Apollo dem Zugriff von Prädatoren und der Attacke durch Parasiten ausgesetzt sind. Eine über das Verhalten bewirkte Temperaturregulation wurde nicht nur bei den Imagines und Larven des Mosel-Apollo, sondern auch bei den Faltern und Raupen etlicher anderer Schmetterlinge nachgewiesen (Literaturübersicht in RICHARZ, NEUMANN & WIPKING 1989).

3.11 Lebensdauer und Staffelung des Erscheinens der Imagines

Die Lebensdauer der Imagines des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) nach dem Verlassen der Puppen beträgt etwa zwei bis vier Wochen, und innerhalb dieser Zeit finden Paarung und Eiablage statt, welche das einzige Ziel der Existenz der Falter ist. Je früher die frisch geschlüpften Imagines des Mosel-Apollo zur Kopulation gelangen und danach die Weibchen die Oviposition erfolgreich abschließen, desto geringer ist das Risiko der Gefährdung der Fortpflanzung aufgrund vorzeitiger nichtnatürlicher Mortalität durch Opfer von Räubern und Verkehr, und desto größer ist die Chance für die erfolgreiche Begründung und Sicherstellung des Fortbestandes der Population in der nächsten Generation, bevor letale Faktoren die Reproduktion mancher Exemplare des Mosel-Apollo verhindern können.

Bei einer vierwöchigen Flugzeit des Mosel-Apollo fliegen in der ersten Woche ausschließlich Männchen, in der zweiten Woche kommen dann die Weibchen dazu, in der dritten Woche fliegen Männchen und Weibchen zusammen, und in der vierten Woche fliegen fast nur noch Weibchen (HASSELBACH 1987, 2003a). Die gesamte Flugzeit des Mosel-Apollo von etwa Mitte bis Ende Mai bis etwa Ende Juli oder manchmal sogar Anfang August erstreckt sich in der vollen Spanne meist über etwa zwei Monate und dehnt sich manchmal einschließlich der Vorläufer und Nachzügler auf fast drei Monate aus,

und überschreitet damit die Lebensdauer der Imagines nach dem Verlassen der Puppen von etwa zwei bis vier Wochen wesentlich. Dadurch fliegen im ersten Teil der Flugzeit von etwa Mitte bis Ende Mai bis Mitte Juni in erheblichem Ausmaß andere Segmente der Populationen des Mosel- Apollo als im zweiten Teil der Flugzeit von Mitte Juni bis Ende Juli oder Anfang August, und dieses versetzte oder gestaffelte Erscheinen der Imagines von verschiedenen Fraktionen der Populationen mit nur untergeordneter bis akzessorischer Überlappung und Interferenz verringert die Gefahr von Verlusten durch letale Ereignisse dadurch, daß jeweils nur Ausschnitte der Populationen davon betroffen sind, wohingegen die jeweils anderen Abteilungen der Populationen dem Risiko der Dezimierung durch andere mortale Vorfälle ausgesetzt sind, welchen die entsprechend gegenläufigen Gruppen der Populationen nicht exponiert sind. Aufgrund des gestaffelten Erscheinens der Imagines in vier Phasen im Abstand von jeweils etwa einem halben Mondzyklus und der damit verbundenen asynchronen Entwicklung verschiedener Teile der Populationen kommen in Mai und Juni manchmal alle vier Stadien der Metamorphose des Apollofalters gleichzeitig nebeneinander vor (unter anderen SELMONS 1894, RAAB 1928), welche von bereits sehr früh geschlüpften Weibchen nach der Kopulation mit ebenfalls sehr zeitig herausgekommenen Männchen abgelegte Eier, noch nicht verpuppte Raupen, noch vor dem Schlüpfen stehende Puppen und sowohl früh als auch spät geschlüpfte Schmetterlinge umfassen, und ebenso treten kontemporär sowohl frische als auch abgeflogene Schmetterlinge auf (EISNER 1942).

Das gestaffelte Erscheinen der Imagines von verschiedenen Fraktionen der Populationen in vier Phasen im Abstand von jeweils etwa einem halben Mondzyklus repräsentiert ein periodisches Schlüpfen, wobei während der Saison des Apollofalters meist vier und manchmal sogar fünf oder sechs Perioden des phasenartigen oder wellenartigen Auftretens zahlreicher frischer Exemplare ausgebildet sein können, welche zusammen mit abgeflogenen Individuen der jeweils vorhergehenden Perioden angetroffen werden können (UGRJUMOW 1914, MADER 2013b). Übersichten des Entwicklungszyklus des Apollofalters sind auch in SCHÄFFER (1754), ELWES (1886), TUMMA (1892), KHEIL (1905), AICHELE (1913), BRYK (1914a, 1918a), UGRJUMOW (1914), LEDERER (1938), KAMMEL (1940), PEKARSKY (1954), GUYOT (1982), HASSELBACH (1987, 2003a); RICHARZ, NEUMANN & WIPKING (1989); FRANKE & FRANKE (1993) und MADER (2011a) enthalten.

3.12 Einjährige oberirdische Entwicklung

Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) zählt zu den Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago und der Ausbildung von lediglich einer Generation pro Jahr, wohingegen Hirschkäfer (*Lucanus cervus* LINNAEUS 1758; Coleoptera: Lucanidae), Maikäfer (*Melolontha melolontha* LINNAEUS 1758 und *Melolontha hippocastani* FABRICIUS 1801; Coleoptera: Scarabaeidae), Junikäfer (*Amphimallon solstitiale* (LINNAEUS 1758); Coleoptera: Scarabaeidae), Walker (*Polyphylla fullo* LINNAEUS 1758; Coleoptera: Scarabaeidae), Nashornkäfer (*Oryctes nasicornis* (LINNAEUS 1758); Coleoptera: Scarabaeidae) und Sägebock (*Prionus coriarius* (LINNAEUS 1758); Coleoptera: Cerambycidae) herausragende Vertreter der Insekten mit mehrjähriger unterirdischer (endogäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago sind, wobei die Imagines der neuen Generation erst mehrere Jahre nach der Ablage der Eier durch die alte Generation schlüpfen und ausfliegen, aber trotzdem aufgrund der Überlappung der sukzessiven Metamorphosezyklen aus mehreren Jahren und der individuell unterschiedlichen Reifezeit der Larven von meist 3 – 5 Jahren in den diversen Metamorphosezyklen, welche ein relatives Überliegen und Un-

terliegen einer Reihe von Larven in Bezug auf die durchschnittliche Entwicklungsdauer beinhaltet, in jedem Jahr eine Population von Imagines an der Oberfläche auftaucht.

Der Mosel-Apollo und andere Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago und der Ausbildung von lediglich einer Generation pro Jahr sind für die Entstehung der Folgejahresgeneration auf den Erfolg von Paarung und Eiablage der Vorjahresgeneration sowie der Metamorphose der abgesetzten Eier über Larven und Puppen zu Imagines angewiesen, und eine Folgejahresgeneration kann daher nur entstehen, wenn die Vorjahresgeneration Kopulation und Oviposition mit einer akzeptablen Verlustrate erfolgreich erledigen konnte sowie die abgelegten Eier sich mit einer tragbaren Verlustrate über Larven und Puppen zu Imagines entwickeln konnten. Im Falle unerwarteter äußerer Ereignisse, welche Paarung und Eiablage der Vorjahresgeneration des Mosel-Apollo und anderer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung sowie die Metamorphose der deponierten Eier über Larven und Puppen zu Imagines beträchtlich dezimieren, besteht deshalb automatisch das Risiko, daß auch die Folgejahresgeneration erheblichen quantitativen Einschränkungen unterliegt, und bei Eintritt eines Totalverlustes in der Vorjahresgeneration ist zwangsläufig dann auch die Folgejahresgeneration verloren und das Aussterben zumindest an dem betreffenden Flugplatz besiegelt.

Das Erlöschen einer Population des Mosel-Apollo und anderer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung aufgrund außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren wäre deshalb insoweit unwiderruflich und endgültig, als dann wegen des Fehlens von Kopulation und Oviposition der Vorjahresgeneration sowie der Metamorphose der abgesetzten Eier über Larven und Puppen zu Imagines konsekutiv auch schon die Folgejahresgeneration versiegt ist, weil eine Folgejahresgeneration wegen der Abstinenz von Paarung und Eiablage in der Vorjahresgeneration sowie der Metamorphose der deponierten Eier über Larven und Puppen zu Imagines von vorneherein keine Entstehungsbasis mehr hätte.

