

## **Der Apollofalter *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758) in Rheinland-Pfalz – Verbreitung, Bestandstrends und Phänologie (Lep., Papilionidae)**

von DANIEL MÜLLER und EVA MARIA GRIEBELER

---

### **Zusammenfassung:**

Die Bestandssituation des Apollofalters *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758) im rheinland-pfälzischen Moseltal soll sich in jüngster Vergangenheit so sehr verschlechtert haben, dass dort ein baldiges Aussterben der Art befürchtet wird. Auch wird vermutet, dass dort die Falter seit Ende des letzten Jahrhunderts immer früher im Jahr erscheinen. Um den Rückgang des Schmetterlings in Rheinland-Pfalz sowie eine Veränderung seiner Phänologie belegen zu können, wurden Beobachtungsdaten aus einschlägigen Datenbanken, von ehrenamtlichen Kartierern und aus der Literatur zusammengetragen. Diese Daten ergänzt um historische Fundortangaben aus der Literatur zeigen, dass das rheinland-pfälzische Verbreitungsgebiet des Apollofalters seit Beginn des 20. Jahrhunderts bis heute um etwa die Hälfte geschrumpft ist. Für drei Populationen konnte tatsächlich ein starker Rückgang der jährlichen Individuenzahlen um 46 bis 96 % zwischen 1981 und 2020 nachgewiesen werden. Über denselben Zeitraum wurde zudem eine Verschiebung der Flugzeit im Moseltal um 18 Tage nach vorne im Jahr dokumentiert. Mögliche Ursachen für die Verkleinerung des Verbreitungsgebiets sind das Verbuschen der Lebensräume, die Flurbereinigung und das Ausbringen von Pestiziden im Weinbau sowie das Besammeln von Populationen in der Vergangenheit. Für die negativen Bestandstrends dürften eine Verschlechterung der Habitatqualität und -verfügbarkeit sowie der Klimawandel, der zu veränderten Witterungsverläufen und damit vermutlich zur beobachteten Verschiebung der Phänologie geführt hat, verantwortlich sein.

### **Abstract:**

#### **The Apollo butterfly *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758) in Rhineland-Palatinate – distribution, population trends and phenology**

Field observations suggest that the populations of the Apollo *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758) inhabiting the Moselle valley in Rhineland-Palatinate severely declined in the recent past and that the species will become extinct in the near future. Furthermore, since the end of the last century, imagines of this butterfly seem to appear increasingly earlier in the year. In order to confirm the decline of the Apollo in Rhineland-Palatinate as well as the proposed change in its phenology, we compiled observation data from relevant databases, from voluntary observers and from literature. These data, supplemented by historical location data from the literature, show that the species' distribution area has halved in Rhineland-Palatinate since the beginning of the 20<sup>th</sup> century. For three populations we could show that in the period 1981 to 2020 their annual individual numbers decreased by 46 up to 96 %. In the same forty-year period, the flight period in the Moselle valley simultaneously shifted 18 days towards the beginning of the year. We discuss that the decrease in the distribution area resulted from bush encroachment of habitats, land consolidation and application of pesticides by viticulture as well as the collection of the Apollo in the past. The negative population trends found are likely caused by deterioration in habitat quality and availability, as well as by climate change altering local weather conditions and thus presumably causing the observed shift in phenology.

---

## **1 Einleitung**

Ende der 1980er Jahre war die Zahl der außeralpinen Populationen des Apollofalters *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758) in Deutschland auf ein Minimum reduziert. Damals wurden aus Bayern nur noch wenige Tiere von der Fränkischen Alb gemeldet (GEYER 2019) und in Baden-Württemberg gab es lediglich einen besetzten Fundort auf der Schwäbischen Alb (EBERT & RENNWALD

1991). Im rheinland-pfälzischen Moseltal wurden zu dieser Zeit die besten Überlebenschancen für den Schmetterling innerhalb Deutschlands und außerhalb der Alpen vermutet (HASSELBACH 1987), zumal man dort bereits 1983 erste Schutzmaßnahmen erfolgreich umgesetzt hatte (SCHMIDT 1997).

Glücklicherweise wurden aber auch in Bayern und Baden-Württemberg gerade noch rechtzeitig Artenhilfsprogramme aufgelegt, sodass die damals verbliebenen Populationen des Apollofalters bis heute bestehen konnten (EBERT 2005, GEYER 2019). Besondere Erfolge wurden dabei auf der Fränkischen Alb verbucht, wo es in jüngster Vergangenheit sogar wieder zu deutlichen Arealausweitungen kam (GEYER 2019).

Im unteren Moseltal ist die Art dank der Bemühungen der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen und der Umsetzung verschiedener Maßnahmen innerhalb des Artenschutzprojekts „Apollofalter“ gegenwärtig noch in mehreren Gebieten zu finden (SCHMIDT 1997). Allerdings konnten in 2019 dort nur äußerst wenige Individuen beobachtet werden, weswegen befürchtet wird, dass ausgerechnet die Vorkommen mit den ehemals besten Aussichten auf einen langfristigen Erhalt des Schmetterlings schon bald verschwunden sind (MÜLLER & HANISCH 2020).

Die offenbar prekäre Situation des Apollofalters im Moseltal war für uns der Anlass, die dortige Bestandsentwicklung der Art detailliert zu analysieren. Wir wollten zunächst herausfinden, wo der Schmetterling in Rheinland-Pfalz noch vorkommt und ob und wie stark sein Verbreitungsgebiet seit Beginn des letzten Jahrhunderts geschrumpft ist. Bereits in den 1980er Jahren wurde berichtet, dass der Falter in vielen Bereichen des Moseltals nicht mehr zu finden ist (HASSELBACH 1987, KINKLER et al. 1987). Des Weiteren wollten wir überprüfen, ob die Populationen im unteren Moseltal tatsächlich kurz vor dem Aussterben stehen oder ob das oben genannte Jahr 2019 nur ein extrem negativer Ausreißer der dort zuvor beobachteten Individuenzahlen war. Letzteres ist insofern möglich, da die Populationsgrößen des Apollofalters starken jährlichen Schwankungen unterliegen können (GEYER 2019). Neben den Aspekten, die die Bestandsentwicklung betreffen, wurde zusätzlich die Phänologie des Schmetterlings analysiert. In Fachkreisen wird nämlich schon länger vermutet, dass sich die Flugzeit der univoltinen Art im unteren Moseltal seit Ende des 20. Jahrhunderts im Jahresverlauf nach vorne verschoben hat (KINKLER mündl. Mitt.). Ein statistischer Beleg dafür steht allerdings noch aus. Zusammengefasst waren die folgenden drei Leitfragen dieser Studie:

- Ist die rezente Verbreitung des Apollofalters in Rheinland-Pfalz kleiner als in der Vergangenheit?
- Ist ein Aussterben des Falters im unteren Moseltal in naher Zukunft wahrscheinlich?
- Beginnt die Flugzeit der Art über die vergangenen Jahrzehnte hinweg immer früher im Jahr?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde von uns ein Datensatz mit Beobachtungen des Apollofalters in Rheinland-Pfalz für den Zeitraum 1906 bis 2020 zusammengestellt. Für die Analyse der Verbreitung wurde eine ergänzende

Literaturrecherche durchgeführt, damit möglichst alle historischen Fundorte berücksichtigt werden konnten.

## 2 Methodik

### 2.1 Untersuchungsobjekt

Der Apollofalter gehört innerhalb der Familie der Ritterfalter (Papilionidae) zur Unterfamilie der Parnassiinae. Sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich von der Iberischen Halbinsel über das gemäßigte Europa bis nach Zentralasien und Sibirien. Im Norden dringt die Art bis Fennoskandien vor und im Süden erreicht sie die Sierra Nevada, Sizilien sowie die südliche Türkei (EBERT & RENNWALD 1991). In weiten Teilen Europas gilt der Apollofalter aufgrund seiner markanten Zeichnung mit den charakteristischen roten, schwarz umrandeten und meist weiß gekernten Flecken auf den Hinterflügeln als unverwechselbar. Lediglich in den Alpen kommt mit dem Hochalpen-Apollo (*Parnassius sacerdos* STICHEL, 1906) eine habituell sehr ähnliche Art vor, die allerdings einen auffällig schwarzweiß geringelten Fühlerschaft besitzt (WEIDEMANN 1986).

Da die Flügelzeichnung des Apollofalters außerordentlich variiert, wurden zahlreiche Formen und Unterarten beschrieben (GLAßL 2017), deren Berechtigung häufig umstritten ist (LEPIFORUM 2021). Die in Rheinland-Pfalz endemisch vorkommende Subspezies *Parnassius apollo vinningensis* STICHEL, 1899 (Abb. 1) besitzt jedoch nach KINKLER et al. (1987) ein konstantes Merkmal, und zwar eine rundliche Aufhellung innerhalb der längst des Innenrands der Hinterflügel verlaufenden Analschwärze, wodurch sie sich von anderen Unterarten unterscheiden lässt.



**Abb. 1:** Ein Weibchen der Subspezies *Parnassius apollo vinningensis* STICHEL, 1899 mit geöffneten Flügeln. Als konstantes Merkmal besitzt diese Unterart des Apollofalters eine rundliche Aufhellung innerhalb der längst des Innenrands der Hinterflügel verlaufenden Analschwärze. Umgebung Klotten, 13. Juni 2020  
Foto: D. MÜLLER

Als Lebensraum dienen der rheinland-pfälzischen Unterart südexponierte Felsabhängungen und die innerhalb von Weinbergen befindlichen Trockenmauern (Abb. 2). An diesen Orten wächst mit dem Weißen Mauerpfeffer (*Sedum album*) die wichtigste Raupennahrungspflanze des Schmetterlings (KINKLER 2001). Die Hauptflugzeit der Falter ist zwischen Juni und Juli. In manchen Jahren lassen sich die ersten Imagines aber auch schon im Mai beobachten (HASSELBACH et al. 2007). Einzelne Tiere können manchmal noch im August angetroffen werden (KINKLER 2001). Die Überwinterung erfolgt für gewöhnlich als fertig entwickelte Raupe innerhalb der schützenden Eihülle. In seltenen Fällen soll die Raupe das Ei bereits vor der kalten Jahreszeit verlassen, um anschließend in Diapause zu gehen (KINKLER et al. 1987).



**Abb. 2:** Typischer Lebensraum des Apollofalters im unteren Moseltal. Gut zu erkennen sind die südexponierten Felsfluren und die zwischen den Rebflächen befindlichen Trockenmauern. Diese Biotopbestandteile sind für die Reproduktion des Schmetterlings von größter Bedeutung, da dort die wichtigste Wirtspflanze, der Weiße Mauerpfeffer, wächst. Moselhänge zwischen Kobern und Winnigen, 27. Juni 2020 Foto: D. MÜLLER

Der Apollofalter ist in weiten Teilen seines Verbreitungsgebiets bedroht und wird von der Weltnaturschutzunion IUCN entsprechend als "vulnerable" (gefährdet) eingestuft (GIMENEZ DIXON 1996). Gemäß der Roten Liste Deutschlands gilt der Schmetterling als „stark gefährdet“ (REINHARDT & BOLZ 2011). Die Rote Liste von Rheinland-Pfalz führt die Art in der Gefährdungskategorie „extrem selten“ (SCHMIDT 2013).

Aufgrund der vielerorts prekären Bestandssituation ist der Apollofalter durch das Washingtoner Artenschutzabkommen Appendix II weltweit geschützt. Er ist in der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie im Anhang IV gelistet und damit EU-weit streng geschützt. In Deutschland steht die Art seit 1936 unter Naturschutz.

