

Analyse der Larvalhabitate des Braunen Eichen-Zipfelfalters *Satyrium ilicis* im Landkreis Heidenheim und mögliche Maßnahmen zu seinem Schutz

Carla D. Schenk, Thomas K. Gottschalk und Heiko Hinneberg

doi: 10.64134/carolinea/83.5.1-12

Kurzfassung

In Baden-Württemberg gilt der Braune Eichen-Zipfelfalter (*Satyrium ilicis*) als „vom Aussterben bedroht“. Eines seiner wenigen Vorkommensgebiete liegt im Gemeindegebiet von Dischingen im Landkreis Heidenheim. Wir führten im Winter 2023/2024 eine systematische Suche nach Eiern von *S. ilicis* an insgesamt 1.986 jungen Eichen, verteilt auf 26 Untersuchungsflächen im Landkreis Heidenheim, durch. Wir untersuchten entscheidende Faktoren zur Wahl des Eiablageplatzes durch den Vergleich von besiedelten mit nicht besiedelten Habitatflächen und den Vergleich von zur Eiablage genutzten mit nicht zur Eiablage genutzten Jungeichen auf den Habitatflächen. Im Rahmen unserer Untersuchung konnten wir die Art auf zehn der 26 Untersuchungsflächen nachweisen. Die aktuell besiedelten Habitatflächen bilden vier Cluster mit Entfernungen von mehr als 1,2 km zwischen den Clustern, sodass zumindest in Normaljahren wahrscheinlich kein Individuenaustausch zwischen den Clustern stattfindet. Unsere Daten zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen der Präsenz von *S. ilicis* auf einer Habitatfläche und der Eichenhöhe im Flächendurchschnitt. Auf Flächen mit einer mittleren Eichenhöhe von 2-3 m wurden die Eier der Art am häufigsten angetroffen. Außerdem stellten wir fest, dass *S. ilicis* auf den besiedelten Habitatflächen geschützt stehende Jungeichen im Vergleich zu eher frei stehenden Exemplaren bei der Eiablage bevorzugt und seine Eier insbesondere an Eichen mit einem möglichst bodennahen untersten Ast ablegt. Neben Eiern an heimischen Eichen konnten wir mehrere Eiablagen an Zerr-Eiche (*Quercus cerris*) dokumentieren. Aus den Ergebnissen der Untersuchung leiten wir Charakteristika geeigneter Larvalhabitate und dringend erforderliche Maßnahmen zum Schutz von *S. ilicis* auf der östlichen Schwäbischen Alb ab. Die Maßnahmen haben zum Ziel, das Angebot junger Eichen im räumlich-zeitlichen Kontext zu verbessern. Erste Maßnahmen sollten rasch und möglichst im direkten Umfeld der bestehenden Restvorkommen von *S. ilicis* umgesetzt werden, um die vom Aussterben bedrohte Population zu stabilisieren.

eingereicht 9.12.2024, akzeptiert 20.1.2025,
online 29.8.2025

Abstract

Analysis of the larval habitats of the ilex hairstreak *Satyrium ilicis* in the district of Heidenheim and possible measures for its protection

The Ilex Hairstreak (*Satyrium ilicis*) is listed as “critically endangered” in the German federal state of Baden-Württemberg. We investigated the small-scale distribution and habitat preferences of this species in one of its last areas of occurrence in Baden-Württemberg, the district of Heidenheim, in winter 2023/24. We surveyed a total of 1.986 young oak trees at 26 different study sites for *S. ilicis* eggs and confirmed the presence of the species at ten sites, grouped into four different clusters with distances > 1.2 km between clusters. We compared habitat patches and individual young oak trees where *S. ilicis* eggs were found with habitat patches and young oak trees without *S. ilicis* eggs. Our data show that the average height of oak trees in the habitat patches determines the selection of oviposition sites at the habitat patch level. *Satyrium ilicis* was most likely to occur in habitat patches with an average oak tree height of 2-3 m. At the level of individual host plants, *S. ilicis* preferred oaks in sheltered situations and oaks with small distances between the ground and the first branch. In addition to native oak species, we also observed eggs on planted Turkey oaks (*Quercus cerris*). From our results we derive characteristics of suitable larval habitats and provide recommendations for the conservation of *S. ilicis* in the study area. The recommended management measures aim to improve the spatio-temporal availability and connectivity of early successional habitats with young oak trees. In order to stabilise the critically endangered *S. ilicis* population, we recommend an early start of habitat management in the vicinity of currently occupied habitat patches.

Autoren

Carla Schenk, Burggartenstr. 56, D-73240 Wendlingen, E-Mail: carla_schenk@t-online.de
Prof. Dr. Thomas Gottschalk, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) Schadenweilerhof, D-72108 Rottenburg, Telefon: +49 7472/951-249, E-Mail: gottschalk@hs-rottenburg.de
Dr. Heiko Hinneberg, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) Schadenweilerhof, D-72108 Rottenburg, Telefon: +49 7472/951-217, E-Mail: hinneberg@hs-rottenburg.de

Einleitung

Habitatverlust ist eine zentrale Ursache für den Insektenchwund (Eggleton 2020). Dem Erhalt beziehungsweise der Neuschaffung qualitativ hochwertiger Habitatflächen kommt daher eine Schlüsselrolle bei der Abschwächung und Umkehr der negativen Bestandsentwicklungen zu. Insbesondere für bestandsgefährdete Insektenarten sind schnell wirksame Schutzmaßnahmen erforderlich, um das Erlöschen von Populationen zu verhindern. Diese lassen sich effektiv nur dann umsetzen, wenn die gegenwärtige Verbreitungssituation einer Art, deren Mobilität und deren Reaktion auf bestimmte Habitatveränderungen hinreichend gut bekannt ist (Hinneberg et al. 2023, Hinneberg et al. 2025). Darüber hinaus erfordert der Schutz seltener Arten die Akzeptanz und aktive Mitwirkung von Flächeneigentümern und -bewirtschaftern.

Studien zur Insektenvielfalt haben gezeigt, dass viele waldbewohnende Arten von historischen Nutzungsformen wie Nieder- und Mittelwäldern profitierten (Fartmann et al. 2013, Weiss et al. 2021) und dass Nutzungsänderungen in den vergangenen Jahrzehnten zu drastischen Bestandsrückgängen dieser Arten geführt haben (Fartmann et al. 2013). Betroffen sind insbesondere Habitatspezialisten, die Offenflächen im Wald und lichte Waldlebensräume besiedeln und somit zu den „Lichtwaldarten“ zählen (Jotz et al. 2017). Eine in Deutschland seltene Lichtwaldart mit spezifischen Ansprüchen an ihr Larvalhabitat ist der Braune Eichen-Zipfelfalter (*Satyrrium ilicis* Esper, 1779; Abb. 1). Der typische Lebensraum von *S. ilicis* in Mitteleuropa sind Lichtungen in eichenreichen Wäldern (Hermann 2007). Die Eiablage erfolgt an Jungeichen (Tolman & Lewington

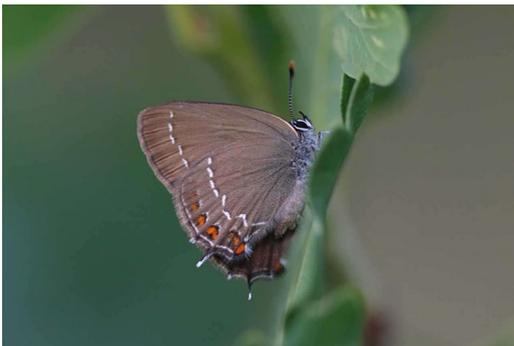


Abbildung 1. Falter von *S. ilicis*, 27.6.2017, Naturpark Schönbuch. – Foto: T. Gottschalk.

