



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Phänologie alpiner Tagfalter entlang eines Höhen-
gradientes in den Zillertaler Alpen“

verfasst von / submitted by

Ekaterina Savchenko BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2017 / Vienna 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 831

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Zoologie UG2002/ Zoology

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.- Prof. Mag. Dr. Harald W. Krenn

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Zusammenfassung.....	3
Abstract	4
1 EINLEITUNG	5
2 MATERIAL UND METHODEN	8
2.1 Untersuchungsgebiet	8
2.2 Erfassung der Tagfalter	12
2.3 Habitatanalyse.....	13
2.4 Geräte und Datenauswertung.....	18
3 ERGEBNISSE	19
3.1 Faunistik	19
3.2 Phänologie	20
3.3 Räumliche Muster	25
3.4 Räumliche Verbreitung und Phänologie von <i>Erebia</i>	33
3.5 Blütenangebot	33
4 DISKUSSION.....	36
4.1 Faunistik	36
4.2 Phänologie	37
4.3 Räumliche Muster	40
4.4 Räumliche Verbreitung und Phänologie von <i>Erebia</i>	43
4.5 Blütenangebot.	45
4.6 Transektbegehung	45
5 LITERATURVERZEICHNIS.....	47
6 ANHANG.....	55

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen für die Unterstützung dieser Masterarbeit bedanken. Mein Dank gilt in erster Linie meinem Betreuer Harald W. Krenn für die besondere Möglichkeit in den Bergen zu forschen, für die Geduld und die Begleitung auf diesem Weg und vor allem für das Vertrauen in mich. Zwei weitere Menschen, Norbert Milasowszky und Lena Nicklas, standen mir nicht nur mit Rat und Tat zur Seite bei, sondern trugen auch inhaltlich bedeutend zu dieser Masterarbeit bei. Hierfür möchte ich Norbert Milasowszky für die statistischen Auswertungen und Lena Nicklas für jeglichen botanischen Beitrag und die Pflanzenbestimmung in den Bergen bedanken. Erwähnen möchte ich auch einige anregende Gespräche mit Barbara-Amina Gereben-Krenn und Irene Zweimüller. Ebenso unverzichtbar war das Korrekturlesen von Eva-Maria Scheiber. Die Übersetzung des Abstracts hat dankenswerterweise Natália Tóthová übernommen. Die Datenerhebung in den Alpen wäre ohne das Förderstipendium der Universität Wien, der finanziellen Unterstützung der Sektion Berlin des Deutschen Alpenvereins und der logistischen Unterbringung und ebenfalls hilfsbereitem Entgegenkommen des Personals der Berliner Hütte, insbesondere dem Hüttenbetreiber Rupert Bürgler, nicht möglich gewesen. Ich möchte schließlich meiner Familie für den Rückgrat in all den Jahren danken.

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit, war es eine Phänologie alpiner Tagfalter (Papilionoidea) oberhalb der Waldgrenze während einer Vegetationsperiode (Sommer 2016) in den Zillertaler Alpen zu dokumentieren. Einen zweiten Aspekt der Arbeit stellte die Beurteilung der räumlichen Verbreitung der Tagfalter und die Beschreibung der Artenzusammensetzung in den verschiedenen Habitaten über ein Höhengradient von fast 700 m in alpinem Raum. Basierend an das *Butterfly Monitoring Scheme*[®] wurde die Methode an die spezifische Fragestellung und an das gewählte Gebiet in den höheren Lagen angepasst. Es wurden 39 Tagfalterarten mit 1385 Sichtungen an 23 Begehungstagen erfasst. Es sind frühfliegenden Arten wie *Colias palaeno*, *Erebia pandrose*, *E. medusa*, *Callophrus rubi* und späterfliegende Tagfalter wie beispielsweise *E. melampus*, *E. eriphyle*, *E. manto* aufgetreten. Entlang des Höhengradientes konnte außerdem eine subalpine von einer alpinen Tagfaltergemeinschaft unterschieden werden. Innerhalb der subalpinen Arten konnten zusätzliche Indikatorwerte für bestimmte Habitate, wie das subalpine Grasland, ermittelt werden. Näher analysiert wurde die räumliche Verteilung der Gattung *Erebia* auf 29 definierten Strecken während der Vegetationsperiode. *Erebia pandrose* trat gegen Ende Juni bis Anfang Juli in allen Höhenlagen (1904 – 2580 m) Seehöhe auf, mit einer deutlichen Präferenz für höhere Lagen. Zu den frühfliegenden Faltern gehört auch *Erebia. medusa*, jedoch mit einer Verbreitung in niedrigeren und mittelhohen Lagen (1904 – 2384 m Seehöhe). *Erebia. pharte* war in den tieferen Lagen (1904 – 2209 m Seehöhe), vor allem in der 2. Hälfte der Untersuchung am häufigsten. *E. melampus*, *E. manto*, *E.euryale* sind gegen Ende Juli mit einem Verbreitungsschwerpunkt in den tieferen Lagen (1904 – 2167 m Seehöhe) beobachtet worden. Zwischen den Arten kann die zeitliche Differenzierung in der Flugzeit und unterschiedliche räumlicher Verteilung in den verschiedenen Habitaten auf unterschiedlicher Höhe, als ein Aspekt der Nischennutzung interpretiert werden. Interessant wären langfristige, regelmäßige Monitoring-Studien mit standardisierten Methoden, um lokale Verschiebungen der Phänologie über längere Zeiträume festzustellen oder um das Auftreten nahverwandter Arten regional vergleichen und deren ökologische Ansprüche besser verstehen zu können.

Abstract

The aim of this master thesis was to document the phenology of alpine butterflies (Papilionoidea) above the tree line during one vegetation period (summer 2016) in the Zillertal Alps. A second aspect of the study was an assessment of the spatial distribution of butterflies and a description of the species composition in the various habitats over a height gradient of almost 700 meters in alpine environment. Based on *Butterfly Monitoring Scheme*[®], the monitoring method was adapted to the research question and the alpine conditions of the area. A total of 39 species of butterflies with 1385 observations were located during 23 of the study. Early flying species e.g. *Colias palaeno*, *Erebia pandrose*, *E. medusa*, *Callophrus rubi* could be distinguished from butterflies with a later flight season such as *E. melampus*, *E. eriphyle*, *E. manto*. Subalpine and alpine butterfly communities could also be distinguished along the altitude gradient. Within the subalpine species, additional indicator values could be determined for certain habitats, such as the subalpine grassland. The spatial distribution of butterflies with a specific focus on representative of genus *Erebia* was analysed in 29 defined transects of the study area. *Erebia pandrose* appeared in late June to early July) in all altitudes (1904 – 2580 m a.s.l.), with a clear preference for higher altitudes. *Erebia medusa* belongs to butterflies with an early flight season, occurred in lower and medium-height sites (1904 – 2384 m a.s.l.). *Erebia pharte* was most abundant in the lower transects (1904 – 2209 m a.s.l.), especially in the second half of the research period. The four registered species: *E. melampus*, *E. manto*, *E. euryale* were observed towards the end of July with main distribution in the lower locations (1904 – 2167 m a.s.l.). Differences between the species in terms of temporal differentiation of the flight season and spatial distribution in the various habitats at the height levels can be interpreted as an aspect of niche partitioning. It would be interesting to carry out long-term, regular monitoring studies using standardized methods to be able to determine local shifts in the phenology over longer time periods, or to compare the occurrence of closely related species regionally to better understand their ecological demands.

1 EINLEITUNG

Es gibt zahlreiche Arbeiten, die sich der Eignung von Schmetterlingen als Bioindikatoren widmen und diese für verschiedene ökologische und naturschutzbedingte Fragestellungen heranziehen (Ehrlich und Murphy 1987; Kremen et al. 1993, Parmesan 2003, Illán *et al.* 2012). Die Vorteile dieser Insektengruppe als Bioindikatoren sind von McGeoch (1998), Thomas (2005) ausführlich zusammengefasst worden. Um nur ein Beispiel heraus zu greifen: für die Gruppe der Tagfalter wurden STI Werte (Species Temperature Index) berechnet (Musche *et al.* 2014, Schweiger *et al.* 2014). Dieser Wert zeigt die mittlere, durchschnittliche Temperatur des Gesamtverbreitungsgebietes einer Art an. Aus allen einzelnen STI-Werten kann wiederum der CTI Wert (Climate Impact Indicator - Zusammensetzung einer Artengemeinschaft hinsichtlich der Temperaturansprüche der in ihr enthaltenen Arten) nach Devictor *et al.* (2012) ermittelt werden. Zahlreiche Studien belegen, dass die CTI Werte der Tagfalter der letzten 30 Jahre die Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur widerspiegeln (Van Swaay *et al.* 2010, Devictor *et al.* 2012, Wiemers *et al.* 2013). In der Studie von Musche und Wiemers (2013) konnte eine Korrelation zwischen jährlichen Schwankungen der Jahresmitteltemperatur und den CTI Werten von Libellen und Tagfaltern nachgewiesen werden. Ein Einfluss der Temperaturverhältnisse zeigt sich auch in der Phänologie der Tagfalter, etwa in der Verschiebung des ersten Erscheinens sowie dem Höhepunkt der Flugzeit und ebenso in der mittleren Flugzeit (Roy und Sparks 2000, Stefanescu *et al.* 2003). Einige Studien verweisen auf einen Zusammenhang zwischen temperaturbedingten Verschiebungen in der Phänologie und des Habitats (Altermatt 2012; Illán *et al.* 2012, Zografou *et al.* 2015). So gibt es nur wenige Studien wie zum Beispiel, Defila und Clot (2001), Warren *et al.* (2001), welche eine Veränderungen der Phänologie sowohl als Folge von Klimaerwärmung oder der Habitat-Veränderung oder der beiden Aspekte in Betracht gezogen haben. Alleine die geographische Lage hat einen Effekt auf die Flugzeitperiode. In Berglagen und höheren Breiten ist die Aktivitätsperiode vieler wechselwarmer Organismen kürzer und somit zeitlich nach hinten verschoben (Gutierrez und Menendez 1998, De Arce Crespo und Gutiérrez 2011). Einige Langzeituntersuchungen

belegen (De Arce Crespo und Gutiérrez 2011, Altermatt, 2012 Zografou *et al.* 2015), dass Unterschiede in der Phänologie nur mit gleichzeitiger Betrachtung der Habitate sinnvoll interpretiert werden können (Altermatt 2012). Solche Erkenntnisse sind jedoch ausschließlich durch Langzeitbeobachtungen erzielbar (Parmesan 2006) und stellen Grundlage europaweiter, standardisierter Monitoringprojekte dar (Altermatt *et al.* 2008). Bisher wurden Schmetterlinge überwiegend in den tieferen Regionen untersucht, allerdings sprechen auch mehrere gewichtige Argumente für eine Untersuchung der alpinen Schmetterlingsfauna. Die bereits erwähnten Habitatsveränderungen (oder auch Verluste) unterliegen meistens anthropogenen Einflüssen (Fischer und Lindenmayer 2007). Die Alpen beherbergen noch einige, vergleichsweise wenig anthropogen beeinträchtigte, naturnahe Lebensräume (Huemer und Pennerstorfer 2004; Stettmer *et al.* 2011; Pennerstorfer 2013). Außerdem gehören alpine Landschaften zu den Hot-Spots der Biodiversität (Grabherr *et al.* 2000). Zusätzlich besteht ein Bedarf an Untersuchungen in anderen geographischen Gebieten, die schnell und sensibel auf Klimaerwärmung reagierten und sich in Verschiebung der Verbreitung im Höhengradient manifestierten (De Arce Crespo *et al.* 2011). Durch phänologische Untersuchungen müssen nicht unbedingt langjährige, globale (klimatische) Fragestellungen beantwortet werden. Auch Schmetterlinge, die auch im Tiefland vorkommen, weisen interessante Anpassungen an die ökologischen Bedingungen des Gebirges auf. So haben beispielsweise Arten in höheren Lagen andere Entwicklungs- und Überwinterungsstadien. Die Studien von Wiemers (2008) zeigte, dass *Coenonympha glycerion* nur in höheren Lagen einen monovoltinen Lebenszyklus besitzt. Andererseits benötigen manche Arten der Gattung *Erebia* für ihre Entwicklung zwei oder mehrere Jahre (Forster und Wohlfart, 1954; Embacher, 1996). Österreich gehört mit 4 071 nachgewiesenen Arten an Lepidopteren (Huemer 2013), zu den artenreichsten Gebieten Europas (Huemer und Pennerstorfer, 2004). Anzumerken ist der österreichische Alpenanteil, der 62,25 % der Landesfläche ausmacht (Ferjančič *et al.* 2009, Statistik Austria 2017). Die Artenzahl nimmt zwar mit zunehmender Höhenlage ab (Embacher 1996, Habeler 2001a), dafür konnten 35 endemische und subendemische Arten in Österreich nachgewiesen werden (Huemer 1998, Rabitsch *et al.* 2009), die entweder nur in Gebirgsregionen vorkommen oder dort

ihren Verbreitungsschwerpunkt haben (Huemer 1998). Der hohe Wert in diesen Lebensräumen wird beim Vergleich mit der Roten Liste Bayern und Österreichs deutlich. Einige in Deutschland ausgestorbene oder stark gefährdete Arten haben ihre Verbreitung in den Alpen, wie zum Beispiel *Parnassius phoebos* (Stettmer *et al.* 2011). Die in Österreich kürzlich durchgeführten Projekte (Lepidoptera oft the Alps – Austrian Barcode of Life, Blühendes Österreich und GLOBAL 2000 - Zählung und Sichtung von Tagfaltern mit einer kostenfreien Schmetterlings-App) oder „Viel-Falter“ liefern einen großen Beitrag zur Neubewertung, der (auch alpiner) Artenvielfalt (Huemer, 2015). Andere Studien in den höheren Lagen untersuchen entweder die Faunistik (Embacher 1996, Habeler 2001b; Embacher *et al.* 2011), gehen nur auf eine bestimmte Art oder Gruppe ein (Ortner und Lechner 2008, Aistleitner 2010) oder beschäftigen sich hauptsächlich mit den Zusammenhängen von Artengemeinschaften und ihren Habitaten (Erhard 1998, Huemer und Tarman 2001, Zöchling und Fiedler 2015). In der Diplomarbeit von Schnepf (2010) wurde die Höhenverbreitung tagaktiver Schmetterlinge oberhalb der Waldgrenze (Stubai Alpen) untersucht. Dabei wurden aber keine Aussagen zu der Phänologie der Tagfalter gemacht. Besonders ausführliche, fundierte Vergleichsliteratur zu Daten in der Phänologie im alpinem Raum stellt das Werk von Sonderegger (2005) dar. Dort werden sowohl höhenspezifische Unterschiede in der Phänologie, dem Erscheinungsbild und anderen biologische Anpassungen die Gattung *Erebia* behandelt.

