



## Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern (Lepidoptera: Papilionoidea) in alpinen Lebensräumen in Österreich

C. HICKEL, B.-A. GEREBEN-KRENN, I. ZWEIMÜLLER & H.W. KRENN

**Abstract: Weather conditions for butterfly counts in an alpine habitat in Austria.**

This study investigated the weather conditions that have to be fulfilled to ensure reliable observations of butterflies in alpine habitats. In the study area in the Zillertaler Alpen (Austria) 90 % of butterflies were observed above a temperature of 15.5 °C and at more than 31 klx illuminance, but below 62 % relative humidity and less than 4 m/s wind velocity. During the study period between mid of July to beginning of August 2007, 90 % of the butterfly observations were counted between 9:00 a.m. and 5:30 p.m.

**Key words:** butterfly, alpine regions, monitoring conditions

**Citation:** HICKEL C., GEREBEN-KRENN B.-A., ZWEIMÜLLER I. & KRENN H.W. 2016: Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern (Lepidoptera: Papilionoidea) in alpinen Lebensräumen in Österreich. – Entomologica Austriaca 23: 7–18.

### Einleitung

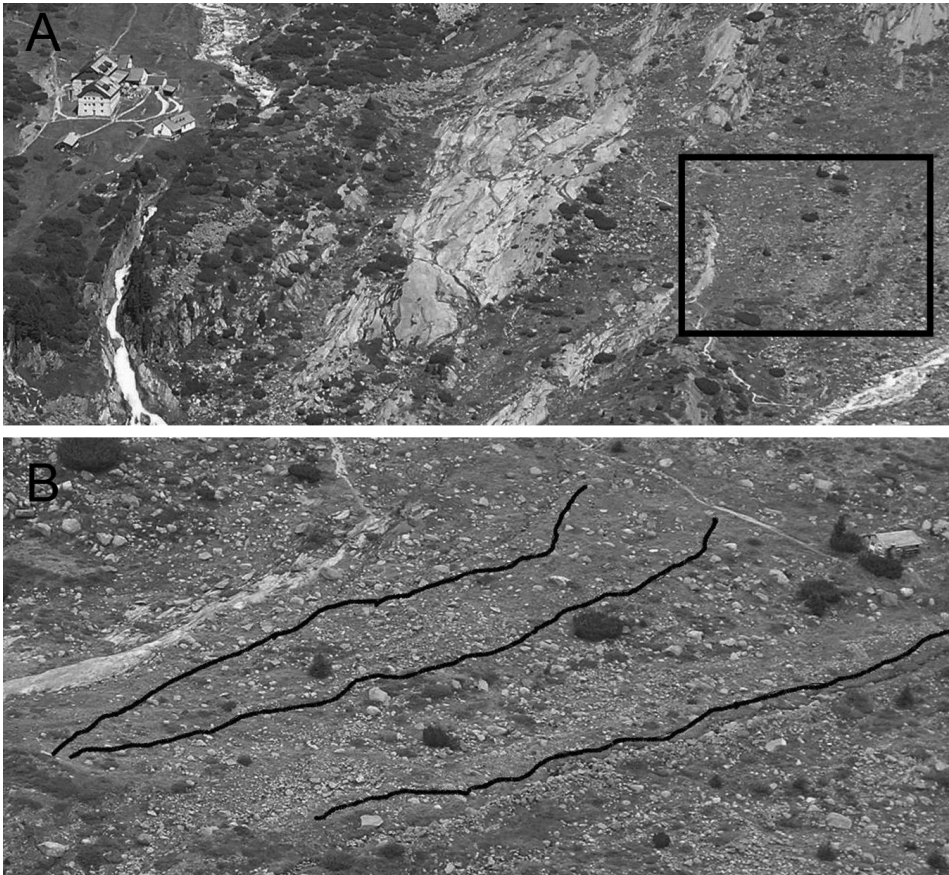
Tagfalter stellen gute Indikatororganismen für die Biodiversität in offenen Lebensräumen dar, welche auch Aussagen über den Zustand der Habitats und Veränderungen der Landschaftsnutzung erlauben (VAN SWAAY et al. 2012, HARDERSEN & COREZZOLA 2014, ZULKA et al. 2014). Dazu sind aber Programme zur regelmäßigen Beobachtung notwendig, die in vielen Ländern bereits erfolgreich durchgeführt werden und dringend notwendige Ergebnisse über Häufigkeit und Verteilung verschiedener Tagfalter bringen (ROYER et al. 1998, ALTERMATT et al. 2008, VAN SWAAY et al. 2012). Dazu werden üblicherweise Transekte in verschiedenen Teilen der jeweiligen Länder definiert und regelmäßig begangen, wobei alle gesichteten Tagfalter registriert werden. Um Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Arteninventare sicherzustellen, sind bestimmte Rahmenbedingungen bei den Begehungen und Datensammelaktivitäten einzuhalten. Dabei werden üblicherweise Jahreszeit, Tageszeit und Wetterbedingungen (Niederschlag, Lufttemperatur und Bewölkung) berücksichtigt, die großen Einfluss auf die beobachtbaren Tagfalterarten haben (WIKSTRÖM et al. 2009). Alle diese Rahmenbedingungen wurden erstmals von POLLARD (1977) vorgeschlagen und beziehen sich auf Untersuchungsgebiete im Tiefland. Es stellt sich daher die Frage, ob diese Rahmenbedingungen abgewandelt werden können, wenn Tagfalter in Lebensräumen über der Baumgrenze untersucht werden. Hochgebirgslebensräume sind durch eine kurze Vegetationsperiode sowie kühle und wechselhafte Wetterbedingungen mit hohen tageszeitlichen Temperatur- und Einstrahlungsschwankungen gekennzeichnet