Das Aussterben einer Population des Mosel-Apollo und anderer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung als Konsequenz außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren ist deshalb nicht mehr rückgängig zu machen, weil es keine verborgene Reserve gibt, aus der unabhängig von dem Erlöschen der Vorjahresgeneration das Versiegen der Population ausgeglichen werden könnte und trotzdem noch eine Folgejahresgeneration entstehen könnte. Die Abhängigkeit der Folgejahresgeneration von der Vorjahresgeneration des Mosel-Apollo und anderer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung ist deshalb ein entscheidender Faktor für das Aussterben von Populationen an separaten Flugplätzen im Falle unerwarteter äußerer Ereignisse, weil die externen Ursachen für das Erlöschen nicht mehr durch interne Rücklagen kompensiert werden können und das Versiegen von Populationen an diskreten Flugplätzen in dem Moment definitiv zementiert ist, wenn die letzten reliktschen Exemplare nicht mehr fortpflanzungsfähig gewesen sind oder die Anzahl der von den wenigen verbliebenen Weibchen abgelegten Eier nicht mehr ausgereicht hat, um mit einer verkraftbaren Verlustrate im folgenden Jahr erneut eine überlebensfähige Population zur Entfaltung zu bringen, welche sich wieder erfolgreich reproduzieren könnte.

Wegen der fehlenden verborgenen Reserve ist eine Palingenese einer erloschenen Population des Mosel-Apollo und anderer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung durch den Ersatz der ausgestorbenen Population aus einer internen Rücklage nicht möglich, und damit scheidet die Option der Wiedergeburt einer bereits ausgestorbenen Population aus einer internen Rücklage als Absicherung gegen das finale Erlöschen einer Population aus, wodurch das Aussterben einer Population des Mosel-Apollo und an-

derer Insekten mit einjähriger epigäischer Entwicklung zwangsläufig mit dem endgültigen Erlöschen des betreffenden Flugplatzes verbunden ist.

3.13 Aufeinanderfolge und Abhängigkeit der Generationen

Der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) und andere Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago und der Ausbildung von lediglich einer Generation pro Jahr sind für die Entstehung der Folgejahresgeneration auf den Erfolg von Paarung und Eiablage der Vorjahresgeneration sowie der Metamorphose der abgesetzten Eier über Larven und Puppen zu Imagines insbesondere deshalb angewiesen, weil sie nur in einer Generation pro Jahr auftreten. Im Falle der Ausbildung einer stark retardierten Generation aufgrund außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren kann sich deshalb der Bestand des Mosel-Apollo und anderer univoltiner Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago nicht in der zweiten und/oder dritten Generation des laufenden Jahres erholen, sondern muß sich mit der deutlich reduzierten Grundlage aus der Kopulation und Oviposition der beträchtlich dezimierten Populationsstärke der einzigen Generation des aktuellen Jahres über den subsequents Winter in das nächste Jahr retten und muß dann auf bessere Bedingungen des erfolgreichen Ablaufs der Metamorphose mit einer verkräftbaren Verlustrate bis zur Imago hoffen, um dann erst in der einzigen Generation des folgenden Jahres eine Erholung der Populationsstärke erzielen zu können, wohingegen andere Insekten mit bivoltiner oder trivoltiner Entwicklung im Falle eines Populationszusammenbruchs in der ersten Generation infolge außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren die Populationsstärke durch ein günstiges Umfeld in der zweiten und/oder dritten Generation des laufenden Jahres wieder ausgleichen können, so daß eine wesentlich umfangreichere letzte Generation des aktuellen Jahres durch Paarung und Eiablage eine erheblich breitere Basis für die Existenz der Population in der nächsten Flugsaison legen kann als dies der stark retardierten ersten Generation möglich gewesen wäre.

Der Mosel-Apollo und andere univoltine Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago haben deshalb nur den einzigen Freiheitsgrad zum Überleben, daß im Falle der Ausbildung einer stark retardierten Generation aufgrund außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren im darauffolgenden Jahr bessere Bedingungen herrschen und die Erholung der Populationsstärke ermöglichen, und können an der Grenze des Aussterbens stehen, wenn erneut ungünstige Konditionen nochmals einen starken Populationszusammenbruch in dem gleichen Ausmaß wie in dem vorhergegangenen Jahr verursachen, wohingegen andere Insekten mit bivoltiner oder trivoltiner Entwicklung zwei oder drei Freiheitsgrade zum Ausgleich einer wesentlich dezimierten Populationsstärke in der ersten Generation haben, weil in der zweiten und/oder dritten Generation des laufenden Jahres die Chance besteht, die Populationsstärke noch vor der Überwinterung der Fortpflanzungsprodukte der letzten Generation des aktuellen Jahres wieder deutlich zu erhöhen und dadurch mit einer erheblich sichereren Basis in das nächste Jahr zu gehen als dies der stark retardierten ersten Generation möglich gewesen wäre.

Die Regeneration der Populationsstärke des Mosel-Apollo und anderer univoltiner Insekten mit einjähriger oberirdischer (epigäischer) Entwicklung vom Ei über Larve und Puppe zur Imago nach einem starken Populationszusammenbruch in der einzigen Generation des aktuellen Jahres aufgrund außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren ist deshalb unmittelbar von der Ausbildung des auf den drastischen Populationsrückgang folgenden Winters abhängig und ist vor dem Einbruch des nächsten Winters im laufenden

Jahr nicht mehr möglich, wohingegen die Regeneration der Populationsstärke von anderen Insekten mit bivoltiner oder trivoltiner Entwicklung nach einem starken Populationszusammenbruch in der ersten Generation des aktuellen Jahres infolge außergewöhnlicher externer Einflußfaktoren noch vor dem Einsetzen des kommenden Winters in der zweiten und/oder dritten Generation des laufenden Jahres stattfinden kann und deshalb nicht unmittelbar von der Ausbildung des auf den drastischen Populationsrückgang folgenden Winters abhängig ist, sondern die Populationsstärke sich noch vor dem Beginn des subsequenten Winters wieder auf ein deutlich höheres Niveau erholen kann, so daß durch eine erheblich umfangreichere letzte Generation des aktuellen Jahres eine wesentlich bessere Grundlage für das Überstehen des Winters und den Fortbestand der Population im nächsten Jahr erreicht werden kann als dies der stark retardierten ersten Generation möglich gewesen wäre.

4 Sexualethologie des Apollofalters

Die Männchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) schlüpfen häufig etwas früher als die Weibchen und machen sich nach ihrem Erscheinen unverzüglich auf die Suche nach Weibchen, um mit einer raschen Kopulation die Weitergabe ihrer Spermien so frühzeitig wie möglich sicherzustellen und damit ihren Lebenszweck zu erfüllen. Das Erreichen des Zieles der schnellen Paarung nach dem Schlüpfen der Weibchen wird auch durch die deutliche Überzahl der Männchen gegenüber den Weibchen des Mosel-Apollo garantiert, denn aufgrund des signifikanten quantitativen Übergewichtes der Männchen ist gewährleistet, daß jedes Weibchen von mindestens einem Männchen bei deren individuellen oder gemeinschaftlichen Suchflügen entdeckt wird und deshalb in jedem Fall mit einem Männchen kopulieren kann.

Als Folge des erbitterten Konkurrenzkampfes unter den Männchen des Mosel-Apollo, von denen nur die schnellsten und zielstrebigsten Männchen jeweils ein Weibchen zur Kopulation erhalten, weil die Weibchen gegenüber den Männchen deutlich in der Minderheit sind, wird die Erhaltung der Population in der nächsten Generation auch durch eine erhöhte Qualität der genetischen Kombination optimiert. Die nachstehende Erläuterung einiger Aspekte der Sexualethologie des Apollofalters umfaßt Begattung unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen, Konkurrenzkampf der Männchen, Erregung der paarungsbereiten Männchen und Vorspiel zur Kopulation.

4.1 Begattung unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen

Ich konnte durch einen glücklichen Zufall beobachten, daß ein frisch geschlüpfte Weibchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae), welches mit weichen, zerknitterten und noch nicht vollständig entfalteten, aufgepumpten und ausgehärteten Flügeln in der Morgensonne an einem Grashalm auf einem Felsvorsprung gesessen ist, bereits von mehreren rivalisierenden Männchen umschwärmt wurde und dabei auch schon sein Abdomen zur Kopulation ausgestreckt hatte, um durch schnelle Befruchtung und Ablage seiner Eier sein Lebensziel möglichst rasch zu erreichen.