2012; Abb. 2). Die Verbreitungszentren der Art liegen in Deutschland vor allem in den „Haubergen“ im Rheinischen Schiefergebirge, in den Ausschlagwäldern im südlichen Steigerwald, in der pfälzischen Rheinebene und in der Münchner Schotterebene (Hermann 2007, Reinhardt et al. 2020). Die ehemals individuenreiche Metapopulation im saarländischen Warndt (vgl. Strätling 2010) ist in den letzten Jahren stark geschrumpft (Strätling, mündl. Mitteilung). In Baden-Württemberg kommt *S. ilicis* punktuell im Schönbuch und mit der letzten vermeintlich größeren Population auf der östlichen Schwäbischen Alb im Raum Heidenheim vor (Hermann 2015, Güsten et al. 2019). Ehemalige Vorkommen am Oberrhein wurden in neuerer Zeit nicht mehr bestätigt (Hermann, mündl. Mitteilung).

Auf der Roten Liste ist *S. ilicis* in Deutschland als „stark gefährdet“ (Reinhardt & Bolz 2011) und in Baden-Württemberg als „vom Aussterben bedroht“ geführt (Steiner & Trusch 2025). Ein Hauptproblem für die Art ist die heutige Form der Waldbewirtschaftung, der sogenannte „naturnahe Waldbau“, welcher mit einem mangelnden Angebot an Freiflächen im Wald, fehlender Habitatkontinuität und der Isolation geeigneter



Abbildung 2. Zwei Eier von *S. ilicis* an der Stammbasis einer Jungeiche, 6.2.2024, Gemarkung Dunstelkingen (Dischingen). – Foto: C. Schenk.

Larvalhabitate einhergeht (Ebert 1991, Hermann 2015, Hermann & Magg 2020). Die Verwendung von Plastikwuchshüllen als Verbißschutz für junge Eichen trägt darüber hinaus dazu bei, dass selbst auf strukturell geeigneten Habitatflächen oftmals keine zur Eiablage nutzbaren Wirtspflanzen zur Verfügung stehen (Hermann 2007).

Bisherige Studien zur Larvalhabitatnutzung von *S. ilicis* fanden im Raum Graz (Koschuh & Savas 2004), in der Steiermark (Koschuh & Fauster 2005), auf der Ostalb (Wagner 2008), im saarländischen Warndt (Strätling 2010), in Flandern (Maes et al. 2014) und im Schönbuch (Hermann & Magg 2020) statt und konnten durch systematische Eisuiche einige typische Eiablagemuster der Art ermitteln (Koschuh & Fauster 2005, Strätling 2010, Maes et al. 2014). Oft wurden diese rein deskriptiv, d.h. beschreibend und ohne inferenzstatistischen Vergleich mit nicht genutzten Wirtspflanzen beziehungsweise Habitatflächen, ausgewertet, sodass die Mehrheit der bisher durchgeführten Untersuchungen keine statistisch abgesicherten Aussagen über Eiablagepräferenzen zulässt. Eine Ausnahme stellt die Studie von Maes et al. (2014) dar, welche einen positiven Zusammenhang der Eiablage von *S. ilicis* mit der Geschütztheit einzelner Jungeichen und der Anzahl bodennaher Äste statistisch nachweisen konnte. Die Autoren stellten darüber hinaus eine erhöhte Präsenzwahrscheinlichkeit adulter *S. ilicis* auf Habitatflächen mit eingestreuten Gehölzgruppen, zahlreichen Nektarpflanzen und benachbarten höheren Eichen fest. Inwieweit die durchschnittliche Höhe der Eichen auf einer Fläche und das damit im Zusammenhang stehende Alter von Eichen-Verjüngungsflächen eine Rolle bei der Wahl des Eiablagehabitats spielt, wurde bislang in keiner Studie untersucht.

Viele Tagfalterarten leben in räumlich strukturierten Populationen (Metapopulationen), deren Funktionalität auf die Vernetzung der Teillebensräume angewiesen ist (z.B. Mousson et al. 1999, Ojanen et al. 2013, Örvössy et al. 2013, Hermann et al. 2019). Ein Habitatnetz kann das Aussterberisiko von Populationen beträchtlich reduzieren (Hanski & Thomas 1994), sofern die einzelnen Habitatflächen innerhalb des Erreichbarkeitsradius der Zielart liegen. Laurijssens (2005) wies für *S. ilicis* durch Fang-Markierung-Wiederfang eine Flugdistanz von bis zu 600 m nach. Maes et al. (2014) konnten mit derselben Methodik eine maximale Ausbreitungsstrecke von 640 m feststellen, gehen jedoch davon aus, dass die Art gelegentlich Distanzen von bis zu 2,5 km

überwinden kann, wenngleich der Großteil der Population einen Aktionsradius von unter 300 m aufweist. Nur in Ausnahmefällen, beispielsweise in starken Flugjahren mit einer erhöhten Zahl an dispergierenden Faltern (vgl. Nowicki & Vrabec 2011, Hinneberg et al. 2023) scheint eine Kolonisierung neuer Habitatflächen aus bis zu 7 km Entfernung möglich zu sein (Termaat et al. 2010). **Zielsetzung.** Ziel der Studie war es, die Verbreitung von *S. ilicis* im Landkreis Heidenheim zu erfassen und seine dortige Larvalhabitatnutzung zu untersuchen. Hierbei sollten auch Faktoren untersucht werden, denen bei bisherigen Studien zur Wahl des Eiablageplatzes wenig oder keine Beachtung geschenkt wurde. Besonderes Augenmerk wurde daher auf die Anzahl der zur Eiablage geeigneten Eichen und die durchschnittliche Höhe der Eichen innerhalb einer Habitatfläche gelegt. Aus den Ergebnissen werden mögliche Schutzmaßnahmen für *S. ilicis* auf der östlichen Schwäbischen Alb abgeleitet.

Material und Methodik

Untersuchungsgebiet. Der Landkreis Heidenheim befindet sich auf der östlichen Schwäbischen Alb im Osten Baden-Württembergs. Das Klima des Untersuchungsgebiets ist subkontinental geprägt (Wagner 2003, Willmanns 2003). 42,8 % der Landkreisfläche sind von Wald bedeckt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2022), wobei lichte Waldbereiche mit Eiche nur kleinräumig im Osten des Landkreises zu finden sind (Wagner 2008).