(SØMME 1989). Besonders bei Insekten, die nicht in der Lage sind, die Körpertemperatur endotherm zu regeln, ist die Aktivität bei tiefen Temperaturen, fehlendem Sonnenschein und starkem Wind deutlich eingeschränkt. Angaben darüber, bei welcher Lufttemperaturschwelle die Aktivität alpin lebender Tagfalter einsetzt, sind bisher kaum vorhanden. Sie stellen aber eine wesentliche Voraussetzung dar, um Beobachtungsdaten in verschiedenen alpinen Lebensräumen unter geeigneten Rahmenbedingungen sammeln zu können. Es bedarf daher standardisierter Kartierungs- und Beobachtungsmethoden, speziell für alpine Lebensräume adaptiert, um aussagekräftige Daten über die Häufigkeit und das Vorkommen von Tagfaltern im Gebirge erheben und vergleichen zu können. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die abiotischen Rahmenbedingungen zu ermitteln, die notwendig sind, damit Tagfalter-Imagines im Hochgebirge zuverlässig beobachtet und erfasst werden können. Daher wurden unabhängig von der aktuellen Wetterlage im Laufe von mehreren Wochen über den gesamten Tagesverlauf mehrfach stets die gleichen Transekte auf etwa 2000 m Seehöhe begangen und die gesichteten Tagfalter-Imagines registriert. Die herrschenden Wetterbedingungen wurden ebenfalls notiert. Auf diese Weise war es möglich, für einen offenen alpinen Lebensraum jene Rahmenbedingungen festzulegen, innerhalb derer lokale Tagfaltergemeinschaften zuverlässig erfasst werden können.

## Material und Methoden

Die Datenaufnahme erfolgte im südöstlichen Zemmgrund auf etwa 2000 m Seehöhe in der Nähe der Berliner Hütte (N 47° 1,480', E 11° 48,784'; Bezugssystem WGS84) in den Zillertaler Alpen (Tirol, Österreich). Die Erhebung fand auf einem sich gegen Südwesten erstreckenden Hang südlich der Berliner Hütte statt (Abb. 1A). Südlich wird der Hang vom Endmoränenwall des Hornkees von 1901 begrenzt (HEUBERGER & TÜRK 2004), nördlich von weitläufigen, vom Eis geschliffenen Gneisplatten. Das Gelände befindet sich oberhalb der aktuellen Waldgrenze. Innerhalb dieses Bereiches wurden drei, sich von SSO nach NNW erstreckende Aufnahmeflächen mit je 400 m<sup>2</sup> (jeweils 100 m × 4 m) markiert. Begangen wurden diese Flächen entlang eines Transekts in der Mitte der Längsstreckung (Abb. 1B). So konnten 2 m links und 2 m rechts dieser Linie die gesichteten Tagfalter gezählt werden. Die Auswahl dieser drei Aufnahmeflächen wurde so getroffen, dass sich diese hinsichtlich ihrer Struktur und Vegetation gleichen sollten, entsprechend einem alpinen Rasen mit eingestreuten Zwergsträuchern und jungen Bäumen. Während der Voruntersuchung wurden die blühenden Pflanzen bestimmt, um sicherzustellen, dass das Blütenangebot auf den drei Untersuchungsflächen etwa gleich sein würde. Die Bestimmung der Pflanzen erfolgte mit FISCHER et al. (1994) und LAUBER & WAGNER (1997). Die Begehungen wurden bergauf und täglich abwechselnd auf einer der drei Flächen durchgeführt.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 15. Juli bis zum 4. August 2007. Die Vorerhebungen fanden vom 3. Juli bis zum 14. Juli 2007 statt. Während des Untersuchungszeitraumes wurde die jeweilige Aufnahmefläche in stündlichen Intervallen zwischen 07:30 Uhr und 19:30 Uhr begangen, da aufgrund von Beobachtungen im Rahmen der Voruntersuchung Sichtungen außerhalb dieser Zeiten auszuschließen waren. Unterbrochen wurden die stündlichen Begehungen nur bei sehr schlechtem Wetter wie Nebel, starkem



**Abb. 1:** Das Gebiet der Untersuchung in den Zillertaler Alpen (Zemmgrund, Tirol, Österreich; ~2000 m Seehöhe N47° 1,480', E11° 48,784'). (A) Berliner Hütte (links) und Untersuchungsfläche (rechts markiert). (B) Untersuchungsfläche: Begehungswege in den drei Transekten sind eingezeichnet.

Regen oder Schneefall. Während der Vorerhebung wurden die Tagfalter mit Netzen gefangen und einzeln mit Hilfe der Bestimmungsbücher von *TOLMAN & LEWINGTON* (1998), *SONDEREGGER* (2005) und *STETTNER* et al. (2006) bestimmt.

Zwischen 15. Juli und 4. August 2007 konnten insgesamt 290 Begehungen an 20 Untersuchungstagen durchgeführt werden, davon 19 aufeinanderfolgend. Aufgrund der schlechten Wettersituation musste ein Tag ausgelassen werden. Im Beobachtungszeitraum wurden bei den Begehungen der Transekte alle aktiven Tagfalter – mit Ausnahme der Hesperiiidae, die nur nach Fang sicher bestimmbar sind – erfasst (Tab. 1). Als aktive Schmetterlinge wurden fliegende und sich sonnende Imagines gewertet, sowie jene bei der Nahrungsaufnahme und bei der Fortpflanzung. Alle Individuen, die nicht eindeutig bestimmbar waren, weil sie beispielsweise zu rasch über den Transekt flogen, wurden in der Kategorie „nicht determiniert“ zusammengefasst.