Eine ähnliche Beobachtung hat ZUKOWSKY (1928) von dem Tessin-Apollo (*Parnassius apollo heliophilus* FRUHSTORFER 1922) mitgeteilt, und GRAF (1920) hat bemerkt, daß im Zuchtglas frisch geschlüpfte Männchen und Weibchen des Schwaben-Apollo (*Parnassius apollo suevicus* PAGENSTECHER 1909a) sich sofort vereinigt haben. Aufgrund der raschen Paarung unverzüglich nach dem Schlüpfen der Weibchen des Apollofalters finden sich auch Weibchen mit noch feuchten und schlaffen Flügeln, an deren

Hinterleib schon eine Begattungstasche (Sphragis) angebracht ist, welche die bereits abgeschlossene Befruchtung des Weibchens infolge der schon stattgefundenen Kopulation mit einem Männchen belegt, noch bevor das Weibchen durch Entfalten, Aufpumpen und Aushärten der Flügel die Flugfähigkeit erreicht hat (STICHEL 1906a; BRYK 1914a, 1918a; PÖHLMANN 1927, LEDERER 1938). Infolge der vorgenannten Blitzhochzeit des Mosel-Apollo unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen und der bald danach beginnenden Ablage der Eier durch die befruchteten Weibchen haben die meisten Weibchen schon bei ihrem erstmaligen Erscheinen an den Blüten der Wiesen- Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und anderer Nektarpflanzen (Übersicht in MADER 2011a) mit bereits absolvierter Kopulation und Oviposition ihr Lebensziel erreicht, so daß der Lebenszweck der Weibchen durch Prädatoren und Unfälle im Verkehr nicht mehr gefährdet werden kann.

Die Männchen des Mosel-Apollo betreiben jedoch auch nach der Paarung mit einem Weibchen noch eine intensive Fürsorge für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation und suchen und begatten manchmal fast bis zum Ende ihres Lebens weiterhin Weibchen, wie durch das gelegentliche Auftreten von Kopulationen zwischen einem völlig frischen Weibchen und einem total abgeflogenen und zerfetzten Männchen unterstrichen wird, worin sich widerspiegelt, daß die Männchen zuweilen bis zu ihrem letzten Atemzug für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation kämpfen. Eine rasche Paarung unverzüglich nach dem Schlüpfen der Weibchen wie bei dem Apollofalter findet auch bei zahlreichen anderen Schmetterlingen statt.

Während der Zucht des Schwalbenschwanzes (*Papilio machaon* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) erfolgt oftmals unmittelbar nach dem Schlüpfen der Weibchen sogar noch neben den leeren Puppenhüllen schon die Kopulation von Männchen und Weibchen, und manchmal stürzen sich sogar gleich mehrere Männchen auf ein Weibchen (ISABEL FERNANDEZ, persönliche Mitteilung 2014), wodurch sichergestellt wird, daß jedes Weibchen sofort nach dem Schlüpfen mit einem Männchen in Paarung gehen kann und damit befruchtet wird. Bei dem Baumweißling (*Aporia crataegi* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Pieridae) und anderen Weißlingen wird die Kopulation von Männchen und Weibchen ebenfalls häufig unverzüglich nach dem Schlüpfen der Weibchen sogar noch neben den leeren Puppenhüllen vollzogen (WOLFGANG DÜRING, persönliche Mitteilung 2014).

Die Paarung findet bei vielen Insekten vom frühen Morgen bis zum späten Abend jederzeit statt. Manche Insekten begeben sich sogar schon am frühen Morgen in Kopulation, wenn sie noch vom Tau der Nacht mit kleinen Wassertröpfchen bedeckt sind und von der Kühle der Nacht noch steif und träge sind, wie DOROTHEA OLDANI (persönliche Mitteilung 2014) bei mehreren Libellen dokumentieren konnte. Die Männchen von Schwalbenschwänzen, Segelfaltern und anderen Schmetterlingen betreiben jedoch ebenso wie die Männchen des Mosel-Apollo auch nach der Paarung mit einem Weibchen noch eine intensive Fürsorge für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation und suchen und begatten manchmal fast bis zum Ende ihres Lebens weiterhin Weibchen, wie durch das gelegentliche Auftreten von Kopulationen zwischen einem völlig frischen Weibchen und einem total abgeflogenen und zerfetzten Männchen unterstrichen wird, worin sich widerspiegelt, daß die Männchen zuweilen bis zu ihrem letzten Atemzug für die Erhaltung der Population in der nächsten Generation kämpfen.

4.2 Konkurrenzkampf der Männchen

Als Konsequenz der signifikanten Mehrheit der Männchen gegenüber den Weibchen des Mosel- Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae)

stehen nicht ausreichend Weibchen für alle Männchen zur Paarung zur Verfügung, wodurch ein erbitterter Konkurrenzkampf unter den Männchen ausgelöst wird, welcher nach Beobachtungen beim populationsdynamisch und morphologisch dem Mosel-Apollo sehr ähnlichen Baumweißling manchmal so weit geht, daß ein kopulierendes Pärchen von mehreren rivalisierenden Männchen umschwärmt wird, die durch intensive Attacken versuchen, das mit dem Weibchen verbundene Männchen abzudrängen. Den aggressiven Angriff auf das kopulierende Pärchen des Baumweißlings durch mehrere rivalisierende Männchen mit dem Ziel der Abdrängung des mit dem Weibchen verbundenen Männchens konnte ich am Ausgang des Dortebachtales ostnordöstlich Klotten nordöstlich Cochem mehrmals beobachten.

Ein derartiges Verhalten wurde bei dem Apollofalter unter anderen von BELLING (1915c), ZUKOWSKY (1928), FRANK (1939), PFEIFFER (1954) und PIERRON (1991) beobachtet. Noch aggressiver gehen die Männchen mancher exotischer Schmetterlinge bei der Akquisition der Weibchen vor, wenn sie in Scharen schon die Puppe umlagern, aus der das Weibchen noch nicht vollständig ausgeschlüpft ist (BRYK 1934). Die Männchen des Apollofalters führen manchmal ihre Suchflüge nach Weibchen in Gruppen durch (PIERRON 1991).

Als Folge des erbitterten Konkurrenzkampfes unter den Männchen des Mosel-Apollo, von denen nur die schnellsten und zielstrebigsten Männchen jeweils ein Weibchen zur Kopulation erhalten, weil die Weibchen gegenüber den Männchen deutlich in der Minderheit sind, wird die Erhaltung der Population in der nächsten Generation auch durch eine erhöhte Qualität der genetischen Kombination optimiert. Aufgrund des signifikanten quantitativen Übergewichtes der Männchen des Mosel-Apollo ist gewährleistet, daß jedes Weibchen von mindestens einem Männchen bei deren individuellen oder gemeinschaftlichen Suchflügen entdeckt wird und deshalb in jedem Fall mit einem Männchen kopulieren kann, und damit wird das Erreichen des Zieles der schnellen Paarung nach dem Schlüpfen der Weibchen auch durch die deutliche Überzahl der Männchen gegenüber den Weibchen garantiert. Weil an Pflanzen offen oder verborgen sitzende Weibchen des Mosel-Apollo in der Regel von den schnellsten und zielstrebigsten Männchen gefunden werden, erhält das Weibchen infolge der Selektion des Kopulationspartners durch dessen Konkurrenzüberlegenheit gegenüber Mitbewerbern aufgrund von Fitness und Kondition beim raschen Suchflug, Intelligenz und Schlagfertigkeit bei der schnellen Ortung und Identifikation von sichtbar oder versteckt am Boden wartenden Weibchen, und Entschlossenheit bei der Akzeptanz des entdeckten Weibchens und beim Vollzug der Paarung, bevor ein Rivale sich dazwischendrängen kann, in den meisten Fällen auch ein qualitativ hochwertiges Männchen als Lieferanten der Spermien zur Befruchtung seiner Eier, wodurch auch ein gehobenes Niveau der genetischen Durchmischung aufgrund der Vereinigung der Chromosomensätze der Spermien des Männchens und der Eier des Weibchens gewährleistet ist.

4.3 Erregung der paarungsbereiten Männchen

Die akzentuierte hormonelle Stimulation der paarungsbereiten Männchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) hat sich an den Tagen zwischen dem Erscheinen der ersten Männchen und dem Auftreten der ersten Weibchen auch in einer ausgelassenen sexuellen Aggressivität und in einem penetranten erotischen Spieltrieb der Männchen widergespiegelt, welche immer wieder zu versuchten Pseudokopulationen mit anderen Männchen auf Blüten und am Boden angesetzt haben. Die hormonelle Exzitation der paarungsbereiten Männchen des Mosel-Apollo hat sich auch darin ausgedrückt, daß sie ihre Suchflüge nach im Gras und am

Boden sitzenden Weibchen nicht nur bei blauem wolkenlosem klarem Himmel oder milchig-blauem bis milchig-weißem trübem Himmel mit lediglich dünnen Wolkenschleiern und strahlendem oder nur leicht gefiltertem Sonnenschein gemäß dem heliophilen Charakter des reizvollen schwarz und rot gefleckten Ritterfalters durchgeführt haben, sondern daß sie auch noch bei erheblich zurückgegangenen Temperaturen und teilweise bereits bedecktem Himmel mit aufgelockerter bis starker Bewölkung und lediglich fahlem Sonnenschein oder nur diffusem Streulicht während des Einbruches einer Schlechtwetterphase in die Schönwetterperiode in beträchtlicher Individuenzahl immer wieder an den Hängen des Moseltales herumgeflogen sind (MICHAEL SCHROEREN, persönliche Mitteilung 2011) und versucht haben, noch kurz vor dem einschneidenden Wetterwechsel mit zeitweise kräftigen Niederschlägen und starkem Wind ein in der Vegetation und am Grund verstecktes Weibchen zu finden, um ihren sexuellen Trieb so schnell wie möglich auszuleben und ihre hormonelle Erregung so rasch wie möglich zu befriedigen, und mit der Weitergabe ihrer Spermien an ein Weibchen zur Befruchtung seiner Eier so rasch wie möglich ihren Beitrag zur Erhaltung der Population in der folgenden Generation zu leisten.