Datenerhebung. Für die Untersuchung erfolgte zunächst eine Abgrenzung potenzieller Larvalhabitatflächen (Offenflächen im Wald, Waldränder), welche sich durch das Vorhandensein mehrerer junger Eichen ohne Plastik-Wuchshüllen und durch täglich mehrstündige Besonnung auszeichnen. Zur Flächenauswahl wurden – wie von Hermann (2007) empfohlen – Altfundorte, Flächenempfehlungen von Förstern und ein aktuelles Luftbild genutzt. Insgesamt konnten 26 Untersuchungsflächen abgegrenzt werden, die sich auf die Gemeinden Steinheim am Albuch, Heidenheim, Nattheim, Dischingen, Herbrechtingen und Hermaringen verteilen und somit weite Teile des Landkreises abdecken (Abb. 3). Zur Datenaufnahme im Untersuchungsgebiet wurde ein dreistufiger Erhebungsbogen erstellt. Auf Stufe 1 des Erhebungsbogens wurden Daten zu jeder Untersuchungsfläche aufgenommen: Die „Anzahl geeigneter Eichen“, der „Kulturtyp“ (Anpflanzung/Naturverjüngung), die „Flächen-

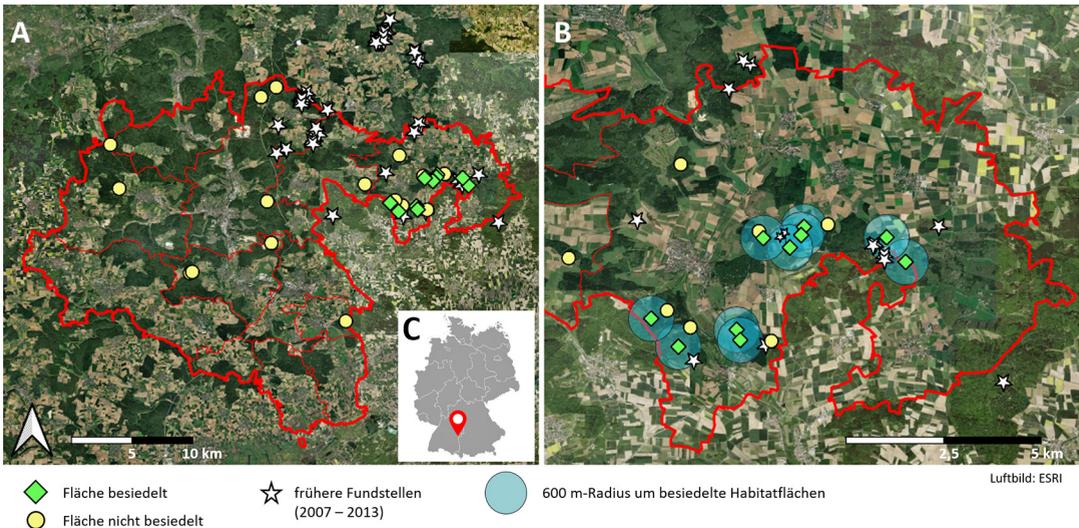


Abbildung 3. Besiedelte und nicht besiedelte Untersuchungsflächen sowie frühere Fundstellen von *Satyrium ilicis* im Landkreis Heidenheim und dessen Umgebung (A), Habitatcluster und Artnachweise im Gemeindegebiet von Dischingen (B) und Verortung des Untersuchungsgebiets in Deutschland (C).

größe in ha“ und die „Eichenhöhe im Flächenmittel“ ($< 2 \text{ m} / 2\text{-}3 \text{ m} / > 3 \text{ m}$), abgeleitet aus einer Gesamtschätzung über die Fläche. Sofern vorhanden, wurden dann mindestens 50 Eichen pro Untersuchungsfläche systematisch nach Eiern von *S. ilicis* abgesucht. Diese waren auf verschiedene Bereiche der Untersuchungsflächen verteilt, um die Art bei räumlich geklumpfter Eiablage nicht durch eine ungünstige Stichprobenauswahl zu übersehen. Waren auf der gesamten Fläche weniger als 50 Eichen vorhanden, wurden alle Eichen systematisch abgesucht („initiale Eisuiche“, vgl. Tabelle 1). Gemäß den Empfehlungen von Hermann (2007) wurde die Stammbasis von allen Seiten und darüber hinaus die unteren Äste auf Eier kontrolliert. Bei mindestens einem Eifund wurden auch alle übrigen Eichen auf der Untersuchungsfläche abgesucht und jedes Ei erfasst. Wurde im Rahmen der initialen Eisuiche kein *S. ilicis*-Ei gefunden, wurde die Fläche als „nicht besiedelt“ klassifiziert.

Für Flächen mit Eifund wurden auf Stufe 2 des Erhebungsbogens alle Eichen mit Eifund anhand folgender Parameter charakterisiert: „Eichenart“ (Trauben-Eiche/Stiel-Eiche/Zerr-Eiche), „Grasfilz“ (vorhanden/nicht vorhanden), „Geschützt-heit vor Wind“ (kaum/etwas/stark geschützt), „Vitalität“ (vital/geschwächt/sehr geschwächt), „tägliche Besonnungszeit in h“, „Höhe niedrigster

Ast in cm“, „Baumhöhe in cm“. An einer gleich großen Zufallsstichprobe nicht besiedelter Jung-eichen wurden die gleichen Parameter erfasst. Stufe 3 des Erhebungsbogens diente zur Erfassung der Eiablageorte innerhalb der einzelnen Jungeichen. Es wurden die Parameter „Exposition des Eies“ (Himmelsrichtungen in 45° Schritten), „Ablageort“ (Stammbasis/Seitenast), „Rindenbeschaffenheit am Ablageort“ (rau/glatt), „Stammumfang am Ablageort in cm“ und „Ablagehöhe in cm“ erfasst. Zudem erfassten wir den Zustand der Eier (unversehrt/beschädigt).

Auswertung der Daten. Flächen mit und ohne Artnachweis (Stufe 1 des Erhebungsbogens) sowie Jungeichen mit und ohne Eifund (Stufe 2 des Erhebungsbogens) wurden inferenzstatistisch mithilfe Generalisierter (Gemischter) Linearer Modelle (GLMM) verglichen. Dazu wurde das R-package glmmTMB (Brooks et al. 2017), eingebettet in das Template von Santon et al. (2023), genutzt. Entsprechend aktueller Empfehlungen leiteten wir ökologisch relevante Effekte von den Effektstärken und ihren 95 %-Kompatibilitätsintervallen (95 % KI) anstatt von p-Werten ab (Bernier & Amrhein 2022). Alle statistischen Analysen erfolgten mit RStudio (Posit team 2023) in R, Version 4.3.0 (R Core Team 2023). Die Präsenz- beziehungsweise Fundwahrscheinlichkeit von *S. ilicis*-Eiern auf der Ebene der Ha-

Tabelle 1. Übersicht über die Anzahl verfügbarer und abgesuchter Jungeichen auf den Untersuchungsflächen, die Anzahl der ermittelten Eier von *Satyrrium ilicis* sowie die Habitatparameter „Kulturtyp“, „Eichenhöhe im Flächenmittel“ und „Flächengröße“.

ID	Jungeichen gesamt	Jungeichen abgesucht	Anzahl Eifunde	Kulturtyp	Eichenhöhe im Flächenmittel	Flächengröße [ha]
1	216	108	–	Anpflanzung	> 3 m	0,2
2	77	77	96	Anpflanzung	2 – 3 m	1,8
3	300	300	49	Anpflanzung	2 – 3 m	0,9
4	210	210	30	Anpflanzung	> 3 m	1,4
5	144	144	–	Anpflanzung	> 3 m	0,7
6	220	220	65	Naturverjüngung	2 – 3 m	1,3
7	70	70	18	Naturverjüngung	2 – 3 m	0,3
8	82	82	18	Naturverjüngung	> 3 m	0,3
9	142	142	31	Naturverjüngung	< 2 m	0,3
10	120	55	–	Naturverjüngung	> 3 m	2,6
11	10	10	–	Naturverjüngung	< 2 m	0,4
12	83	83	9	Naturverjüngung	2 – 3 m	0,4
13	20	20	–	Anpflanzung	> 3 m	0,8
14	27	27	5	Naturverjüngung	> 3 m	0,4
15	400	50	–	Anpflanzung	< 2 m	1,6
16	10	10	–	Naturverjüngung	< 2 m	2,6
17	11	11	–	Naturverjüngung	< 2 m	0,3
18	42	42	–	Naturverjüngung	< 2 m	1,4
19	430	93	–	Naturverjüngung	< 2 m	1,0
20	250	50	–	Anpflanzung	> 3 m	0,1
21	78	52	–	Anpflanzung	< 2 m	0,2
22	71	71	–	Anpflanzung	2 – 3 m	0,9
23	15	15	–	Naturverjüngung	< 2 m	0,6
24	21	21	1	Naturverjüngung	< 2 m	0,2
25	11	11	–	Naturverjüngung	< 2 m	1,1
26	12	12	–	Naturverjüngung	< 2 m	0,4