**Tab. 1:** Häufigkeiten der adulten Tagfalter (von 15.07. bis 04.08.2007) auf den Untersuchungsflächen (3 × 400 m<sup>2</sup>, N 47° 1,480', E 11° 48,784', 2000 m Seehöhe, Zillertaler Alpen). Unter „nicht determinierte Individuen“ sind jene Individuen gelistet, die bei einem Überflug der Aufnahmeflächen nicht eindeutig bestimmt werden konnten. Nomenklatur nach HUEMER (2013).

Arten	Zahl der Individuen	Anmerkung
Papilionidae		
<i>Parnassius phoebus</i> (FABRICIUS, 1793)	32	
Pieridae		
<i>Pieris bryoniae</i> (HÜBNER, 1806) und <i>Pieris napi</i> (LINNAEUS, 1758)	5	Im Flug nicht unterscheidbar
<i>Pieris rapae</i> (LINNAEUS, 1758)	85	
<i>Pontia callidice</i> (HÜBNER, 1800)	5	
<i>Colias palaeno</i> (LINNAEUS, 1761)	1	
<i>Colias phicomone</i> (ESPER, 1780)	33	
Lycaenidae		
<i>Agrion orbitulus</i> (DE PRUNNER, 1798)	2	
<i>Cyaniris semiargus</i> (ROTTEMBERG, 1775)	23	
Nymphalidae		
<i>Coenonympha gardetta</i> (DE PRUNNER, 1798)	112	
<i>Boloria pales</i> ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER], 1775)	126	
<i>Boloria selene</i> ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER], 1775)	2	
<i>Erebia epiphron</i> (KNOCH, 1783)	14	
<i>Erebia euryale</i> (ESPER, 1805)	3	
<i>Erebia manto</i> ([DENIS & SCHIFFERMÜLLER], 1775)	536	
<i>Erebia melampus</i> (FUESSLY, 1775)	29	
<i>Erebia nivalis</i> LORKOVIC & DE LESSE, 1954	1	
<i>Erebia pharte</i> (HÜBNER, 1804)	163	
<i>Erebia pronoe</i> (ESPER, 1780)	10	
<i>Aglais urticae</i> (LINNAEUS, 1758)	10	
<b>Summe Individuen</b>	1203	
<b>Summe aller nicht determinierten Individuen</b>	293	
<b>Summe aller registrierten Individuen</b>	1496	

Um das aktuelle Wetter zu dokumentieren, wurden die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Windgeschwindigkeit und die Beleuchtungsstärke (als Maß der Sonneneinstrahlung oder Helligkeit) gemessen sowie der Bewölkungsgrad abgeschätzt. Die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wurde mit einem kombinierten digitalen Messgerät (VWR Qhygro-temp 80) erhoben. Die Messung der Beleuchtungsstärke wurde mit tes 1335 lightmeter und, nach Defekt dieses Geräts, mit TESTO 545 durchgeführt.

Zur Ermittlung der Windgeschwindigkeit wurde ein analoges Gerät (NOSCH 1438) eingesetzt. Die Messungen erfolgten vor und nach jeder durchgeführten Begehung am entsprechenden Ende der Aufnahme­fläche in 50 cm Höhe über dem Boden. Zur weiteren Auswertung wurden die beiden Messungen herangezogen und mit dem arithmetischen Mittel auf eine Angabe zusammengefasst. Diese Mittelwerte ergaben Beschreibungen der entsprechenden abiotischen Faktoren während der Begehung. Die Messung der Lufttemperatur erfolgte unbeschattet und die der Beleuchtungsstärke stets gegen Süden.

Der Bewölkungsgrad wurde auf einer 6-stufigen Skala (0 – wolkenlos, 1 – weniger als 20 % Wolkenbedeckung, 2 – zwischen 20 % und 50 % Wolkenbedeckung, 3 – etwa 50 % Wolkenbedeckung bzw. komplette dünne Bedeckung, 4 – mehr als 50 % Wolkenbedeckung, 5 – bewölkt) während jeder Begehung abgeschätzt. Die Beschattung der Untersuchungsfläche aufgrund von Horizontüberhöhung in den Morgenstunden wurde der Kategorie 5 zugeschrieben.

### Datenauswertung

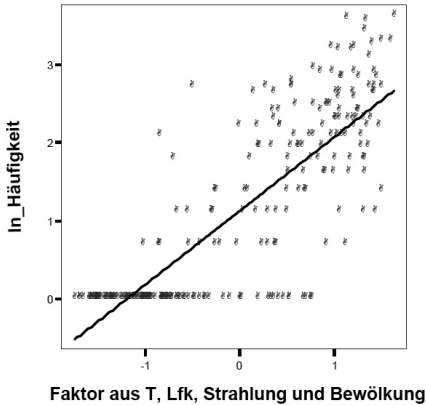
Für die statistische Auswertung wurden die Computerprogramme SPSS 11.5 für Windows® sowie CANOCO 4.5 für Windows® herangezogen. Die Korrelationsanalyse erfolgte mittels Spearmans Korrelationskoeffizienten, da die Daten keine Normalverteilung aufwiesen. Die Eignung der Abiotikdaten für die Hauptkomponentenanalyse (PCA) wurde nach dem Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin geschätzt. Zusätzlich wurde der Bartlett-Test auf Sphärizität durchgeführt. Aufgrund einer unimodalen Verteilung der Windstärke in Hinblick auf andere abiotische Variable und schwachem sowie relativ windstillem Wetter im Untersuchungszeitraum wurde dieser Faktor nicht in die PCA aufgenommen. Die erste PCA-Achse wurde als unabhängige Variable für eine lineare Regression mit der Gesamtanzahl beobachteter Tagfalter (Daten (x+1)) logarithmiert .