## 2.2 Datenaufbereitung und -bereinigung

Grundlage aller durchgeführten Analysen waren auf den Tag genau datierte Beobachtungen von Imagines des Apollofalters, die aus fünf Datenbanken (ArtenFinder, naturgucker.de, observation.org, Datenbank Schmetterlinge Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen und Datenbank Schmetterlinge Rheinland-Pfalz) und aus der Literatur zusammengetragen wurden (Tab. 1 u. 2 im Anhang). Ergänzt wurde der Datensatz durch schriftliche Auskünfte mehrerer ehrenamtlicher Kartierer sowie durch eigene Beobachtungen. Die Daten deckten den Zeitraum von 1906 bis 2020 ab und enthielten die folgenden Informationen:

- Datum der Beobachtung
- Name des Beobachters
- Fundort (Gemarkungsname)
- Messtischblatt-Quadrant
- Anzahl der beobachteten Imagines

Fehlten lediglich die Angaben zum Fundort und Messtischblatt-Quadranten oder zur Anzahl der beobachteten Individuen, wurden die jeweiligen Meldungen trotzdem berücksichtigt, aber nur bei Auswertungen zur Phänologie oder, im Fall von fehlenden Individuenzahlen, zur Auswertung der Verbreitung herangezogen. Für die Analyse der Phänologie und der Bestandstrends wurden nur Daten ab 1981 verwendet, da Meldungen vor 1981 sehr spärlich vorhanden und ungewöhnlich oft mit dem ersten Tag eines Monats angegeben waren. Letzteres deutet darauf hin, dass das genaue Beobachtungsdatum unbekannt ist.

Für Auswertungen, die sich auf die Individuenzahlen stützten, wurden einige Daten unter einer passenden Fundortbezeichnung zusammengefasst. Dies geschah dann, wenn von einem bestimmten Beobachter mehrere Falter, die sich am selben Tag in räumlicher Nähe zueinander befunden hatten, einzeln gemeldet wurden. In erster Linie betraf das die neueren Daten aus den Datenbanken ArtenFinder und observation.org, da dort eine Georeferenzierung der Fundorte möglich ist. Im Datensatz vorhandene Doppelmeldungen wurden über den Namen des Beobachters auffindig gemacht und anschließend gelöscht.

## 2.3 Vergleich historische versus rezente Verbreitung

Mithilfe von QGIS (Version 3.14) wurde eine Verbreitungskarte angefertigt, welche die historische und rezente Verbreitung des Apollofalters in Rheinland-Pfalz auf Ebene von Messtischblatt-Quadranten darstellt. Da die zusammengetragenen Beobachtungsdaten überwiegend neueren Datums waren und nicht davon ausgegangen werden konnte, dass diese das historische Verbreitungsbild vollständig abbilden würden, wurde in der Literatur nach weiteren ehemaligen Fundorten recherchiert. Letztere wurden allerdings nur in die Karte eingetragen, wenn die jeweiligen Fundortangaben genau genug waren und somit eine Zuordnung zu einem Messtischblatt-Quadranten ermöglichten. Um Veränderungen der Verbreitung sichtbar zu machen, wurde das Jahr mit dem letzten Nachweis für jeden besetzten Messtischblatt-Quadranten ermittelt. Da-

nach erfolgte die Einordnung dieser Jahre in drei Zeitperioden (bis 1950, 1951-2000, 2001-2020).

Einige Fundortangaben, die den Beobachtungsdaten oder der Literatur entnommen wurden, sind wahrscheinlich auf verfliegene Einzeltiere, Ansiedlungsversuche oder falsche Übermittlungen zurückzuführen. Oftmals betrafen diese Angaben Gebiete, in denen ein Vorkommen des Apollofalters aufgrund der dort vorherrschenden Umweltbedingungen unwahrscheinlich ist. Diese Fundorte, welche zudem auch oft in der bestehenden Literatur kritisch betrachtet wurden, finden in der Karte keine Berücksichtigung. Sie sind aber in Tab. 3 im Anhang mit entsprechenden Bemerkungen aufgeführt.

#### **2.4 Analyse der Bestandstrends**

Da ein Bestandstrend maßgeblich von der Qualität des Lebensraums abhängig ist, wurde die Auswertung nicht global für das gesamte untere Moseltal vorgenommen, sondern auf Basis der von HASSELBACH (2012) abgegrenzten Populationen bzw. der von ihm definierten Areale (Tab. S. 71). Dazu wurden die Beobachtungsdaten ab 1981 gemäß ihren Fundortangaben diesen einzelnen Populationen zugeordnet. Gelang eine Zuordnung nicht, weil der Falter abseits der definierten Areale beobachtet worden war oder nur sehr unscharfe Fundortangaben vorlagen, dann wurden die jeweiligen Daten in unserer Analyse nicht berücksichtigt.

Zur Analyse der einzelnen Bestandstrends wurden die durchschnittliche und die maximale Anzahl beobachteter Individuen pro Jahr und Population betrachtet. Beide Werte wurden von uns jedoch nur berechnet, wenn von mindestens sieben Tagen pro Jahr und Population Beobachtungen vorlagen. Geht man von einer durchschnittlich vier- bis sechswöchigen Flugzeit aus, was anhand der umfangreichen Zählungen von DÖTSCH (2006 a, 2006 b, 2007, 2009) abgeleitet werden kann, dann sind bei diesem Kriterium etwa ein Sechstel bis ein Viertel der Tage, an denen der Falter in einem Jahr theoretisch zu finden war, mit Daten abgedeckt. So kann auch davon ausgegangen werden, dass die Daten dann nicht nur die häufig geringen Individuenzahlen vom Beginn oder Ende der Flugzeit repräsentieren, sondern auch die Abundanzen aus der Hauptflugzeit abbilden.

Die durchschnittliche und die maximale Anzahl beobachteter Individuen pro Jahr und Population wurden anhand der maximalen Tagessummen ermittelt. Hierzu wurde für jeden einzelnen Tag die Meldung mit der höchsten Individuenzahl pro Population herausgefiltert. Manchmal kam es vor, dass die Art an einem Tag innerhalb einer Population an mehreren, gut voneinander abgrenzbaren Fundorten beobachtet worden war. In diesem Fall wurden die maximalen Individuenzahlen pro Fundort ermittelt und dann entsprechend aufsummiert.

Lagen zu einer Population ausreichend Daten vor, sodass die durchschnittliche und die maximale, jährliche Anzahl beobachteter Individuen für mindestens zehn Jahre bestimmt werden konnten, dann erfolgte eine statistische Absicherung der Bestandstrends im Programm R (Version 3.6.3) mittels Spearman-Rangkorrelationstest. Zusätzlich wurden diese Bestandstrends mit einer

einfachen linearen Regression beschrieben, um den prozentualen Rückgang der Individuenzahlen berechnen zu können. Die für 1981 geschätzten Werte wurden dabei als Referenz ( $\hat{=} 100 \%$ ) für 2020 verwendet.

**Tab.:** Populationen des Apollofalters in Rheinland-Pfalz nach HASSELBACH (2012)

Population nach HASSELBACH (2012)	Messtischblatt-Quadrant
Bremm/Calmont	TK 5808 SO & TK 5908 NO
Cochem-Cond/Valwig	TK 5809 SW
Cochem/Klotten	TK 5808 NO & TK 5809 NW
Klotten/Pommern	TK 5809 NW
Pommern/Karden	TK 5809 NO
Alkener Lay	TK 5710 NO
Ausoniusstein/Wandlay	TK 5710 NO
Lehmen/Würzlay	TK 5710 NO
Kobern/Winningen	TK 5610 SO & TK 5611 SW

## 2.5 Analyse der Phänologie

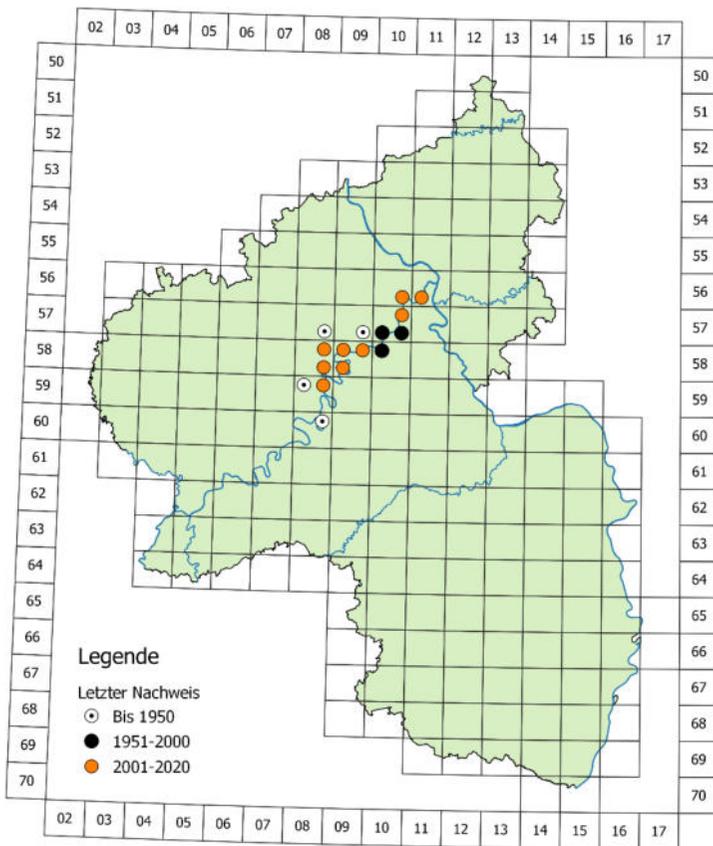
Die Analysen zur Phänologie des Apollofalters wurden für das gesamte untere Moseltal vorgenommen, denn es sollten aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung des Untersuchungsgebiets keine nennenswerten phänologischen Unterschiede zwischen den einzelnen Fundorten bzw. Populationen (s. Tab. oben) bestehen. Die Aufzeichnungen von MADER (2013 a, 2013 b) rechtfertigen diese Annahme.

Bei einer ersten Auswertung wurde für jedes Jahr der Flugzeitmittelpunkt bestimmt, der sich durch Mitteln der frühesten und spätesten Meldung im Jahr ergibt. Gerechnet wurde hierbei mit Kalendertagen. Berücksichtigt wurden in dieser Teilstudie alle Daten ab 1981, und zwar unabhängig davon, ob Angaben zur Anzahl der beobachteten Individuen vorhanden waren oder nicht. Von Bedeutung war also nur die Information, dass mindestens ein Falter an einem bestimmten Tag beobachtet worden war. Im Programm R (Version 3.6.3) wurde schließlich mithilfe des Spearman-Rangkorrelationstests überprüft, ob sich der Flugzeitmittelpunkt des Apollofalters über die Jahre signifikant verlagert hat. Zudem wurde eine einfache lineare Regression berechnet, um eine etwaige Verschiebung des Flugzeitmittelpunkts in Tagen quantifizieren zu können.

Eine zweite Auswertung zur Phänologie wurde auf Basis der Individuenzahlen vorgenommen. Ermittelt wurde zunächst für jeden Kalendertag eines jeden Jahres die Anzahl der beobachteten Falter, die sich aus der Summe aller an einem Tag beobachteter Individuen ergibt. Um ausschließen zu können, dass einzelne Tiere durch verschiedene Beobachter mehrfach an einem Tag gemeldet worden waren, wurde immer nur die Beobachtung mit der höchsten Anzahl von Faltern pro Fundort berücksichtigt.

Auf Grundlage dieser ausgewählten Daten wurden für jedes der vergangenen vier Jahrzehnte (1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 und 2011-2020) Phänogramme erstellt. Innerhalb eines Phänogramms wurde jeder Monat in drei Abschnitte von jeweils zehn Tagen unterteilt. Bei Monaten mit 31 Tagen umfass-

te der letzte Abschnitt entsprechend 11 Tage. Für die vier Jahrzehnte wurden die Tagessummen pro Monatsdrittel aufsummiert und durch 10 bzw. 11 geteilt. Um eine gute Vergleichbarkeit zwischen den Phänogrammen zu gewährleisten, wurde die Summe der für die einzelnen Monatsdrittel ermittelten Werte in jedem Phänogramm auf Eins normiert.