Im Rahmen der vorgelegten Studie wurde die Phänologie aller vorkommender Tagfalter aus der Überfamilie Papilionoidea (Regier *et al.* 2013) während einer Vegetationsperiode (Sommer 2016) untersucht. Um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurde die Erhebungsmethode des *Manual for Butterfly Monitoring* den Bedingungen des Hochgebirges angepasst, da sich die Rahmenbedingungen aktueller Monitorings zum größten Teil auf Untersuchungsgebiete im Tiefland beziehen (Van Swaay *et al.* 2012). Es lässt sich auch keine ausreichend detaillierte Beschreibung zu Untersuchungen im Gebirge aus dem Biodiversitäts-Monitoring der Schweiz (2008) ableiten. Jedoch werden in der Schweizer Anleitung eine verkürzte Aufnahmezeit vom 30.06 – 24.08 für das Gebirge vorgeschlagen, da sich die Vegetationsperiode mit zunehmender Höhe verkürzt (Sømme 1989, Körner 1999; 2003). Eine Studie

über geeignete Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern in alpinen Lebensräumen wurde im Jahr 2007 in Tirol durchgeführt. Aus dieser Untersuchung wurden die Rahmenbedingungen für abiotische Parameter bezogen (Hickel *et al.* 2016).

Die vorliegende Arbeit untersucht die Faunistik und das phänologische Auftreten alpiner Tagfalter. Das zweite Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der räumlichen Verbreitung sowie der Artenzusammensetzung in den Habitaten in verschiedenen Höhenlagen. Im Vordergrund steht die Analyse der räumlichen Verbreitungsmuster im Verlauf der Vegetationsperiode.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Untersuchungsgebiet

Ort dieser Erhebung der Tagfalter waren die zentralen Ostalpen im Zillertal (Österreich, Tirol). Die untersuchten Strecken starten in der Nähe des Gasthauses Alpenrose (Abb.1) auf 1904 m Seehöhe (47°1'20.29"N, 11°48'14.36"E) und enden oberhalb des Schwarzensees auf 2580 m Seehöhe (47° 2'23.83"N, 11°50'0.06"E). Der gesamte Weg hatte eine Länge von 4,48 km und einer Höhendifferenz von 676 m (Bezugssystem WGS84 - World Geodetic System, 1984). Der überwiegende Teil der Begehungsstrecke ist ein markierter Weitwanderweg, der auch als „Berliner Höhenweg“ bezeichnet wird Klier *et al.* (2013).

Auf dem gesamten Weg wurden 30 Messpunkte nach einem Zufallsdesign festgelegt, die jeweils einen Start- und einen Endpunkt einer Strecke ergeben (Abb.1). Es wurden Koordinaten der Messpunkte notiert (Anhang 1-Strecken) und mit Holzstäbchen markiert. Folglich stellt die Verbindung der 29 Strecken den Begehungsweg dar. Bedingt durch unterschiedliche Steigung, beträgt die Länge einer Strecke zwischen 100 bis zu 250 m bei einer durchschnittlichen Höhendifferenz von 25 m. Die ersten Strecken haben bei einer W-O-Gehrichtung mit einer schwachen W-NW Exposition der weiten, offenen Flächen. Mit zunehmender Höhe ändert sich der Verlauf des Weges nach N-O und der Hang,

mit seinen großflächigen, von Gletscher geschliffenen Gneisplatten (Kilian *et al.* 1994, Schwendinger und Pindur 2014) ist nach Westen geneigt. Der weitere Weg in N-NW Richtung geht von einer SW Exposition in eine Südexposition bis zur Berliner Hütte über. Die Berliner Hütte auf 2042 m stellt den Talschluss des südöstlichen Zemmgrunds dar. Ab hier befinden sich die Untersuchungsstrecken auf dem Berliner Höhenweg mit einer variierenden S-SO Hangexposition bei etwa N-O Gehrichtung. Der letzte Abschnitt beginnt beim Schwarzensee auf 2475 m und weist einen steilen, W-S exponierten Hang auf. Der letzte Punkt der Strecke auf 2580 m Seehöhe ist gleichzeitig die Weggabelung des Berliner Höhenwegs, die in O-NO Richtung zur Greizer Hütte führt oder den Abstieg über Floitengrund nach Ginzling ermöglicht.

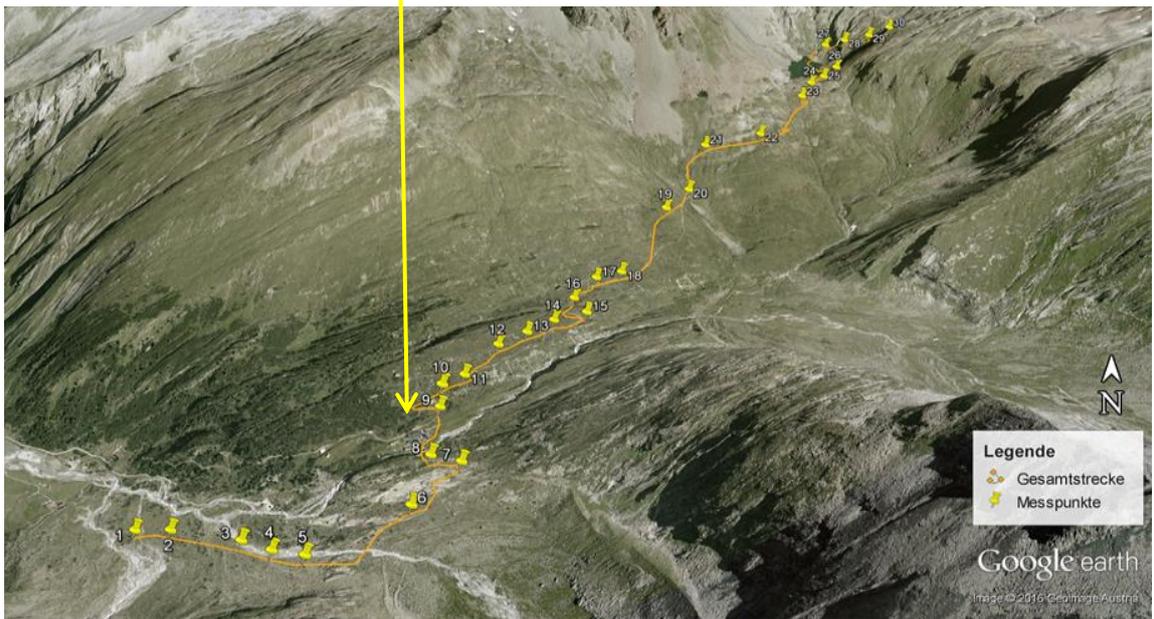
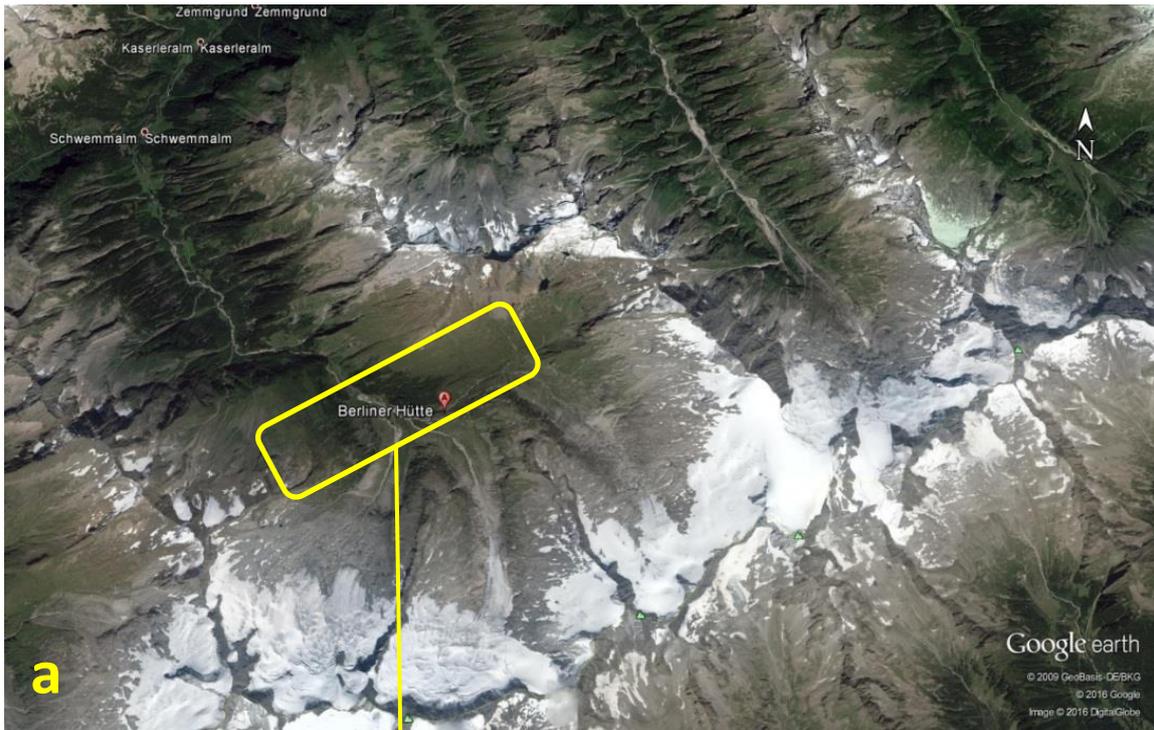


Abb.1

a: Das Untersuchungsgebiet in den Zillertaler Alpen auf der Nordabdachung des Alpenhauptkammes (Zemmgrund, Tirol, Österreich – Bezugskoordinaten der Berliner Hütte als Orientierungspunkt: 47° 1'27.99"N, 11°48'46.28"E)

b: Der gesamte Begehungsweg mit den eingeteilten Strecken. Die Messpunkte (1-30) stellen jeweils den Start- bzw. Endpunkt der Strecken dar.

Tab. 1: Häufigkeiten adulter Tagfalter (von 26.07. bis 15.08.2016) auf den 29 Untersuchungsstrecken (Von 47°1'20.29"N, 11°48'14.36"E bis 47° 2'23.83"N, 11°50'0.06"E; Bezugsystem WGS84 von 1906 – 2580 m Seehöhe, Zillertaler Alpen). Alle registrierten, aber nicht mit Sicherheit bestimmte Individuen, sind in der Gruppe „Summe aller nicht determinierter Individuen“ zusammengefasst. Abkürzungen nach Neumayer et al. (2005), Nomenklatur nach Huemer (2013).

Arten	Abkürzung	Individuen-Anzahl
Papilionidae		
<i>Parnassius phoebus</i> (Fabricius, 1793)	Par pho	23
Pieridae		
<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1785)	Ant car	1
<i>Aricia eumedon</i> (Esper, 1780)	Ari eum	10
<i>Colias crocea</i> (Fourcroy, 1785)	Col cro	1
<i>Colias palaeno</i> (Linnaeus, 1761)	Col pal	32
<i>Colias phicomone</i> (Esper, 1780)	Col phi	35
<i>Colias</i> sp.		4
<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	Gon rha	4
<i>Pieris bryoniae</i> (Hübner, 1806)	Pie bry	30
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	Pie nap	1
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	Pie rap	19
<i>Pieris</i> sp.		57
<i>Pontia callidice</i> (Hübner, 1800)	Pon cal	1
Hesperiidae		
<i>Carterocephalus palaemon</i> (Pallas, 1977)	Car pal	3
<i>Pyrgus cf. Alveus</i> (Hübner, 1803)	Pyr alv	1
<i>Pyrgus serratulae</i> (Rambur, 1839)	Pyr ser	3
Lycaenidae		
<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus 1758)	Cal ru	7
<i>Cupido minimus</i> (Fuessly, 1775)	Cup min	9
<i>Cupido osiris</i> (Meigen, 1829)	Cup os	4
<i>Lycaena tityrus</i> (Poda, 1761)	Lyc tit	1
<i>Maculinea arion</i> (Linnaeus, 1758)	Mac ar	10
<i>Plebejus (Vacciniina) optilete</i> (Knoch, 1781)	Ple opt	12
<i>Agriadens orbitulus</i> (De Prunner, 1798)	Agr orb	11
<i>Polyommatus semiargus</i> (Rottemburg, 1775)	Pol sem	87
Nymphalidae		
<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus, 1758)	Agl urt	73
<i>Boloria euphrosyne</i> (Linnaeus, 1758)	Bol eup	40
<i>Boloria pales</i> ([Denis & Schiffermüller] 1775)	Bol pal	17
<i>Boloria selene</i> ([Denis & Schiffermüller] 1775)	Bol sel	11
<i>Boloria</i> sp.		30
<i>Coenonympha gardetta</i> (Prunner, 1798)	Coe gar	276
<i>Erebia eriphyle</i> (Freyer, 1836)	Ere eri	9
<i>Erebia euryale</i> (Esper, 1805)	Ere eur	25
<i>Erebia manto</i> ([Denis & Schiffermüller] 1775)	Ere man	7
<i>Erebia medusa</i> ([Denis & Schiffermüller] 1775)	Ere med	116
<i>Erebia melampus</i> (Fuessly, 1775)	Ere mel	28
<i>Erebia pandrose</i> (Borkhausen, 1788)	Ere pan	197
<i>Erebia pharte</i> (Hübner, 1804)	Ere pha	71
<i>Erebia</i> sp.		16
<i>Euphydryas cynthia</i> ([Denis & Schiffermüller] 1775)	Eup cyn	1
<i>Euphydryas intermedia</i> (Ménétriés, 1859)	Eup int	6
<i>Lasiommata petropolitana</i> (Fabricius, 1787)	Las pet	2
<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	Van ata	6
<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	Van car	59
Summe aller Individuen		1385
Auf Gattungsniveau determinierte Arten		121
Nicht determinierte Individuen*		29
Summe aller nicht-determinierter Individuen		150
Summe determinierter Individuen		1235

Mit * markierte Falter sind zu schnell über den Transekt geflogen, weshalb keine Bestimmung möglich war.