Der Zusammenhang von Umweltvariablen und Auftreten der einzelnen Tagfalterarten wurde mit einer Kanonischen Korrespondenzanalyse dokumentiert. Die Signifikanz dieser Analyse wurde mit einem Monte-Carlo-Test überprüft. Die Auswertungen und Darstellungen wurden mit SPSS 11.5 für Windows®, Microsoft Excel® und CANOCO 4.5 für Windows® durchgeführt bzw. erstellt.

### Ergebnisse

Insgesamt wurden 1496 Tagfalter-Individuen aus 21 verschiedenen Arten im Untersuchungszeitraum auf den Transekten beobachtet (Tab. 1). Die häufigsten Tagfalter waren Vertreter der Gattungen *Erebia*, *Boloria* und *Coenonympha*. 293 fliegende Schmetterlinge konnten nicht mit Sicherheit auf Artniveau bestimmt werden.

Aktive Tagfalter konnten nur im Temperaturintervall von 8,5°C bis 27,7°C beobachtet werden, obwohl die tiefste gemessene Temperatur bei 4°C lag. Die gemessene relative Luftfeuchtigkeit lag zwischen 21 % und 99 %, wobei sich der Minimalwert für die Beobachtung aktiver Tagfalter auf 23 %, der Maximalwert auf 93 % relativer Luftfeuchtigkeit belief. Aktive Tagfalter konnten bis zu einer Windstärke von 9 m/s registriert werden; die maximale Windgeschwindigkeit betrug 13 m/s. Bei wolkenlosem Himmel wurden mehr Tagfalter gesichtet als bei anderen Bewölkungskategorien. Der Vergleich der Werte der



**Abb. 2:** Zusammenhang zwischen Häufigkeiten der registrierten Tagfalter (logarithmierte Werte) und der Hauptkomponentenachse als Faktor aus Lufttemperatur (T), relativer Luftfeuchtigkeit (Lfk), Sonneneinstrahlung (Strahlung) und Bewölkungsgrad (Bewölkung) (Regressionsgerade:  $y = 0,95x + 1,13$ ,  $r^2 = 0,67$ ) pro Zählgang.

Korrelation bei der Veränderung von Windstille zu wenig Wind registriert wurde. Direkte Beobachtungen zeigen aber, dass Tagfalter sehr empfindlich auf stärkere Windböen reagierten und spätestens bei 9 m/s Windgeschwindigkeit die Aktivität einstellten. So konnte an Tagen mit wechselnden Windverhältnissen festgestellt werden, dass die Sichtungen stets in windärmeren Zeiträumen erfolgten. Zwischen der Zahl an registrierten Tagfaltern und der relativen Luftfeuchtigkeit (Spearman Rangkorrelation  $r = -0,531$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $n = 290$ ) sowie dem Bewölkungsgrad (Spearman Rangkorrelation  $r = -0,671$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $n = 290$ ) wurden signifikant negative Korrelationen gefunden.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen und Auswertungen mittels Hauptkomponentenanalyse (PCA) sprechen für eine eindeutige Abhängigkeit der Häufigkeit der Tagfalterbeobachtungen von den Witterungsfaktoren Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Bewölkungsgrad (Abb. 2). Die erste Hauptkomponentenachse ist vor allem durch Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung beeinflusst. Eine Regressionsanalyse mit der logarithmierten Anzahl der beobachteten Tagfalter als abhängige Variable und Hauptkomponente 1 als unabhängiger Variable zeigte klar, wie stark die Anzahl der Tagfalterbeobachtungen von den Witterungsbedingungen abhängt. (Regressionsgerade  $y = 0,95x + 1,13$ ;  $r^2 = 0,67$ ). Zwei Drittel der Varianz der Sichtungen pro Zählgang auf den Untersuchungsflächen konnten mit der ersten Hauptkomponente erklärt werden.

Werden alle Tagfalterbeobachtungen mit der gesamten Spannweite der einzeln erfassten Wetterfaktoren verglichen, ergibt sich, dass 90 % der Tagfalterbeobachtungen bei Temperaturen über 15,5 °C, bei mehr als 31 klx Lichtintensität, bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von weniger als 62 % und bei einer Windgeschwindigkeit unter 4 m/s verzeichnet wurden (Tab. 2).

aktuellen Beleuchtung durch Sonneneinstrahlung mit den Beobachtungen aktiver Schmetterlinge ergab, dass es keinen Höchstwert des Lichtes gab, der die Aktivität einschränkte. Jedoch konnten bei Bedingungen unter 12 klx keine Tagfalter mehr registriert werden. Das Minimum der gemessenen Werte für die Beleuchtung lag allerdings bei 0,8 klx.