4.4 Vorspiel zur Kopulation

Mit dem Erscheinen zahlreicher Weibchen sind dann immer wieder miteinander spielende Pärchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) an den Hängen des Moseltales, an den Wegen und in den Weinbergen, und an den Blüten an den Wegrändern und Böschungen herumgeflogen, haben sich in der Luft gegenseitig umwirbelt, sind in fortschreitend geringerem Abstand fliegend umeinander herumgegauckelt, sind dann spontan gemeinsam auf den Boden gestürzt und haben sich dort in Kopulation begeben, und ebenso sind viele Falter auffällig langsam nahe am Boden entlang geflogen und haben sich oft auf den Boden gesetzt. Die Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo waren dabei so sehr in die Vorbereitung und Durchführung der Paarung vertieft, daß sie sich auch durch störende Rivalen nicht haben beirren lassen, sondern sich auch im Falle einer Vertreibung von einem ausgewählten Kopulationsplatz durch aufdringliche Nebenbuhler, vorbeifahrende Autos oder vorbeirauschende Eisenbahnen nach kurzem spielendem Umwirbeln und gegenseitig um sich herum tanzendem Formationsflug erneut niedergelassen und vereinigt haben.

In ähnlicher Weise haben Männchen und Weibchen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus* LINNAEUS 1758; Coleoptera: Lucanidae), welche im Eifer des Gefechtes der Paarung und im Übermut der Erregung das Gleichgewicht verloren haben und vom Baum heruntergefallen sind, selbst bei krachendem Aufprall der Panzer auf dem befestigten Weg am Waldrand sich nicht durch den Sturz ablenken oder stören lassen, sondern haben sich gleich nach dem Aufschlag auf dem Boden wieder in Kopulation begeben.

In analoger Weise wie bei dem Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier habe ich zahlreiche miteinander spielende Pärchen, welche an den Hängen herumgeflogen sind, sich in der Luft gegenseitig umwirbelt haben, in immer kürzerer Distanz fliegend umeinander herumgekreist sind, und dann abrupt zusammen auf den Boden gefallen sind und dort die Paarung vollzogen haben, sowie etliche langsam nahe am Boden entlangfliegende und absetzende Falter auch bei dem Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b; vgl. NIKUSCH 1991, GLASSL 2005) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm beobachtet, wodurch eine entsprechende Entwicklung der Populationen des Apollofalters in den beiden regional getrennten Provinzen des Mosel-

Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier und des Blau-Apollo im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm dokumentiert ist.

5 Kopulation des Apollofalters

Die Kopulation des Apollofalters (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) findet meist in antipodaler Stellung von Männchen und Weibchen und gelegentlich auch in sympodaler Position der beiden Partner statt, wohingegen die bei der Paarung von einigen anderen Schmetterlingen manchmal auch ausgeprägte epipodale oder klinopodale Stellung von Männchen und Weibchen bei der Kopulation des Apollofalters nicht vorkommt. Die Steuerung der Kopulation durch Vollmond und Neumond wird anhand einer Reihe von Beispielen der Paarung des Apollofalters erläutert.

5.1 Antipodale Stellung bei der Kopulation

Die Kopulation des Apollofalters (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) erfolgt meist in antipodaler Stellung von Männchen und Weibchen, welche nur mit den verbundenen Abdomenspitzen in Kontakt stehen und ansonsten mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern entgegengesetzt zueinander orientiert sind, wobei die beiden voneinander abgewandten Partner in die jeweils entgegengesetzte Richtung schauen und entweder beide Partner mit ihren Ventralseiten auf dem Substrat ruhen, oder nur einer der beiden Partner mit seiner Ventralseite auf dem Substrat aufliegt und der andere der beiden Partner in der Luft hängt, oder beide Partner an Zweigen und Blütenständen hängen und nicht mit ihren Ventralseiten auf dem Substrat ruhen.

Die Körper der beiden entgegengesetzt zueinander angeordneten Partner in der antipodalen Stellung während der Kopulation des Apollofalters bilden entweder eine gerade Linie oder sind überstumpfwinklig zueinander orientiert. Bei der antipodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung des Apollofalters sitzen oder hängen die beiden Partner überwiegend mit zusammengeklappten und geschlossenen Flügeln invers zueinander, und nur untergeordnet sind bei einem Partner oder bei beiden Partnern während der Kopulation in antipodaler Stellung mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern die Flügel ausgebreitet und geöffnet. Bei leicht gekrümmten Körpern entgegengesetzt zueinander sind die zusammengeklappten und geschlossenen Flügel der beiden Partner in antipodaler Stellung der Kopulation des Apollofalters durch einen freien Zwischenraum voneinander getrennt, wohingegen bei gerade gestreckten Körpern invers zueinander die zusammengeklappten und geschlossenen Flügel von Männchen und Weibchen in antipodaler Stellung der Paarung des Apollofalters teilweise nebeneinandergesetzt oder sogar ineinandergeschoben sind und sich entweder nur außen oder innen oder sowohl außen als auch innen berühren und anschmiegen.

Wenn bei beiden Partnern während der Kopulation des Apollofalters in antipodaler Stellung mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern die Flügel ausgebreitet und geöffnet sind, überdecken die Hinterflügel des oberen Partners, der seine Flügel als Zweiter auseinandergefaltet hat, die Hinterflügel des unteren Partners, der seine Flügel als Erster auseinandergeklappt hat, wohingegen die Vorderflügel beider Partner meist freiliegen, und nur die distalen Ränder der Vorderflügel des unteren Partners werden manchmal von den distalen Rändern der Hinterflügel des oberen Partners berührt, aber in der Regel nicht überlappt. In extremen Positionen der Kopulation in antipodaler Stellung mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern sowie ausgebreiteten und geöffneten Flügeln können die Hinterflügel des oberen Partners jedoch sogar die Vor-

der Flügel des unteren Partners teilweise oder fast vollständig überlappen, so daß der untere Partner dann weitgehend oder beinahe völlig von dem oberen Partner überdeckt wird und unter dessen Flügeln mit Ausnahme von Teilen der proximalen Ränder der Vorderflügel sowie von Kopf und proximalem Thorax verschwunden ist. Bei ausgebreiteten Flügeln beider Partner während der Kopulation in antipodaler Stellung mit gerade gestreckten Körpern ist manchmal eine gegenseitig ineinander verschachtelte Position der Flügel dergestalt entwickelt, daß die Hinterflügel von Männchen und Weibchen überlappend ineinandergeschoben sind, so daß jeweils ein Hinterflügel des einen Partners jeweils einen Hinterflügel des anderen Partners überdeckt und von Männchen und Weibchen jeweils ein Hinterflügel freiliegen und ein Hinterflügel unter einem Hinterflügel des Partners verborgen ist.

Zuweilen sitzen oder hängen Männchen und Weibchen des Apollofalters auf nahe benachbarten Blüten und bilden dann in antipodaler Stellung der Kopulation mit gerade gestreckten oder leicht gekrümmten Körpern eine Brücke zwischen den beiden nur wenig voneinander entfernten Blüten, oder hängen an Zweigen und Blütenständen und formen dann eine kettenartige Verbindung ihrer Leiber parallel zu den darüberliegenden Zweigen und Blütenständen. Die Körper der beiden Partner während der Kopulation in antipodaler Stellung sind besonders dann gerade gestreckt, wenn Männchen und Weibchen des Apollofalters bei der Paarung auf dem Boden oder auf Steinen und Felsen auf einer ebenen Unterlage sitzen und ihre Leiber in voller Länge auf dem horizontalen Untergrund aufliegen können, und sind besonders dann leicht gekrümmt, wenn Männchen und Weibchen des Apollofalters bei der Paarung an Blüten und Zweigen sitzen oder hängen und ihre Leiber sich wegen der unregelmäßigen Morphologie des Substrates oder aufgrund der Einwirkung der Gravitation biegen. Die Körper der beiden Partner während der Kopulation in antipodaler Stellung sind darüber hinaus besonders auch dann gerade gestreckt, wenn Männchen und Weibchen des Apollofalters bei der Paarung nicht beide auf Blüten oder an Zweigen sitzen oder hängen, sondern wenn nur einer der beiden Partner oben auf einer Blüte oder an einem Zweig sitzt oder hängt und der andere der beiden Partner darunter frei in der Luft nach unten hängt und nur an dem Abdomen des entgegengesetzten Partners während der Kopulation in antipodaler Stellung befestigt und verankert ist.