2.2 Erfassung der Tagfalter

Erfasst wurden alle tagaktiven Schmetterlingsimagines aus der Überfamilie Papilionoidea (Regier *et al.* 2013). Diese werden für die weitere Arbeit unter dem Begriff Tagfalter zusammengefasst. Im Vorfeld definierte Strecken wurden regelmäßig, mit einer langsamen, konstanten Geschwindigkeit von ca. 1 km/h begangen und dabei alle gesichteten Tagfalter notiert. Trotz der Streckenlänge kann von einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse ausgegangen werden, da pro Strecke einheitlich zwischen 12 – 15 min an Gehzeit benötigt wurde. Die Gehrichtung, die Tageszeit und die Startstrecke der Begehung wurden täglich variiert, um möglichst hohe Variabilität der Daten zu erzeugen.

Die Bestimmung der Tagfalter erfolgte im Flug oder nach Netzfang. Nachbestimmung wurden mit den Bestimmungsbücher von Tolman und Lewington (1998), Sonderegger (2005), Stettmer *et al.* (2011), und Ferretti (2015) durchgeführt. Die nicht eindeutig bestimmbaren Arten, welche zu schnell vorbeigeflogen sind, sind in der Gruppe „Nicht determinierte Arten“ (Tab. 1) notiert und für keine weiteren Auswertungen verwendet worden. Von wenigen *Erebia* – Arten und zwei Arten der Bläulinge wurden zur sicheren Bestimmung Belegexemplare angelegt.

Methodisch orientiert sich die Datenerhebung an der Transektbegehung vom *Butterfly Monitoring Scheme* (Yates und Pollard 1993), welche sich sowohl in der ursprünglichen Fassung, als auch seitdem in leicht abgewandelter Form (Van Swaay *et al.* 2008) europaweit in der Forschung etablieren konnte. Die einzuhaltenden Kriterien für eine standardisierte Erhebung sowie spezielle Bedingungen zu Erhebungen in einzelner Länder sind im *Manual for Butterfly Monitoring* (Van Swaay *et al.* 2012) erläutert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Methode der Transektbegehung an das alpine Gebiet und an die spezifische Ausgangsfragestellung angepasst. Im Wesentlichen lagen die Unterschiede zu *Butterfly Monitoring Scheme* im Begehungszeitraum, den 23 Begehungstagen und der Breite der Erfassung der Tagfalter neben dem Weg. Nach den üblichen Vorgaben sollen alle Tagfalter 5 m rechts, links und oberhalb des Beobachters erfasst werden (Van Swaay *et al.* 2002). Diese Kriterien waren

auf Grund geringer Breiten des Weges (teilweise weniger als 2 m breit) sowie angrenzende Felsen, verbunden mit einer gewissen Einschränkung der Zugänglichkeit, nicht durchführbar. Die wesentlichen Parameter der Begehung und die Rahmenbedingungen der Methode sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Wetterbedingungen und Streckenkriterien für die Datenerfassung der Tagfalter im Zemmgrund (Zillertaler Alpen). Abiotische Parameter modifiziert nach Hickel et al. (2016).

Untersuchungszeitraum	27.06 - 15.08.16
Temperatur	> 15,5 °C
relative Luftfeuchtigkeit	< 62 %
Strahlungsintensität	> 31 klx
Windgeschwindigkeit	< 4 m/s
Länge jeder Strecke	150 - 200 m
Höhendifferenz jeder Strecke	25 m
Gesamtlänge aller Strecken	4,48 km
Breite des Erhebungsraumes	< 5 m
Tageszeit für die Aufnahme	09:00 - 17:30
Begehungszeit für eine Strecke	12-15min

2.3 Habitatanalyse

Für die Habitatanalyse wurden zunächst die einzelnen Strecken (Anhang 1 Strecken) entsprechend der Kategorien der FFH-Lebensräume eingeteilt (Ssymank *et al.* 1998, Balzer *et al.* 2004). Die verwendeten Bezeichnungen der Lebensraumtypen auf den Strecken und Zahlen des EU-Code der Lebensraumtypen entsprechen der neuesten Fassung des Anhang I der FFH – (Korkeaaaja, 2006). Die zugeteilten Lebensraumtypen gehören in etwa den folgenden Kategorien an: Boreo-(sub)alpines Grasland auf Silikatsubstraten (6150), alpine und boreale Heiden (4060), Buschvegetation mit *Pinus mugo* (Latschen) und *Rhododendron hirsutum* (Alpenrose) (4070), subarktische Weidegebüsch (4080), Silikatschutthalden der montanen, nivalen Stufe (8110). Die Trennung zwischen der Zuordnung vom subalpinen und alpinen Grasland wurde anhand der aktuellen Waldgrenze im Untersuchungsgebiet bei 2142 m Seehöhe gewählt. Analog die Differenzierung zwischen subalpinen und alpinen Heiden. Einen Vermerk erhielten Flächen mit permanenten Wasserquellen oder stark von Feuchtigkeit geprägte Bereiche. Es handelte sich

um Niedermoore, Quellfluren, Wasserfälle oder Bachläufe. Da sich unter den beschriebenen FFH-Lebensräumen kein adäquater Typ befand, wurden solche Flächen als Bereiche mit Niedermoor-Charakter aufgefasst. Zusätzlich ist an den 30 Start- bzw. Endpunkten jeder Strecken eine Vegetationsaufnahme durchgeführt worden (Radius 3 m vom Markierungsholzstäbchen). Die Nomenklatur und Bestimmung der Pflanzen erfolgte nach Fischer *et al.* (2008), die erstellte Artenliste wurde mit der Kartierung von Niklfeld und Schrott-Ehrendorf (2007) abgeglichen. Aus allen erhobenen Pflanzen lassen sich Zeigerwerte nach Landolt *et al.* (2010) tabellarisch entnehmen. Die Mittelwerte der Feuchtezahl, Reaktionszahl, Nährstoffzahl, Lichtzahl und Temperaturzahl an den Start- und Endpunkte der einzelnen Untersuchungsstrecken geben einen Näherungswert der Umweltbedingungen der Weg-Strecken an und können als Umweltparameter interpretiert werden (Anhang_2 Landolt-Werte). Um einen fundierten Näherungswert für die Beurteilung eines Standortes zu erhalten, wurden pro untersuchte Strecke 22 – 52 Pflanzenarten berücksichtigt. Mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse (PCA – Principal Component Analysis) konnten aus den sechs Landolt-Zeigerwerten und der Seehöhe als die siebte Variable die Daten auf ein Zwei-Faktoren-Modell reduziert werden (Tab. 3). Die erste Hauptkomponente erklärt 45,9 % der Variabilität und kann als Seehöhe-, Temperaturzahl-, Reaktionszahlgradienten interpretiert werden. Die zweite Achse repräsentiert die Humuszahl, Lichtzahl sowie Feuchtezahl und erklärt 34,7 % der Variation. Auf Basis der Daten ergeben sich zwei unabhängige Umweltgradienten, die 80,6 % der Gesamtvariation auf den Strecken erklären. Es lassen sich vier Lebensraumtypen anhand der Vegetation (repräsentiert zwischen 6-8 Strecken) entlang des Untersuchungsweges einteilen (Abb.2).

Lebensraumtyp 1: Dieser Lebensraumtyp wird als subalpines Grasland (zwischen 1904 – 2097 m Seehöhe) bezeichnet. Zusammengefasst sind diese Strecken als eine Mischung aus subalpinem Grasland dominiert von *Nardus stricta* auf Silikat-Substraten, mit Buschvegetation mit *Pinus mugo* und *Rhododendron hirsutum* und Weidebuschvegetation. Es sind die Strecken 1-10, wobei 7 und 8 eine Ausnahme darstellen. Sie sind dem folgendem Lebensraumtyp 2 zugeteilt.

Lebensraumtyp 2: Dieser Lebensraumtyp wird im Weiteren als subalpine Zwergstrauchheiden bezeichnet. Ab hier dominieren subalpine (Zwergstrauch)-Heiden mit auslaufender Buschvegetation (*Pinus mugo* und *Rhododendron hirsutum*). Besonders geprägt sind diese Strecken durch Bereiche mit Niedermoorcharakter oder permanenten Wasserquellen mit Tümpeln. Die Strecken 11-16 befinden sich auf offener Fläche ohne nennenswerte Hangneigung. Sie sind durch die besondere Lage windgeschützt (vor allem zwischen 2135 – 2152 m Seehöhe). Die Strecken weisen einen hohen Anteil von Zwergsträuchern, wie *Juniperus comunis*, *Calluna vulgaris* und *Vaccinia sp* auf. Im Umkreis ist vereinzelt *Pinus cembra* zu finden. Am Ende Strecke 11 ist das Alpenrosen- und Latschengebüsch auslaufend, dort ist die aktuelle Baumgrenze erreicht (2143 m Seehöhe). Hauptsächlich befindet sich dieser Lebensraumtyp auf den Strecken zwischen 2135 – 2209 m Seehöhe, mit der Ausnahme der Strecke 7 und 8 die tiefer liegen. Diese sind teils von *Trichophorum cespitosum* dominierte, stark von Feuchtigkeit geprägte, offene Flächen mit Niedermoorcharakter (im Wasser stehend) ebenfalls mit Buschvegetationen) und Weiden.

Lebensraumtyp 3: ist der Übergang von subalpinen in alpine Zwergstrauchheiden. Es handelt sich um offene Flächen in der Zwergstrauch-Heide der alpinen Höhenstufe auf silikatischem Boden. Stellenweise ist auch alpines, borstgrasreiches Grasland zu finden welches mit der Höhe größeren Anteil hat. Teilweise ist frisches, teilweise blütenreiches Grasland vorhanden. Dieser Lebensraumtyp wird als alpine Zwergstrauchheide zusammengefasst und liegt zwischen 2209 – 2417 m Seehöhe.

Lebensraumtyp 4: Beginnt ab etwa 2417 m Seehöhe. Auf der Strecke 23 findet der Übergang von der alpinen Zwergstrauchheide in das alpine Grasland mit überwiegend *Nardus stricta* (Borstgras) und *Carex sempervirens* (Horstsegge) statt. Es kommen noch vereinzelt Zwergsträucher der Familie Ericaceae vor, die bis zur Strecke 24 immer stärker an Bedeutung verlieren. In größerer Höhe wird *Carex sempervirens* von *Carex curvula* abgelöst und es beginnt ein borstgrasreicher Krummseggenrasen. Vereinzelt sind Silikatschutthalden der alpinen bis nivalen Stufen vermerkt worden. Die Strecken laufen in einen steilen Hang aus, der den Silikatschutthalden der alpinen bis nivalen Stufe zuzuordnen

ist und einen hohen Anteil an Feinerde aufweist. Der Lebensraumtyp 4 befindet sich zwischen 2417 – 2580 m Seehöhe und wird als alpines Grasland auf Silikatsubstraten benannt.

Tab. 3: Hauptkomponentenanalyse (PCA) vom Datensatz der Umweltparameter mit sieben Variablen: Landoltmittelwerte der Temperatur-, Licht-, Feuchte-, Reaktions-, Nährstoff-, Humuszahl und der Seehöhe an den Start- und Endpunkten 29 Untersuchungsstrecken. Der prozentuelle Anteil der Varianz jeder Komponente ist in den Spalten angegeben. Faktorwerte über 0,8 sind fettgedruckt. Rotation: Varimax mit „Kaiser-Normalisierung“

	PC1 (45,9%) x-Achse	PC2 (34,7%) y-Achse
Landolt-Temperaturzahl	0,855	0,404
Landolt-Lichtzahl	-0,541	-0,788
Landolt-Feuchtezahl	-0,327	0,810
Landolt-Reaktionszahl	0,852	-0,181
Landolt-Nährstoffzahl	0,716	-0,271
Landolt-Humuszahl	-0,013	0,975
Seehöhe	-0,876	-0,095

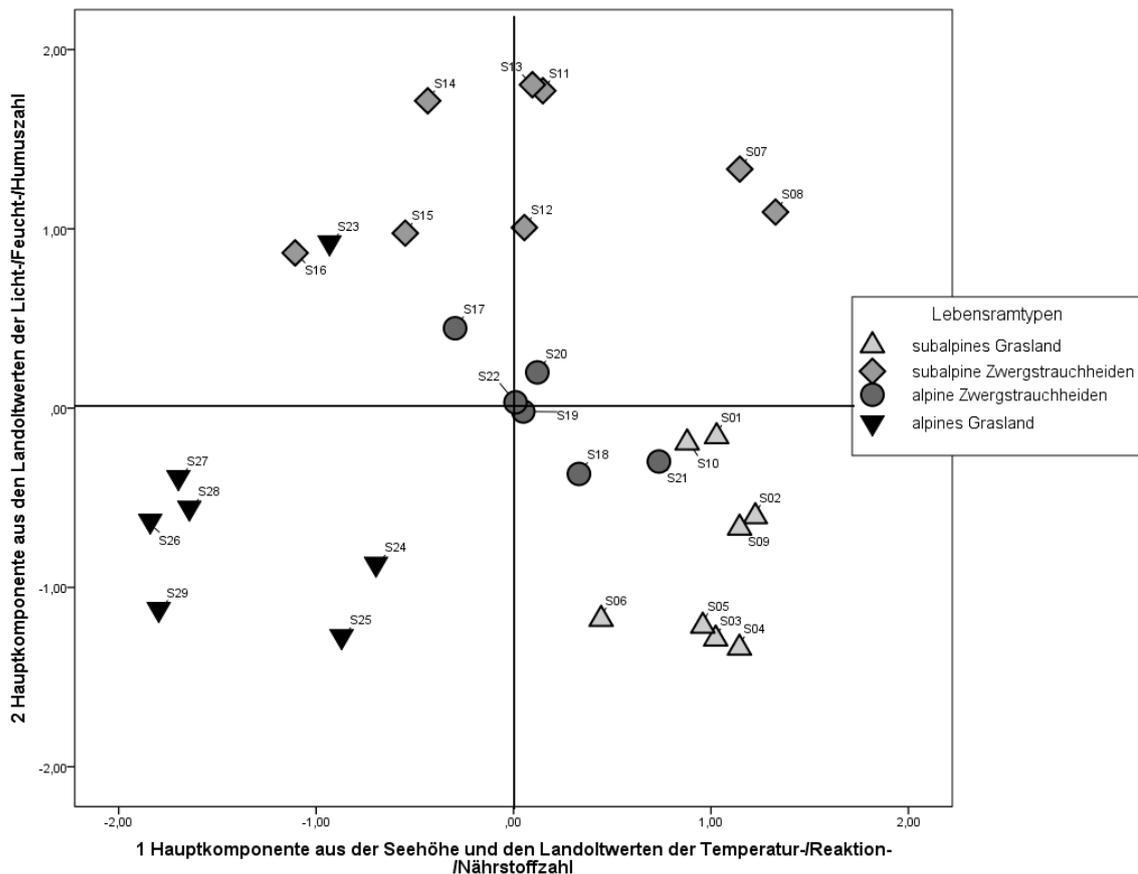


Abb. 2: Beschreibung der 29 Untersuchungsstrecken durch die Auftragung der Faktorladungen nach der Datenreduktion von Umweltparametern der erhobenen Pflanzen und der Seehöhe. Die ersten Hauptkomponenten auf der x-Achse ist die Seehöhe mit den Landoltwerten der Temperatur-/Reaktion-/Nährstoffzahl und die zweite Hauptkomponente auf der y-Achse mit den Landoltwerten der Licht-/Feuchte/Humuszahl. Die Einteilung der Strecken auf die vier Lebensraumtypen erfolgte auf Grund der vorgefundenen Pflanzengemeinschaften. Die vier Lebensräume sind zwischen 6-8 Strecken repräsentiert

Das Blütenangebot wurde quantitativ am Anfang- und Endmesspunkt (3 m Radius) in jeder Strecke abgeschätzt. In diesem Sinne wurde das Blütenangebot nur quantitativ bewertet. Auf die Qualität der Blüten als Nahrungsquelle für die einzelnen Falter ist nicht eingegangen worden. Im Rahmen der Fragestellung soll nur auf einen Zusammenhang zwischen den Individuenzahlen der Tagfalter und dem Blütenangebot eingegangen werden. Gezählt wurden die Blüten der Pflanzen einmal pro Woche oder bei längerer Schlechtwetterperiode, nach jeweils sieben sonnigen Tagen. Bei der Blütenzählung wurden etwa fünf verschiedene Blütenstandsform berücksichtigt (Troll 1957, Weberling und Schwantes 1975, Sitte et al. 2008) In der Tabelle 4 sind die häufigsten Vertreter der fünf Kategorien zusammengefasst.