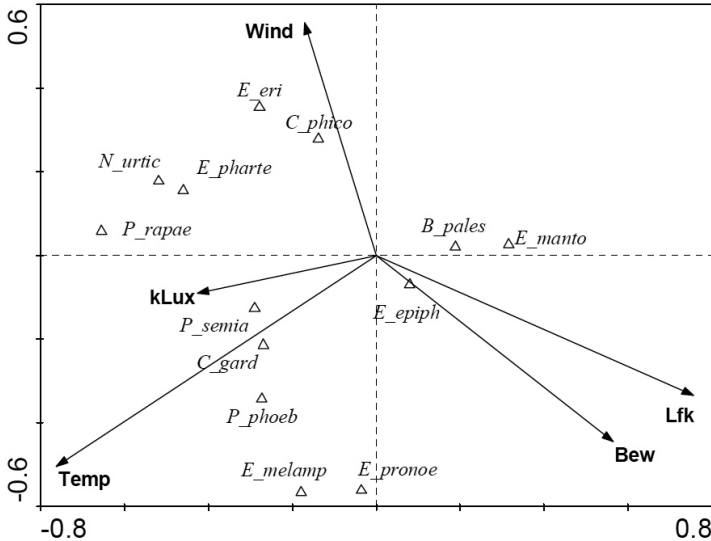
Es bestehen signifikant positive Korrelationen zwischen der Häufigkeit der Beobachtungen von Tagfaltern auf den Untersuchungsflächen und der Lufttemperatur (Spearman Rangkorrelation  $r = 0,769$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $n = 290$ ), der Lichtintensität (Spearman Rangkorrelation  $r = 0,818$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $n = 290$ ), aber auch der Windgeschwindigkeit (Spearman Rangkorrelation  $r = 0,346$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $n = 290$ ). Es ist anzumerken, dass im Untersuchungszeitraum wenig Wind zu verzeichnen war und diese positive

**Tab. 2:** Wetterbedingungen, bei denen Tagfalter beobachtet werden konnten und Minimal- und Maximalwerte während des dreiwöchigen Untersuchungszeitraums (von 15.07. bis 04.08.2007) auf den Untersuchungsflächen auf ~2000 m Seehöhe.

Wetterfaktoren	90% der beobachteten Tagfalter	Tagfalter-Beobachtungen	Minimal- und Maximalwerte
Lufttemperatur	> 15,5 °C	8,5 – 27,7 °C	4 – 27,7 °C
Relative Luftfeuchtigkeit	< 62 %	23 – 93 %	21 – 99 %
Strahlungsintensität	> 31 klx	12 – 118 klx	0,8 – 118 klx
Windgeschwindigkeit	< 4 m/s	0 – 9 m/s	0 – 13 m/s

Zur Untersuchung der Präferenzen einzelner Tagfalterarten (bei denen mehr als zehn Sichtungen vorlagen) diente eine Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA), welche die multivariate Beziehung zwischen Beobachtungszahlen der Arten und Umweltvariablen zusammenfasst und die Variation in der beobachteten Artenzusammensetzung in Beziehung zu den gemessenen Umweltvariablen stellt (Abb. 3). Bei der CCA werden sowohl die Informationen über die Zahlen verschiedener Tagfalterarten als auch Informationen über die Umweltfaktoren in jeweils vier Achsen zusammengefasst. Dabei wird iterativ der Zusammenhang zwischen den biotischen und abiotischen CCA-Achsen optimiert. Bei der Analyse werden die Umwelt-Achsen als Linearkombination der Umweltfaktoren errechnet. Bei den Zahlen beobachteter Tagfalter wird dagegen von unimodalen Verteilungsmustern der jeweiligen Arten ausgegangen. Die Signifikanz nach dem Monte Carlo Test beträgt  $p = 0,0020$  und die inflation factors liegen zwischen 1,0965 und 1,7752. Die beobachteten Arten tolerierten unterschiedliche Kombinationen an Wetterfaktoren (Abb. 3). Zum Beispiel benötigen *Erebia melampus* und *Erebia pronoe* warme und windarme Bedingungen. Dagegen sind *Erebia eriphyle* und *Colias phicomone* auch bei größerer Windstärke aktiv. Hohe Luftfeuchtigkeit, wenig Sonne und geringe Lufttemperaturen scheinen die Aktivität von *Boloria pales* und *Erebia manto* nur gering zu beeinflussen. Dagegen sind diese Wetterbedingungen für die Aktivität von *Aglais urticae*, *Erebia pharte* und *Pieris rapae* ungünstig (Abb. 3).

Auf den Untersuchungsflächen konnten zwischen 08:30 Uhr und 19:30 Uhr adulte Tagfalter beobachtet werden. Die aktuelle Sonneneinstrahlung und damit verbunden die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit sind wesentlich von der Tageszeit abhängig. Die Zahlen der Tagfalter-Sichtungen erreicht ihr Maximum um die Mittagszeit. Die meisten Sichtungen fanden bei Begehungen um 11:30 Uhr statt (Abb. 4). Es bestätigte sich ein hoch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der Tageszeit und der Häufigkeit registrierter Tagfalter (Spearman Rangkorrelation  $r = 0,171$ ,  $p \leq 0,003$ ,  $n = 290$ ; Kruskal-Wallis-Test  $\chi^2 = 141,863$ ;  $p \leq 0,001$ ). Jedoch verzeichnete die Lufttemperatur ihre höchsten Werte um 14:30 Uhr und gleichzeitig erreichte die relative Luftfeuchtigkeit ihr Minimum; die Beleuchtung erreichte um 12:30 Uhr ihren Höhepunkt.



**Abb. 3:** Diagramm der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) der Tagfalterarten in Relation zur Lichtintensität der Sonneneinstrahlung (kLux), zur relativen Luftfeuchtigkeit (Lfk), zum Bewölkungsgrad (Bew), zur Lufttemperatur (Temp) und zur Windgeschwindigkeit (Wind).