bitatflächen wurde durch ein Bernoulli-Modell mit logit-Linkfunktion und den Prädiktorvariablen „Anzahl geeigneter Eichen“, „Kulturtyp“, „Flächengröße“ und „Eichenhöhe im Flächenmittel“ beschrieben. Für Flächen mit Eifunden wurde die Präsenzwahrscheinlichkeit an einer einzelnen Jungeiche durch die erklärenden Variablen „Eichenart“, „Grasfild“, „Geschütztheit“, „Vitalität“, „Besonnungszeit“, „Höhe niedrigster Ast“ und „Baumhöhe“ beschrieben. Die Identifikationsnummer (ID) der einzelnen Flächen wurde als zufälliger Effekt berücksichtigt. Auch hierzu wurde ein Bernoulli-Modell mit einer logit-Linkfunktion verwendet.

Eiablagemuster innerhalb der Jungeichen wurden deskriptiv anhand von Mittelwerten und

Häufigkeitsverteilungen charakterisiert. Der Anteil durch Parasitierung und sonstige Einflüsse geschädigter Eier wurde durch ein Bernoulli-Modell mit logit-Linkfunktion in Abhängigkeit von der „Eiablagehöhe“, dem „Ablageort“ und der „Rindenbeschaffenheit am Ablageort“ untersucht. Die ID der Untersuchungsflächen wurde als zufälliger Effekt im Modell berücksichtigt.

Die potenzielle Larvalhabitatvernetzung wurde in QGIS, Version 3.34.15, mithilfe von Puffern (Buffern) um die besiedelten Habitatflächen visualisiert. Für die kurzfristige potenzielle Larvalhabitatvernetzung wurde dabei, Laurijsens (2005) folgend, eine Puffer-Distanz von 600 m verwendet, was der durch Fang-Markierung-Wiederaufschlag belegten Flugleistung von *S. ili-*

Tabelle 2. GLMM-Koeffizientenschätzungen (logit-Skala) für den Zusammenhang zwischen der Präsenz von *S. ilicis* und den betrachteten Eigenschaften der Habitatflächen.

Parameter	Koeffizient	95 % KI
y-Achsenabschnitt [Kulturtyp = Anpflanzung, Eichenhöhe im Flächenmittel = 2-3 m]	1,78	[-1,68, 5,23]
Anzahl geeigneter Eichen	0,00	[-0,01, 0,01]
Kulturtyp Naturverjüngung	3,38	[-0,47, 7,24]
Flächengröße [ha]	-1,21	[-3,04, 0,62]
Eichenhöhe im Flächenmittel < 2m	-5,98	[-11,10, -0,87]
Eichenhöhe im Flächenmittel > 3m	-3,10	[-6,67, -0,48]

cis entspricht und vermutlich regelmäßig von einigen Faltern zurückgelegt wird. Eine Entfernung von 2,5 km wurde als realistische maximale Besiedelungsdistanz (Maes et al. 2014) zwischen Habitataignungsflächen angenommen.

Ergebnisse

Verteilt auf zehn der 26 Untersuchungsflächen konnten im Untersuchungsgebiet insgesamt 322 *S. ilicis*-Eier gefunden werden. Die Eifunde verteilten sich auf 156 einzelne Eichen. Beim

Tabelle 3. GLMM-Koeffizientenschätzungen (logit-Skala) für den Zusammenhang zwischen der Präsenz von *S. ilicis* und den betrachteten Eigenschaften einzelner Jungeichen.

Parameter	Koeffizient	95 % KI
y-Achsenabschnitt [[Eichenart = Stiel-Eiche, Grasfilz = vorhanden, Geschütztheit = stark, Vitalität = geschwächt]	1,54	[-0,11, 3,18]
Eichenart Trauben-Eiche	-0,22	[-0,80, 0,37]
Eichenart Zerr-Eiche	1,40	[-0,04, 2,71]
kein Grasfilz	-0,43	[-1,07, 0,20]
Geschütztheit: etwas	-0,34	[-1,02, 0,34]
Geschütztheit: kaum	-1,44	[-2,47, -0,42]
Vitalität: vital	0,22	[-0,33, 0,77]
Vitalität: sehr geschwächt	0,32	[-0,79, 1,43]
Besonnungszeit [h]	0,01	[-0,09, 0,12]
Höhe niedrigster Ast [cm]	-0,02	[-0,03, -0,01]
Baumhöhe [cm]	-0,00	[-0,01, 0,00]

Vergleich besiedelter und nicht besiedelter Untersuchungsflächen zeigte sich, dass die höchste Fundwahrscheinlichkeit auf Flächen mit einer mittleren Eichenhöhe von zwei bis drei Metern bestand (Abb. 4, Tab. 2). Auf Flächen mit geringerer oder größerer Durchschnittshöhe der Eichen war die Präsenzwahrscheinlichkeit von *S. ilicis* geringer. Tendenziell deutete sich an, dass *S. ilicis* häufiger auf Flächen mit Eichen-Naturverjüngung als in gepflanzten Eichenkulturen zu finden war (Tab. 2). Die Größe der untersuchten Habitatflächen und die Anzahl der zur Verfügung stehenden Jungeichen hatten keinen wesentlichen Einfluss auf die Präsenzwahrscheinlichkeit von *S. ilicis* auf einer Habitatfläche.

Der Vergleich besiedelter und nicht besiedelter Eichen zeigte, dass die höchste Fundwahrscheinlichkeit auf stark geschützt stehenden Eichen bestand (Abb. 5, Tab. 3). Außerdem nahm die Wahrscheinlichkeit, ein Ei von *S. ilicis* zu finden, mit zunehmender Höhe des Ansatzpunktes des niedrigsten Astes ab (Abb. 6, Tab. 3). Die Eichenart spielte bei der Eiablage von *S. ilicis* zwar eine untergeordnete Rolle, es ist jedoch interessant, dass neben den heimischen Eichenarten Stiel- und Traubeneiche (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) auch Zerr-Eichen (*Quercus cerris*) zur Eiablage genutzt wurden und sich bei Vorhandensein aller drei Eichenarten sogar eine gewisse Präferenz für *Quercus cerris* andeutete (Tab. 3). Innerhalb der besiedelten Habitatflächen, welche generell gut besonnt waren, bestand keine Präferenz für Eichen in besonders stark oder schwach besonnener Lage (Tab. 3).

Bei den Eiablagemustern zeigte sich, dass die mittlere Ablagehöhe ca. 15,2 cm ($SE \approx 0,9$ cm) betrug. Der Mittelwert des Stammumfangs an der Eiablagestelle belief sich auf ca. 6,3 cm ($SE \approx 0,2$ cm). Circa 96,6 % der Eier wurden auf glatter, 3,4 % auf rauer Rinde gefunden. Etwa 87,6 % der Eier befanden sich am Stamm, 12,4 % am Seitenast junger Eichen. Über alle Flächen hinweg war die Exposition „Nord“ mit 63 von 322 Eifundstellen am häufigsten vertreten. Knapp 27 % aller Eier war beschädigt, bei mehr als der Hälfte davon war ein Ausschlupfloch parasitoider Hautflügler klar zu erkennen. Der Anteil beschädigter Eier stand in keinem Zusammenhang mit dem Ablageort an der Jungeiche (Stamm oder Seitenast), dessen Höhe über dem Boden oder dessen Rindenbeschaffenheit (Tab. 4).