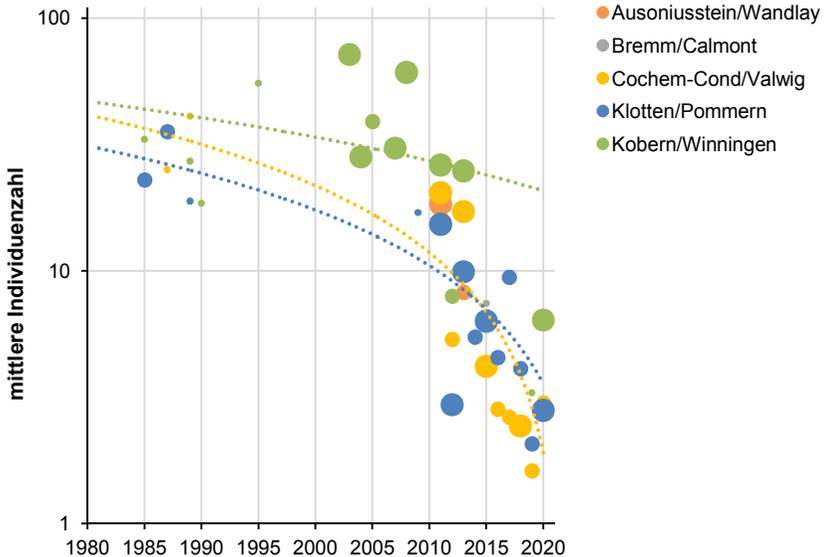
**Karte:** Historische und rezente Verbreitung des Apollofalters in Rheinland-Pfalz auf Messtischblatt-Quadranten-Ebene. Problematische Einzelfunde und fragliche Meldungen wurden in der Karte nicht berücksichtigt (s. Abschnitt 2.3).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Historische und rezente Verbreitung

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts besiedelte der Apollofalter beinahe das gesamte Moseltal zwischen Traben-Trarbach (TK 6008 NO) und Koblenz-Moselweiß (TK 5611 SW). Darüber hinaus waren Eifel einwärts gelegene Fundorte bei Bad Bertrich (TK 5908 NW), Kaisersesch (TK 5708 SO) und der Burg Pyramont (TK 5709 SO) bekannt, die sich in den dortigen Tälern verschiedener Moselezufüsse befanden. Bis zum Jahr 1950 verschwanden die Fundorte bei

Traben-Trarbach und in der Eifel, sodass sich die Zahl der besetzten Messischblatt-Quadranten von ursprünglich 16 auf zwölf reduzierte. Zwischen 1951 und 2000 sind die Fundorte bei Moselkern (TK 5810 NW), Lasserg (TK 5710 SW) und Hatzenport (TK 5710 SO) erloschen, was zur Entstehung von zwei deutlich voneinander getrennten Teilarealen führte. Nach 2000 wurde ein Vorkommen der Art nur noch in neun der ehemals 16 besetzten Messischblatt-Quadranten festgestellt. Das Verbreitungsgebiet umfasst seitdem nur noch das zwischen den Orten Bremm (TK 5908 NO) und Karden (TK 5809 NO) sowie Alken (TK 5710 NO) und Winnigen (TK 5611 SW) gelegene untere Moseltal (Karte S. 72). Eine Auflistung der früheren und rezenten Fundorte findet sich in Tab. 4 im Anhang.



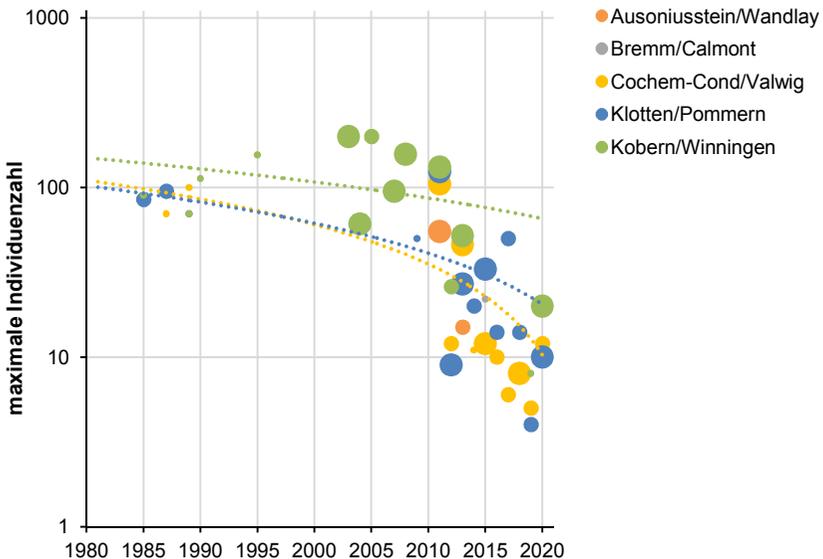
**Abb. 3:** Bestandstrends des Apollofalters auf Basis der mittleren, jährlichen Anzahl beobachteter Individuen. Die Größe der Kreise gibt die Zahl der Tage  $N$  an, die im entsprechenden Jahr mit Daten abgedeckt waren; klein:  $N = 7$  bis 9, mittel:  $N = 10$  bis 18, groß:  $N > 18$ . Gemäß den Ergebnissen der Spearman-Rangkorrelationstests besteht eine signifikant negative Bestandentwicklung in den Populationen Cochem-Cond/Valwig ( $S = 548$ ,  $n = 12$ ,  $\rho = -0,92$ ,  $p < 0,001$ ; Gleichung der angepassten Gerade:  $y = -0,99x + 2003,50$ ,  $R^2 = 0,78$ ), Klotten/Pommern ( $S = 850$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,87$ ,  $p < 0,001$ ;  $y = -0,69x + 1399,30$ ,  $R^2 = 0,77$ ) und Kobern/Winningen ( $S = 706$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,55$ ,  $p = 0,0439$ ;  $y = -0,65x + 1342,20$ ,  $R^2 = 0,12$ ). Für die Populationen Ausoniusstein/Wandlay und Bremm/Calmont konnten Werte für lediglich zwei Jahre bzw. ein Jahr ermittelt werden, sodass hier keine statistische Absicherung möglich war.

### 3.2 Gegenwärtige Bestandstrends

Für den Zeitraum 1981 bis 2020 lagen zu drei, nach HASSELBACH (2012) abgegrenzte Populationen des Apollofalters, und zwar Cochem-Cond/Valwig, Klotten/Pommern sowie Kobern/Winningen, genügend Daten vor, um mögliche Bestandstrends mittels Spearman-Rangkorrelationstest statistisch abzusichern. Gemessen an der durchschnittlichen, jährlichen Anzahl beobachteter

Individuen nahmen die Abundanzen in allen drei Populationen signifikant ab. Über die letzten vier Jahrzehnte ließen sich deutliche Rückgänge für Cochem-Cond/Valwig ( $S = 548$ ,  $n = 12$ ,  $\rho = -0,92$ ,  $p < 0,001$ ) und Klotten/Pommern ( $S = 850$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,87$ ,  $p < 0,001$ ) um etwa 91 % bzw. 83 % nachweisen. Kobern/Winningen wies im Unterschied zu den beiden anderen Populationen einen weniger kontinuierlichen, aber immer noch statistisch belegbaren Rückgang ( $S = 706$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,55$ ,  $p = 0,0439$ ) um etwa 46 % auf (Abb. 3).

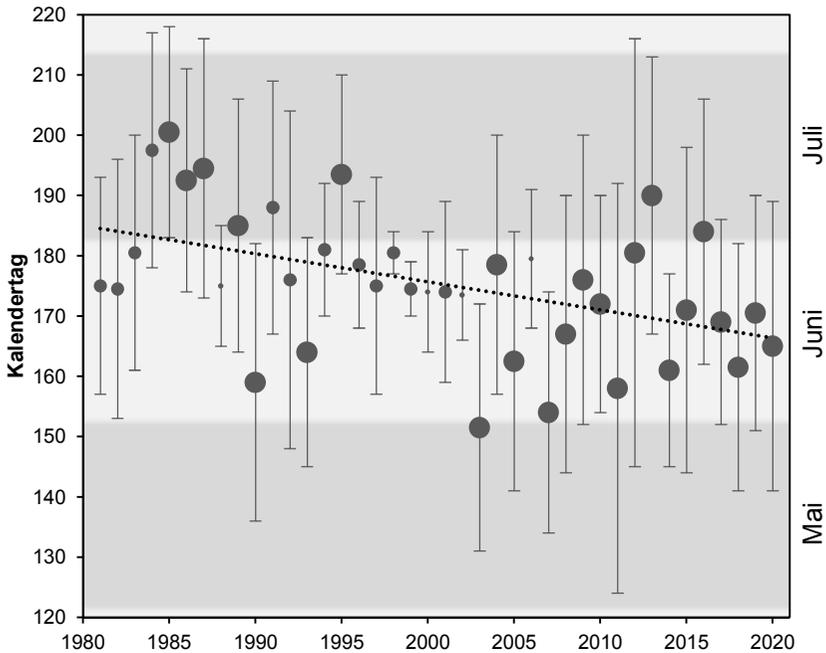
Ein ähnliches Bild zeigte die maximale, jährliche Anzahl beobachteter Individuen. Auch hier wurden deutliche Rückgänge für die Populationen Cochem-Cond/Valwig ( $S = 511,58$ ,  $n = 12$ ,  $\rho = -0,79$ ,  $p = 0,0023$ ) und Klotten/Pommern ( $S = 793,75$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,74$ ,  $p = 0,0023$ ) um etwa 96 % bzw. 77 % dokumentiert. Für Kobern/Winningen konnte anhand der maximalen, jährlichen Anzahl beobachteter Individuen allerdings nur ein marginal signifikanter Rückgang ( $S = 678,25$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,49$ ,  $p = 0,0749$ ) um etwa 54 % festgestellt werden (Abb. 4).



**Abb. 4:** Bestandstrends des Apollofalters auf Basis der maximalen, jährlichen Anzahl beobachteter Individuen. Die Größe der Kreise repräsentiert die Zahl der Tage  $N$ , die im jeweiligen Jahr mit Daten abgedeckt waren; klein:  $N = 7$  bis 9, mittel:  $N = 10$  bis 18, groß:  $N > 18$ . Mithilfe der Spearman-Rangkorrelationstests wurden rückläufige Abundanzen in den Populationen Cochem-Cond/Valwig ( $S = 511,58$ ,  $n = 12$ ,  $\rho = -0,79$ ,  $p = 0,0023$ ; Gleichung der angepassten Gerade:  $y = -2,51x + 5074,80$ ,  $R^2 = 0,54$ ) und Klotten/Pommern ( $S = 793,75$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,74$ ,  $p = 0,0023$ ,  $y = -2,05x + 4165,30$ ,  $R^2 = 0,45$ ) nachgewiesen. Für die Population Kobern/Winningen ließ sich lediglich ein marginal signifikanter, negativer Bestandstrend ermitteln ( $S = 678,25$ ,  $n = 14$ ,  $\rho = -0,49$ ,  $p = 0,0749$ ,  $y = -2,10x + 4311,7$ ,  $R^2 = 0,131$ ). Die Bestandstrends der Populationen Ausoniusstein/Wandlay und Bremm/Calmont konnten nicht statistisch abgesichert werden, da ein entsprechender Wert nur für zwei Jahre bzw. ein Jahr vorlag.