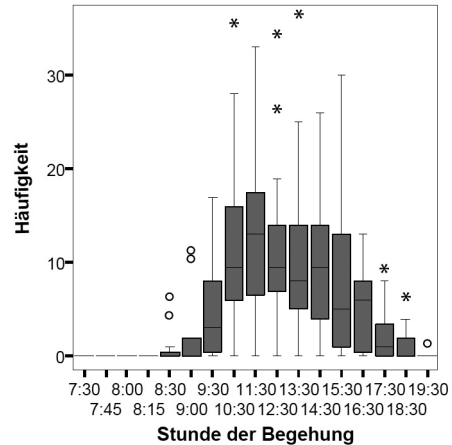
**Diskussion**

In dieser Arbeit wurden jene Wetterbedingungen ermittelt, die gegeben sein müssen, damit vergleichende Untersuchungen von Tagfaltern in Hochgebirgslebensräumen in Mitteleuropa sinnvoll durchgeführt werden können. So konnten 90 % der Tagfalter ab einer Temperatur von 15,5 °C, bei weniger als 62 % relativer Luftfeuchtigkeit und bei wenig Wind sowie bei einer Beleuchtungsstärke von mehr als 31 klx beobachtet werden (Tab. 2). Diese Bedingungen stellen günstiges Wetter für Tagfalter in alpinen Lebensräumen dar und könnten als Rahmenbedingungen für zukünftige Bestandserhebungen im Hochgebirge gelten. Für ein Tagfalter-Monitoring werden üblicherweise 13 °C als Untergrenze angegeben (ALTERMATT et al. 2008, VAN SWAAY et al. 2012). Dieser Temperaturwert wurde in einer methodischen Arbeit angegeben, welche die Minimalforderungen für Tagfaltererhebungen in Großbritannien festlegte (POLLARD 1977). In der vorliegenden, in einem alpinen Untersuchungsgebiet auf 2000 m Seehöhe durchgeführten Studie liegt die untere Temperaturgrenze für zuverlässige Tagfalterbeobachtungen mit 15,5 °C aber deutlich höher. Obwohl schon ab 8,5 °C vereinzelt Tagfalter beobachtet werden konnten, werden bei dieser Temperatur wohl kaum aussagekräftige Daten gesammelt werden können, auch wenn sonst günstige Bedingungen (wenig Wind und viel Sonne) herrschen. Unter der Berücksichtigung des Ergebnisses, dass 90 % der Tagfalter bei einer Temperatur ab 15,5 °C beobachtet wurden, kann daraus geschlossen werden, dass in alpinen Lebensräumen in Mitteleuropa standardmäßiges Tagfalter-Monitoring ab dieser Temperatur (bei sonst auch günstigen Bedingungen) durchgeführt werden kann. Für die quantitative Erfassung von Tagfaltern in Mitteleuropa werden von SETTELE et al. (1999) Minimalbedingungen angegeben, die von 13 °C bei sonnigem Wetter bis 17 °C ohne direkte Sonneneinstrahlung und wenig



Wind ausgehen. In Skandinavien wurde bei einer ähnlichen Untersuchung gezeigt, dass 19°C bei 80–85% Sonnenschein eine wichtige Untergrenze für Tagfalteraktivität darstellt (WIKSTRÖM et al. 2009). Die hier erhobenen Werte liegen in diesem Rahmen und deuten darauf hin, dass auch die Lebensräume im Hochgebirge unter diesen Standardbedingungen erfolgreich untersucht werden können.

Der Großteil der Tagfalterbeobachtungen erfolgte an aktiven Tieren, die im Flug die Transekte überquerten, bei der Nahrungsaufnahme zu sehen waren oder eine kurze Rast beim Sonnenbad einlegten. Mit steigender Lufttemperatur bzw. zunehmender Strahlungsintensität nahm die Häufigkeit der aktiven Tagfalter zu. Für die Aktivität von adulten Tagfaltern konnte keine Obergrenze der Lufttemperatur gefunden werden, die die Aktivität einschränken würde. Für das Tiefland wurden Höchstgrenzen zwischen 28°C und 30°C angegeben (VIELMETTER 1958, DOUWES 1976), die im Untersuchungszeitraum auf den Untersuchungsflächen jedoch nie erreicht wurden. Auch für Sonneneinstrahlung konnte in der aktuellen Studie keine obere Grenze für die Aktivität ermittelt werden. Es kann jedoch erwartet werden, dass eine solche Aktivitätsschranke existiert, da auch alpinen Tagfaltern bei sehr hohen Strahlungsintensitäten die Überhitzung des Körpers droht (SØMME 1989). Allerdings kamen 90% der gesichteten Individuen unter 104 klx vor, was immerhin 14 klx weniger ist als der gemessene Maximalwert. Jedoch kristallisierte sich ein Mindestwert für die Beleuchtungsstärke heraus, der auch mit den anderen abiotischen Faktoren verknüpft ist. Denn aktiv können diese Insekten nur bei entsprechender Körpertemperatur sein, die neben der Lufttemperatur durch aktives Sonnen passiv erhöht werden kann (DOUWES 1976, PIVNICK & MCNEIL 1987, WIKSTRÖM et al. 2009). Die Erhebungsdaten zeigen deutlich, dass die Tagfalter bei wolkenlosem Himmel erwartungsgemäß häufiger anzutreffen sind als bei bewölkter Wetterlage oder bei Niederschlag. Ein Grund, warum bei den geringsten gemessenen relativen Luftfeuchtigkeitswerten keine Sichtungen vermerkt werden konnten, könnte darin liegen, dass gleichzeitig die anderen abiotischen Faktoren eine Aktivität behinderten. Gleichzeitig war eine obere Grenze der Luftfeuchtigkeit bei etwa 85% erkennbar, ab der die Aktivität von Tagfaltern im Hochgebirge eingeschränkt war, was in der Regel mit schlechtem Wetter und Niederschlagsneigung verbunden war. Grundsätzlich sind Falter-Sichtungen bei Windstille bzw. sehr niedrigen Windstärken vermehrt zu erwarten, da bessere Flugbedingungen vorliegen und bei starkem Wind für die Tagfalter die Gefahr besteht, in ungeeignete Habitate verweht zu werden (SØMME