Tab. 4: Liste einiger Vertreter unterschiedlicher Blütenstandsformen nach Bresinsky et al., (2008) auf 30 Messstellen (im 3 m Radium vom Holzmessstäbchen) der Begehungsstrecken.

BSF1: Euanthium	Einzelblüte repräsentiert die Blume
	Alle Blumen mit maximal drei Blüten am Blütenschaft gehören zu dieser Gruppe. Beispiele: <i>Campanula barbata, Cardamine resedifolia, Gentiana acaulis, Geum montanum, Pinguicula alpina, Pinguicula vulgaris, Potentilla aurea, Potentilla erecta, Primula minima, Ranunculus montanus, Soldanella alpicola, Viola biflora</i>
BSF2: Infloreszenz	Einzelblüten im Blütenstand
	Beispiele: <i>Achillea moschata, Aster bellidiastrum, Crepis aurea, Hieracium pilosella, Homogyne alpina, Leontodon helveticus, Leontodon hispidus, Leucanthemopsis alpina, Phyteuma hemisphaericum, Trifolium badium, Willemetia stipitata</i>
BSF3: Ähre/Traube	Einzelblüten auf ährenförmigen sowie traubenförmigen Blütenständen.
	Bei der Aufnahme wurden vor allem kleine Pflanzen die meistens an einem Stängel kleine Blüten aufwiesen berücksichtigt. Beispiele: <i>Gymnadenia conopsea, Myosotis alpestris, Orchis mascula, Pedicularis tuberosa, Petrorhagia saxifraga, Pritzelago alpina, Prunella vulgaris, Pseudorchis albida, Pyrola minor, Rhinanthus glacialis.</i>
BSF4: Sträucher	Einzelblüten auf ausdauernden Gehölzpflanzen
	Beispiele: <i>Loiseleuria procumbens, Rhododendron ferrugineum, Thymus praecox, Vaccinium gaultherioides, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea.</i>
BSF5: Dolden/Rispen	Einzelblüten vielverzweigt, rispenförmig oder doldenförmig am Stängel
	Beispiele: <i>Cerastium fontanum, Ligusticum mutellina, Lotus corniculatus, Silene rupestris, Silene vulgaris.</i> Ebenso sind Einzelblüten berücksichtigt, die eibe Blüten am Blütenschaft aufweisen (Euanthium), jedoch immer in einem größeren Verband auftreten: <i>Saxifraga aspera, Saxifraga paniculata, Saxifraga stellaris.</i>

2.4 Geräte und Datenauswertung

Die abiotischen Parameter sind vor dem Start jeder Begehung und jeweils nach 100 Höhenmeter in 50 cm Höhe unbeschattet über den Boden gemessen und notiert worden. Für die Messung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit diente ein digitales Messgerät Type TESTO 625. Die Ermittlung der Beleuchtungsstärke erfolgte mit dem Luxmeter MINILUX, die Erfassung der GPS-Daten mit GARMIN GPS-Handgerät Geko 301, (Bezugssystem WGS84). Die Windstärke wurde gemäß der Beaufortskala festgehalten, der Bewölkungsgrad auf einer 6-stufigen Skala abgeschätzt. Die Messungen dienten der Kontrolle der Wetterbedingungen, die eine zuverlässige Erfassung der Tagfalter in diesem Gebiet möglich machen (Hickel *et al.* 2016).

Die Voruntersuchungen fanden vom 23. Juni bis zum 27. Juni 2016 statt und die Datenerhebung vom 28. Juni bis zum 15. August 2016. Von 49 Tagen konnten auf Grund der ungeeigneten Wetterverhältnisse nur an 23 Tage Schmetterlinge erfasst werden. Vom 10. Juli bis zum 17. Juli 2016 konnten bedingt durch Schneefall keine Untersuchungen durchgeführt werden. Die erste Untersuchung nach dem Schneefall fand am 18. Juli 2016 nachmittags statt, um zuvor ausreichend Erwärmung abzuwarten.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel[®], SPSS 24.0 für Windows[®]. Für die Datenreduktion der Umweltparameter wurde eine Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis) verwendet. Für diese PCA Analyse wurde eine rotierende Komponenten-Matrix erstellt und als Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normierung eingesetzt. Die Ähnlichkeiten der Tagfaltergemeinschaften sind mittels Metrischer Multidimensionaler Skalierung (MDS) unter Verwendung von Präsenz-Absenz-Daten berechnet worden. Als Ähnlichkeitsmaß diente der Lance und Williams- Index (Lance und Williams 1976). Die Korrelation des Blütenangebotes und der Arten-/Individuenzahlen der Tagfalter ist mittels Pearson Korrelationskoeffizienten berechnet worden. Als nicht parametrische Testverfahren wurden der Mann-Whitney U-Test und der Kruskal-Wallis H-Test herangezogen. Als Biodiversitätsmaße wurden neben Arten- und Individuenanzahl auch der

Dominanzindex (D) berechnet. Aus dem Dominanzindex lassen sich nach Engelmann (1978) Dominanzklassen zuweisen: $D > 32\%$: eudominant, 10-31,9 %: dominant, 3,2-9,9 %: subdominant, 1,0-3,1 %: rezedent, 0,32-0,99 %: subrezedent, sporadisch $< 0,32\%$. Für die Präferenz eines Lebensraumtypes wurden Arten mit mehr als fünf Beobachtungen und mehr als 50% Sichtungen auf einem Habitattyp gewertet (Neumayer *et al.* 2005). Zusätzlich wurde eine Indikator Species Analyse (MjM Software Design - PC-ORD 5.31) nach Dufrêne und Legendre (1997) durchgeführt. Dieses Verfahren bietet eine einfache Lösung für das Problem der Bewertung von Arten, die mit Gruppen von Stichprobeneinheiten assoziiert sind. Es verbindet Informationen über die Konzentration der Artenvielfalt in einer bestimmten Gruppe und die Stetigkeit des Auftretens einer Spezies in einer bestimmten Gruppe. Kombiniert fließt die relative Abundanz und die relative Frequenz für die jeweiligen Tagfalterarten in einem Lebensraumtyp in die Berechnung mit ein. Es erzeugt Indikatorwerte für jede Art in jeder Gruppe. Diese werden mit einer Monte-Carlo-Technik auf statistische Signifikanz ($p < 0,05$) geprüft.

3 ERGEBNISSE

3.1 Faunistik

In der Erhebungsperiode vom 28. Juni bis 15. August 2016 wurden insgesamt 884 Strecken an 23 Tagen begangen. Es konnten für den gesamten Zeitraum 1385 Individuen an Tagfalter aus der Überfamilien Papilionoidea gesichtet und 1235 davon auf Artniveau bestimmt werden (Tab. 1). Registriert wurden 39 Arten aus fünf Tagfalterfamilien. Sowohl die nicht determinierten, als auch auf Gattungsniveau bestimmte Falter, sind in der Gruppe "Summe aller nicht-determinierten Individuen" zusammengefasst (Tab. 1). Auf diese wurde bei allen weiteren Auswertungen verzichtet. Mit 276 Sichtungen war *Coenonympha gardetta*, die am häufigsten vorkommende Art. Sie gehört zu der Familie der Nymphalidae, ebenso wie die 3 häufigen Vertreter der Gattung *Erebia*. Der vierthäufigste Falter *Polyommatus semiargus*, mit 87 gesichteten Individuen, kommt aus der Familie der Lycaenidae. Sechs Arten waren Wanderfalter, die nach Ettschberger *et al.* (1991) in folgenden Kategorien eingeteilt werden:

Binnenwanderer: *Aglais urticae*, *Colias crocea*, *Gonepteryx rhamni* und *Pieris napi*; sowie Saisonwanderer 1. Ordnung: *Vanessa atalanta* und *Vanessa cardui*. Von den 39 registrierten Arten ist eine in Österreich vom Aussterben bedroht, (Kategorie Critically endangered): *Cupido osiris*. Vier Arten sind als gefährdet (Kategorie Vulnerable) eingestuft: *Colias palaeno*, *Plebejus optilete*, *Pyrgus serratulae* und *Pyrgus alveus*.

3.2 Phänologie

In der Abbildung 3 ist das zeitliche Auftreten aller Tagfalter mit den absoluten Häufigkeiten in den Untersuchungswochen des Untersuchungszeitraums dargestellt. Die Sichtungen an einzelnen Tagen sind nach Kalenderwochen vom zusammengefasst. Die höchsten Abundanzen liegen in der 27. Kalenderwoche. In der Kalenderwoche 28 gab es auf Grund eines Schlechtwettereinbruches mit Schneefall eine Unterbrechung von neun Tagen. Die Untersuchung wurde am 18.07 erst am frühen Nachmittag fortgesetzt und fand nur in den niedrigeren Lagen (1900 – 2283 m) statt. Insgesamt nahm die Anzahl der Sichtungen nach 10.07.2016 ab. Vergleicht man die 27. und die 29. Kalenderwoche in der Anzahl der Beobachtungen, so lag die Differenz in der 29 KW bei 78 Individuen.

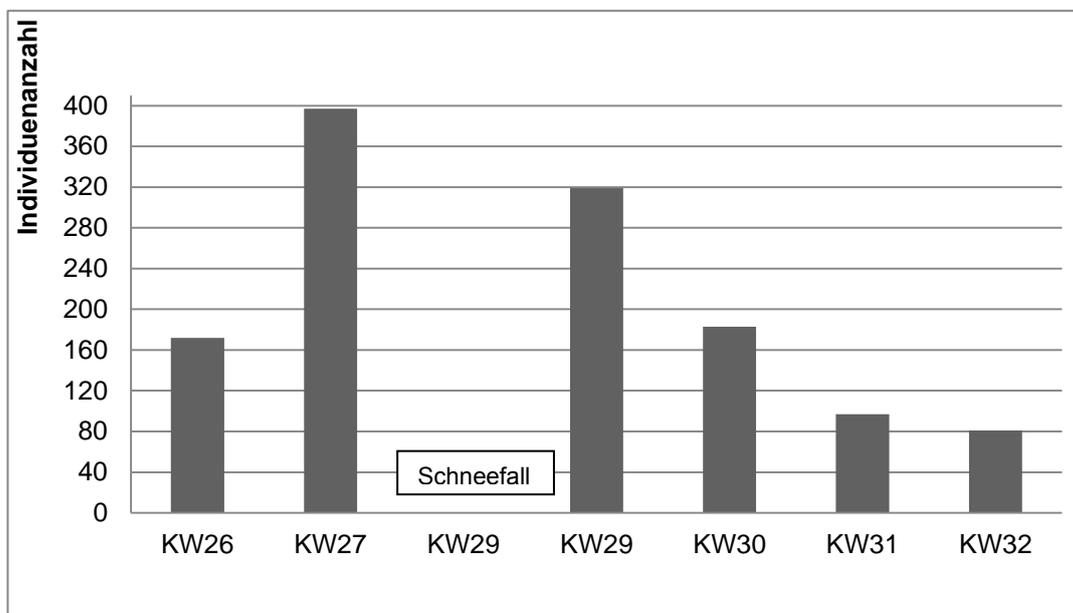


Abb. 3: Summe aller Individuen im Verlauf der Untersuchungsperiode 2016; Kalenderwoche = KW

Tabelle 5 reiht die einzelnen Arten nach ihrem ersten Erscheinen und der Anzahl der Sichtungen. In der 26. Kalenderwoche hat *Erebia pandrose* die höchste Abundanz mit 97, gefolgt von *Aglais urticae* mit 16 Sichtungen. Auf diese Weise ist die Reihung der ersten Gruppe mit 16 Arten festgelegt. In der 27. Woche werden nur neu dazugekommene Arten wie *Polyommatus semiargus* gereiht und darunter angeordnet (Tab. 5). Diese Abfolge bleibt ebenfalls gleich und mit der 29. Woche werden wieder nur die Häufigkeiten der Sichtungen der neuen Arten, wie beispielsweise *Parnassius phoebus*, hinzugefügt. Die Abfolge des zeitlichen Auftretens der Tagfalter wird in Abbildung 4 veranschaulicht.