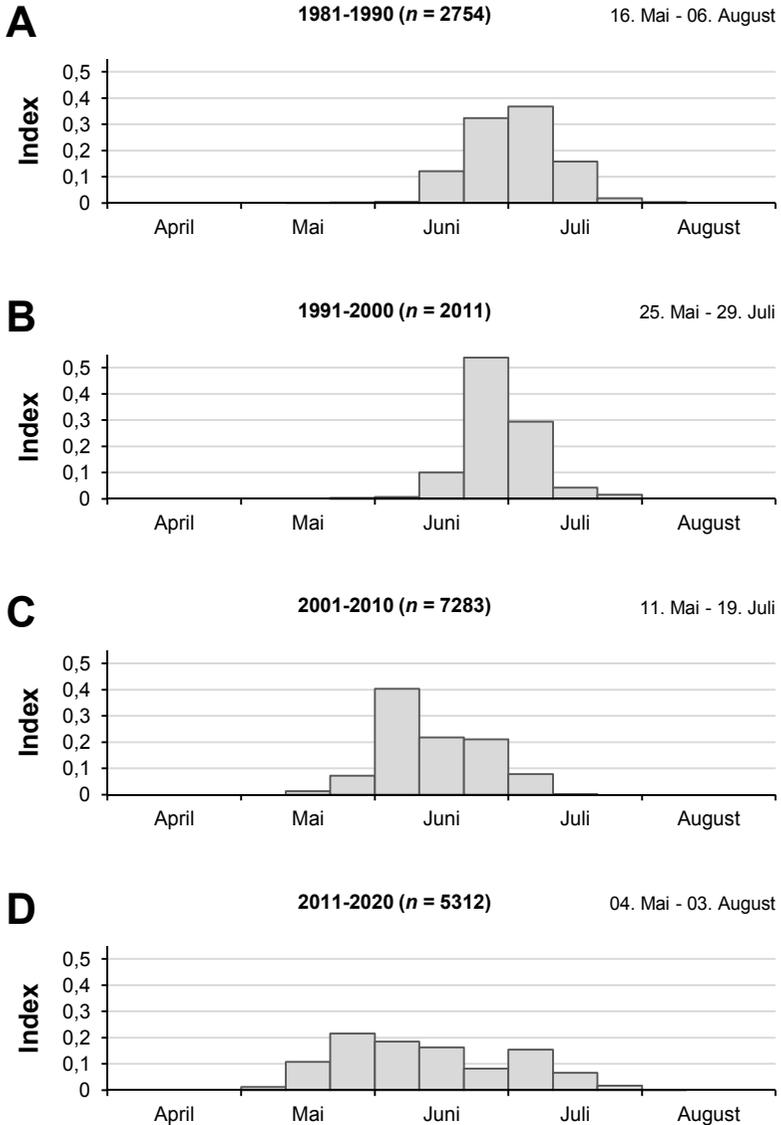
### 3.3 Phänologie zwischen 1981 und 2020

Im unteren Moseltal lag der Flugzeitmittelpunkt des Apollofalters in den vergangenen vier Jahrzehnten zumeist in der zweiten Juni-Hälfte, d.h. zwischen Kalendertag 167 und 181 (in Schaltjahren 168 und 182). Zwischen 1981 und 2000 wurde der Flugzeitmittelpunkt in sieben Jahren (35 %) nach dem 30. Juni beobachtet, also nach dem 181. Kalendertag (dem 182. Kalendertag in Schaltjahren). Zwischen 2001 und 2020 war dies nur in zwei Jahren (10 %) der Fall. Ein vor dem 1. Juni, d.h. vor dem 152. Kalendertag (dem 153. Kalendertag in Schaltjahren) gelegener Flugzeitmittelpunkt wurde lediglich für das Jahr 2003 ermittelt. Auffällig ist, dass sich der Flugzeitmittelpunkt in den Jahren nach 2000 vermehrt in der ersten Juni-Hälfte befand, also zwischen den Kalendertagen 152 und 166 (in Schaltjahren 153 und 167). Mithilfe des Spearman-Korrelationstests konnte statistisch belegt werden, dass sich der Flugzeitmittelpunkt zwischen 1981 und 2020 in Richtung eines früheren Datums verlagert hat ( $S = 15792$ ,  $n = 40$ ,  $\rho = -0,48$ ,  $p = 0,0017$ ). Mittels linearer Regression wurde für den genannten Zeitraum eine Verschiebung des Flugzeitmittelpunkts um etwa 18 Tage berechnet (Abb. 5).



**Abb. 5:** Flugzeitmittelpunkte des Apollofalters der Jahre 1981 bis 2020. Die obere und untere Grenze markiert das jeweils früheste und späteste Beobachtungsdatum. Durch die Größe der Kreise wird die Anzahl der Tage  $N$ , an denen der Falter in den einzelnen Jahren gemeldet wurde, dargestellt; klein:  $N = 2-3$ , mittel:  $N = 4$  bis 9, groß:  $N > 9$ . Mittels Spearman-Korrelationstest wurde ein signifikanter, negativer Zusammenhang nachgewiesen ( $S = 15792$ ,  $n = 40$ ,  $\rho = -0,48$ ,  $p = 0,0017$ ; Gleichung der angepassten Gerade:  $y = -0,47x + 1107$ ,  $R^2 = 0,22$ ). Die Verschiebung des Flugzeitmittelpunkts zwischen 1981 und 2020 beträgt etwa 18 Tage.

Die erstellten Phänogramme zeigen, dass sich das jeweilige Monatsdrittel, in dem die meisten Falter beobachtet wurden, über die letzten vier Jahrzehnte nach vorne im Jahr verschoben hat. Zwischen 1981 und 1990 wurden die meisten Individuen im ersten Juli-Drittel beobachtet, wobei im letzten Juni-Drittel nicht wesentlich weniger Tiere festgestellt worden sind. Das Phänogramm für die Zeit von 1991 bis 2000 zeigt hingegen ein klares Maximum im letzten Juni-Drittel. Nach 2000 gab es eine deutliche Verschiebung des Flugzeithöhepunkts, denn zwischen 2001 und 2010 wurden die meisten Individuen im ersten Juni-Drittel und zwischen 2011 und 2020 sogar im letzten Mai-Drittel erfasst. Auffällig ist, dass das Phänogramm für die Zeit von 2011 bis 2020 deutlich flacher verläuft als die Phänogramme der vorhergehenden drei Jahrzehnte. Es zeigt zudem kein klar abgesetztes Maximum. Auch gab es zwischen 2011 und 2020 Nachweise im ersten Mai-Drittel, die in den davorliegenden Jahren nicht vorkommen. Vor 2001 wurde der Apollofalter im Monat Mai überhaupt nur sehr selten beobachtet. Für den August wurde die Art lediglich zwischen 1981 und 1990 sowie 2011 und 2020 gemeldet. Das Phänogramm für den Zeitraum von 2001 bis 2010 weist schon nach Mitte Juli keine Funde mehr auf (Abb. 6).



**Abb. 6:** Phänogramme des Apollofalter für die Zeiträume 1981-1990 (A), 1991-2000 (B), 2001-2010 (C) und 2011-2020 (D). Um die Vergleichbarkeit zwischen den Phänogrammen zu ermöglichen, wurden die Werte normiert. Dazu wurde die Summe der für die einzelnen Monatsmittel ermittelten Werte in jedem Phänogramm gleich Eins gesetzt. Alle Phänogramme zusammen basieren auf  $n = 17360$  gemeldeten Individuen. Für jeden Zeitraum ist der Tag der jahreszeitlich frühesten und spätesten Beobachtung oben rechts angegeben.

## 4 Diskussion

### 4.1 Veränderung der Verbreitung

Das rheinland-pfälzische Verbreitungsgebiet des Apollofalters, welches historisch weite Teile des Moseltals sowie mehrere Eifel einwärts gelegene Fundorte umfasste, ist seit Beginn des letzten Jahrhunderts deutlich geschrumpft. Ein Vorkommen der Art wurde nach 2000 nur noch in gut der Hälfte der ehemals besetzten Messtischbatt-Quadranten festgestellt (Karte S. 72). Für das Verschwinden zahlreicher Fundorte finden sich in der Literatur verschiedene Erklärungen. So berichten ROI & REICHENSBERGER (1913) davon, dass der Fundort Kaisersesch über Jahre hinweg von einem Sammler nach den Raupen abgesucht und „nichts zurückgelassen“ wurde. Infolgedessen soll die dortige Population des Apollofalters erloschen sein. KINKLER et al. (1987) sehen hingegen das Sammeln als nicht ursächlich für den Rückgang des Schmetterlings an und begründen dies damit, dass der Typenfundort Winningen nachweislich über Jahrzehnte besammelt wurde, ohne dass die Art im entsprechenden Gebiet ausgestorben sei. Der negative Einfluss des Sammelns in der Vergangenheit lässt sich so allerdings kaum entkräften, zumal nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle ehemaligen Fundorte in Rheinland-Pfalz hinsichtlich Habitatgröße und -qualität vergleichbar mit dem Typenfundort Winningen waren. Gerade bei sehr kleinräumigen Populationen besteht sicherlich eine gewisse Bedrohung durch übermäßiges Sammeln, wie das Beispiel des Osterluzeifalters *Zerynthia polyxena* (DENIS & SCHIFFERMÜLLER, 1775) in einem italienischen Tal der Südalpen zeigt. Dort gilt diese Art seit 1980 als von Sammlern ausgerottet (BLAB et al. 1987). Nachträglich ist allerdings nicht mehr zu klären, ob auch beim Apollofalter in Rheinland-Pfalz das Besammeln zum Verschwinden einzelner Populationen geführt hat, da sich weder das jeweilige Verhältnis der entnommenen Individuen zur Populationsgröße näherungsweise bestimmen lässt, noch die genauen Zeitpunkte des Sammelns in der Vergangenheit bekannt sind. Letztere sind insofern von Bedeutung, da sich die Entnahme von Faltern am Ende der Flugzeit weit weniger negativ auf die Gesamtzahl der im Jahr abgelegten Eier und damit auf die Populationsgröße im Folgejahr auswirkt, als wenn die Falter früher im Jahr gesammelt werden. Auch macht es einen Unterschied, ob vorwiegend die Imagines oder die Raupen entnommen werden. Während das Sammeln von Faltern die Populationsgröße erst im Folgejahr beeinflusst, dezimiert die Entnahme von Raupen die Anzahl der Imagines noch im selben Jahr.

Dass der Apollofalter an mehreren Fundorten im Moseltal verschwunden ist, begründet LENZEN (1943) mit der „Kultivierung des Geländes“. SCHULTZE (1933) sieht zumindest durch die Bepflanzung der Moselhänge mit Reben keine wirkliche Gefahr für die Art, da immer einige Felspartien erhalten blieben. Außerdem konnte er beobachten, dass die Falter innerhalb der Weinberge vermehrt an den dortigen, mit Weißem Mauerpfeffer bewachsenen Trockenmauern fliegen. Allerdings fragt sich SCHULTZE (1933), ob die Tiere nicht durch die seinerzeit im Weinbau als Fungizid verwendete Bordeauxbrühe geschädigt würden. Inwieweit der Weinbau in der Zeit vor 1951 zum Verschwinden einzelner Fundorte im Moseltal beigetragen hat, lässt sich allerdings nachträglich

kaum mehr ergründen. Eventuell könnten hier alte Luftbildaufnahmen informativ sein.

Sicher ist dagegen, dass die in vielen Gebieten durchgeführte Flurbereinigung zum nachhaltigen Verlust ehemaliger Lebensräume des Falters geführt hat. Dies gilt zum Beispiel für den Mont Royal bei Traben-Trarbach und die Moselhänge zwischen Müden und Moselkern (HASSELBACH 1987). Bei dieser Umstrukturierung der Weinberge, die der Verbesserung ihrer Bewirtschaftung dient, gehen nämlich Trockenmauern und Felsnasen, und damit die wichtigsten Biotopbestandteile für den Apollofalter, verloren (KINKLER et al 1987).

Eine Ursache für die zwischen 1951 und 2000 erloschenen Vorkommen bei Moselkern, Lasserg und Hatzenport ist wahrscheinlich die Verbuschung der Lebensräume (HASSELBACH 1987). Zudem wird vermutet, dass auch das ehemals im Weinbau praktizierte Ausbringen von Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden mittels Hubschrauber entscheidend zum dortigen Verschwinden des Schmetterlings beigetragen hat (KINKLER et al 1987). Letzteres bewirkte in praktisch allen von der Art besiedelten Gebieten im unteren Moseltal einen deutlichen Rückgang der Individuenzahlen, da einige der genutzten Pestizide für die Raupen giftig sind (RICHARZ et al. 1989).