Die GIS-Analyse zeigte vier Habitatcluster, d.h. räumlich aggregierte Fundstellen von *S. ilicis* mit maximal 1,2 km (zweifache Pufferdistanz)

Abbildung 4. Präsenzwahrscheinlichkeit von *S. ilicis*-Eiern auf einer Untersuchungsfläche in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Höhe der Eichen. Geschätzte Mittelwerte mit 95 % Kompatibilitätsintervall. Rohdatenpunkte sind grau dargestellt.

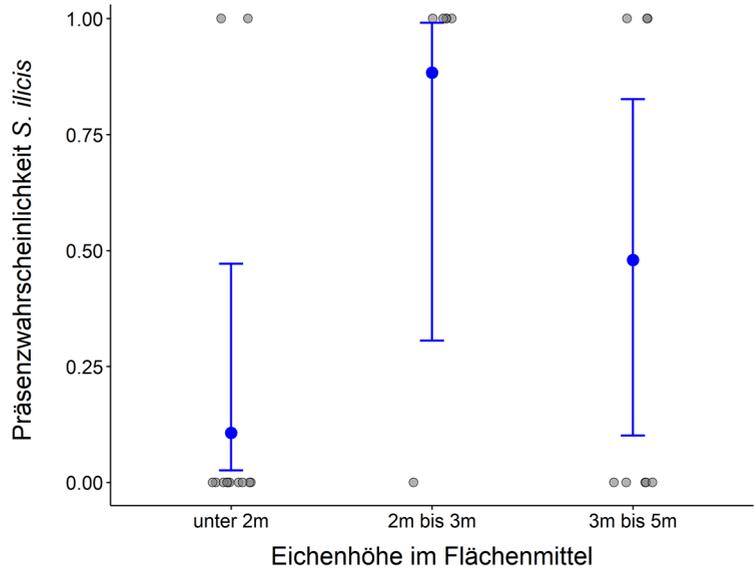


Abbildung 5. Präsenzwahrscheinlichkeit von *S. ilicis*-Eiern in Abhängigkeit von der Geschüttheit einer Eiche. Geschätzte Mittelwerte mit 95 % Kompatibilitätsintervall. Rohdatenpunkte sind grau dargestellt.

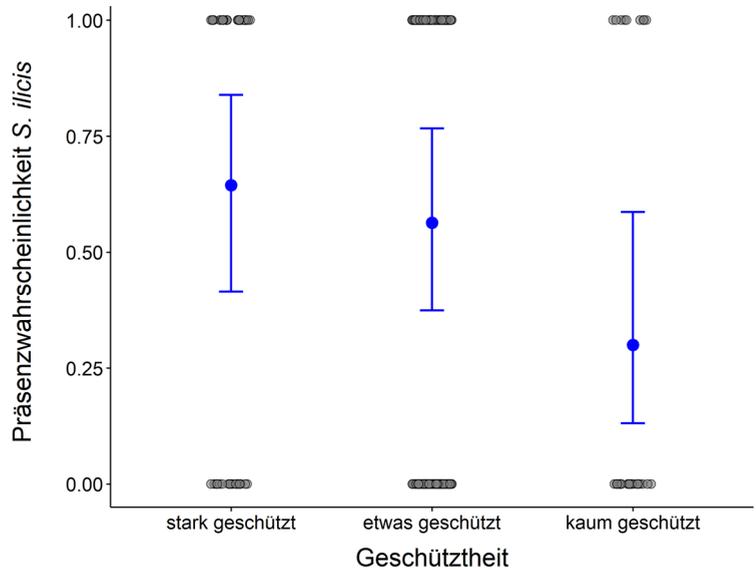


Tabelle 4. GLMM-Koeffizientenschätzungen (logit-Skala) für das Auffinden unversehrter Eier von *S. ilicis*

Parameter	Koeffizient	95 % KI
y-Achsenabschnitt [Ablageort = Seitenast, Rindenbeschaffenheit = glatt]	1,69	[0,71 2,67]
Ablagehöhe [cm]	-0,01	[-0,03 0,00]
Ablageort: Stammbasis	-0,37	[-1,28 0,55]
Rindenbeschaffenheit: rau	0,07	[-1,32 1,45]

Entfernung (Abb. 3). Außerdem befanden sich alle besiedelten Habitatflächen nicht weiter als 2,5 km von mindestens einer weiteren besiedelten Habitatfläche entfernt.

Diskussion

Erstmalig konnte statistisch nachgewiesen werden, dass die mittlere Eichenhöhe auf der Habitatfläche ein entscheidendes Kriterium für die Habitatflächenauswahl von *S. ilicis* ist. Flächen

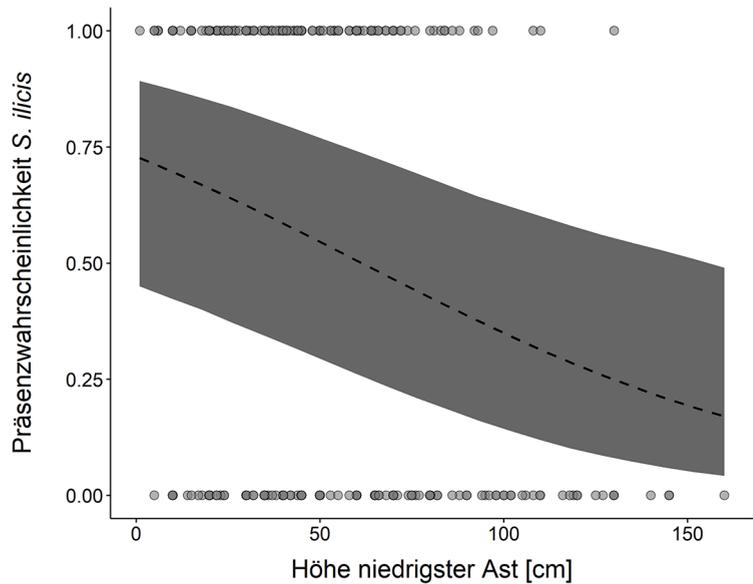


Abbildung 6. Präsenzwahrscheinlichkeit von *S. ilicis*-Eiern in Abhängigkeit von der Höhe des niedrigsten Astes einer Eiche. Geschätzter Mittelwert (gestrichelte Linie) mit 95 % Kompatibilitätsintervall. Rohdatenpunkte sind grau dargestellt.

mit einer durchschnittlichen Eichenhöhe von zwei bis drei Metern wurden für die Eiablage gegenüber Flächen mit einer höheren oder niedrigeren mittleren Eichenhöhe bevorzugt. Neben Bodenbeschaffenheit, Klima und weiteren Standorteigenschaften hängt die Höhe junger Eichen von deren Alter ab. Unter durchschnittlichen Wachstumsbedingungen kann für zwei bis drei Meter hohe Jungeichen ein Alter von ungefähr zehn bis zwölf Jahren angenommen werden (vgl. Mosandl & Paulus 2002; Diederich mündl. Mitteilung).