Betrachtet man die Tab. 5 oder Abb. 4 so fallen Unterschiede in der Phänologie der einzelnen Arten auf. In der letzten Juni Woche und den der drei ersten Juli-Tage ist eine Gruppe 1 der "früheren Falter" aus 16 Arten erkennbar. In dieser Gruppe 1 ist die Flugzeitperiode bei sieben Arten bis Mitte August registriert worden. Zum Ende der ersten Juli Woche kamen in einer zweiten Gruppe 14 weitere Tagfalterarten hinzu. Diese Woche zeigt die höchste Tagfalterabundanz auf. In derselben Woche erreichen *Aglais urticae*, *Vanessa cardui* und *Boloria euphrosyne* ihren Höchstwert. Die Hauptflugzeit der Falter aus der 27. Kalenderwoche reichte für 1/3 der Arten bis Mitte August. In der Kalenderwoche 29 ist die Individuenanzahl auch nach dem Schneefall noch relativ hoch. Fünf Arten wie *Callophrys rubi*, *Lasiommata petropolitana*, *Euphydryas cynthia*, *Euphydryas intermedia* aus der Kalenderwoche 27 konnten nicht mehr beobachtet werden. Es kamen vier neue Arten hinzu, wobei nur *Parnassius phoebus* mehr als vier Mal dokumentiert wurde. Da der Alpenapollofalter das erste Mal am 18.07 (siehe Anhang 3) gesichtet wurde, wird er noch zu der zweiten Gruppe zugeordnet. Somit stellt die Gruppe 3 mit *Erebia*-Arten die späterfliegenden Arten dar, die in der Kalenderwoche 30 registriert wurden.

Tab. 5: Phänologie gesichteter Tagfalter (von 28.06 - 15.08.2016) auf allen Untersuchungsstrecken (1904 – 2580 m Seehöhe, Zillertaler Alpen). Die Aufstellung bezieht sich auf die erste registrierte Sichtung und die Summe der registrierten Sichtungen (absteigend gereiht). Höchstwert einer Art ist in Fettdruck hervorgehoben, Dominanzwert nach (Engelmann, 1978). Kalenderwoche = KW

Arten	KW26	KW27	KW28	KW29	KW30	KW31	KW32	Flugzeit- Periode in Wochen	Dominanz- Index in %
	27.06 - 03.07.16	04.07 - 10.07.16	11.07 - 17.07.16	18.07 - 24.07.16	25.07 - 31.07.16	01.08 - 07.08.16	08.08 - 14.08.16		
<i>Ere pan</i>	97	85	Schneefall	14	1			4	15,8
<i>Agl urt</i>	16	30	Schneefall	21	3		3	5	5,8
<i>Van car</i>	13	33	Schneefall	3	7		3	5	4,7
<i>Bol eup</i>	13	14	Schneefall	4	3	5	1	6	3,2
<i>Pie bry</i>	7	9	Schneefall	13		1		4	2,4
<i>Ere med</i>	6	67	Schneefall	35	7		1	5	9,3
<i>Cal ru</i>	4	3	Schneefall					2	0,6
<i>Gon rha</i>	4		Schneefall					1	0,3
<i>Col pal</i>	3	4	Schneefall	17	3	2	3	6	2,6
<i>Eup int</i>	2	4	Schneefall					2	0,5
<i>Cup os</i>	2	2	Schneefall					2	0,3
<i>Coe gar</i>	1	83	Schneefall	94	50	26	22	6	22,1
<i>Pie rap</i>	1	2	Schneefall	4	5	1	6	6	1,5
<i>Car pal</i>	1		Schneefall	2				2	0,2
<i>Ant car</i>	1		Schneefall					1	0,1
<i>Pon cal</i>	1		Schneefall					1	0,1
<i>Pol sem</i>		17	Schneefall	33	26	9	2	5	7,0
<i>Mac ar</i>		7	Schneefall	3				2	0,8
<i>Ere pha</i>		5	Schneefall	37	22	6	1	5	5,7
<i>Bol pal</i>		5	Schneefall	2	9	1		4	1,4
<i>Cup min</i>		5	Schneefall	1	2		1	4	0,7
<i>Col phi</i>		4	Schneefall	6	12	7	6	5	2,8
<i>Van ata</i>		4	Schneefall	1		1		3	0,5
<i>Ari eum</i>		3	Schneefall	7				2	0,8
<i>Ple opt</i>		3	Schneefall	6	3			3	1,0
<i>Bol sel</i>		2	Schneefall	6	2		1	4	0,9
<i>Agr orb</i>		2	Schneefall	1	6		2	4	0,9
<i>Las pet</i>		2	Schneefall					1	0,2
<i>Col cro</i>		1	Schneefall					1	0,1
<i>Eup cyn</i>		1	Schneefall					1	0,1
<i>Par pho</i>			Schneefall	5	3	6	9	4	1,8
<i>Pyr ser</i>			Schneefall	2		1		2	0,2
<i>Lyc tit</i>			Schneefall	1				1	0,1
<i>Pie nap</i>			Schneefall	1				1	0,1
<i>Ere mel</i>			Schneefall		9	15	4	3	2,2
<i>Ere eri</i>			Schneefall		5	4		2	0,7
<i>Ere eur</i>			Schneefall		4	6	15	3	2,0
<i>Ere man</i>			Schneefall		1	5	1	3	0,6
<i>Pyr alv</i>			Schneefall			1		1	0,1
Summe d. Individuen/ KW	172	397		319	183	97	81		
Artenanzahl	16	26		25	21	17	17		

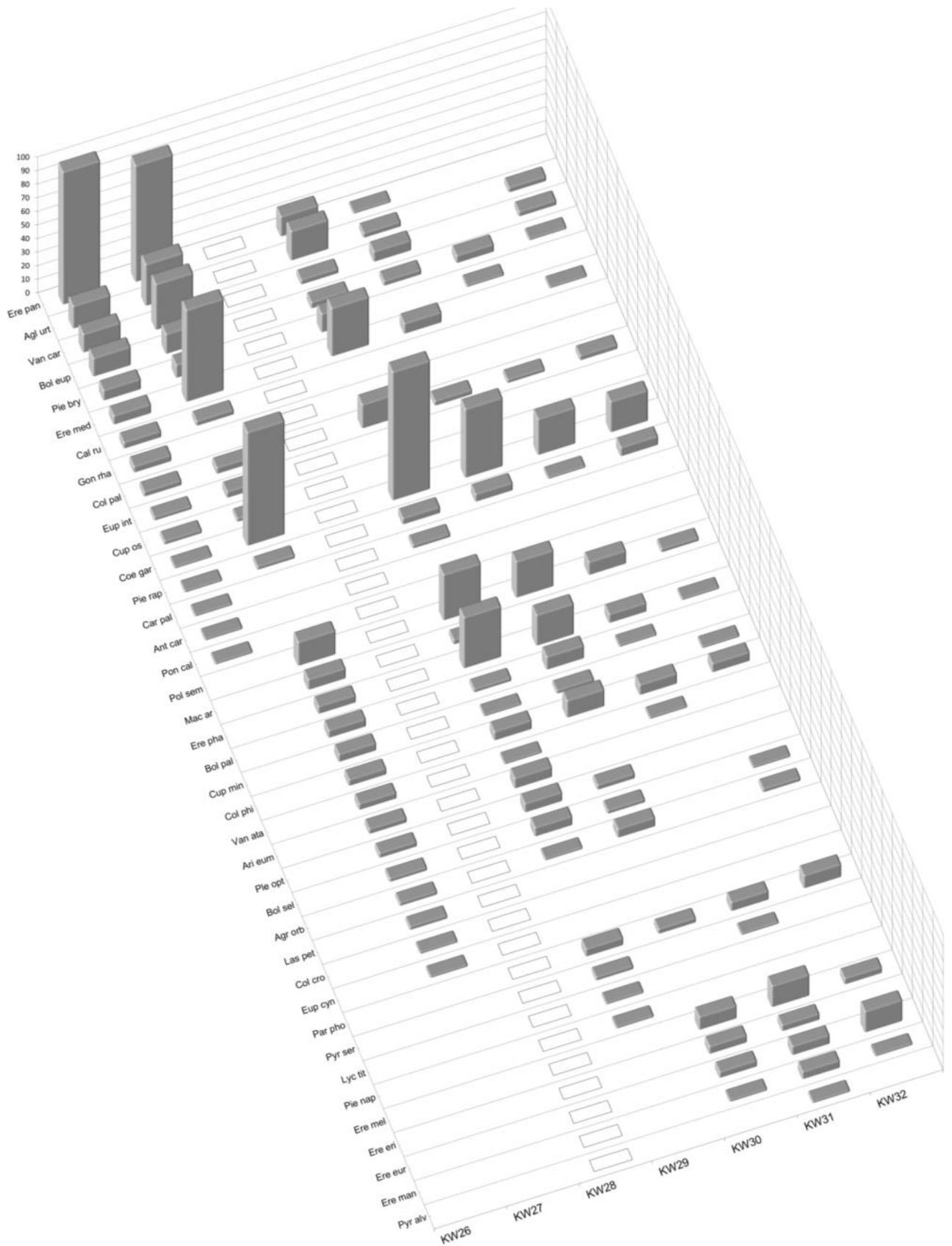


Abb. 4: Individuenzahlen aller Tagfalter aufgetragen pro Kalenderwoche im Zeitraum vom 28.06.2016 – 15.08.2016. Auf der x-Achse sind die Kalenderwochen aufgetragen, auf der y die Arten; und die z-Achse repräsentiert die Individuenzahlen. In der Kalenderwoche 28 konnten keine Sichtungen aufgrund der Schlechtwetterlage gemacht werden.

Die wochenweise Betrachtung der Dominanzen wird im Folgenden für die Arten der Gattung *Erebia* vorgenommen. Betrachtet man die relativen Häufigkeiten einer Art bezogen auf die Kalenderwochen, so variieren die Dominanzen innerhalb der Arten. Der Dominanzindex wurde zwischen allen Tagfalterarten pro Kalenderwoche berechnet, dargestellt wird aber nur die Gattung *Erebia* (Tab. 6). Unter allen Arten war *Erebia pandrose* für den gesamten Untersuchungszeitraum die dominante Art mit 15,77% (Tab. 6). Im Vergleich mit den anderen Arten ist *Erebia pandrose* mit 56,4% in der 26. Kalenderwoche die einzige eudominante Art (Tab. 6). In der 27. Kalenderwoche ist auch dieser dominant, danach in der Kalenderwoche 29 subdominant und subrezedent in der 30. Kalenderwoche. Der Falter wurde nach der 31. Woche nicht mehr registriert. *Erebia medusa* ist in der Kalenderwoche 27 eudominant, während *Erebia pharte* in der Kalenderwoche 27/29 subdominant ist. Dennoch sind diese Arten dominant bzw. subdominant vertreten auf eine Dominanz (16,9% und 11,6%). *Erebia melampus* und *Erebia euryale* bilden eudominante Arten in der 31. bzw. 32. Kalenderwoche (Tab. 6). *Erebia eryphyle* und *Erebia manto* treten in der 31. Kalenderwoche als dominante Arten auf und nehmen dennoch in den Sichtungen wieder ab (Tab.6).

Tab. 6: Dominanzindex in % der Gattung *Erebia*. Ausschnitt relativer Häufigkeiten von der Gattung *Erebia ssp.* Die Prozentzahl bezieht sich auf Gesamtanzahl der Individuen pro Kalenderwoche. Dominanzklasse nach Engelmann (1978): D > 32 %; eudominant 10 - 31,9 %; dominant 3,2 - 9,9 %; subdominant; 1,0 - 3,1 %; rezedent ; 0,32 - 0,99 %; subrezedent; < 0,32 %: sporadisch.

<i>Erebia</i> -Arten	Kalender- woche 26	Kalender- woche 27	Kalender- woche 28	Kalender- woche 29	Kalender- woche 30	Kalender- woche 31	Kalender- woche 32	gesamte Untersuchungs- periode
<i>Erebia pandrose</i>	56,4	21,4	Schneefall	4,4	0,5			15,77
<i>Erebia medusa</i>	3,5	16,9	Schneefall	11,0	3,8		1,2	9,29
<i>Erebia pharte</i>		1,3	Schneefall	11,6	12,0	6,2	1,2	5,68
<i>Erebia eryphyle</i>			Schneefall		2,7	4,1	0,0	0,72
<i>Erebia melampus</i>			Schneefall		4,9	15,5	4,9	2,24
<i>Erebia manto</i>			Schneefall		0,5	5,2	1,2	2,00
<i>Erebia euryale</i>			Schneefall		2,2	6,2	18,5	0,56
Artenanzahl gesamt	16	26		25	21	17	17	

3.3 Räumliche Muster

Die Artenzahlen korrelieren negativ mit der Seehöhe (Abb. 5; $p < 0,0001$; Pearson Korrelation $-0,759$). Der Zusammenhang zwischen den Individuenzahlen und der Höhe ist ebenfalls linear, allerdings ist die Individuenzahlabnahme nicht kontinuierlich und schwächer als bei den Artenzahlen und der Seehöhe (Abb. 6; $p < 0,001$; Pearson Korrelation $-0,596$). So sind beispielsweise die Individuenzahlen auf 2300 m Seehöhe höher als 2100 m Seehöhe. Eine genauere Betrachtung der Individuenzahlen im räumlichen Auftreten der Tagfalter an den vier Lebensräumen, die durch die 29 Strecken repräsentiert sind, zeigt dass es grundsätzlich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Individuenzahlen gibt (H-Test, $\text{Chi}^2 = 21,659$; $\text{df} = 3$; $p < 0,0001$; Abb. 7). Der U-Test zeigt, dass es dabei keinen signifikanten Unterschied in den Individuenzahlen zwischen den Lebensraumtypen sub-alpines Grasland und alpine Zwergstrauchheiden gibt, ebenso ist kein Unterschied zwischen subalpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland feststellbar. Der hochsignifikanter Unterschied (Abb. 7; $p < 0,0001$) liegt zwischen den Tagfalterindividuen in subalpinen Grasland und alpinem Grasland. Ebenfalls unterschieden sich die Individuenzahlen signifikant von alpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland (Abb. 7; $p < 0,001$).