Obwohl in der Literatur relativ viele Angaben zu Fundorten des Apollofalters existieren, die teilweise bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts zurückreichen, haben wir einige von diesen bei unserer Rekonstruktion der historischen Verbreitung der Art in Rheinland-Pfalz nicht berücksichtigt. Manche alten Meldungen erschienen uns fraglich, weil in den entsprechenden Zitaten Fundorte genannt werden, die sich fernab des heutigen Verbreitungsgebiets befinden. Solche Fundortangaben beruhen wahrscheinlich auf der Sichtung von verfliegenen oder ausgesetzten Tieren. Dies kann beispielsweise für die Meldungen von der Hohen Acht in der Eifel und der Landskrone im Ahrtal durch LEYDIG (1881) angenommen werden, denn an beiden Fundorten haben wahrscheinlich nie geeignete Lebensbedingungen für die Art geherrscht. Ein weiteres Problem bei der Rekonstruktion der historischen Verbreitung stellte die teils sehr große Unschärfe der Fundortbezeichnungen dar. Abgesehen davon, dass häufig nur der Name einer Siedlung angegeben ist und man daraus nicht immer genau schließen kann, in welchem Gebiet der Falter vorkam, werden gelegentlich auch ganze Regionen als Fundort genannt. So schreiben beispielsweise ROI & REICHENSBERGER (1913) von Vorkommen am „südöstlichen Eifelrand“ und SCHULTZE (1933) meldet die Art für den Hunsrück. Diese groben Angaben wurden wohl größtenteils bewusst gewählt, da in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Befürchtung bestand, der Falter würde durch übermäßiges Sammeln ausgerottet werden (z.B. ROI & REICHENSBERGER 1913, KILIAN 1922, GOLTZ 1930, SCHULTZE 1933). Aufgrund der ungenauen Ortsangaben und der möglicherweise unvollständigen Dokumentation der Vorkommen des Apollofalters in der Literatur können wir nicht ausschließen, dass die Art ursprünglich weitverbreitet war als in der Karte S. 72 dargestellt.

Die Fundorte und damit auch die Verbreitung des Schmetterlings in der Zeit nach 1950 sind hingegen deutlich besser belegt. Durch Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen wurden in den

1970er und 1980er Jahren umfangreiche Kartierungen durchgeführt, um möglichst alle bis dato noch vom Apollofalter besiedelten Gebiete ausfindig zu machen (KINKLER et al. 1987). Auch wurde in den Jahren 1986 und 1987 ein vom rheinland-pfälzischen Ministerium für Umwelt und Gesundheit in Auftrag gegebenes Monitoring zur Erfassung der damaligen Vorkommen durchgeführt (HASSELBACH 1987). Seit dieser Zeit wurden zudem zahlreiche Meldungen des Falters publiziert oder später in verschiedene Datenbanken eingetragen. Wir gehen daher davon aus, dass die Verbreitung des Falters seit der Mitte des letzten Jahrhunderts nahezu vollständig abgebildet ist.

Im Zusammenhang mit seiner Gefährdung darf nicht unerwähnt bleiben, dass das Verbreitungsgebiet des Apollofalters kleinräumig stärker geschrumpft ist, als die Karte auf Ebene von Messtischblatt-Quadranten suggeriert. Schließlich befinden sich in einigen Messtischblatt-Quadranten auch mehrere Fundorte, an denen die Art unabhängig voneinander verschwinden kann, was für die beiden Zeiträume nach 1950 auch belegt ist (Tab. 4 im Anhang). Die Wahl eines höher aufgelösten Gitternetzes hätte allerdings keinen wirklichen Mehrwert erbracht, da dann viele der historischen Fundorte aufgrund zu ungenauer Fundortangaben wiederum nicht darstellbar gewesen wären.

#### **4.2 Negative Bestandstrends**

Für drei, nach HASSELBACH (2012) abgegrenzte Populationen des Apollofalters konnten Auswertungen zu den jeweiligen Bestandstrends der vergangenen 40 Jahre vorgenommen werden. Dabei wurde für alle drei Populationen eine mehr oder weniger starke Abnahme der jährlichen Abundanzen (mittlere und maximale Individuenzahl) zwischen 1981 und 2020 nachgewiesen (Abb. 3 u. 4). Besonders starke Bestandsrückgänge ließen sich für die beiden Populationen Cochem-Cond/Valwig (91 % bei den mittleren Individuenzahlen und 96 % bei den maximalen Individuenzahlen) und Klotten/Pommern (83 % und 77 %) dokumentieren. Dort könnte die Art tatsächlich kurz vor dem Aussterben stehen, denn die mittleren Individuenzahlen der letzten Jahre lagen nur noch im einstelligen Bereich und die maximalen Individuenzahlen überwiegend im niedrigen zweistelligen Bereich. Etwas weniger stark vom Rückgang betroffen scheint die Population Kobern/Winningen (46 % und 54 %) zu sein, welche von HASSELBACH (2012) als die individuenreichste der neun Populationen im Moseltal (Tab. S. 71) angesehen wird (Abb. 3 u. 4). Im Hinblick auf die maximale, jährliche Anzahl beobachteter Individuen wurde für diese Population nur ein marginal signifikanter, negativer Bestandstrend festgestellt. Allerdings ist bei den maximalen, jährlichen Individuenzahlen die Tatsache, dass die von uns zusammengetragenen Daten bzgl. der Erfassungsmethodik inhomogen sind, besonders problematisch. Schließlich hängt es stark von der Gründlichkeit und Ausdauer eines Beobachters ab, wie viele Individuen gesichtet und letztlich gemeldet werden. Durch die Berechnung eines Durchschnitts mitteln sich solche Effekte im besten Fall heraus. Ferner erfüllten bei Kobern/ Winningen von den letzten zehn Jahren nur fünf Jahre und bei den Populationen Cochem-Cond/Valwig und Klotten/Pommern alle zehn Jahre unser Kriterium, um die Beobachtungen in die Analyse aufzunehmen. Da auf den aktuell starken Rückgang des Apollofalters im unteren Moseltal erst seit 2012 hingewiesen wird (HANISCH 2012), ist aufgrund der geringen Stichprobengröße im Zeit-

raum 2011 bis 2020 nicht auszuschließen, dass die Bestandsentwicklung in Kobern/Winningen deutlich dramatischer ist, als die Ergebnisse vermuten lassen.

Als mögliche Ursache für den Rückgang des Apollofalters im unteren Moseltal, der nun auch für drei Populationen statistisch belegt ist, werden in MÜLLER & HANISCH (2020) unter anderem der Klimawandel und die damit einhergehenden, veränderten Witterungsverläufe genannt. Aus anderen Regionen existieren bereits Beobachtungen bzw. Erklärungsansätze, wonach die Witterung einen negativen Einfluss auf die Entwicklung des Apollofalters haben kann. So konnten BOITIER et al. (2008) einen Zusammenhang zwischen dem Rückgang des Schmetterlings im französischen Zentralmassiv und den dortigen Oktober-Temperaturen nachweisen. Die Autoren vermuten, dass bei einem relativ warmen Oktober die Eier nur unvollständig in Diapause gehen, was wiederum zu einem verfrühten Schlupf der Raupen führt. GEYER (2019) sieht vor allem Kälteperioden oder Regenphasen im Frühjahr als mögliche Ursache für geringe jährliche Individuenzahlen auf der nördlichen Fränkischen Alb an, da die Raupen während ihrer frühen Entwicklung sehr empfindlich gegenüber solchen Wetterereignissen sein sollen. Um die in MÜLLER & HANISCH (2020) aufgestellte Hypothese zu überprüfen, der Klimawandel könne für den Rückgang des Apollofalters im Moseltal verantwortlich sein, wäre es interessant, die jährlichen Beobachtungsdaten mit den zugehörigen Wetterdaten in Verbindung zu bringen.

Bei der Suche nach den Ursachen für die negativen Bestandstrends des Apollofalters im unteren Moseltal sollte man sich aber keinesfalls nur auf die Witterung bzw. das Klima beschränken, sondern auch die Habitatqualität und -verfügbarkeit berücksichtigen. So hat zum Beispiel die Verschlechterung und der Verlust der Lebensräume infolge von Sukzession nachweislich das Aussterben der meisten außeralpinen Populationen dieses Schmetterlings in Süddeutschland verursacht (EBERT & RENNWALD 1991, GEYER 2019). Weitere Gefährdungsfaktoren, wie der Mangel an geeigneten Nektarpflanzen zur Flugzeit der Art oder auch die teils hohe Mortalität der Falter durch den Schienen- und Straßenverkehr, werden zwar für das untere Moseltal immer wieder diskutiert (BREHM & BREHM 1997, PFEIFER 2017), allerdings wurde deren Beitrag zum Rückgang der Art bisher nur unzureichend untersucht. In naher Zukunft sollten daher umfassende Freilandstudien durchgeführt werden, mit dem Ziel die einzelnen Gefährdungsursachen und ihr Zusammenwirken besser zu verstehen. Dies ist unabdingbar, damit entsprechende Maßnahmen für einen nachhaltigen Schutz des Apollofalters im unteren Moseltal eingeleitet werden können, die sein langfristiges Überleben in der Region ermöglichen.

### **4.3 Verschiebung der Phänologie**

Über die vergangenen vier Jahrzehnte hat sich die Flugzeit des Apollofalters im Bereich der unteren Mosel immer weiter nach vorne im Jahr verschoben. Wir konnten für diesen Zeitraum eine Verschiebung des Flugzeitmittelpunkts um etwa 18 Tage und eine Verlagerung des Flugzeithöhepunkts von Anfang Juli auf Ende Mai dokumentieren (Abb. 5 u. 6). Ältere Literaturangaben zur Phänologie, wonach die meisten Falter im Moseltal zwischen dem 01. und 20.

Juli beobachtet werden (KINKLER et al. 1987), treffen damit nicht mehr zu. Eine Verschiebung der Entwicklungszeiten des Apollofalter konnte auch GEYER (2019) auf der nördlichen Fränkischen Alb feststellen, wo in den 1990er Jahren die Flugzeit meist Anfang Juli einsetzte. Heutzutage erscheinen dort die ersten Imagines mitunter schon Ende Mai. Als Ursache dafür sieht GEYER (2019) veränderte Witterungsverläufe bzw. eine Veränderung des Klimas an. Solche meteorologischen Einflüsse dürften auch beim Apollofalter im unteren Moseltal mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit der Grund für die Verschiebung der Phänologie sein.

Bezüglich unserer Analyse der Phänologie sollen hier einige Aspekte, die kritisch zu betrachten sind, nicht unerwähnt bleiben. Für eine Analyse der Phänologie anhand des Flugzeitmittelpunkts liegen im besten Fall Daten vor, die den Beginn und das Ende der Flugzeit eines jeden Jahres repräsentieren. Dies dürfte allerdings bei der zum Teil geringen Anzahl an Beobachtungen pro Jahr oft nicht erfüllt gewesen sein. Wir gehen jedoch davon aus, dass sich auch auf Grundlage von wenigen Daten der Flugzeitmittelpunkt näherungsweise abbilden lässt, denn die entsprechenden Beobachtungen werden in den seltensten Fällen ausschließlich vom Beginn oder Ende der Flugzeit stammen, wodurch dann eine starke einseitige Verschiebung des Flugzeitmittelpunkts entstehen würde. Unsere Annahme wird durch die Tatsache gestützt, dass die berechneten Flugzeitmittelpunkte der Jahre, aus denen nur wenige Beobachtungen vorhanden waren, keine Ausreißer zugunsten eines besonders frühen oder späten Datums darstellen.

Die Auswertung der Phänologie über den Flugzeitmittelpunkt ist unabhängig von den gemeldeten Individuenzahlen, was als Vorteil gegenüber den Phänogrammen angesehen werden kann. Letztere können dadurch verfälscht werden, dass die zugrundeliegenden Daten überwiegend unsystematisch und von verschiedenen Beobachtern erhoben wurden, wodurch die Individuenzahlen nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Nichtsdestotrotz lassen sich jedoch mithilfe von Phänogrammen Aussagen zum Verlauf der Flugzeit treffen, auch wenn den absoluten Zahlen dabei keine allzu große Beachtung geschenkt werden darf (EBERT & RENNWALD 1991).