Unter den mir von Naturfotografen überlassenen Bildern des Apollofalters finden sich eindrucksvolle Beispiele der antipodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation bei dem Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier, dem Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt, dem Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b; Lepidoptera: Papilionidae) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm, dem Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b; Lepidoptera: Papilionidae) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth, dem Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg, dem Engadin-Apollo (*Parnassius apollo rhaeticus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) im Alpenrheintal südlich des Bodensees in Liechtenstein, dem Wallis-Apollo (*Parnassius apollo valesiacus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) in den Schweizer Alpen nördlich des Rhônetales oberhalb des Genfer Sees zwischen Sion und Brig im Wallis in der Schweiz und dem Steiermark-Apollo (*Parnassius apollo brittingeri* REBEL & ROGENHOFER 1892; Lepidoptera: Papilionidae) in der Umgebung von Leoben in der Steiermark in Österreich sowie in analoger Weise auch bei dem Al-

pen-Apollo (*Parnassius phoebus* FABRICIUS 1793; Lepidoptera: Papilionidae) und dem Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae).

5.2 Sympodale Stellung bei der Kopulation

Während der Paarung des Apollofalters (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) sind die Körper der beiden Partner manchmal auch so stark gekrümmt, daß Männchen und Weibchen nicht nur mit den Abdomenspitzen vereinigt sind, sondern sich auch mit den Ventralseiten der Körper im Bereich des Thorax nahekommen oder berühren und dabei sogar mit den Beinen streicheln, überlappen und halten, und durch diese sympodale Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters gelangen die beiden Partner in Juxtaposition zueinander und stehen sich von Angesicht zu Angesicht gegenüber. Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters sind deshalb die Ventralseiten der stark gekrümmten Körper der beiden Partner einander zugewandt und stehen in spitzem Winkel zueinander oder sind im Extremfall sogar fast parallel zueinander orientiert, und die beiden Partner bilden quasi ein Paarungsrads, welches sowohl an den Beinen am Thorax als auch an den Abdomenspitzen geschlossen ist.

Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters sind die Flügel der beiden Partner in der Regel zusammengeklappt und geschlossen, und aufgrund der starken Krümmung der Körper stehen die Flügel von Männchen und Weibchen nicht in Kontakt und sind durch einen freien Zwischenraum voneinander getrennt, so daß nur die stark gekrümmten Körper, nicht aber die Flügel das Paarungsrads des Apollofalters bilden, wohingegen die zusammengefalteten Flügel der beiden Partner ebenfalls in der Ebene des Paarungsrades liegen. Gelegentlich sind jedoch bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters die Flügel der beiden Partner teilweise oder vollständig auseinandergebreitet und stehen dann spitzwinklig oder rechtwinklig zu der Ebene des Paarungsrades.

In Übergangsstadien zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters stehen die Ventralseiten der stark gekrümmten Körper der beiden Partner in stumpfem oder rechtem Winkel zueinander, so daß kein geschlossenes Paarungsrads zustande kommt, zwischen den Kopfenden der Leiber von Männchen und Weibchen eine breite Lücke klafft und die beiden Partner sich nicht von Angesicht zu Angesicht gegenüberstehen. Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung des Apollofalters können sich die beiden einander zugewandten Partner nicht nur mit den Beinen streicheln, überlappen und halten, sondern Männchen und Weibchen können sich während der Kopulation auch in die Augen sehen, wohingegen bei der antipodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung des Apollofalters die beiden voneinander abgewandten Partner in die jeweils entgegengesetzte Richtung schauen sowie in Übergangsstadien zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters die beiden einander angenäherten Partner in senkrecht oder stumpfwinklig zueinander stehende Richtungen schauen. Über Streicheln mit den Beinen und Blicke in die Augen hinaus könnten Männchen und Weibchen sich bei der sympodalen Stellung der Partner während der Paarung des Apollofalters auch mit den ausgerollten Saugrüsseln berühren und reiben, was allerdings in der Natur bisher nicht beobachtet und dokumentiert worden ist, wohingegen die Fühler von Männchen und Weibchen auch bei nahe beieinanderliegenden Köpfen aufgrund der vertikalen bis leicht rückwärtigen Orientierung der Antennen zu weit von-

einander entfernt sind, um miteinander zu interferieren. Bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Paarung des Apollofalters sitzen oder hängen die beiden Partner meist an gegenüberliegenden Seiten einer Blüte, eines Stengels oder eines Zweiges, welche sich dann im Zentrum des Paarungsrades befindet, wohingegen sie gelegentlich auch auf dem Boden liegen, wobei entweder das Männchen oder das Weibchen mit der Dorsalseite auf dem Untergrund ruht und dann das Weibchen oder das Männchen mit seiner Ventralseite von oben auf der nach oben gerichteten Ventralseite des mit der Dorsalseite auf dem Untergrund ruhenden Partners liegt. Eine wesentlich weitergehende Annäherung der beiden Partner während der Kopulation in sympodaler Stellung wie bei manchen Pfauenspinnern, bei denen die Paarung in sympodaler Stellung zuweilen bis zu einer innigen Umarmung von Männchen und Weibchen fortschreitet, welche dann mit den Ventralseiten ihrer Körper in Kontakt stehen, so daß zwischen den Leibern der beiden Partner kein Zwischenraum mehr besteht und das Paarungsrade aufgrund der Juxtaposition der Körper aufgehoben wird, wurde bisher bei dem Apollofalter nur gelegentlich und bei anderen Tagfaltern gar nicht beobachtet.

Bei dem Apollofalter und anderen Tagfaltern sind alle Beine normal mit schmalen Füßen ausgebildet, wohingegen bei manchen Pfauenspinnern die Füße besonders an den Vorderbeinen und den Mittelbeinen erheblich verbreitert sind, so daß in der innigen Umarmung der beiden Partner während der Paarung von manchen Pfauenspinnern in sympodaler Stellung das Männchen besonders mit den Vorderbeinen und den Mittelbeinen, welche an den Füßen erheblich verbreitert sind und sich deshalb hervorragend zum Greifen und Klammern eignen, und untergeordnet auch mit den Hinterbeinen, welche im Vergleich zu den wesentlich verbreiterten Füßen der Vorderbeine und der Mittelbeine lediglich geringfügig verbreiterte Füße besitzen, den Bauch des Weibchens umfaßt und die Ventralseite des Körpers des Weibchens an die Ventralseite seines Körpers drückt. Eine innige Umarmung von Männchen und Weibchen des Apollofalters, bei welcher die beiden Partner mit den Ventralseiten ihrer Körper in Kontakt stehen, so daß zwischen den Leibern von Männchen und Weibchen kein Zwischenraum mehr besteht und das Paarungsrade aufgrund der Juxtaposition der Körper aufgehoben wird, wurde bisher nur bei dem Mosel-Apollo zuweilen nachgewiesen, und zwar dann, wenn beide Partner auf dem Boden liegen, wobei entweder das Männchen oder das Weibchen mit der Dorsalseite auf dem Untergrund ruht und dann das Weibchen oder das Männchen mit seiner Ventralseite von oben auf der nach oben gerichteten Ventralseite des mit der Dorsalseite auf dem Untergrund ruhenden Partners liegt, und Männchen und Weibchen sich mit ihren Beinen umfassen und halten sowie mit ihren Köpfen berühren und aneinanderschmiegen. MICHAEL SCHROERS (persönliche Mitteilung 2014) hatte die seltene und glückliche Gelegenheit, eine derartige innige Umarmung von Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo, welche in sympodaler Stellung der beiden Partner bei der Kopulation mit den Ventralseiten ihrer Körper in Kontakt gestanden haben, sich mit ihren Beinen umfaßt und gehalten haben, und mit ihren Köpfen berührt und aneinandergeschmiegt haben, zu beobachten und in Film und Foto zu dokumentieren.

Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo haben sich während der Paarung in sympodaler Stellung in die Augen geschaut, haben sich mit ihren Beinen jeweils am anderen Partner festgehalten, und die beiden Körper waren vollständig einander zugewandt. Einer der beiden Partner des Mosel-Apollo hat stets mit ausgebreiteten Flügeln flach auf dem Rücken auf dem Boden gelegen und wurde von dem oben liegenden Partner durch seine starken Flügelschläge über den Boden geschleppt, wobei sich Männchen und Weibchen mehrmals abgewechselt haben, so daß einmal das Männchen oben gelegen hat, mit seinen Flügeln geflattert hat und dabei das mit geöffneten Flü-

geln flach auf dem Rücken liegende Weibchen über den Boden gezogen hat, und dann nach einiger Zeit das flach auf dem Rücken liegende Weibchen so lange verstärkt mit den Flügeln geschlagen hat, bis es ihm gelungen ist, selbst oben zu liegen und dann das mit geöffneten Flügeln flach auf dem Rücken liegende Männchen durch seine starken Flügelschläge über den Boden zu zerren. Die beiden miteinander verbundenen Partner des Mosel-Apollo konnten sich dabei nur flach am Boden entlang bewegen, wohingegen ein Abheben vom Boden zum Fliegen nicht möglich war, weil offensichtlich keiner der beiden Partner in der Lage war, das Gewicht des jeweils anderen Partners zum gemeinsamen Fliegen zu tragen. Bei dem Wechsel von Männchen und Weibchen aus der unteren Position mit dem Rücken flach auf dem Boden unter dem Partner in die obere Position mit dem Bauch auf und über dem Partner ist das miteinander verbundene Pärchen manchmal kopfüber auf die Seite gekippt und hat somit zwischendurch auf dem Kopf gestanden, wobei Kopf und Fühler der beiden vereinigten Partner flach über den Boden gestreift sind. Zwischenzeitlich haben Männchen und Weibchen des Mosel-Apollo auch vorübergehend beide mit fast geschlossenen Flügeln auf der Seite auf dem Boden gelegen, aber jeweils nur so lange, bis einer der beiden Partner wieder kräftiger geflattert hat und durch seine starken Flügelschläge den jeweils anderen Partner wieder flach auf den Rücken gelegt hat und über den Boden geschleppt hat (MICHAEL SCHROERS, persönliche Mitteilung 2014). Unter den mir von Naturfotografen überlassenen Bildern des Apollofalters finden sich eindrucksvolle Beispiele der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation bei dem Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier und dem Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt sowie bei dem Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae).

Das Paarungsrad bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters und anderer Schmetterlinge unterscheidet sich grundsätzlich von dem Paarungsrad während der Kopulation in cyclopodaler Stellung der beiden Partner bei den Libellen, welches völlig anders aufgebaut ist. In analoger Weise zu dem Paarungsrad während der Kopulation in cyclopodaler Stellung der beiden Partner bei den Libellen liegen auch bei der sympodalen Stellung von Männchen und Weibchen während der Kopulation des Apollofalters und anderer Schmetterlinge bei zusammengeklappten Flügeln beider Partner alle Teile des Paarungsrades von Männchen und Weibchen in einer Ebene, wohingegen die Flügel diagonal oder orthogonal zu der Ebene des Paarungsrades stehen, wenn einer oder beide Partner ihre Flügel auseinanderklappen.

5.3 Steuerung der Kopulation durch Vollmond und Neumond

Erscheinen, Schwärmen, Kopulation, Eiablage und Verschwinden der Insekten werden durch Vollmond und Neumond gesteuert (MADER 2009a, 2010a, 2010b, 2011a, 2012a, 2013a, 2013b), und ebenso wird auch das Wachstum von Pilzen durch Vollmond und Neumond kontrolliert (MADER 2014a). Am 19.07.2013 und 20.07.2013 konnten WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt an einem ausgedehnten Flugplatz sowohl etliche Pärchen in Kopulation als auch mehrere eierlegende Weibchen bei insgesamt zahlreichen Faltern beobachten und fotografieren, was als außergewöhnliches Glück und herausragende Sternstunde für Studium und Dokumentation der Fortpflanzung des Apollofalters gewertet werden kann.

Die Paarung etlicher Männchen und Weibchen, die Eiablage durch mehrere Weibchen, und der Flug von zahlreichen Faltern des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt am 19.07.2013 und 20.07.2013 haben nur wenige Tage vor dem Vollmond am 22.07.2013 stattgefunden.

WOLFGANG FISCHER (persönliche Mitteilung 2014) und MICHAEL SCHROEREN (persönliche Mitteilung 2014) haben auch am 12.07.2014 mehrere eierlegende Weibchen des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt beobachten können, was sich am Vollmond am 12.07.2014 ereignet hat.

Am 03.07.2014 hat GUNTHER HASLER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage vor dem zunehmenden Halbmond am 05.07.2014 zwischen dem Neumond am 27.06.2014 und dem Vollmond am 12.07.2014 abgelaufen ist.

Am 15.07.2013 hat MICHAEL GLASS (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag vor dem zunehmenden Halbmond am 16.07.2013 zwischen dem Neumond am 08.07.2013 und dem Vollmond am 22.07.2013 aufgetreten ist.

Am 05.07.2009 hat GERHARD WIDER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Altmühl-Apollo im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage vor dem Vollmond am 07.07.2009 passiert ist. Am 18.06.1993 hat ein unbekannter Naturfotograf (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b; Lepidoptera: Papilionidae) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage vor dem Neumond am 20.06.1993 geschehen ist.

Am 07.06.2007 hat THOMAS MÜLLER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b; Lepidoptera: Papilionidae) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag vor dem abnehmenden Halbmond am 08.06.2007 zwischen dem Vollmond am 01.06.2007 und dem Neumond am 15.06.2007 vorgekommen ist.

Am 05.08.2009 hat HUBERTUS EICKE (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b; Lepidoptera: Papilionidae) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag vor dem Vollmond am 06.08.2009 aufgetreten ist.

Am 08.06.2007 hat GÜNTER HERRMANN (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am abnehmenden Halbmond am 08.06.2007 zwischen dem Vollmond am 01.06.2007 und dem Neumond am 15.06.2007 abgelaufen ist.

Am 17.07.2013 hat RAINER DESCHLE (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag nach dem zunehmenden Halbmond am 16.07.2013 zwischen dem Neumond am 08.07.2013 und dem Vollmond am 22.07.2013 passiert ist.

Am 17.06.2009 hat LOTHAR LENZ (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier in Kopulation beobachtet und fotografiert, was

wenige Tage nach dem abnehmenden Halbmond am 15.06.2009 zwischen dem Vollmond am 07.06.2009 und dem Neumond am 22.06.2009 vorgekommen ist.

Am 24.06.2010 hat DANIEL MÜLLER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage vor dem Vollmond am 26.06.2010 erfolgt ist.

Am 27.06.2010 und Ende Juni 2012 hat MICHAEL SCHROERS (persönliche Mitteilung 2014) jeweils ein Pärchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag nach dem Vollmond am 26.06.2010 sowie um den zunehmenden Halbmond am 27.06.2012 zwischen dem Neumond am 19.06.2012 und dem Vollmond am 03.07.2012 passiert ist.

Am 25.05.2011 hat DIRK VORBUSCH (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag nach dem abnehmenden Halbmond am 24.05.2011 zwischen dem Vollmond am 17.05.2011 und dem Neumond am 01.06.2011 abgelaufen ist.

Am 06.06.2014 hat HANS-PETER WECKBECKER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Koblenz und Trier in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Tag vor dem zunehmenden Halbmond am 05.06.2014 zwischen dem Neumond am 28.05.2014 und dem Vollmond am 13.06.2014 gewesen ist.

Am 09.06.2011 und am 24.06.2012 hat RALPH STURM (persönliche Mitteilung 2014) jeweils ein Pärchen des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am zunehmenden Halbmond am 09.06.2011 zwischen dem Neumond am 01.06.2011 und dem Vollmond am 15.06.2011 sowie wenige Tage vor dem zunehmenden Halbmond am 27.06.2012 zwischen dem Neumond am 19.06.2012 und dem Vollmond am 03.07.2012 passiert ist.

Am 21.06.2011 konnten FERDINAND ELLENBAST (persönliche Mitteilung 2014) und DIETER GSCHWEND (persönliche Mitteilung 2014) bei dem Engadin-Apollo (*Parnassius apollo rhaeticus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) im Alpenrheintal südlich des Bodensees in Liechtenstein an einem ausgedehnten Flugplatz mehrere Pärchen in Kopulation bei insgesamt zahlreichen Faltern beobachten und fotografieren, was wenige Tage vor dem abnehmenden Halbmond am 23.06.2011 zwischen dem Vollmond am 15.06.2011 und dem Neumond am 01.07.2011 abgelaufen ist. Anfang August 2004 hat BERNHARD JOST (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Wallis-Apollo (*Parnassius apollo valesiacus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) in den Schweizer Alpen nördlich des Rhône-tales oberhalb des Genfer Sees zwischen Sion und Brig im Wallis in der Schweiz in Kopulation beobachtet und fotografiert, was sich wenige Tage nach dem Vollmond am 31.07.2004 ereignet hat. Im August 2002 hat FRITZ BAYERL (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Steiermark-Apollo (*Parnassius apollo brittingeri* REBEL & ROGENHOFER 1892; Lepidoptera: Papilionidae) in der Umgebung von Leoben in der Steiermark in Österreich in Kopulation beobachtet und fotografiert, was möglicherweise um und zwischen dem Neumond am 08.08.2002 und dem Vollmond am 21.08.2002 gewesen ist.