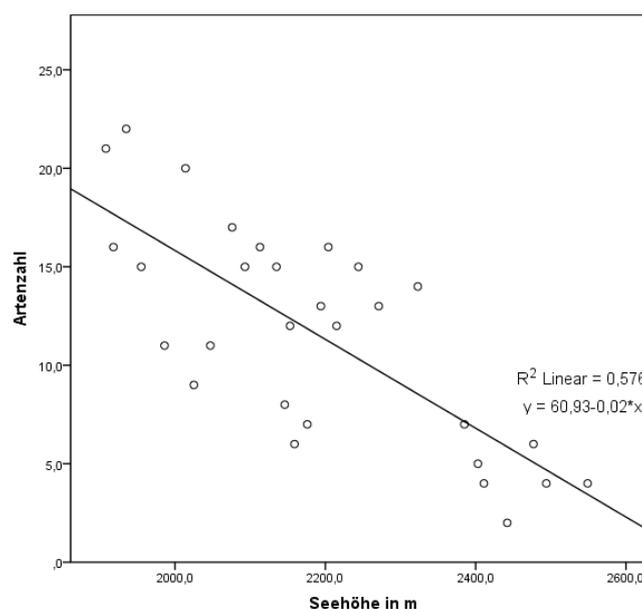


Abb 5: Negativer, linearer Zusammenhang zwischen den Artenzahlen und der Seehöhe untersuchten Gebiet (Zemmgrung; Zillertaler Alpen): Pearson Korrelation $r = -0,759$; Sig. (2-teilig) $p < 0001$; $N = 29$; **. Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant. Regression $R^2 = 0,576$

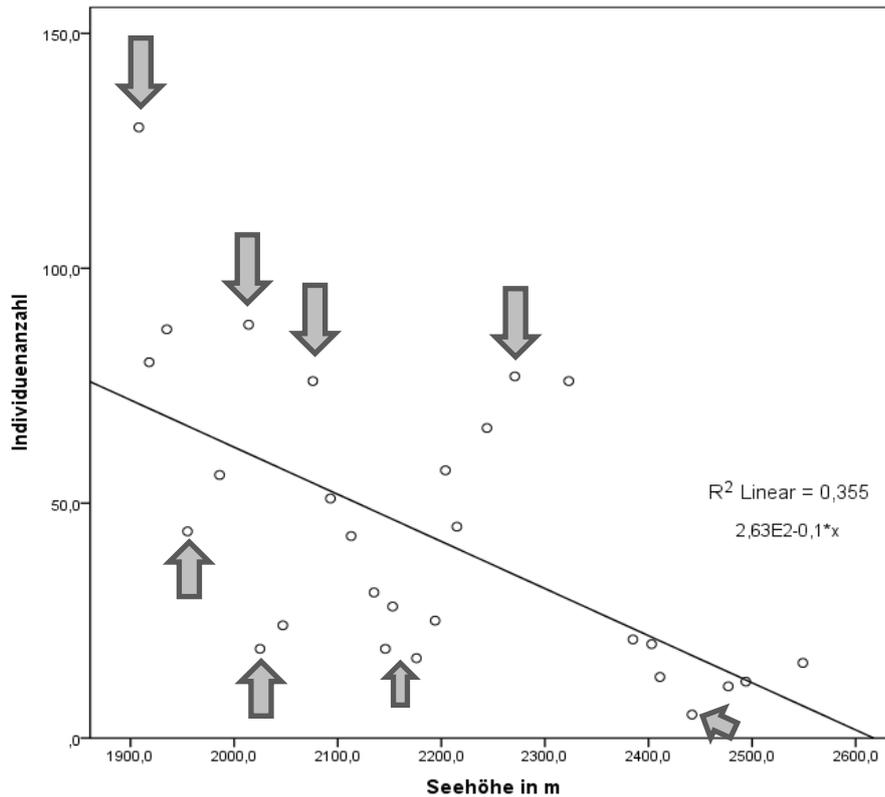


Abb 6: Negativer, linearer Zusammenhang zwischen der Individuenanzahl der Tagfalter und der Seehöhe im Untersuchungsgebiet (Zemmgrund; Zillertaler Alpen). Pearson Korrelation $r = -,596^{**}$; Sig. (2-teilig) $p < 0,001$; $N = 29$; $**$ Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant. Regression $R^2 = 0,355$. Die Pfeile zeigen die großen Schwankungen zwischen der Zu- und Abnahme der Individuenanzahl.

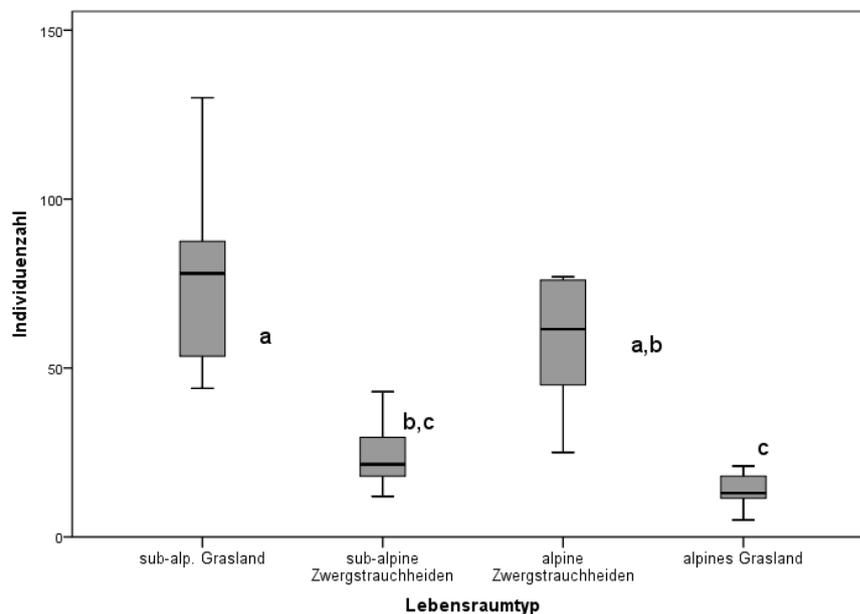


Abb. 7: Signifikanter Unterschied zwischen den Individuenzahlen in den vier Lebensraumtypen

Boxplot Kruska-Wallis Test: $n = 29$; $\chi^2 = 21,659$; $df = 3$; $p < 0,0001$. Mann-Whitney-Test:

Keine signifikanten Unterschiede in der Individuenzahlen der Tagfalter zwischen subalpinen und alpinen Zwergstrauchheiden ($p \leq 0,228$), ebenso wie zwischen sub-alpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland ($p \leq 0,04$). Signifikanter Unterschied in den Individuenzahlen und den Lebensraum: sub-alpinem Grasland und sub-alpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland ($p < 0,001$), sowie zwischen alpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland ($p < 0,001$). Signifikanter Unterscheid zwischen den Individuenzahlen in sub-alpinem Grasland und alpinen Zwergstrauchheiden ($p \leq 0,005$).

Betrachtet man die Analyse der Tagfalergemeinschaften (Abb. 8), so ist deutlich eine Analogie zu der Gruppierung der Lebensraumtypen (Abb. 2) zu erkennen.

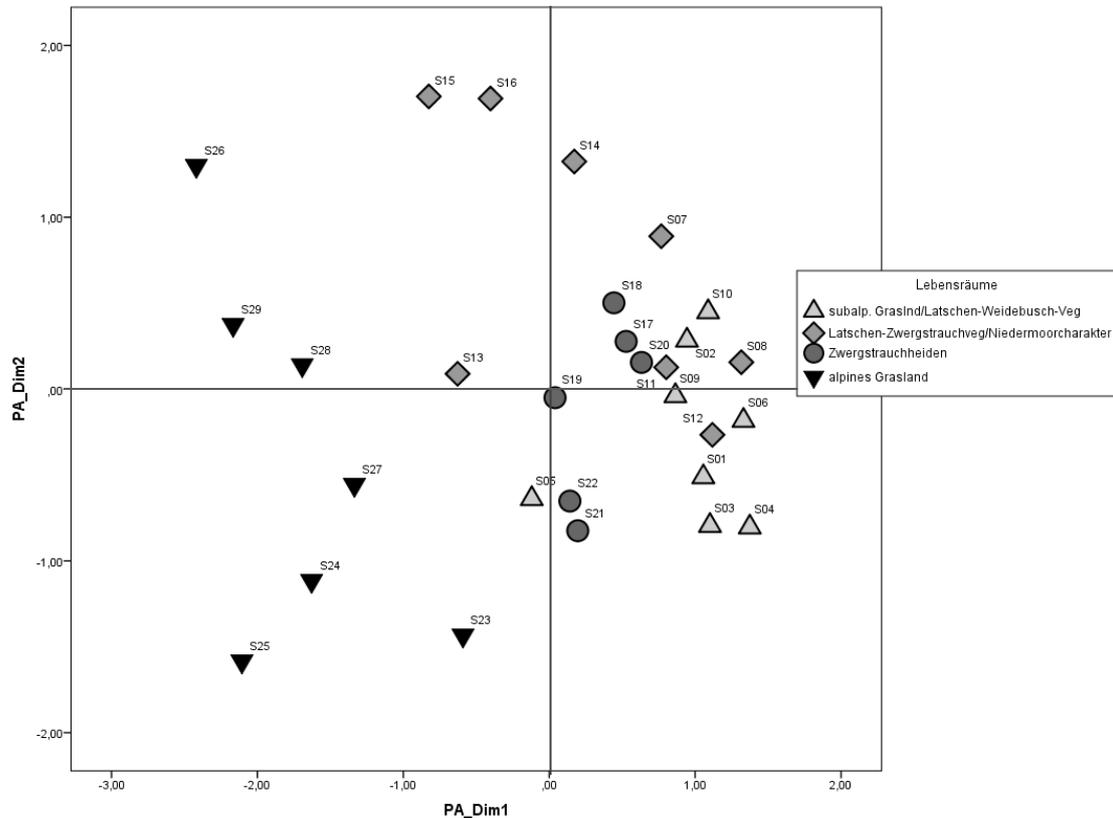


Abb. 8: Multidimensionale Skalierung der beobachteten Tagfaltern auf 29 Strecken unter Verwendung von Präsenz-Absenz Daten und des „Lance & Williams – Indexes Lance et al., (1976) als Ähnlichkeitsmaß (Stress = 0,21 ; $R^2 = 0,80$). Die Strecken wurden zusätzlich den vier Lebensraumtypen zugeordnet. Je ähnlicher sich eine Artengemeinschaft ist, desto kürzer ist ihre Distanz zueinander.

Zwei größere Gruppen lassen sich auf der horizontalen Achse erkennen: die Tagfalergemeinschaft der subalpinen Lebensräume (Strecke 1 - 22) und die alpinen Tagfalter (Strecke 23 - 29). Die zweite Differenzierung ist auf der vertikalen Achse ersichtlich. Es besteht eine Ähnlichkeit in der Zusammensetzung der Arten auf den Strecke 7 und 14 – 16. Alle vier Strecken sind Lebensraumtyp 2 (subalpine Zwergstrauchheiden) zugeordnet worden. Die Strecke 23 zeigt deutlich den Übergang zwischen den zwei größeren Gruppen. Sie befindet sich in der Mitte zwischen der Strecke 24 und 21. In konkreten Zahlen ist das subalpine Grasland mit 612 Sichtungen (1904-2097 m) für fast 50% der Tagfalterarten das bevorzugte Habitat (Abb. 9). Nur knapp 8% bilden die alpine Lebensgemeinschaft (Abb. 7, Abb. 9), wobei drei von zwölf

gesichteten Arten auf diesen Strecken (2417 – 2580 m Seehöhe) zu den Wanderfaltern gehörten. Die Differenz in den relativen Häufigkeiten der Falter zwischen subalpinen Zwergstrauchheiden und alpinen Zwergstrauchheiden beträgt 12,6 %.

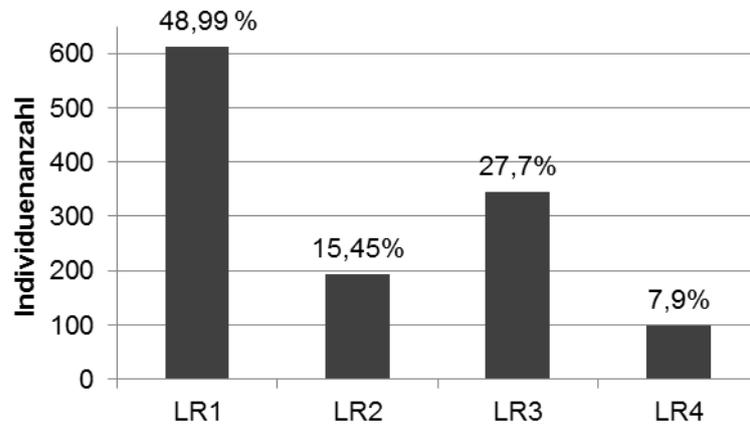


Abb. 9: Gesamtzahl der Tagfalter-Individuen in den vier Lebensraumtypen und relative Verteilung in % zwischen den vier Lebensräumen:
 LR1 = sub-alpines Grasland
 LR2 = subalpine Zwergstrauchheiden
 LR3 = alpine Zwergstrauchheiden
 LR4 = alpines Grasland

Auch auf den einzelnen Untersuchungsstrecken ist die Individuenzahlabnahme nicht stetig (Abb. 10). Eine starke Abnahme der Sichtungen fand beim Wechsel des Habitates (wie beispielsweise bei der Strecke 7-8, 15-16) und bei den Übergängen von einem zu anderen Lebensraumtyp (subalpines Grasland in subalpine Zwergstrauchheiden Strecke 6-7; alpine Zwergstrauchheiden (Strecke 22-24 ins alpine Grasland, Strecke 25) statt.

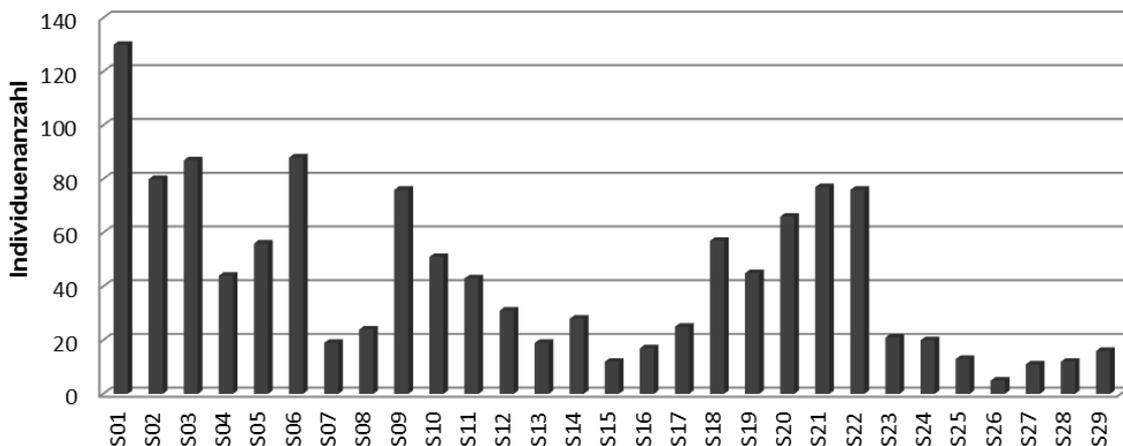


Abb. 10: absolute Häufigkeiten der Tagfalter im Untersuchungsgebiet auf 29 Untersuchungsstrecken.