Bedingt durch die wenigen Beobachtungsdaten aus manchen Jahren war es notwendig, in den Phänogrammen mehrere Jahre zusammenzufassen. Hierbei besteht allerdings die Gefahr, dass individuenreiche Jahre oder Jahre mit vielen Beobachtungen überrepräsentiert werden. Dies gilt vermutlich insbesondere für das Jahr 2011, das das einzige Jahr im vergangenen Jahrzehnt und zugleich das letzte Jahr überhaupt war, in dem der Apollofalter im unteren Moseltal vergleichsweise abundant auftrat (MÜLLER & HANISCH 2020). Aus diesem Jahr liegen wegen der umfangreichen Erfassungen von MADER (2013 a) sehr viele Beobachtungen vor und die Art flog in 2011 auch ungewöhnlich früh (HANISCH & WEITZEL 2011, HASSELBACH 2012), was in der Summe dazu geführt haben dürfte, dass der Höhepunkt im Phänogramm für die Jahre 2011 bis 2020 (Abb. 6 D) übermäßig weit nach vorne verschoben ist. Um diesen Effekt zu reduzieren, wäre es eine Alternative gewesen, jedes Jahr im Hinblick auf die Individuenzahlen gleich zu gewichten. Allerdings würde dann eine Überre-

präsentation von Jahren mit schlechter Datengrundlage entstehen, was ebenfalls zu fehlerhaft verschobenen Flugzeithöhepunkten hätte führen können.

### Danksagung

Wir danken ARMIN DAHL für das Übermitteln von Beobachtungsdaten des Apollofalters aus der Datenbank des Internetportals *observation.org* und der Datenbank „Schmetterlinge“ der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen. JÜRGEN MÖSCHEL und STEFAN MUNZINGER gilt unser Dank für das Bereitstellen der Apollofalter-Meldungen aus den Datenbanken der Internetportale *ArtenFinder* und *naturgucker.de*. Zudem sei ERNST BLUM für die Weitergabe der Apollofalter-Daten aus der Datenbank „Schmetterlinge Rheinland-Pfalz“ gedankt.

OLIVER BÖCK, UWE EISENBERG, FABIAN FRITZER, HARALD HABERSCHIEDT, JENS HAMANN, GERD HEUPEL, WOLFGANG HOCK, BIRGIT KACZMAREK, HELMUT KINKLER, SABINE KINKLER, Dr. TIM LAUßMANN, Prof. Dr. GREGOR MARKL, TOBIAS RAUTENBERG, SYBILLE VON SCHUCKMANN-KARP, JEREMY, MARVIN und RONNY STRÄTLING, UDO VOLZ, SELINA WENZEL sowie HELMUT WISKOW sagen wir Danke für das Mitteilen ihrer Apollofalter-Beobachtungen.

Bei Dr. MICHAEL ALTMOOS bedanken wir uns für das Übermitteln der beiden FFH-Berichte zum Apollofalter an der Mosel. GÜNTER SWOBODA gilt unser Dank für das Bereitstellen sämtlicher Literatur. Nicht zuletzt geht ein Dankeschön an MARIO HARZHEIM für die Hilfe im Umgang mit QGIS und die vielen fachlichen Diskussionen.

### Literatur:

- BLAB, J., RUCKSTUHL, T., ESCHE, T. & HOLZBERGER, R. (1987): Aktion Schmetterling: So können wir sie retten. — Ravensburger Buchverlag, Ravensburg
- BODE, A. (1929): Neue Beobachtungen über die Großschmetterlinge des Mittelrheingebiets, besonders der Umgebung Ingelheims. — *Jahrb.Nass.Ver.Naturkd.*, **80**: 169-196, Wiesbaden
- BOITIER, E., DESCIMON, H., PETIT, D. & BACHELARD, P. (2008): Decreasing elevational range of *Parnassius apollo* in the northern part of Massif central (France): a major global warming effect. — in: BOITIER, E., SOURP, E. & PETIT, D. (Hrsg.): *Insectes d'altitude, insectes en altitude. Actes des premières rencontres entomologiques du Massif central.* — *Soc.Hist.Nat.Alcide d'Orbigny, Parc Nat.Rég.Livradois-Forez*, S. 15-25, Aubière
- BOSELTMANN, J. (2009): Jahresbericht 2008. Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Fische, Spinnen, Käfer, Hautflügler. — *Pflanzen Tiere Rhld.Pf.*, **19**: 166-178, Mayen
- BRAUN, M. (1987): Faunistische Mitteilungen aus dem Bereich des Regierungsbezirks Koblenz, Beobachtungsjahr 1986. — *Ornith.Natursch.Reg.bez.Koblenz, Jahrber.*, **8**: 84-98, Nassau
- BREHM, G. & BREHM, K. (1997): Anmerkungen zur Gefährdung des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL, 1899) durch den Straßenverkehr. Wie groß sind die Populationen an der Mosel tatsächlich? — *Melanargia*, **9**: 32-37, Leverkusen
- DÖTSCH, F. (2006 a): Kleine Mitteilungen. Beobachtungen des Mosel-Apollofalters (*Parnassius apollo* ssp. *vinningensis* STICHEL, 1899) an der Untermosel im Bereich von Kobern-Gondorf 2004. — *Melanargia*, **18**: 36-37, Leverkusen

- DÖTSCH, F. (2006 b): Kleine Mitteilungen. Apollofalterbericht 2005. — *Melanargia*, **18**: 37-39, Leverkusen
- DÖTSCH, F. (2007): Faunistische Notizen. 93.) Beobachtungen zur Apollofalter-Population (*Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758)) an der unteren Mosel zwischen Hatzenport und Winingen im Jahr 2007 (Lep., Papilionidae). — *Melanargia*, **19**: 103-104, Leverkusen
- DÖTSCH, F. (2009): Aus der Naturschutzarbeit von Mitgliedern der NABU-Gruppen und Kurzberichte. XVI. Apollofalter-Zählung (*Parnassius apollo*) zwischen Hatzenport und Winingen, Verbandsgemeinde Untermosel/MYK von Franz Dötsch, Kobern-Gondorf. — *Pflanzen Tiere Rhld.Pf.*, **19**: 161-164, Mayen
- EBERT, G. & RENNWALD, E. (Hrsg.) (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 1: Tagfalter I. — Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- EBERT, G. (Hrsg.) (2005): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 10: Ergänzungsband. — Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- EISNER, C. (1955): Kritische Revision der Gattung *Parnassius* (Fortsetzung 4). — *Zool. Med.*, **34**: 1-16, Leiden
- FÖHST, P. & BROSKUD, W. (1992): Beiträge zur Kenntnis der Schmetterlingsfauna (Insecta: Lepidoptera) des Hunsrück-Nahe-Gebiets (BRD, Rheinland-Pfalz). — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **3**: 1-334, Landau
- GEISSEN, H. P. (1999): Faunistische Mitteilungen für den Regierungsbezirk Koblenz, Beobachtungsjahre 1997 und 1998. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **25**: 123-176, Landau
- GEISSEN, H. P. (2002): Faunistische Beobachtungen 1999 und 2000 aus dem Bereich des ehemaligen Regierungsbezirks Koblenz. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **27**: 155-213, Landau
- GEYER, A. (2019): Der Apollofalter im Kleinziegenfelder Tal. Erhaltung und Sicherung der letzten Population in der Fränkischen Schweiz. — *ANLiegen Natur*, **41**: 113-122, Laufen
- GLÄBL, H. (2017): *Parnassius apollo*. — Selbstverlag, Heroldsbach
- GOLTZ, H. VON DER (1930): Moselapollo und Naturschutz. — *Int.Entom.Z.*, **24**: 349-353, 357-361, Guben
- GOLTZ, H. VON DER (1935): Mißlungener Versuch einer Einbürgerung des Apollo am Ehrenbreitstein. — *Entom.Rundsch.*, **53**: 87-89, Stuttgart
- GOLTZ, H. VON DER (1938): Massenflug von *Par. apollo vinningensis* Stich. — *Entom.Z.*, **52**: 189-190, Frankfurt/Main
- GRIEBEL, J. (1909): Die Lepidopteren-Fauna der bayerischen Rheinpfalz. 1. Teil. — *Progr.Kgl.human.Gymn.Neustadt a.d. Haardt, Schuljahre 1907/08 u. 1908/09, Neustadt a. d. Haardt*
- HANISCH, K. (2012): Tagfaltervorkommen im Moselgebiet. Neufunde und aktuelle Entwicklung (Lep., Rhopalocera) mit besonderer Berücksichtigung des Moselapollos. — *Melanargia*, **24**: 93-112, Leverkusen
- HANISCH, K. & WEITZEL, M. (2011): Frühe Falterflugzeiten 2011 im westlichen Teil unseres Arbeitsgebietes – insbesondere im Moselgebiet. — *Melanargia*, **23**: 172-179, Leverkusen
- HASSELBACH, W. (1987): Artenschutzprojekt Apollofalter (*Parnassius apollo* L.) in Rheinland-Pfalz. — unveröff. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Gesundheit/Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Oppenheim
- HASSELBACH, W. (1991): Jahresbericht 1990 Schmetterlinge. — *Pflanzen Tiere Rhld.Pf.*, **1**: 41-43, Mayen

- HASSELBACH, W. (1992): Jahresbericht 1991 Schmetterlinge. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **2**: 115-124, Mayen
- HASSELBACH, W. (1993): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1992. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **3**: 116-127, Mayen
- HASSELBACH, W. (1994): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1993. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **4**: 128-137, Mayen
- HASSELBACH, W. (1995): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1994. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **5**: 147-155, Mayen
- HASSELBACH, W. (1996): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1995. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **6**: 226-233, Mayen
- HASSELBACH, W. (1997): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1996. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **7**: 164-174, Mayen
- HASSELBACH, W. (1999): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1997. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **9**: 189-198, Mayen
- HASSELBACH, W. (2000): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1998. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **10**: 210-218, Mayen
- HASSELBACH, W. (2001): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 1999. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **11**: 221-229, Mayen
- HASSELBACH, W. (2002): Schmetterlinge-Lepidoptera Jahresbericht 2001. — Pflanzen Tiere Rhld.Pf., **12**: 193-200, Mayen
- HASSELBACH, W. (2012): Monitoring zur FFH-Richtlinie: *Parnassius apollo* in Rheinland-Pfalz. — unveröff. Gutachten im Auftrag des Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz/Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz
- HASSELBACH, W., NIEHUIS, M. & SCHULTE, T. (2007): Apollofalter – *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758). — in: SCHULTE, T., ELLER, O., NIEHUIS, M. & RENNWALD, E. (Hrsg.): Die Tagfalter der Pfalz. Band 1. — Fauna Flora Rhld.Pf., Beih., **36**: 115-117, Landau
- KILIAN, F. (1922): Kleine Mitteilungen. — Entom.Rundsch., **39**: 4, Stuttgart
- KILIAN, F. (1939): Die Großschmetterlinge des Faunengebiets Stromberg/Hunsrück. — unveröff. maschinenschr.Manusk., Stromberg
- KINKLER, H. (1986): Beobachtungen des Apollo-Falters an der Untermosel im Jahr 1985 (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL, 1899). — Ornith.Natursch.Reg.bez.Koblenz, Jahrb., **7**: 161-163, Nassau
- KINKLER, H. (1990): Beobachtungen des Apollo-Falters an der Untermosel im Jahre 1989 (*Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899) (Lep., Papilionidae). — Melanargia, **2**: 3-8, Leverkusen
- KINKLER, H. (1991): Bemerkenswerte Falterfunde und Beobachtungen im Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft rheinisch-westfälischer Lepidopterologen e.V. 5. Zusammenstellung. — Melanargia, **3**: 18-23, Leverkusen
- KINKLER, H. (1996): Bemerkenswerte Falterfunde und Beobachtungen im Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft rheinisch-westfälischer Lepidopterologen e.V. 9. Zusammenstellung. — Melanargia, **8**: 38-44, Leverkusen
- KINKLER, H. (1998): Bemerkenswerte Falterfunde und Beobachtungen im Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft rheinisch-westfälischer Lepidopterologen e.V. 11. Zusammenstellung. — Melanargia, **10**: 150-156, Leverkusen
- KINKLER, H. (2003): Das Auftreten des Apollo-Falters *Parnassius apollo* ssp. *vinningensis* STICHEL, 1899 im Jahr 2003 im Bereich der Verbandsgemeinde Untermosel. — Melanargia, **15**: 174-175, Leverkusen