Habitatpräferenzen. Auf Ebene einzelner Eichen wurde ein klarer Zusammenhang zwischen der Höhe des niedrigsten Astes einer Eiche sowie ihrer Geschütztheit vor Witterungseinflüssen und der Präsenz von *S. ilicis*-Eiern festgestellt. Dies bestätigt die Ergebnisse von Maes et al. (2014), die ebenfalls einen Einfluss des Grades der Geschütztheit von Eichen sowie der Anzahl bodennaher Äste auf die Nutzung einer Eiche zur Eiablage feststellten. Bei Strätling (2010) zeigten sich ähnliche Tendenzen. In seiner Arbeit werden windgeschützte Eichen als ideal für *S. ilicis* beschrieben. Da die „Geschütztheit“ einzelner Eichen auch in unserer Studie rein qualitativ abgeschätzt wurde, bleibt unklar, ob es tatsächlich der Schutz vor Wind- und Wettereinflüssen ist, der die Bevorzugung von Jungeichen in Nischenpositionen erklärt oder ob andere Faktoren ursächlich für den beobachteten Zusammen-

hang in Frage kommen. Mögliche alternative Erklärungsansätze könnten die Bedeutung einzelner höherer Gehölze als Ansitz, Paarungs- oder Versteckplatz im Falterstadium sein (Maes et al. 2014).

Die belegten Eichen waren zwischen 40 cm und 330 cm, im Mittel ca. 139 cm ($SE \approx 5,1$ cm), hoch, gehörten auf den jeweiligen Habitatflächen also zu den kleineren Eichen-Exemplaren. Auffällig war die Bevorzugung von Jungeichen mit möglichst bodennahen Ästen, welche in der Nahrungsversorgung der frisch geschlüpften Raupen begründet sein könnte. Die Jungraupen müssen nach ihrem Schlupf aus dem Ei zur Nahrungsaufnahme Knospen beziehungsweise Blätter erreichen. Ein kürzerer Weg vom Ei zum niedrigsten belaubten Ast könnte dabei von Vorteil sein. Dennoch am Stamm und nicht direkt an den Knospen der Seitenäste abzulegen, könnte die Eier vor winterlichem Verbiss (Schulte 2007) sowie bei entsprechender Umgebungsvegetation oder Schneedecke vor Kälte und Wind schützen. Auch eine schlechtere Erreichbarkeit der bodennah und in Rindenspalten abgelegten Eier für parasitoide Hymenopteren wäre denkbar, wenngleich unsere Ergebnisse keine eindeutigen Anhaltspunkte für diese Hypothese geben.

Im Vergleich zu vorherigen Untersuchungen (Koschuh & Fauster 2005, Strätling 2010, Maes et al. 2014) wurden in der vorliegenden Studie eini-

ge Besonderheiten hinsichtlich der Eiablagemuster festgestellt. Während bei Maes et al. (2014) 55 % der Eier mit südlicher Exposition und bei Strätling (2010) 91 % der Eier mit Süd-Ost-Exposition abgelegt wurden, stellten wir vorwiegend eine Nord- und Ostexposition der Eiablagestellen fest, wobei jedoch auch nach Süden oder Westen orientierte Stammseiten regelmäßig genutzt wurden. Maes et al. (2014) führen die Bevorzugung der Südseite auf mikroklimatische Faktoren zurück. Diese können sich je nach geografischer Lage des Untersuchungsgebiets und in Abhängigkeit von der Vegetationsstruktur der Habitatflächen unterscheiden. Es erscheint möglich, dass die Wetterverhältnisse zur Zeit der Eiablage die Wahl der Stammseite beeinflussen und in besonders heißen Sommern vermehrt Eier auf der sonnenabgewandten Stammseite abgelegt werden. Längerfristig könnte eine relativ gleichmäßige Verteilung der Eier auf alle Stammseiten eine Risikostreuung gegenüber klimatischen Extremereignissen darstellen.

Gefährdung im Untersuchungsgebiet. Alle von *S. ilicis* besiedelten Habitatflächen im Landkreis Heidenheim befinden sich innerhalb eines circa 19,5 km² großen Gebiets mit einer Ausdehnung von etwa 3 km x 6,5 km. In Durchschnittsjahren dürfte sich die Population von *S. ilicis* im Untersuchungsgebiet in vier räumlich getrennte Cluster aufteilen, welche nur in günstigen Jahren bei hoher Populationsdichte (Nowicki & Vrabec 2011, Hinneberg et al. 2023) und die Dispersion begünstigenden Wetterverhältnissen (Kuussaari et al. 2016) miteinander im Austausch stehen. Gegenüber sich verändernden Umweltbedingungen und lokal auftretenden Witterungsextremen scheint das Vorkommen von *S. ilicis* im Landkreis Heidenheim aufgrund seiner geringen Flächenausdehnung stark gefährdet (Markert et al. 2010, Rogstad & Pelikan 2013). Ob derzeit Anschluss an Artvorkommen im benachbarten Bayern besteht, ist unklar. Die letzten grenznahen Nachweise stammen aus dem Jahr 2013 (Abb. 3, Dolek, mündl. Mitteilung). Ähnlich alt sind auch die Artnachweise im nördlich angrenzenden Ostalbkreis, die überwiegend mehr als 10 km von den aktuellen Fundstellen im Kreis Heidenheim entfernt liegen (Abb. 3, Prosi, mündl. Mitteilung).

Von Wagner (2008) wurden weniger als 2 % der Fläche des Untersuchungsgebiets als „Lichtwald“ beschrieben. Diese Fläche hat seither vermutlich weiter abgenommen, da viele Sturmwurfflächen des Orkan Lothar im Jahr 1999 mittlerweile

durch Sukzession zugewachsen sind. Habitatverlust ohne das gleichzeitige Neuentstehen von Habitaten in räumlicher Nachbarschaft ist im Untersuchungsgebiet somit die wahrscheinlich wichtigste Gefährdungsursache für *S. ilicis*. Auf der östlichen Schwäbischen Alb werden derzeit nur kleinflächig Waldnutzungsformen praktiziert, die für die kontinuierliche Entstehung neuer Habitatflächen sorgen. Wie wichtig jedoch eine räumlich-zeitliche Habitatkontinuität für *S. ilicis* ist, lässt sich auch daran erkennen, dass die Art einerseits an früheren Fundstellen im Landkreis Heidenheim durch den sukzessionsbedingten Habitatverlust verschwunden ist (zentraler nördlicher Teil des Untersuchungsgebiets, wo kaum mehr Offenflächen mit Jungeichen zu finden sind) und andererseits neue Habitatflächen, welche fernab ehemaliger Fundstellen entstanden sind, offenbar aufgrund zu großer Distanz nicht besiedelt werden konnten.

Mögliche Schutzmaßnahmen. Die Umsetzung eines umfassenden Schutzkonzepts, welches die spezifischen Ansprüche der Art, die Vernetzung der Teilhabitate sowie die Bereitstellung und Pflege der Habitatflächen im Kontext der forstlichen Bewirtschaftung berücksichtigt, ist zum Erhalt der Art zwingend erforderlich. Entscheidend für das Fortbestehen von *S. ilicis* auf der Ostalb, und damit in seinem wahrscheinlich größten verbliebenen Areal in Baden-Württemberg, ist das kontinuierliche Angebot geeigneter Larvalhabitate im räumlich-zeitlichen Kontext und in ausreichender Anzahl (Hermann et al. 2019). Die Ergebnisse unserer Studie haben gezeigt, dass Jungeichenbestände mit verschiedenen hohen, aber überwiegend mannshohen und tiefbeasteten Eichen taugliche Larvalhabitate für *S. ilicis* sind. Einzelne größere Bäume können dabei als Schutz für kleinere Eichen dienen. Ältere Eichen können unter geeigneten standörtlichen Voraussetzungen zudem für Eichen-Naturverjüngung sorgen.