**Abb. 4:** Verteilung der Häufigkeit der gesichteten Tagfalter von 7:30 Uhr bis 19:30 Uhr zwischen 15. Juli und 04. August 2007 auf den Untersuchungsflächen in der Zillertaler Alpen (Querstrich = Median, Box = 1. bis 3. Quartil, Whisker = Min bzw. Max ohne Ausreißer und Extremwerte, \* = Ausreißer (1,5 – 3 × der Boxlänge vom jeweiligen Quartil entfernt), o = Extremwert (> 3 × der Boxlänge vom jeweiligen Quartil entfernt).

1989, HODKINSON 2005). Es wurde jedoch, anders als bei DIGBY (1955), bei Windstärken zwischen 0 m/s und 4 m/s ein deutlicher Anstieg der Tagfalter-Sichtungen bemerkt. Diese Ergebnisse deuten auf eine tolerierbare Windgeschwindigkeit von bis zu 4 m/s hin, die das Flugverhalten der Schmetterlinge nicht wesentlich beeinträchtigt. Die Ergebnisse veranschaulichen, warum lediglich 7,8 % der Varianz der Sichtungen durch die Windstärke erklärt wurden. Deutlich war aber, dass die Tagfalter ab einer Windstärke von 9 m/s die Aktivität einstellten. Das passt gut zu den Angaben, dass die maximal tolerable Windgeschwindigkeit für ein Tagfaltermonitoring bei 3–5 Beaufort liegt (WIKSTRÖM et al. 2009, VAN SWAAY et al. 2012), was einer Windgeschwindigkeit von 3,4 m/s bis 10,8 m/s entspricht.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen nicht nur eine deutliche Abhängigkeit der Beobachtungshäufigkeit der alpinen Tagfalter von den Wetterverhältnissen, sondern auch von der Tageszeit. Die Lufttemperatur und die damit verbundene relative Luftfeuchtigkeit sowie die Sonneneinstrahlung besitzen einen Tagesgang, der die Aktivität und damit auch die Erfassbarkeit von Tagfaltern beeinflussen. Im Untersuchungszeitraum in den Zillertaler Alpen konnten im Zeitintervall von 09:00 Uhr bis 17:30 Uhr 90 % der adulten Tagfalter beobachtet werden. Als günstigen Zeitraum für Transektbegehungen in Schweden wurde 4,5 Stunden vor und 4 Stunden nach dem regionalen Sonnenhöchststand ermittelt (WIKSTRÖM et al. 2009). VAN SWAAY et al. (2012) gibt bei gleichbleibenden günstigen Wetterbedingungen eine maximale Aktivität von 3,5 Stunden vor beziehungsweise nach dem Sonnenhöchststand an. Für die Untersuchungsflächen gilt aber, dass sie aufgrund der Horizontüberhöhung durch die umliegenden Berge erst nach 08:30 Uhr von der Sonne erreicht wurden und daher alle Beobachtungen etwas gegen Abend verschoben waren. Vergleichswerte für das Tiefland aus der Literatur zeigen Sichtungen bereits kurz nach Sonnenaufgang (DOUWES 1976, PIVNICK & McNEIL 1987). Setzt man allerdings die Beschattung der Untersuchungsfläche durch Horizontüberhöhung einem „verspäteten Sonnenaufgang“ gleich, so konnten morgens ähnliche Beobachtungen wie im Tiefland gemacht werden, da bereits eine halbe Stunde nach den ersten Sonnenstrahlen Falter registriert werden konnten. Auffällig ist, dass im Untersuchungsgebiet die Tagfalter relativ lange, in Ausnahmen sogar bis kurz nach 19:00 Uhr aktiv waren, was durch die Hangneigung der Untersuchungsflächen nach Südwesten erklärt werden kann. Daraus folgt, dass besonders im Gebirge auf das Relief der Landschaft geachtet werden muss und gegebenenfalls die üblichen Endzeiten von 16:30 Uhr verlängert werden können. Dies kann hilfreich für die Planung von Untersuchungen auf entlegenen Flächen mit längeren Anmarschwegen sein.