- KINKLER, H. (2001): Der Mosel-Apollofalter (*Parnassius apollo* ssp. *winningensis* STICHEL 1899), Vorkommen, Gefährdung und heutiger Schutz. — *Insecta*, **7**: 50-55, Berlin
- KINKLER, H., LÖSER, S. & REHNELT, K. (1987): 10 Jahre Erforschung des Moselapollofalters (*Parnassius apollo winningensis* STICHEL 1899, Lepidoptera, Papilionidae) im modernen Weinbaugebiet der Mosel – ein Beitrag zu seiner Rettung. — *Mitt.Arbgem. rhein.westf.Lepidopterol.*, **5**: 74-96, Düsseldorf
- KUNZ, M. (1992): Faunistische Beobachtungen aus dem Bereich des Regierungsbezirkes Koblenz – Beobachtungsjahr 1991. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **5**: 114-132, Landau
- KUNZ, M. (1993): Faunistische Beobachtungen aus dem Bereich des Regierungsbezirkes Koblenz – Beobachtungsjahr 1992. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **10**: 124-143, Landau
- KUNZ, M. (1994): Faunistische Beobachtungen aus dem Bereich des Regierungsbezirkes Koblenz – Beobachtungsjahr 1993. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **11**: 119-139, Landau
- KUNZ, M. (1995): Faunistische Beobachtungen aus dem Bereich des Regierungsbezirkes Koblenz – Beobachtungsjahr 1994. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **15**: 105-130, Landau
- LENZ, L. (1985): Faunistische Mitteilungen aus dem Bereich Mosel-Eifel-Hunsrück. — *Ornith.Natursch.Jahrber.*, **6**: 175-183, Nassau
- LENZ, L. (1988): Beobachtungen des Apollofalters (*Parnassius apollo winningensis* STICHEL 1899) im Kreis Cochem Zell im Sommer 1987. — *Ornith.Natursch.Reg.bez. Koblenz, Jahrber.*, **9**: 176-178, Nassau
- LENZEN, F. (1943): Nachweis der Groß-Schmetterlinge der Umgebung von Bonn im Zusammenhang mit dem mittelhheinisch-westdeutschen Grenzgebiet. — unveröff. maschinenschr.Manuskri., Bonn
- LEYDIG, F. (1881): Ueber Verbreitung der Thiere im Röhngebirge und Mainthal mit Hinblick auf Eifel und Rheinthal. — *Verh.Naturhist.Ver.preuss.Rhl.Westph.*, **38**: 43-182, Bonn
- LÖSER, S. (1979): Papilionidae LEACH 1819. — in: LÖSER, S. & REHNELT, K. (Hrsg.): Die geographische Verbreitung der Großschmetterlinge (*Insecta*, *Lepidoptera*) in Nordrhein-Westfalen, Westhessen und im nördlichen Teil von Rheinland-Pfalz – Fundortlisten und Verbreitungskarten. — *Mitt. Arbeitsgem. rhein.-westf. Lepidopterol.*, **1**: 176-191, Düsseldorf
- MADER, D. (2011): Lunarzyklische Populationsdynamik des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo winningensis*) und anderer Insekten im Moseltal zwischen Koblenz und Trier (Deutschland). — *Galathea, Suppl.*, **21**: 1-283, Nürnberg
- MADER, D. (2013 a): 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. — *Doc.natur., Sonderbd.* **63**: 1-704, München
- MADER, D. (2013 b): Biochronologie und Lunardynamik von Mosel-Apollo, Hirschkäfer und anderen Insekten in 2013 im Vergleich mit früheren Jahren. — *Doc.natur., Sonderbd.* **68**: 1-656, München
- MADER, D. (2020): Apokalypse des Mosel-Apollo. Aussterben oder Überleben? Kryochronologie, Thermo- und Pluviochronologie des Mosel-Apollo von 2009 bis 2019 und Klimatische Ursachen der Apokalypse des Mosel-Apollo in 2019. — Mader Verlag, Walldorf

- MÜLLER, D. & HANISCH, K. (2020): Dramatischer Rückgang des Moselapollon *Parnassius apollo vinningensis* STICHEL, 1899 (Lep., Papilionidae). — *Melanargia*, **32**: 1-8, Leverkusen
- PAGENSTECHER, A. (1908): Notiz über *Parnassius apollo vinningensis* STICH. — *Entom. Z.*, **22**: 114-115, Stuttgart
- PAGENSTECHER, A. (1909): Über die Verbreitungsbezirke und die Lokalformen von *Parnassius apollo* L. — *Jahrb.Nass.Ver.Naturkd.*, **62**: 116-210, Wiesbaden
- PFEIFER, M.A. (2016): Tot- und Lebendfund-Monitoring des Apollofalter (*Parnassius apollo*) an der Mosel. Ergebnisse des FFH-Monitorings des Jahres 2015. — unveröff. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Rheinland-Pfalz, Mainz
- PFEIFER, M.A. (2017): Straßen- und Schienenverkehr: ein ernst zu nehmender Risikofaktor für den Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis*). — *Fauna Flora Rhld.Pf.*, **13**: 823-844, Landau
- RAHM, P.G. (1917): Ein Sammelausflug zum Laacher See. — *Entom.Jahrb.[Krancher]*, **26**: 76-81, Leipzig
- REINHARDT, R. & BOLZ, R. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Rhopalocera) (Lepidoptera: Papilionoidea et Hesperioidea) Deutschlands. Stand Dezember 2008 (geringfügig ergänzt Dezember 2010). — in: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band. 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). — *Natursch.Biol.Vielfalt*, **70** (3): 167-194, Bonn-Bad Godesberg
- RENKER, C. (1997): Faunistischer Jahresbericht 1995/96 für den Regierungsbezirk Koblenz. — *Fauna Flora Rhld.Pf., Beih.*, **22**: 115-168, Landau
- RICHARZ, N., NEUMANN, D. & WIPKING, W. (1989): Untersuchungen zur Ökologie des Apollofalters (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899, Lepidoptera, Papilionidae) im Weinbaugebiet der unteren Mosel. — *Mitt.Arb.gem.rhein.westf.Lepidopterol.*, **5**: 108-259, Düsseldorf
- ROI, O. LE & REICHENSBERGER, A. (1913): Die Tierwelt der Eifel in ihrer Beziehung zur Vergangenheit und Gegenwart. — in: HERRMANN, A. (Hrsg.): Eifel-Festschrift. Zur 25-jährigen Jubelfeier des Eifelvereins. — Selbstverlag Eifelverein, S. 186-212, Bonn
- ROTHSCHILD, W. (1909): Catalogue of the collection of Parnassiinae in the Tring Museum, with systematic notes. — *Nov.Zool.*, **16**: 1-20, Tring
- ROTHSCHILD, W. (1918): Catalogue of the collection of Parnassiinae in the Tring Museum. — *Nov.Zool.*, **25**: 218-262, Tring
- SCHMAUS, M. (1972): Fauna von Kastellaun. — unveröff. maschienschr.Manuskrr., Kastellaun
- SCHMIDT, A. (1997): Zur aktuellen Situation des Mosel-Apollofalters *Parnassius apollo vinningensis* STICHEL 1899 (Lep. Papilionidae). — *Melanargia*, **9**: 38-47, Leverkusen
- SCHMIDT, A. (2013): Rote Liste der Großschmetterlinge in Rheinland-Pfalz. — Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.), Mainz
- SCHULTZE, A. (1933): Kommt *Parnassius apollo* im Hunsrück vor? — *Dtsch.Entom.Z.Iris*, **47**: 116-119, Dresden
- SCHUMACHER, H. (2007): Bemerkenswerte Falterfunde und Beobachtungen im Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen e.V. 19. Zusammenstellung. — *Melanargia*, **19**: 63-74, Leverkusen
- SCHUMACHER, H. (2020): Bemerkenswerte Falterfunde und Beobachtungen aus dem Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen e.V. 32. Zusammenstellung. — *Melanargia*, **32**: 31-47, Leverkusen
- SLOT, J. (1973): Macrolepidoptera in de Eifel. — *Entom.Ber.*, **33**: 110-112, Amsterdam

- STICHEL, H. (1899): *Parnassius Apollo Bartholomaeus* n. subsp. und monographische Behandlung benannter paläarktischer Apollo-Formen. — Insekten-Börse, **16**: 294-296, 302-304, 310-312, Leipzig
- SWOBODA, G. (2016): Zusammenstellung der lepidopterologisch-faunistischen Literatur für das Arbeitsgebiet der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen und der unmittelbar angrenzenden Gebiete. — Lepidopt.fauna Rhl.Westf., **18**, Leverkusen
- VERVAEKE, J. (2002): Papilions 2001, Moselle (Allemagne), Forêt de Trélon (France), Carinthie (Austrie). — Bull.Cercle Lépidopt.Belg., **31**: 3-10, Bruxelles
- WEIDEMANN, H.-J. (1986): Tagfalter. Band 1: Entwicklung – Lebensweise. — Verlag J. Neumann-Neudamm, Melsungen

### Internet:

- ARBEITSGEMEINSCHAFT RHEINISCH-WESTFÄLISCHER LEPIDOPTEROLOGEN:  
Datenbank Schmetterlinge  
<http://nrw.schmetterlinge-bw.de/Default.aspx#start> [Zugriff: 02.08.2020]
- ARTENFINDER:  
<https://artenfinder.rlp.de/artensuche> [Zugriff: 14.08.2020]
- DATENBANK SCHMETTERLINGE RHEINLAND-PFALZ:  
<http://rlp.schmetterlinge-bw.de/MapServerClient/Map.aspx> [Zugriff: 16.09.2020]
- GIMENEZ DIXON, M. (1996): *Parnassius apollo*. — The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T16249A5593483  
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T16249A5593483.en>
- LEPIFORUM (2021): Bestimmungshilfe. *Parnassius apollo* (LINNAEUS, 1758)  
[http://www.lepiforum.de/lepiwiki.pl?Parnassius\\_Apollo](http://www.lepiforum.de/lepiwiki.pl?Parnassius_Apollo) [Zugriff: 01.05.2021]
- NATURGUCKER.DE:  
<https://naturgucker.de/natur.dll/xj9nuzBdTh0FJe1IOg-W6FViv~4/> [Zugriff: 31.08.2020]
- OBSERVATION.ORG:  
<https://observation.org/species/733/> [Zugriff: 20.08.2020]

### Anschriften der Verfasser:

Daniel Müller  
Erlenweg 30  
D-56332 Lehmen  
D.mueller1996@web.de

apl. Prof. Dr. Eva Maria Griebeler  
Institut für Organismische und  
Molekulare Evolutionsbiologie  
Evolutionäre Ökologie  
Johannes Gutenberg-Universität  
Hanns-Dieter-Hüsch-Weg 15  
D-55128 Mainz  
em.griebeler@uni-mainz.de

## Anhang

**Tab. 1:** Verwendete Datenbanken und Anzahl der jeweils daraus verwendeten Beobachtungsdaten

Quelle	verwendete Daten
ArtenFinder	48
naturgucker.de	38
observation.org	262
Datenbank Schmetterlinge Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen	187
Datenbank Schmetterlinge Rheinland-Pfalz	39
gesamt	<b>574</b>

**Tab. 2:** Verwendete Literaturquellen und Anzahl der jeweils daraus verwendeten Beobachtungsdaten

Anmerkung: Weitere 303 Daten wurden von ehrenamtlichen Kartieren zugesteuert bzw. waren eigene Beobachtungen. Der gesamte Datensatz bestand somit aus 1720 Einzelmeldungen.