Von Koschuh & Savas (2004), Koschuh & Fauster (2005), Wagner (2008), Strätling (2010), Maes et al. (2014) und Hermann & Magg (2020) werden Schutz- und Fördermaßnahmen für *S. ilicis* beschrieben. Unter den vorgeschlagenen Maßnahmen finden sich unter anderem die Wiederaufnahme der Mittelwaldnutzung sowie die Einrichtung extensiver Waldweiden. Diese können sich jedoch nur dann positiv auf den Bestand von *S. ilicis* auswirken, wenn Jungeichen durch die Weidetiere nicht zu stark verbissen werden. Im Landkreis Heidenheim wurden in

den vergangenen Jahren zwei Mittelwälder etabliert (Dalüge et al. 2022) und ein Beweidungsprojekt mit Wisenten initiiert (FVA 2025). Beides könnte mittelfristig zur Förderung von *S. ilicis* beitragen. Kurzfristig scheinen aber weitere, zielgerichtete Schutzmaßnahmen unabdingbar. Diese Maßnahmen müssen im unmittelbaren Umfeld der aktuellen Artvorkommen ansetzen und durch eine gezielte Habitatvernetzung der gegenwärtigen Isolation der Habitatcluster entgegenwirken. Neben der Offenhaltung von Wegrändern, Schneisen und Leitungstrassen sind insbesondere kleine bis mittelgroße Lichtschläge zur Eichen-Naturverjüngung oder die Pflanzung junger Eichen auf Kahlhiebsflächen als wichtige Sofortmaßnahmen zu empfehlen (Hermann & Magg 2020, Hinneberg 2024). In Eichenkulturen im Verbreitungsgebiet von *S. ilicis* sollten anstelle von Plastikwuchshüllen – sofern erforderlich – alternative Verbisschutzkonzepte, beispielsweise Zäunung, Holz- oder Drahtgitter, eingesetzt werden. Der alternative Verbisschutz ermöglicht den Eichensetzlingen die Ausbildung bodennaher Äste und eierlegende Falterweibchen haben, anders als beim Verbisschutz mit Wuchshülle, Zugang zur Stammbasis der Jungeichen. Die Ergebnisse unserer Untersuchung deuten an, dass auch die Pflanzung von Zerr-Eiche als Fördermaßnahme für *S. ilicis* in Frage kommen könnte. Diese Eichenart wird in Südeuropa von *S. ilicis* regelmäßig zur Eiablage genutzt (Hermann, mündl. Mitteilung) und könnte im Zuge der Klimaerwärmung in Mitteleuropa eine höhere forstwirtschaftliche Bedeutung erlangen.

Von eichenreichen, offenen Wäldern mit zahlreichen Freiflächen und gut besonnten, strukturreichen Rändern würden neben *S. ilicis* weitere bestandsgefährdete Tier- und Pflanzenarten profitieren. Unter den Tagfaltern und Widderchen sind es auf der östlichen Schwäbischen Alb insbesondere das Wald-Wiesenvögelchen (*Coenonympha hero*, RL BW: 1), das Platt-erbsen-Widderchen (*Zygaena osterodensis*, RL BW: 1 (Steiner & Trusch 2025)), der Schlüsselblumen-Würfelfalter (*Hamearis lucina*, RL BW: 2 (Steiner & Trusch 2025)), der Vogelwicken-Bläuling (*Polyommatus amandus*, RL BW: 1 (Steiner & Trusch 2025)) und verschiedene Perlmutterfalterarten (*Boloria euphrosyne*, *B. selene* und *Argynnis adippe*, RL BW: 2 bzw. V (Steiner & Trusch 2025)), die im Zuge eines umfassenden Schutzes von *S. ilicis* ebenfalls gefördert werden könnten.

Fazit

Am Beispiel von *S. ilicis* zeigt die vorliegende Studie auf, wie die eingehende Untersuchung einer bestandsgefährdeten Art Grundlagenwissen für Artenschutzmaßnahmen generieren kann. Die Studie bildet eine fachliche Basis, um Fördermaßnahmen für *S. ilicis* fundiert, zielgerichtet und an den richtigen Stellen umzusetzen. Rasches Handeln ist nun gefragt, um das Fortbestehen von *S. ilicis* im Landkreis Heidenheim und im übrigen Baden-Württemberg zu sichern.

Dank

Wir danken Dr. Matthias Dolek und Rolf Prosi für den Austausch von Fundinformationen. Ebenso danken wir der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), die uns Fundangaben aus dem Arteninformationssystem zur Verfügung gestellt hat (Export-Job-Nr. 13449). Forstrevierleiterin Beatrix Diederich danken wir für Auskünfte zu Eichenkulturen und Eichen-Naturverjüngungsflächen im Forstrevier Härtsfeld. Für Auskünfte zu Eichenverjüngungsflächen danken wir auch Herrn Günther Taub (Forstrevier Giengen) und Frau Karin Baur (Forstrevier Herbrechtingen). Ebenfalls gilt unser Dank Herrn Simon Gökeler von ForstBW für die Unterstützung beim Auffinden von Flächen mit Eichenverjüngung sowie für das Ausstellen einer Fahrgenehmigung. Von Gabriel Hermann und Dr. Matthias Dolek erhielten wir wertvolle Hinweise zu einer früheren Version des Manuskripts.

Literatur

- Brooks, M. E., Kristensen, K. J., van Benthem, K., Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Mächler, M. & Bolker, B. M. (2017): glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated Generalized Linear Mixed Modelling. – *The R Journal* **9**: 378-400.
- Dalüge, N., Prosi, R., Untheim, H., Georgi, M. & Dolek, M (2022): Mittelwälder für den Artenschutz – erfolgreich auch ohne Mittelwaldtradition? – *standort.wald* **52**: 63-72.
- Ebert, G. [Hrsg.] (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Band 2, Tagfalter II. – 535 S.; Stuttgart (Ulmer).
- Eggleton, P. (2020): The State of the World's Insects. – *Annual Review of Environment and Resources* **45**: 61-82.
- Fartmann, T., Müller, C. & Poniatowski D. (2013): Effects of coppicing on butterfly communities of woodlands. – *Biological Conservation* **159**: 396-404.
- Güsten, R., Sanetra, M. & Trusch, R. (2019): Bläulinge (Lepidoptera: Lycaenidae) im Einzugsgebiet von Jagst und Kocher, Verbreitung, Ökologie und Vorschläge zu Schutzmaßnahmen. – *Carolinea* **77**: 93-143.