Am 31.05.1997 hat ein unbekannter Naturfotograf (persönliche Mitteilung 2014) ein Weibchen des Vinschgau-Apollo (*Parnassius apollo bellinianus* BRYK 1921; Lepidopte-

ra: Papilionidae) im Planeiltal im Vinschgau westnordwestlich Meran in Südtirol in Italien bei der Eiablage beobachtet und fotografiert, was am Tag nach dem abnehmenden Halbmond am 30.05.1997 zwischen dem Vollmond am 22.05.1997 und dem Neumond am 05.06.1997 vorgekommen ist.

Am 26.07.2013 hat WOLFGANG HOCK (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Alpen-Apollo (*Parnassius phoebus* FABRICIUS 1793; Lepidoptera: Papilionidae) in den Schweizer Alpen südlich des Rhône-tales oberhalb des Genfer Sees zwischen Sion und Brig im Wallis in der Schweiz in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage nach dem Vollmond am 22.07.2013 stattgefunden hat.

Am 17.07.1992 hat HEINZ RUPPERT (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Alpen-Apollo (*Parnassius phoebus* FABRICIUS 1793; Lepidoptera: Papilionidae) am Großglockner in Osttirol in Österreich in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage nach dem Vollmond am 14.07.1992 aufgetreten ist. Im August 2011 hat ANDREAS BERGMANN (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Alpen-Apollo (*Parnassius phoebus* FABRICIUS 1793; Lepidoptera: Papilionidae) am Großglockner in Osttirol in Österreich in Kopulation beobachtet und fotografiert, was möglicherweise um und zwischen dem Neumond am 30.07.2011, dem Vollmond am 13.08.2011 und dem Neumond am 29.08.2011 abgelaufen ist.

Am 11.06.2006 hat WALTER SCHÖN (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) in der Umgebung von Beuron im Donautal zwischen Tuttlingen und Sigmaringen in Kopulation beobachtet und fotografiert, was am Vollmond am 11.06.2006 gewesen ist.

Am 20.05.2007 hat JOHANNES MACHER (persönliche Mitteilung 2014) ein Pärchen des Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758; Lepidoptera: Papilionidae) in der Umgebung von Feldkirchen nördlich des Wörthersees in Kärnten in Österreich in Kopulation beobachtet und fotografiert, was wenige Tage nach dem Neumond am 16.05.2007 vorgekommen ist.

6 Anerkennung

Ich danke den zahlreichen Naturfreunden, welche mich bei der Ausarbeitung der vorliegenden Studie mit Informationen, Beobachtungsdaten und Fotos von Mosel-Apollo, anderen Schmetterlingen, Hirschkäfer, anderen Käfern und anderen Insekten sowie mit der Komposition der einzelnen Fotos zu den Tafeln und Montagen unterstützt haben (Zusammenstellung in MADER 2015).

7 Literaturverzeichnis

Die im Text zitierte Literatur ist in MADER (2011a, 2015) zusammengestellt.

MADER, D. (1999): Geologische und biologische Entomoökologie der rezenten Seidenbiene *Colletes*. 807 pp.; Logabook, Köln. ISBN 3-87361-263-1.

MADER, D. (2000a): Nistökologie, Biogeographie und Migration der synanthropen Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* (Eumenidae) in Deutschland und Umgebung. 245 pp.; Logabook, Köln. ISBN 3-934346-04-9.

MADER, D. (2000b): Erstnachweise von Niststandorten der Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* (Hymenoptera: Eumenidae) in Bayern. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **16/4**: 147 – 170; Nürnberg.

- MADER, D. (2001a): Niststandorte der Mauerbiene *Osmia anthocopoides* und der Mörtelbiene *Megachile (Chalicodoma) parietina* (Hymenoptera: Megachilidae) im Nördlinger Ries. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **17/1**: 27 – 55; Nürnberg.
- MADER, D. (2001b): Populationsstärke und Nestverteilung der Mörtelbiene *Megachile (Chalicodoma) parietina* (Hymenoptera: Megachilidae) am Goldberg im Nördlinger Ries in 2001. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **17/3**: 115 – 142; Nürnberg.
- MADER, D. (2001c): Potentielle Einwanderungswege der Mauerwespe *Sceliphron destillatorium* nach Deutschland. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **17/2**: 99 – 111; Nürnberg.
- MADER, D. (2001d): Einwanderung der Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* (VILLERS 1789) (Hymenoptera: Eumenidae) in das Alpenrheintal (Österreich und Schweiz). Linzer Biologische Beiträge, **33**: 819 – 826; Linz.
- MADER, D. (2002a): Zur früheren Verbreitung der Mörtelbiene *Megachile (Chalicodoma) parietina* (Hymenoptera: Megachilidae) in Deutschland und Umgebung. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **18/1**: 20 – 43; Nürnberg.
- MADER, D. (2002b): Verbreitung der Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* (Hymenoptera: Eumenidae) im Rhônetal oberhalb des Genfer Sees (Schweiz). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **18/2**: 55 – 66; Nürnberg.
- MADER, D. (2009a): Populationsdynamik, Ökologie und Schutz des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) im Raum um Heidelberg und Mannheim. 418 pp.; Regionalkultur, Ubstadt-Weiher. ISBN 978-3-89735-594-1. Preis 49 €. Bestelladresse: dr.detlef.mader@web.de
- MADER, D. (2009b): Three size classes of wing-spread and dwarf forms of the Orange Tip *Anthocharis cardamines* (Lepidoptera: Pieridae) and other butterflies. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **25/2**: 67 – 82; Nürnberg.
- MADER, D. (2010a): Moon-related population dynamics and ecology of the Stag Beetle *Lucanus cervus*, other beetles, butterflies, dragonflies and other insects. 654 pp.; Regionalkultur, Ubstadt-Weiher. ISBN 978-3-89735-645-0. Preis 79 €. Bestelladresse: dr.detlef.mader@web.de
- MADER, D. (2010b): Das letzte Paradies des Apollofalters (*Parnassius apollo*) in den Weinbergen und an den Waldrändern an den Steilhängen des Moseltales zwischen Koblenz und Trier (Deutschland). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **26/3**: 119 – 150; Nürnberg.
- MADER, D. (2010c): Mondgesteuerter Schwärmflug der Maikäfer, Hirschkäfer und Junikäfer. Allgemeine Forstzeitschrift, **65/12**: p. 35; München.
- MADER, D. (2011a): Lunarzyklische Populationsdynamik des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis*) und anderer Insekten im Moseltal zwischen Koblenz und Trier (Deutschland). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement, **21**: 1 – 283; Nürnberg.

- MADER, D. (2011b): Mondgesteuerter Schwärmflug dämmerungsaktiver Großkäfer (Maikäfer, Hirschkäfer, Junikäfer und Sägebock) (Coleoptera: Scarabaeidae, Lucanidae und Cerambycidae). *Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen*, **27/1**: 5 – 42; Nürnberg.
- MADER, D. (2011c): Früher Massenflug von Mosel-Apollo und Hirschkäfer schon im Mai 2011. Vortrag, gehalten auf dem 24. Westdeutschen Entomologentag am 19.11.2011 in Düsseldorf (MELANARGIA 2011).
- MADER, D. (2012a): Akzeleration der Imaginalentwicklung im extrem trockenen und sonnigen Frühling 2011 aufgrund Antizipation des Wetterwechsels der Eisheiligen und Einfluß vorgeschalteter später Frostnächte bei Mosel-Apollo, Baumweißling, Hirschkäfer und anderen Insekten. *Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement*, **22**: 1 – 310; Nürnberg.
- MADER, D. (2012b): Aufgesetztes Papiernest mit Diskordanzen in der Schichtung der Hornisse (*Vespa crabro*) im Freien auf der Glasscheibe eines Fensters am Balkon eines Hauses am Ortsrand nahe Feld und Wald und 100 andere Papiernester mit und ohne Diskordanzen. *Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement*, **23**: 1 – 378; Nürnberg.
- MADER, D. (2012c): Drastischer Populationszusammenbruch und Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo als Folge der mehrwöchigen Dauerfrostperiode im Winter 2012. Vortrag, gehalten auf dem 25. Westdeutschen Entomologentag am 24.11.2012 in Düsseldorf (MELANARGIA 2012).
- MADER, D. (2013a): Drastischer Populationszusammenbruch und Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo als Folge des mehrwöchigen Dauerfrostes mit zweistelligen Minusgraden im Winter 2012, Vergleich mit Hirschkäfer und anderen Insekten, und Biochronologie und Kryochronologie des Mosel-Apollo. *Documenta Naturae, Sonderband*, **63**: 1 – 704; München. ISBN 978-3-86544-563-6.
- MADER, D. (2013b): Biochronologie und Lunardynamik von Mosel-Apollo, Hirschkäfer und anderen Insekten in 2013 im Vergleich mit früheren Jahren. *Documenta Naturae, Sonderband*, **68**: 1 – 656; München. ISBN 978-3-86544-568-1.
- MADER, D. (2013c): Biogeography and migration of the Mud-Dauber *Sceliphron destillatorium* (Hymenoptera: Sphecidae) in Poland and surrounding countries in Europe. 236 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-0-1.
- MADER, D. (2013d): Später Schwärmflug des Mosel-Apollo erst im Juli 2013. Vortrag, gehalten auf dem 26. Westdeutschen Entomologentag am 23.11.2013 in Düsseldorf (MELANARGIA 2013).
- MADER, D. (2014a): Geologische und biologische Entomoökologie und Entomogeographie der synanthropen Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* in Deutschland, Frankreich und Umgebung. *Documenta Naturae, Sonderband*, **71**: 1 – 527; München. ISBN 978-3-86544-571-1.
- MADER, D. (2014b): Lunarzyklische Wachstumsphasen von Steinpilz, Butterpilz, Parasolpilz, Edelreizker, Champignon, Hallimasch und anderen Pilzen. *Documenta Naturae, Sonderband*, **69**: 1 – 323; München. ISBN 978-3-86544-569-8.
- MADER, D. (2014c): Hormonale Inversionen als Ursachen drastischer bidirektionaler Gewichtsschwankungen in den Wechseljahren bei Mann und Frau. 33 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978- 3-9815850-1-8.
- MADER, D. (2014d): Wo der Apollo fliegt. *Naturgucker, Magazin für Vogel- und Naturbeobachtung*, **12**: 28 – 30; Düsseldorf.