Quelle	verwendete Daten
BOSELMANN (2009)	2
BRAUN (1987)	3
DÖTSCH (2006 a)	29
DÖTSCH (2006 b)	33
DÖTSCH (2007)	53
DÖTSCH (2009)	38
GEISSEN (1999)	4
GEISSEN (2002)	1
HASSELBACH (1991)	3
HASSELBACH (1992)	4
HASSELBACH (1993)	8
HASSELBACH (1994)	7
HASSELBACH (1995)	6
HASSELBACH (1996)	8
HASSELBACH (1997)	6
HASSELBACH (1999)	2
HASSELBACH (2000)	1
HASSELBACH (2001)	7
HASSELBACH (2002)	3
HASSELBACH (2012)	16
KINKLER (1986)	40
KINKLER (1990)	60
KINKLER (1991)	4

<b>Quelle</b>	<b>verwendete Daten</b>
KINKLER (1996)	1
KINKLER (1998)	1
KINKLER (2003)	34
KUNZ (1992)	1
KUNZ (1993)	2
KUNZ (1994)	5
KUNZ (1995)	3
LENZ (1985)	18
LENZ (1988)	30
MADER (2011)	8
MADER (2013 a)	201
MADER (2013 b)	114
MADER (2020)	49
PFEIFER (2016)	25
RENKER (1997)	1
RICHARZ et al. (1989)	8
SCHUMACHER (2007)	2
SCHUMACHER (2020)	1
VERVAEKE (2002)	1
<b>gesamt</b>	<b>843</b>

**Tab. 3:** Problematische Einzelfunde und fragliche Fundorte des Apollofalters aus Rheinland-Pfalz

Anmerkung: Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass vergeblich versucht wurde, den Apollofalter bei Altenahr (LENZEN 1943), Bad Münster am Stein (KILIAN 1922) und am Ehrenbreitstein (GOLTZ 1935) anzusiedeln.

Fundort	Quelle	Bemerkung
Bingerwald	BODE (1929)	<ul style="list-style-type: none"> <li>BODE (1929) berichtet von einem Einzelfund am 20.05.1929 durch GÖTTLER.</li> </ul>
Buch	SCHMAUS (1972)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Von Buch bei Kastellaun meldet SCHMAUS (1972) den Falter mehrfach: Am 26.06.1945 und 14.07.1946 wurde jeweils ein Tier erfasst, im Jahr 1947 soll die Art dann zahlreicher in Erscheinung getreten sein. Seit 1948 wurde sie nicht mehr beobachtet.</li> <li>HASSELBACH et al. (2007) vermuten, dass es sich um verflozene Falter gehandelt hat.</li> </ul>
Daun	observation.org	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelfund vom 17.06.2019 aus der Umgebung des Weinfelders Maares</li> </ul>
Hohe Acht	LEYDIG (1881)	<ul style="list-style-type: none"> <li>LÖSER (1979), HASSELBACH (1987) und KINKLER et al. (1987) erwähnen die Meldung in ihrer jeweiligen Zusammenstellung der Fundorte des Apollofalters nicht.</li> <li>SWOBODA (2016) sieht die Fundortangabe als fraglich an.</li> </ul>
Laacher See	RAHM (1917)	<ul style="list-style-type: none"> <li>RAHM (1917) schreibt Folgendes: „Zuweilen verirrt sich auch ein <i>Parnassius Apollo</i> L. ins Seegebiet. Seine Heimat sind die sonnigen Täler der Mosel.“</li> </ul>
Landskrone (Ahrtal)	LEYDIG (1881)	<ul style="list-style-type: none"> <li>LÖSER (1979), HASSELBACH (1987) und KINKLER et al. (1987) führen diese Meldung in ihrer jeweiligen Zusammenstellung der Fundorte des Apollofalters nicht auf.</li> <li>Die Richtigkeit der Fundortangabe wird von SWOBODA (2016) bezweifelt.</li> </ul>
Monreal, Monreal/Ulmen	GOLTZ (1930) EISNER (1955)	<ul style="list-style-type: none"> <li>GOLTZ (1930) bemerkt Folgendes: „Es bestehen aber schon deshalb Zweifel an der richtigen Angabe des Fangplatzes, weil bisher niemand außer dem Lieferanten an der leicht zugänglichen Burg ruine Monreal ähnliche Tiere gefangen hat.“</li> <li>HASSELBACH (1987) vermutet bei der Fundortangabe Monreal/Ulmen aus EISNER (1955) eine Schreibverwechslung mit dem Mont Royal bei Traben-Trarbach/Enkirch, von wo ein früheres Vorkommen belegt sei.</li> </ul>
Neustadt an der Weinstraße	GRIEBEL (1909)	<ul style="list-style-type: none"> <li>GRIEBEL (1909) berichtet von zwei Faltern, die im Sommer 1907 im Schöntal bei Neustadt an der Weinstraße (früher Neustadt a.d. Haardt) gefangen wurden. Er hält die Tiere für entflozen oder vom Wind vertrieben.</li> </ul>

Fundort	Quelle	Bemerkung
Ohlweiler (Simmern)	KILIAN (1939)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Im August 1921 wurde einmalig ein Falter in einem Steinbruch bei Ohlweiler gefangen (KILIAN 1939).</li> <li>Nach HASSELBACH (1987) dürfte sich die Fundortangabe Simmern ebenfalls auf diesen Einzelfund beziehen.</li> </ul>
Schlossböckelheim	FÖHST & BROSKUS (1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>FÖHST &amp; BROSKUS (1992) schreiben Folgendes: „Am 17.06.1976 wurde der Falter von FÖHST und BROSKUS in mehreren Exemplaren an der Nahe bei Schlossböckelheim beobachtet. Zuvor und auch später wurde nie ein Falter dort gesehen.“</li> </ul>
Speyer	GRIEBEL (1909)	<ul style="list-style-type: none"> <li>GRIEBEL (1909) bemerkt Folgendes: „In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts soll ein Falter dieser Art bei Speyer erbeutet worden sein.“</li> </ul>
Staffelstein	ROTHSCHILD (1909)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Fundortangabe bezieht sich auf 1♀ der Subspezies <i>Parnassius apollo vinningensis</i> aus der Sammlung des Natural History Museum at Tring (ROTHSCHILD 1909).</li> <li>PAGENSTECHER (1909) vermerkt, dass es sich bei dieser Fundortangabe um einen Irrtum handelt, denn Staffelstein würde bekanntlich in der Fränkischen Schweiz liegen.</li> <li>SWOBODA (2016) ist ebenfalls dieser Meinung, erwähnt allerdings, dass es die Flurbezeichnung „Staffelstein“ bei Kyllburg in der Eifel gibt.</li> </ul>
Ulmen	EISNER (1955)	<ul style="list-style-type: none"> <li>LÖSER (1979), HASSELBACH (1987) und KINKLER et al. (1987) berücksichtigen diese Angabe in ihrer jeweiligen Zusammenstellung der Fundorte des Apollofalters nicht.</li> </ul>
Wehlen	SCHUCKMANN-KARP, schriftl.Mitt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelfund Mitte Juli 2018 an der Wehlener Sonnenuhr.</li> </ul>
Wolken	LENZEN (1943)	<ul style="list-style-type: none"> <li>LÖSER (1979), HASSELBACH (1987) und KINKLER et al. (1987) listen diese Angabe in ihrer jeweiligen Zusammenstellung der Fundorte des Apollofalters nicht auf.</li> </ul>

**Tab. 4:** In der Verbreitungskarte berücksichtigte historische und rezente Fundorte des Apollofalters in Rheinland-Pfalz

Fundort	Messtischblatt-Quadrant	Erste literarische Erwähnung	Letzter Nachweis	Quelle letzter Nachweis	Bemerkung
Alken	TK 5710 NO	GOLTZ (1938)	2015	PFEIFER (2016)	-
Bad Bertrich	TK 5908 NW	LEYDIG (1881)	1904	LÖSER (1979)	-
Beilstein	TK 5809 SW	KINKLER (1996)	1995	KINKLER (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Den Fundort führt bereits LÖSER (1979) auf und gibt als Quelle SLOT (1973) an. SLOT schreibt allerdings nicht explizit, dass er die Art bei Beilstein gefunden hat. Gemäß des für den Nachweis bei Beilstein angegebenen Jahres bzw. Zeitraums dürften sich auch HASSELBACH (1987) und KINKLER et al. (1987) auf SLOT (1973) beziehen.</li> </ul>
Bremm	TK 5808 SO & TK 5908 NO	LENZEN (1943)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-
Brodembach	TK 5710 SO	EISNER (1955)	zw. 1980 u. 1987	KINKLER et al. (1987)	-
Bullay	TK 5908 NO	PAGENSTECHER (1908)	1936	LÖSER (1979)	-
Burg Pymont	TK 5709 SO	GOLTZ (1938)	?	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angaben mit Datum fehlen in der Literatur.</li> </ul>
Cochem	TK 5808 NO & TK 5809 SW	STICHEL (1899)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-

Fundort	Messtischblatt-Quadrant	Erste literarische Erwähnung	Letzter Nachweis	Quelle letzter Nachweis	Bemerkung
Dortebachtal	TK 5809 NW	SCHULTZE (1933)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Fundort wird von SCHULTZE (1933) nicht namentlich genannt, allerdings kann es sich bei dem beschriebenen „Naturschutzgebiet bei Klotten“ nur um das Dortebachtal handeln.</li> </ul>
Ediger-Eller	TK 5808 SO & TK 5908 NO	GOLTZ (1930)	2020	naturgucker.de	-
Enkirch	TK 6008 NO	LENZEN (1943)	1930	Datenbank Schmetterlinge ArbGem Rhein.-Westfälischer Lepidopterologen	-
Gondorf	TK 5710 NO	LENZEN (1943)	zw. 1960 u. 1970	KINKLER et al. (1987)	<ul style="list-style-type: none"> <li>HASSELBACH (1987) vermutet, dass mit den Zitaten Gondorf und Kobers derselbe Fundort gemeint ist.</li> </ul>
Greimersburg	TK 5808 NO	LÖSER (1979)	1908	LÖSER (1979)	-
Güls	TK 5611 SW	ROTHSCHILD (1918)	1910	LÖSER (1979)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laut SCHULTZE (1933) soll der Falter bereits Ende der 1880er Jahre von dort verschwunden sein.</li> </ul>
Hatzenport	TK 5710 SO	PAGENSTECHER (1909)	1974	Datenbank Schmetterlinge ArbGem Rhein.-Westfälischer Lepidopterologen	-

Fundort	Messtischblatt-Quadrant	Erste literarische Erwähnung	Letzter Nachweis	Quelle letzter Nachweis	Bemerkung
Kaisersesch	TK 5708 SO	STICHEL (1899)	1931	LÖSER (1979)	-
Karden	TK 5809 NO	PAGENSTECHER (1908)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-
Kattenes, Lehmen	TK 5710 NO	SCHULTZE (1933)	2019	Datenbank Schmetterlinge ArbGem Rhein.-Westfälischer Lepidopterologen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der in der Literatur regelmäßig genannte Fundort „Kattenes“ ist wohl immer auf das NSG Ausoniusstein bzw. die sich daran anschließende Wandlay und Würzlay zurückzuführen. Diese Gebiete gehören jedoch zur Ortsgemeinde Lehmen.</li> <li>• Lediglich eine Meldung eines einzelnen Falters aus dem Jahr 1987 bezieht sich auf das Katteneser Mühlental und damit sicher auf den Ort Kattenes (HASSELBACH 1987).</li> </ul>
Klotten	TK 5809 NW	SCHULTZE (1933)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-
Kobern	TK 5610 SO	SCHULTZE (1933)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-
Koblenz, Moselweiß	TK 5611 SW	LÖSER (1979)	zw. 1960 u. 1970	KINKLER et al. (1987)	-
Lasserg	TK 5710 SW	LÖSER (1979)	1994	HASSELBACH (1995)	-
Löf	TK 5710 SO	LENZEN (1943)	1933	LÖSER (1979)	-

Fundort	Messtischblatt- Quadrant	Erste literarische Erwähnung	Letzter Nachweis	Quelle letzter Nachweis	Bemerkung
Moselkern, Elztal	TK 5810 NW	LENZEN (1943)	1973	Datenbank Schmetterlinge ArbGem Rhein.-Westfälischer Lepidopterologen	-
Müden	TK 5809 NO & TK 5810 NW	PAGENSTECHER (1909)	1993	KUNZ (1994)	-
Oberfell	TK 5710 NO	LENZEN (1943)	1904	LÖSER (1979)	-
Pommern	TK 5809 NW & TK 5809 NO	HASSELBACH (1987)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-
Traben-Trarbach	TK 6008 NO	LENZEN (1943)	vor 1900	KINKLER et al. (1987)	-
Valwig, Valwigerberg	TK 5809 SW	LÖSER (1979)	2020	HOCK, schriftl.Mitt.	-
Winningen	TK 5610 SO & TK 5611 SW	STICHEL (1899)	2020	MÜLLER & HANISCH (2021)	-