## Zusammenfassung

Die zuverlässige Erfassung adulter Tagfalter setzt die Kenntnis der Wetterbedingungen voraus, die erfüllt sein müssen, damit ein Maximum an Aktivität der Schmetterlinge zu erwarten ist. Das Ziel dieser Arbeit war es diese Rahmenbedingungen in einem hochalpinen Lebensraum zu ermitteln. Die Untersuchungsflächen ( $3 \times 400 \text{ m}^2$  blütenreicher alpiner Rasen in den Zillertaler Alpen auf 2000 m Seehöhe) wurden im Zeitraum von Mitte Juli bis Anfang August 2007 drei Wochen lang täglich bei jeder Wetterlage in stündlichen Intervallen zwischen 7:30 Uhr und 19:30 Uhr begangen. Bei Temperaturen über  $15,5^\circ\text{C}$ ,

bei einer Beleuchtungsstärke von mehr als 31 klx, bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von weniger als 62 % und bei einer Windgeschwindigkeit von bis zu 4 m/s konnten 90 % aller Tagfalter-Sichtungen getätigt werden. Im Untersuchungsgebiet wurden 90 % aller Tagfalter zwischen 09:00 Uhr und 17:30 Uhr beobachtet. Diese Rahmenbedingungen können als Grundlage für standardisierte Untersuchungen adulter Tagfalter in alpinen Lebensräumen in Österreich angesehen werden.

## Danksagung

Wir danken dem Team der Berliner Hütte (DAV) für logistische Unterstützung sowie Frau Denise Weber für das Korrekturlesen und Herrn DI Dr. Helmut Höttinger für einen Literaturhinweis.

## Literatur

- ALTERMATT F., BIRRER S., PLATTNER M., RASMEIER P. & STALLING T. 2008: Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring – Entomo Helvetica, Schweiz 1: 75–87.
- DIGBY P.S.B. 1955: Factors affecting the temperature excess of insects in sunshine. – Experimental Biology 32: 279–298.
- DOUWES P. 1976: Activity in *Heodes virgaureae* (Lep., Lycaenidae) in relation to air temperature, solar radiation, and time of day. – Oecologia 22: 287–298.
- FISCHER R., OSWALD K. & ADLER W. 1994: Exkursionsflora von Österreich. – Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, Verlagshaus Styria, Graz, 1180 pp.
- HARDERSEN S. & COREZZOLA S. 2014: Plot-based butterfly surveys: statistical and methodological aspects. – Journal of Insect Conservation 18: 1171–1183.
- HUEMER P. 2013: Die Schmetterlinge Österreichs. – Studiohefte 12, Tiroler Landesmuseum Innsbruck, 304 pp.
- HEUBERGER H. & TÜRK R. 2004: Gletscherweg Berliner Hütte – Österreichischer Alpenverein, Naturkundlicher Führer, Innsbruck, Band 13, 122 pp.
- HODKINSON I.D. 2005: Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. – Biological Review 80: 489–513.
- LAUBER K. & WAGNER G. 1997: Flora Helvetica. – Haupt Verlag, Bern, 1613 pp.
- PIVNICK K.A. & MCNEIL J.N. 1987: Diel patterns of activity of *Thymelicus lineola* adults (Lepidoptera: Hesperidae) in relation to weather. – Ecological Entomology 12: 197–207.
- POLLARD E. 1977: A method for assessing changes in the abundance of butterflies. – Biological Conservation 12: 115–134.
- ROYER R., AUSTIN J. & NEWTON W. 1998: Checklist and “pollard walk” butterfly survey methods on public lands. – The American Midland Naturalist 140: 358–371.
- SETTELE J., FELDMANN R. & REINHARDT R. 1999: Die Tagfalter Deutschlands. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 452 pp.
- SØMME L. 1989: Adaptions of terrestrial arthropods to the alpine environment. – Biological Review 64: 367–407.

- SONDEREGGER P. 2005: Die Erebien der Schweiz (Lepidoptera: Satyrinae, Genus Erebia). – Verlag Peter Sonderegger, Brügg bei Biel, 712 pp.
- STETTNER C., BRÄU M., GROS P. & WANNINGER O. 2006: Die Tagfalter Bayerns und Österreichs. – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen, 240 pp.
- TOLMAN T. & LEWINGTON R. 1998: Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas. – Kosmos Naturführer, Stuttgart, 317 pp.
- VAN SWAAY C.A.M., BRERETON T., KIRKLAND P. & WARREN M.S. 2012: Manual for Butterfly Monitoring. Report VS2012.010 – De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Butterfly Conservation UK & Butterfly Conservation Europe, Wageningen.
- VIELMETTER W. 1958: Physiologie des Verhaltens zur Sonnenstrahlung bei dem Tagfalter *Argynnis paphia*. – I. Untersuchungen im Freiland. – Journal of Insect Physiology 2: 13–37.
- WIKSTRÖM L., MILBERG P. & BERGMAN K.-O. 2009: Monitoring of butterflies in semi-natural grasslands: diurnal variation and weather effects. – Journal Insect Conservation 13: 203–211.
- ZULKA K.P., ABENSPERG-TRAUN M., MILASOWSZKY N., BIERINGER G., GEREKEN-KRENN B.-A., HOLZINGER W., HÖLZLER G., RABITSCH W., REISCHÜTZ A., QUERNER P., SAUBERER N., SCHMITZBERGER I., WILLNER W., WRBKA T. & ZECHMEISTER H. 2014. Species richness in dry grassland patches of eastern Austria: A multi-taxon study on the role of local, landscape and habitat quality variables. – Agriculture, Ecosystems and Environment 182: 25–36.

### **Anschrift der VerfasserInnen**

Mag. Claudia Hickel, Dr. Barbara-Amina Gereben-Krenn, Dr. Irene Zweimüller,  
Univ-Prof. Mag. Dr. Harald W. Krenn (Korrespondenz-Autor), Department of Integrative  
Zoology, University of Vienna, Althanstrasse 14, A-1090 Vienna, Austria.  
E-Mail: harald.krenn@univie.ac.at