Tab. 7: Relative Häufigkeiten der Tagfalterarten in den vier Lebensräumen. Häufigkeiten über 50 % sind im Fettdruck hervorgehoben. Eine nicht zufällige Verteilung (mit einer Signifikanz $p < 0,05$ gegenüber einer Zufallsverteilung; Monte-Carlo Permutation Test) wird durch einen hohen Indikatorwert (in %) angegeben und ist zusätzlich unterstrichen. Die Anordnung entspricht in etwa dem zeitlichen Auftreten (Tab. 5)

	LR1	LR2	LR3	LR4	Dominanz-Index in %	Indikator Wert	Signifikanz	Individuen
<i>Ere pan</i>	14,7	12,7	52,3	20,3	15,8	57,9	*0,001	197
<i>Agl urt</i>	20,5	17,8	28,8	32,9	5,8	33,6	0,223	73
<i>Van car</i>	13,6	39,0	37,3	10,2	4,7	43,7	*0,034	59
<i>Bol eup</i>	52,5	27,5	20,0	0,0	3,2	49,2	*0,013	40
<i>Pie bry</i>	46,7	13,3	36,7	3,3	2,4	36,2	0,089	30
<i>Ere med</i>	51,7	9,5	36,2	2,6	9,3	46	*0,03	116
<i>Cal ru</i>	0,0	0,0	57,1	42,9	0,6	2,3	0,291	7
<i>Gon rha</i>	25,0	75,0	0,0	0,0	0,3	18,7	0,286	4
<i>Col pal</i>	34,4	25,0	40,6	0,0	2,6	23,9	0,571	32
<i>Eup int</i>	50,0	50,0	0,0	0,0	0,5	18,7	0,291	6
<i>Cup os</i>	75,0	0,0	25,0	0,0	0,3	17,3	0,452	4
<i>Coe gar</i>	67,4	12,0	17,8	2,9	22,1	63,4	*0,001	276
<i>Pie rap</i>	78,9	15,8	5,3	0,0	1,5	58,2	*0,003	19
<i>Car pal</i>	0,0	100,0	0,0	0,0	0,2	37,5	*0,043	3
<i>Ant car</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,195	1
<i>Pon cal</i>	100,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1
<i>Pol sem</i>	78,2	10,3	11,5	0,0	7,0	75,3	*0,001	87
<i>Mac ar</i>	90,0	10,0	0,0	0,0	0,8	56,2	*0,003	10
<i>Ere pha</i>	78,9	12,7	8,5	0,0	5,7	67,1	*0,001	71
<i>Bol pal</i>	82,4	0,0	11,8	5,9	1,4	39,3	*0,043	17
<i>Cup min</i>	33,3	22,2	44,4	0,0	0,7	17,2	0,474	9
<i>Col phi</i>	34,3	11,4	45,7	8,6	2,8	43,6	0,079	35
<i>Van ata</i>	16,7	16,7	50,0	16,7	0,5	18,7	0,336	6
<i>Ari eum</i>	20,0	70,0	10,0	0,0	0,8	25,4	0,158	10
<i>Ple opt</i>	0,0	58,3	41,7	0,0	1,0	25,6	0,182	12
<i>Bol sel</i>	72,7	18,2	9,1	0,0	0,9	35,3	0,063	11
<i>Agr orb</i>	45,5	0,0	45,5	9,1	0,9	34,7	0,067	11
<i>Las pet</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,2	33,3	*0,028	2
<i>Col cro</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,204	1
<i>Eup cyn</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,1	16,7	0,204	1
<i>Par pho</i>	39,1	0,0	30,4	30,4	1,8	25,6	0,339	23
<i>Pyr ser</i>	66,7	33,3	0,0	0,0	0,2	16,7	0,389	3
<i>Lyc tit</i>	0,0	100,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1
<i>Pie nap</i>	100,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1
<i>Ere mel</i>	92,9	3,6	3,6	0,0	2,2	8,3	0,001	28
<i>Ere eri</i>	11,1	44,4	44,4	0,0	0,7	17,2	0,405	9
<i>Ere eur</i>	92,0	4,0	4,0	0,0	2,0	68,1	0,001	25
<i>Ere man</i>	57,1	42,9	0,0	0,0	0,6	28,6	0,097	7
<i>Pyr alv</i>	100,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,5	1	1

Bei vielen Arten, die an einer Strecke häufig gesichtet wurden konnte durch die Indikatorwertanalyse nach Dufrêne *et al.* (1997) auch statistisch belegt werden (Monte-Carlo-Technik statistische Signifikanz $p < 0,05$), dass diese Verteilung nicht zufällig war (Tab. 6: $p < 0,005$). Manche Arten hatten keine zufällige Verteilung, obwohl ihre relative Häufigkeit unter 50% lag (beispielsweise *Vanessa cardui*). Bei anderen wiederum lagen die relative Abundanzen über 50% und dennoch wurde kein hoher Indikatorwert berechnet. Die Indikatorwerte sind nur gemeinsam mit den Signifikanzwerten zu interpretieren (Tab. 7). Alle Tagfaltergemeinschaften in den vier Lebensräumen sind in der Tabelle 8 aufgelistet. Zwischen den Vertretern der Gattung *Erebia* zeigen *E. medusa*, *E. pharte*, *E. melampus*, *E. euryale* einen hohen Indikatorwert für das subalpine Grasland sowie *Erebia pandrose* einen hohen Indikatorwert für alpine Zwergstrauchheiden (Tab 9). Ihre Verteilung auf diesen Lebensräumen war nicht zufällig (Tab. 9), wie man es aus den Indikatorwerten mit hoher Signifikanz ableiten kann.

In der Abbildung 11 sind absolute Häufigkeiten der Tagfalter in den Lebensraumtypen pro Kalenderwoche aufgetragen. Schon zu Beginn der Untersuchung in der 26. Kalenderwoche wurden Falter auf allen vier Lebensraumtypen gesichtet. Dabei waren in der ersten Kalenderwoche mehr Individuen in alpinen Zwergstrauchheiden als im subalpinem Grasland registriert worden. Die Zahl der Individuen hat sich in der nächsten Wochen im subalpinem Grasland vervierfacht. Nach dem Schneefall sind die Sichtungen vor allem in den höheren Lagen drastisch gesunken. Vor allem in der 30. Kalenderwoche lagen 96% der Sichtungen im subalpinem Grasland, in den höheren Lagen konnten Tagfalter nur noch vereinzelt registriert werden. Ein leichter Anstieg ist bei den alpinen Zwergstrauchheiden und alpinem Grasland in der letzten Woche der Untersuchung vermerkt worden.

Tab 8: Tagfaltergemeinschaften in den vier Lebensräumen. Die Anordnung erfolgt nach der Anzahl der Sichtungen

Arten	Sub-alpines Grasland	Arten	subalpine Zwergstrauchheiden	Arten	alpine Zwergstrauchheiden	Arten	alpines Grasland
<i>Coenonympha gardetta</i>	186	<i>Coenonympha gardetta</i>	219	<i>Erebia pandrose</i>	103	<i>Erebia pandrose</i>	40
<i>Polyommatus semiargus</i>	68	<i>Polyommatus semiargus</i>	77	<i>Coenonympha gardetta</i>	49	<i>Aglais urticae</i>	24
<i>Erebia medusa</i>	60	<i>Erebia medusa</i>	71	<i>Erebia medusa</i>	42	<i>Coenonympha gardetta</i>	8
<i>Erebia pharte</i>	56	<i>Erebia pharte</i>	65	<i>Vanessa cardui</i>	22	<i>Parnassius phoebus</i>	7
<i>Erebia pandrose</i>	29	<i>Erebia pandrose</i>	54	<i>Aglais urticae</i>	21	<i>Vanessa cardui</i>	6
<i>Erebia melampus</i>	26	<i>Boloria euphrosyne</i>	32	<i>Colias phicomone</i>	16	<i>Erebia medusa</i>	3
<i>Erebia euryale</i>	23	<i>Vanessa cardui</i>	31	<i>Colias palaeno</i>	13	<i>Colias phicomone</i>	3
<i>Boloria euphrosyne</i>	21	<i>Aglais urticae</i>	28	<i>Pieris bryoniae</i>	11	<i>Callophrys rubi</i>	3
<i>Aglais urticae</i>	15	<i>Erebia melampus</i>	27	<i>Polyommatus semiargus</i>	10	<i>Pieris bryoniae</i>	1
<i>Pieris rapae</i>	15	<i>Erebia euryale</i>	24	<i>Boloria euphrosyne</i>	8	<i>Agriades orbitulus</i>	1
<i>Boloria pales</i>	14	<i>Colias palaeno</i>	19	<i>Parnassius phoebus</i>	7	<i>Vanessa atalanta</i>	1
<i>Pieris bryoniae</i>	14	<i>Pieris rapae</i>	18	<i>Erebia pharte</i>	6	<i>Boloria pales</i>	1
<i>Colias phicomone</i>	12	<i>Pieris bryoniae</i>	18	<i>Plebejus optilete</i>	5		
<i>Colias palaeno</i>	11	<i>Colias phicomone</i>	16	<i>Agriades orbitulus</i>	5		
<i>Maculinea arion</i>	9	<i>Boloria pales</i>	14	<i>Cupido minimus</i>	4		
<i>Parnassius phoebus</i>	9	<i>Maculinea arion</i>	10	<i>Erebia eriphyle</i>	4		
<i>Boloria selene</i>	8	<i>Boloria selene</i>	10	<i>Callophrys rubi</i>	4		
<i>Vanessa cardui</i>	8	<i>Parnassius phoebus</i>	9	<i>Vanessa atalanta</i>	3		
<i>Agriades orbitulus</i>	5	<i>Aricia eumedon</i>	9	<i>Boloria pales</i>	2		
<i>Erebia manto</i>	4	<i>Erebia manto</i>	7	<i>Lasiommata petropolitana</i>	2		
<i>Cupido minimus</i>	3	<i>Plebejus optilete</i>	7	<i>Erebia melampus</i>	1		
<i>Cupido osiris</i>	3	<i>Euphydryas intermedia</i>	6	<i>Erebia euryale</i>	1		
<i>Euphydryas intermedia</i>	3	<i>Agriades orbitulus</i>	5	<i>Pieris rapae</i>	1		
<i>Aricia eumedon</i>	2	<i>Cupido minimus</i>	5	<i>Boloria selene</i>	1		
<i>Pyrgus serratulae</i>	2	<i>Erebia eriphyle</i>	5	<i>Aricia eumedon</i>	1		
<i>Erebia eriphyle</i>	1	<i>Gonepteryx rhamni</i>	4	<i>Cupido osiris</i>	1		
<i>Gonepteryx rhamni</i>	1	<i>Cupido osiris</i>	3	<i>Anthocharis cardamines</i>	1		
<i>Pieris napi</i>	1	<i>Pyrgus serratulae</i>	3	<i>Colias crocea</i>	1		
<i>Pontia callidice</i>	1	<i>Carterocephalus palaemon</i>	3	<i>Euphydryas cynthia</i>	1		
<i>Pyrgus alveus</i>	1	<i>Vanessa atalanta</i>	2				
<i>Vanessa atalanta</i>	1	<i>Pieris napi</i>	1				
		<i>Pontia callidice</i>	1				
		<i>Pyrgus cf. alveus</i>	1				
		<i>Lycaena tityrus</i>	1				

Tab. 9: Relative Häufigkeiten der Arten der Gattung *Erebia* in den vier Lebensräumen. Häufigkeiten über 50 % sind im Fettdruck hervorgehoben. Eine nicht zufällige Verteilung (mit einer Signifikanz $p < 0,05$ gegenüber einer Zufallsverteilung Monte-Carlo Permutation Test, Indikatorwert nach Dufrêne et al., (1997) ist zusätzlich unterstrichen.

<i>Erebia</i> -Arten	LR1	LR2	LR3	LR4	Indikator Wert in %	p-Wert
<i>Erebia pandrose</i>	14,7	12,7	<u>52,3</u>	20,3	57,9	0,001
<i>Erebia medusa</i>	<u>51,7</u>	9,5	36,2	2,6	46	0,03
<i>Erebia pharte</i>	<u>78,9</u>	12,7	8,5	0,0	67,1	0,001
<i>Erebia eriphyle</i>	11,1	44,4	44,4	0,0	17,2	0,405
<i>Erebia melampus</i>	<u>92,9</u>	3,6	3,6	0,0	80,3	0,001
<i>Erebia manto</i>	57,1	42,9	0,0	0,0	28,6	0,097
<i>Erebia euryale</i>	<u>92,0</u>	4,0	4,0	0,0	68,1	0,001

LR1 = sub-alpines Grasland
 LR2 = sub-alpine Zwergstrauchheiden
 LR3 = alpine Zwergstrauchheiden
 LR4 = alpines Grasland

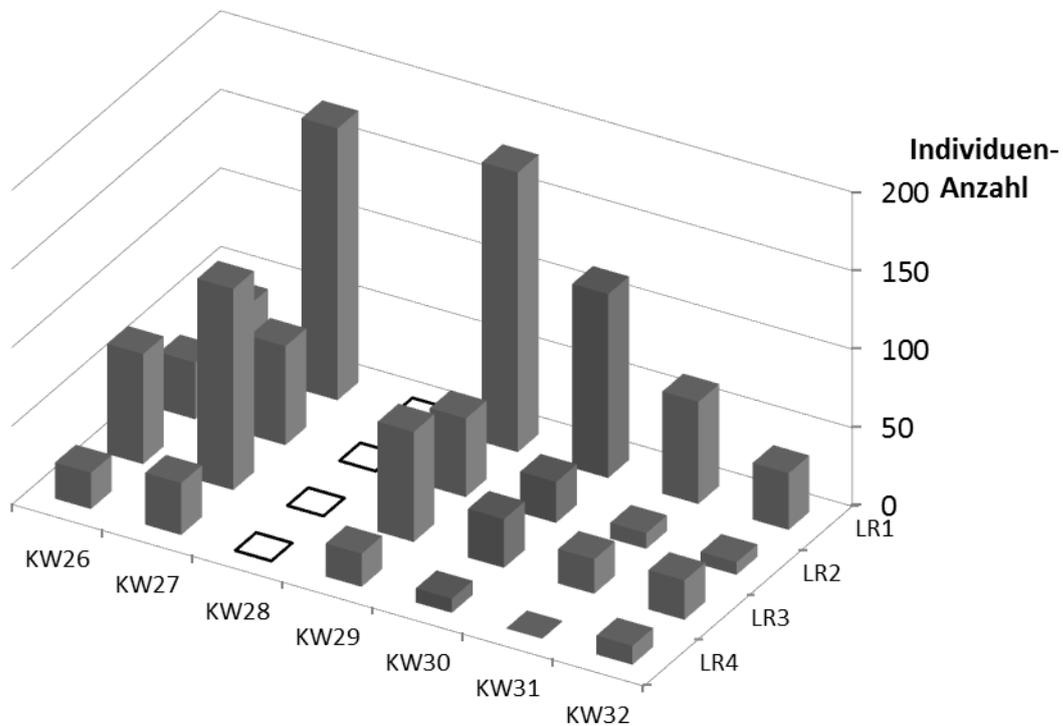


Abb. 11: Abundanzen aller gesichteter Tagfalter auf den Lebensräume 1 - 4. Kalenderwoche = KW