MADER, D. (2015): Biographie und Kopulation des Apollofalters und Vergleich mit der Sexualethologie von anderen Schmetterlingen, Käfern, Wanzen, Heuschrecken, Libellen und anderen Insekten. In Vorbereitung.

8 Abbildungserläuterungen

Abbildung 1

Lebensbild des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen und Koblenz südwestlich Koblenz. Fotomontage von MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler) von einzelnen Fotos des Mosel-Apollo von LOTHAR LENZ (Dohr) in ein Foto der Landschaft des Moseltales zwischen Winnigen und Koblenz südwestlich Koblenz von Dr. DETLEF MADER (Walldorf). Schematische Darstellung, nicht maßstabsgerecht.

Abbildung 2

Lebensbild des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Cochem und Valwig östlich Cochem. Fotomontage von MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler) von einzelnen Fotos des Mosel-Apollo von LOTHAR LENZ (Dohr) in ein Foto der Landschaft des Moseltales zwischen Cochem und Valwig östlich Cochem von Dr. DETLEF MADER (Walldorf). Schematische Darstellung, nicht maßstabsgerecht.

Abbildung 3

Lebensbild des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Bremm und Ediger-Eller südlich Cochem. Fotomontage von MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler) von einzelnen Fotos des Mosel-Apollo von LOTHAR LENZ (Dohr) in ein Foto der Landschaft des Moseltales zwischen Bremm und Ediger-Eller südlich Cochem von Dr. DETLEF MADER (Walldorf). Schematische Darstellung, nicht maßstabsgerecht.

Abbildung 4

Lebensbild des Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal nordöstlich Mörnsheim ost-südöstlich Solnhofen. Fotomontage von MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler) von einzelnen Fotos des Altmühl-Apollo von MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler) in ein Foto der Landschaft des Steinbruches nordöstlich Mörnsheim ost-südöstlich Solnhofen im Altmühltal von WOLFGANG FISCHER (Schriesheim). Schematische Darstellung, nicht maßstabsgerecht.

9 Tafelerläuterungen

Tafel 1

1-8: Kopulation und Oviposition des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier.

1-3 und **5-6:** Antipodale Stellung bei der Kopulation, **4:** Übergangsstadium zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung bei der Kopulation, **7 – 8:** Oviposition.

Fotos: **1-2:** HANS-PETER WECKBECKER (Idar-Oberstein), **3-4:** DIRK VORBUSCH (Mülheim/Ruhr; www.vorbusch.de), **5:** ELISABETH und WOLFGANG POSTLER (Kamen), **6:** LOTHAR HINZ (www.zoonar.de), **7-8:** WOLFGANG FISCHER (Schriesheim).

Tafel 2

1–8: Kopulation des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier.

1 und **7–8:** Sympodale Stellung bei der Kopulation, **2:** Übergangsstadium zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung bei der Kopulation, **3–6:** Antipodale Stellung bei der Kopulation.

Fotos: **1–2:** DIRK VORBUSCH (Mülheim/ Ruhr; www.vorbusch.de), **3–4:** HANS-PETER WECKBECKER (Idar-Oberstein), **5–6:** DANIEL MÜLLER (Lehmen), **7–8:** MICHAEL SCHROERS (Herzogenrath).

Tafel 3

1–8: Kopulation des Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt. **1–8:** Antipodale Stellung bei der Kopulation.

Fotos: **1–8:** MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler).

Tafel 4

1–8: Kopulation und Oviposition des Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt.

1–4 und **6:** Antipodale Stellung bei der Kopulation, **5:** Übergangsstadium zwischen der antipodalen und der sympodalen Stellung bei der Kopulation, **7–8:** Oviposition.

Fotos: **1–8:** MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler).

Tafel 5

1–2 und **6:** Kopulation des Altmühl-Apollo (*Parnassius apollo lithographicus* BRYK 1922; Lepidoptera: Papilionidae) im Altmühltal zwischen Solnhofen und Eichstätt, **3–5:** Kopulation des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg, **7:** Kopulation des Blau-Apollo (*Parnassius apollo thimo* FRUHSTORFER 1921b; Lepidoptera: Papilionidae) im Blautal zwischen Blaubeuren und Ulm, **8:** Kopulation des Franken-Apollo (*Parnassius apollo melliculus* STICHEL 1906b; Lepidoptera: Papilionidae) in der Fränkischen Alb zwischen Nürnberg und Bayreuth.

1–8: Antipodale Stellung bei der Kopulation.

Fotos: **1–2:** GERHARD WIDER (Mörnsheim), **3–5:** RALPH STURM (Rain bei Straubing), **6:** MICHAEL GLASS (Veitsbronn), **7:** GÜNTER HERRMANN (Langenau), **8:** HUBERTUS EICKE (Bayreuth).

Tafel 6

1–6: Kopulation des Engadin-Apollo (*Parnassius apollo rhaeticus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) im Alpenrheintal südlich des Bodensees in Liechtenstein, **7:** Kopulation des Wallis-Apollo (*Parnassius apollo valesiacus* FRUHSTORFER 1906; Lepidoptera: Papilionidae) in den Schweizer Alpen nördlich des Rhônetales oberhalb des Genfer Sees zwischen Sion und Brig im Wallis in der Schweiz, **8:** Kopulation des Steiermark-Apollo (*Parnassius apollo brittingeri* REBEL & ROGENHOFER 1892; Lepidoptera: Papilionidae) in der Umgebung von Leoben in der Steiermark in Österreich.

1 und **3–8:** Antipodale Stellung bei der Kopulation, **2:** Sympodale Stellung bei der Kopulation.

Fotos: **1–4:** DIETER GSCHWEND (Sonthofen), **5–6:** FERDINAND ELLENBAST (Hergensweiler), **7:** BERNHARD JOST (Münsingen, Schweiz), **8:** FRITZ BAYERL (Jauring bei Aflenz Land, Österreich).

Tafel 7

1: Ei des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg, **2:** *Juvenile* Raupen des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg, **3–8:** Adulte Raupen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier.

Fotos: **1–2:** RALPH STURM (Rain bei Straubing), **3–4:** JÖRG KUHNBANDNER (Erkelenz), **5:** DANIEL MÜLLER (Lehmen), **6–8:** MICHAEL SCHROEREN (Bad Neuenahr-Ahrweiler).

Tafel 8

1: Puppe des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier, **2–3:** Puppe des Königssee-Apollo (*Parnassius apollo bartholomaeus* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) am Königssee in den Bayerischen Alpen südlich Berchtesgaden südlich Salzburg, **4:** Eier des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier, **5–6:** Kopulation des Alpen-Apollo (*Parnassius phoebus* FABRICIUS 1793; Lepidoptera: Papilionidae), **7–8:** Versuch der Pseudokopulation zweier Männchen des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Koblenz und Trier.

Besonderheiten: **3:** Schlüpfen der Puppe aus der Raupenhaut, **5–6:** Antipodale Stellung bei der Kopulation.

Fotos: **1:** DANIEL MÜLLER (Lehmen), **2–3:** RALPH STURM (Rain bei Straubing), **4:** WOLFGANG FISCHER (Schriesheim), **5–6:** WOLFGANG HOCK (Neudietendorf), **7–8:** LOTHAR LENZ (Dohr).

Adresse des Autors: Dr. DETLEF MADER
Hebelstraße 12
69190 Walldorf
E-Mail: dr.detlef.mader@web.de.

10 Bildtafeln



Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung4

Tafel 1



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 2



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 3



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 4



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 5



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 6



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 7



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

Tafel 8



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen e.V.](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Mader Detlef

Artikel/Article: [Biographie und Kopulation des Apollofalters 65-118](#)