- Hanski, I. & Thomas, C. D. (1994): Metapopulation dynamics and conservation: A spatially explicit model applied to butterflies. – *Biological Conservation* **68**: 167-180.
- Hermann, G. (2007): Tagfalter suchen im Winter. Zipfelfalter, Schillerfalter und Eisvögel. – 228 S.; Norderstedt (Books on Demand).
- Hermann, G. (2015): Vorrangige Zielarten für Lichtwaldstrukturen in Baden-Württemberg: Brauner Eichen-Zipfelfalter *Satyrium ilicis*. – 11 S.; Filderstadt (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH), unveröffentlichtes Manuskript.
- Hermann, G. & Trautner, J. (2019): Flächenanspruch hochgradig bedrohter Falterarten der „Lichtwälder“. Ableitung von Zielwerten und Räumen in Baden-Württemberg. – 56 S.; Filderstadt (Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung GmbH), unveröffentlichtes Manuskript.
- Hermann, G. & Magg, N. (2020): Schutzprojekt für einen Lichtwald-Tagfalter. – In: Trautner, J. (Hrsg.): Artenschutz: rechtliche Pflichten, fachliche Konzepte, Umsetzung in der Praxis: 238-242; Stuttgart (Ulmer).
- Hinneberg, H., Körösi, Á. & Gottschalk, T. K. (2023): Providing evidence for the conservation of a rare forest butterfly: Results from a three-year capture-mark-recapture study. – *Basic and Applied Ecology* **73**: 27-39.
- Hinneberg, H. (2024): Tagfalter und Widderchen. – In: Müller, J. (Hrsg.): Praxishandbuch Naturschutz in der Waldwirtschaft: 104-128; Stuttgart (Ulmer).
- Hinneberg, H., Hensel, S., Anthes, N., Tielbörger, K., & Gottschalk, T. K. (2025): Solar radiation determines host choice, larval feeding and survival throughout the life cycle of an endangered open forest butterfly. – *Conservation Science and Practice* e70094. doi: [10.1111/csp2.70094](https://doi.org/10.1111/csp2.70094)
- Jotz, S., Konold, W., Suchomel, C. & Rupp, M. (2017): Lichte Wälder und biotische Vielfalt. – *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br.* **107**: 13-153.
- Koschuh, A. & Fauster, R. (2005): Der Braune Eichen-Zipfelfalter *Satyrium ilicis* (Esper, 1779) (Lepidoptera: Lycaenidae) in der Steiermark (Österreich). – *Beiträge zur Entomofaunistik* **6**: 65-86.
- Koschuh, A. & Savas, V. (2004): Eifunde vom Braunen Eichenzipfelfalter *Satyrium ilicis* (Esper, 1779) im Raum Graz (Steiermark, Österreich) (Lepidoptera: Lycaenidae). – *Nachrichten des entomologischen Vereins Apollo* **25**: 155-158.
- Kuussaari, M., Rytteri, S., Heikkinen, R. K., Heliölä, J. & van Bagh, P. (2016): Weather explains high annual variation in butterfly dispersal. – *Proceedings Biological Sciences* **283**: 20160413, 1-8. doi: [10.1098/rspb.2016.0413](https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0413)
- Maes, D., Jacobs, I., Segers, N., Vanreusel, W., Van Daele, T., Laurijssens, G. & Van Dyck, H. (2014): A resource-based conservation approach for an endangered ecotone species: the Ilex Hairstreak (*Satyrium ilicis*) in Flanders (north Belgium). – *Journal of Insect Conservation* **18**: 939-950.
- Markert, J. A., Champlin, D. M., Gutjahr-Gobell, R., Grear, J. S., Kuhn, A., McGreevy, T. J., Roth, A., Bagley, M. J. & Nacci, D. (2010): Population genetic diversity and fitness in multiple environments. – *BMC Evolutionary Biology* **10**: 205.
- Mousson, L., Nève, G. & Bague, M. (1999): Metapopulation structure and conservation of the cranberry fritillary *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, Nymphalidae) in Belgium. – *Biological Conservation* **87**: 285-293.
- Mosandl, R. & Paulus, F. (2002): Rationelle Pflege junger Eichenbestände. – *AFZ. Der Wald* **11/2002**: 581-584.
- Nowicki, P. & Vrabec, V. (2011): Evidence for positive density-dependent emigration in butterfly metapopulations. – *Oecologia* **167**: 657-665.
- Ojanen, S. P., Nieminen, M., Meyke, E., Pöyry, J. & Hanski, I. (2013): Long-term metapopulation study of the Glanville fritillary butterfly (*Melitaea cinxia*): Survey methods, data management, and long-term population trends. – *Ecology and Evolution* **3**: 3713-3737.
- Örvössi, N., Körösi, Á., Batáry, P., Vozár, Á. & Peregovits, L. (2013): Potential metapopulation structure and the effects of habitat quality on population size of the endangered False Ringlet butterfly. – *Journal of Insect Conservation* **17**: 537-547.
- Reinhardt, R., Harpke, A., Caspari, S., Dolek, M., Kühn, E., Musche, M., Trusch, R., Wiemers, M. & Settele, J. (2020): Verbreitungsatlas der Tagfalter und Widderchen Deutschlands. – 432 S.; Stuttgart (Ulmer).
- Reinhardt, R. & Bolz, R. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (*Rhopalocera*) (Lepidoptera: *Papilionoidea* et *Hesperioidea*) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **70**: 167-194.
- Rogstad, S. H. & Pelikan, S. (2013): Monitoring endangered species populations: gene dispersal can have pronounced effects on the relationship between census size and genetic diversity. – *American Journal of Plant Sciences* **4**: 1932-1937.
- Santon, M., Korner-Nievergelt, F., Michiels, N. & Anthes, N. (2023): A versatile workflow for linear modelling in R. – *Frontiers in Ecology and Evolution* **11**: 1065273, 1-15. doi: [10.3389/fevo.2023.1065273](https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1065273)
- Schulte, T. (2007): Brauner Eichen-Zipfelfalter *Satyrium ilicis* [Esper 1779]. – In: Schulte, T., Eller, O., Niehuis, M. (Hrsg.): Die Tagfalter der Pfalz: 249-253; Mainz (GNOR).
- Steiner, A. & Trusch, R. (2025): Rote Liste und Verzeichnis der Schmetterlinge Baden-Württembergs. Unter Mitarbeit von T. Bamann, D. Bartsch, S. Hafner, G. Hermann, A. Hofmann, O. Karbiener, J.-U. Meineke, R. Mörtter, E. Rennwald & R. Schick. 4. Fassung, Stand 31.12.2023. – 156 S.; Naturschutz-Praxis Artenschutz 18 (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Karlsruhe).

- Strätling, R. (2010): Bestandserfassung von *Satyrinum ilicis* (Esper, 1779), Brauner Eichen-Zipfelfalter (Lepidoptera: Lycaenidae), im deutschen Teil des Warndts (Saarland) durch systematische Eisuiche. – *Delattinia* **35/36**: 435-454.
- Tolman, T. & Lewington, R. (2012): Die Schmetterlinge Europas und Nordwestafrikas, 2. Aufl. – 384 S.; Stuttgart (Kosmos).
- Wagner, W. (2003): Zur Kenntnis der Schmetterlings- und Heuschreckenfauna von Magerrasen der Ostalb (Lepidoptera, Ensifera et Caelifera). – *Carolinea* **61**: 73-118.
- Wagner, W. (2008): Neue Erkenntnisse zur Schmetterlings- und Heuschreckenfauna der Ostalb (Lepidoptera, Ensifera et Caelifera). – *Carolinea* **66**: 105-134.
- Weiss, M., Kozel, P., Zapletal, M., Hauck, D., Prochazka, J., Benes, J., Cizek, L. & Sebek, P. (2021): The effect of coppicing on insect biodiversity. Small-scale mosaics of successional stages drive community turnover. – *Forest Ecology and Management* **483**: 118-774.
- Willmanns, O. (2003): Landschaftsökologie, Flora und Vegetation der Schwäbischen Alb – ein Vergleich mit dem Schwarzwald. – *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. (NF)* **18**: 133-177.

Internetquellen

- <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/015152xx.tab?R=KR135> – Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022). "Fläche seit 1996 nach tatsächlicher Nutzung" (Stand 3.7.2024).
- Posit team (2023): RStudio: Integrated development environment for R. Boston (Posit Software, PBC). <http://www.posit.co/> (Stand 1.10.2024).
- R Core Team (2023): R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 4.3.0) Wien (R Foundation for Statistical Computing). <https://www.R-project.org/> (Stand 1.10.2024).
- www.lgl-bw.de – LGL: "Open Data" (Stand 3.7.2024).