LR1 = sub-alpines Grasland
 LR2 = subalpine Zwergstrauchheiden
 LR3 = alpine Zwergstrauchheiden
 LR4 = alpines Grasland

Die meisten Tagfalter wurden in Lebensräumen 1-3 gesichtet. Die größten Individuenzahlen in allen Lebensräumen sind in der 27. und 29. Kalenderwoche verzeichnet worden. In der 28. Kalenderwoche konnten aufgrund des Schlechtwetters

3.4 Räumliche Verbreitung und Phänologie von *Erebia*

Abbildung 12 vergleicht die räumliche Verbreitung unter zeitlichem Aspekt zwischen den drei häufigsten *Erebia*-Arten. *Erebia pandrose* erscheint als erste Art in der Vegetationsperiode und hat den Verbreitungsschwerpunkt in höheren Lagen. Eine Woche später (Kalenderwoche 27) erreicht die Individuenzahlen von *Erebia medusa* den höchsten Wert, während die Sichtungen von *Erebia pandrose* sinken. *Erebia medusa* hat eine Verbreitung sowohl in den höher gelegenen Strecken, als auch in den tieferen Lagen. Als letzte Art hat *Erebia pharte* die höchsten Werte in der 29. Kalenderwoche mit einer deutlichen Hauptverbreitung in den tieferen Lagen im Vergleich zu *Erebia pandrose* und *Erebia medusa*. Gegen Ende der Untersuchung sind an einem Tag vier weitere *Erebia*-Arten hinzugekommen. *Erebia melampus* und *Erebia euryla* mit 28 und 25 Sichtungen hatten ihren Verbreitungsschwerpunkt im subalpinen Grasland und weisen für diesen Lebensraumtyp einen hohen Indikatorwert auf (Tab. 9). Auch wenn *Erebia eriphyle* nur wenige Sichtungen aufweist, so ist diese vermehrt zwischen sub-alpinen und alpinen Zwergstrauchheiden gesichtet worden. Ebenfalls vereinzelt ist *Erebia manto* (7 Sichtungen) im subalpinen Grasland und sub-alpinen Zwergstrauchheiden registriert worden.

3.5 Blütenangebot

Es konnte gezeigt werden, dass alle Lebensraumtypen in dem gesamten Untersuchungszeitraum ein ausreichendes Blütenangebot besaßen. Das Vorhandensein von Blüten korreliert schwach aber hochsignifikant (nach Pearson) mit den Individuenzahlen der Tagfalter (Abb. 13). Bei der Korrelationsanalyse (nach Pearson) konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Individuenzahlen der Tagfalter in den Kalenderwochen und keinem der fünf Blütentypen ermittelt werden (Abb. 14).

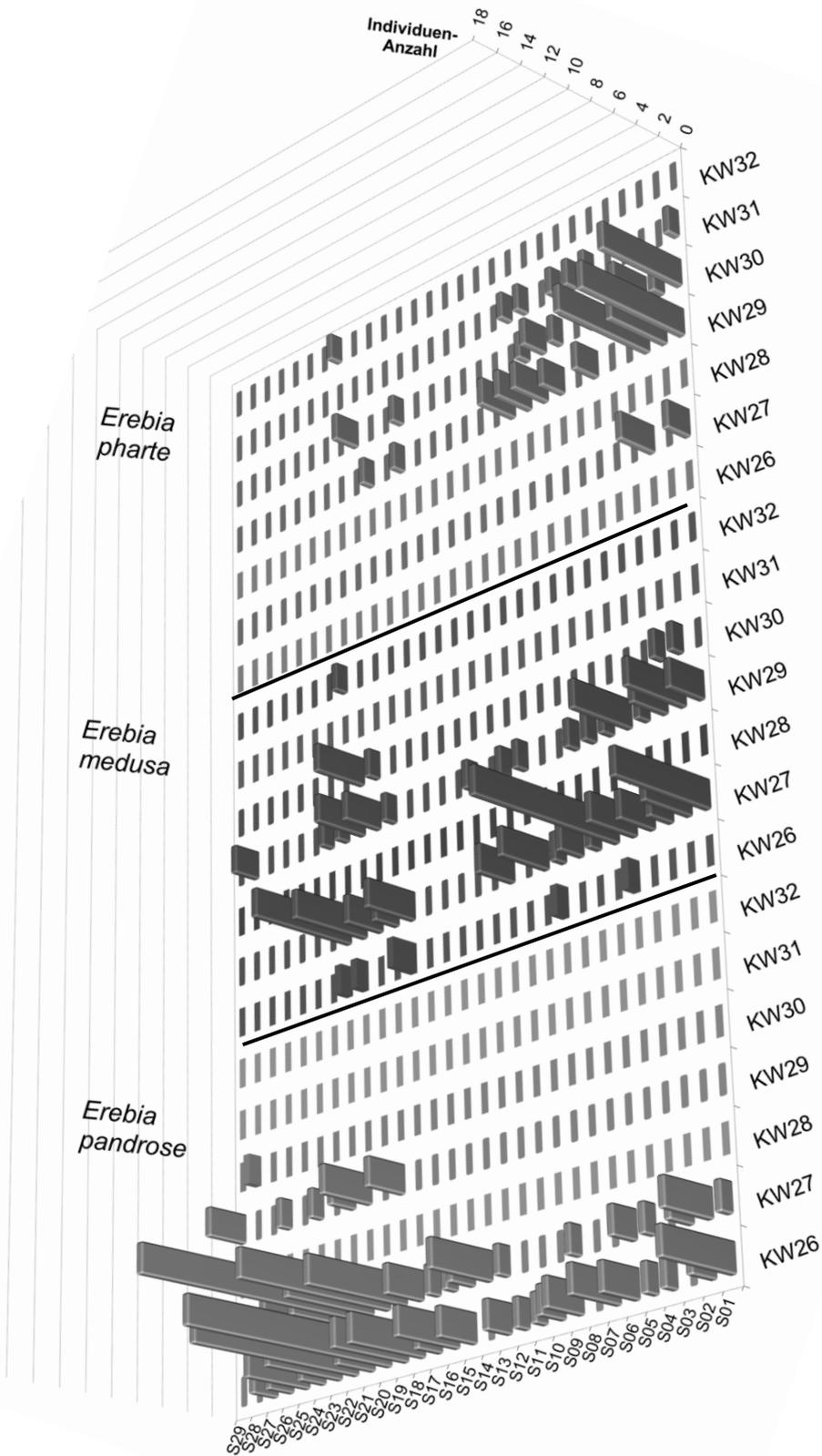


Abb.12: Räumliche und zeitliche Darstellung der Erfassungsergebnisse von den drei häufigsten Vertretern der Gattung *Erebia*. *Erebia pandrose* fliegt als erster Falter und hat seine Verbreitung in höheren Lagen. *Erebia medusa* hat ihre höchsten Sichtwerte eine Woche später als *Erebia pandrose* mit einer Verbreitung sowohl in den tiefen als auch in der höheren Lagen. Zuletzt erscheint *Erebia pharte* mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt in den tieferen Lagen.

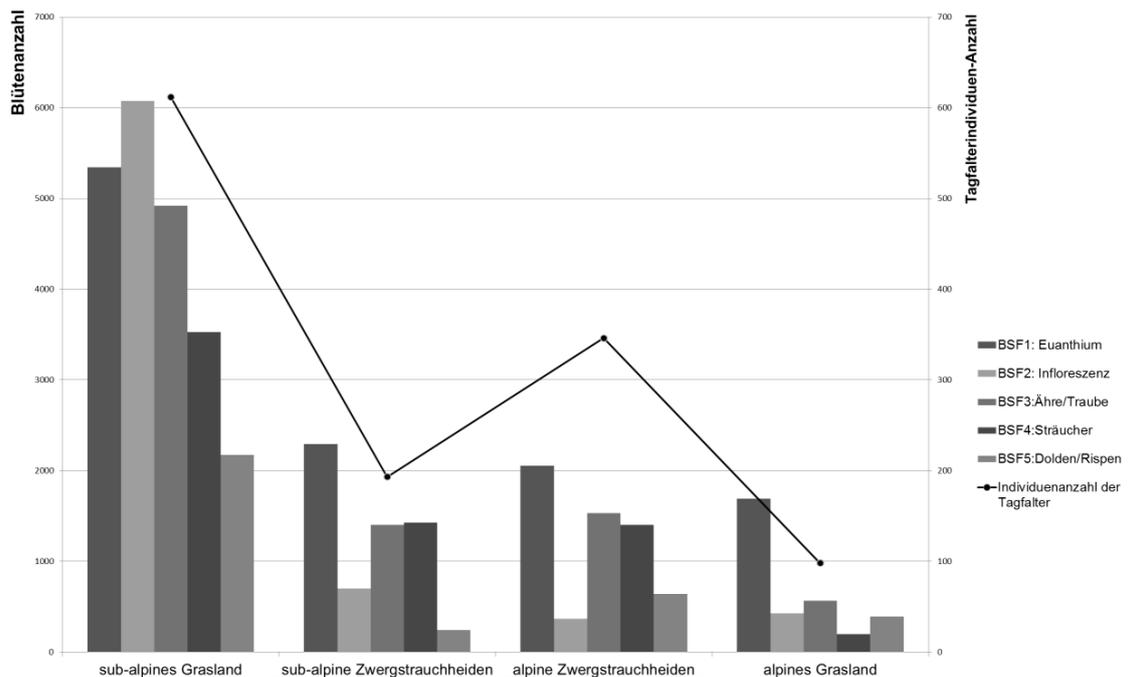


Abb. 13: Es besteht ein schwacher aber hochsignifikanter Zusammenhang zwischen den fünf verschiedenen Blütentyparten in den vier Lebensräumen und den Individuenzahlen. Schwache Pearson-Korrelationskoeffizient r liegt zwischen 0,492 – 0,584 und mittlere Korrelation zwischen den Individuenzahlen und dem dolden- rispenartigen Blütentyp $r = 0.710$. ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant. Die Korrelation zwischen Tagfalterindividuen-Anzahl und: BSF1_Euanthium $r = 0,584^{**}$; $p < 0,001$ BSF2_Infloreszenz $r = 0,492^{**}$; $p < 0,007$; BSF3_Ähre/Traube $r = 0,538^{**}$; $p < 0,003$; BSF4:Sträucher $r = 0,576^{**}$; $p < 0,001$; BSF5:Dolden/Rispen $r = 0,710^{**}$; $p < 0,01$

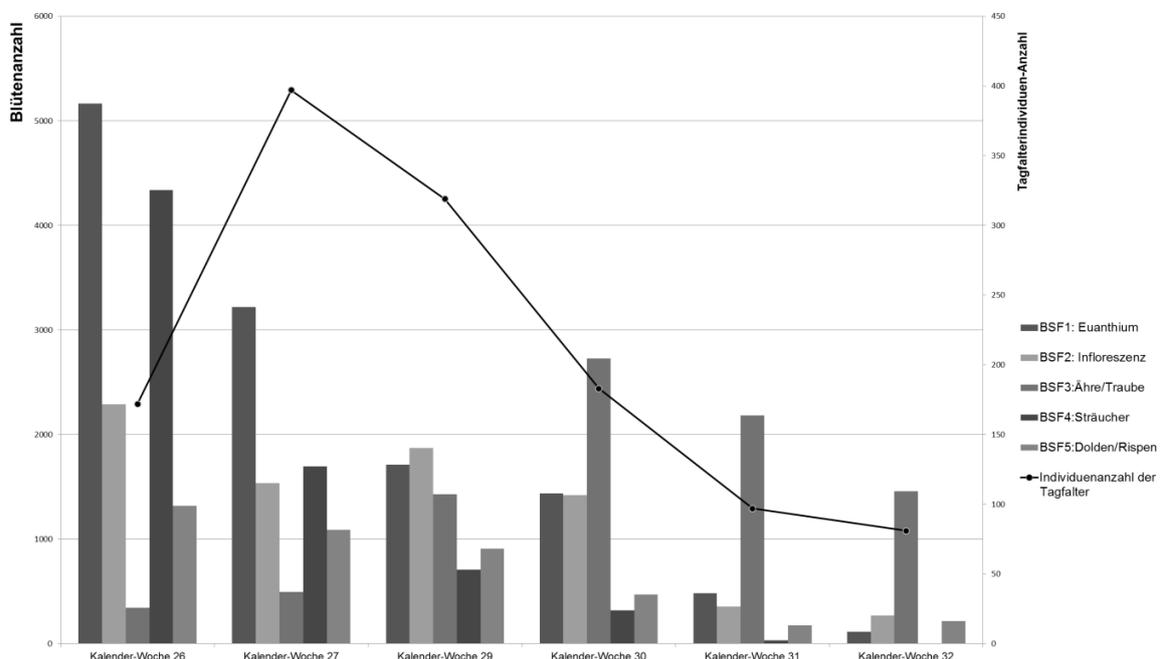


Abb. 14: Es besteht nur schwacher und kein signifikanter Zusammenhang zwischen den fünf verschiedenen Blütentyparten in der Untersuchungsperiode zwischen dem 26.06. – 15.08.2016 und den Individuenzahlen. Pearson-Korrelationskoeffizient r liegt zwischen 0,22 – 0,66. ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant. Tagfalterindividuen-Anzahl und der Blütenanzahl im Laufen der Vegetationsperiode mit der Blütenstandform: BSF1_Euanthium $r=0,429$; $p=0,395$; BSF2_Infloreszenz $r=0,598$; $p=0,21$; BSF3_Ähre/Traube $r=-0,442$; $p=0,38$; BSF4_Sträucher $r=0,22$; $p=0,675$; BSF5_Dolden/Rispen $r=0,669$; $p=0,146$

4 DISKUSSION

4.1 Faunistik

Im Untersuchungszeitraum von 28. Juni bis 15. August 2016 wurden im Gebiet insgesamt 39 vorkommende Tagfalterarten registriert. Es wurden an jeden Untersuchungstag, der den Wetterkriterien entsprach, Tagfalter gesichtet. Es kann geschlossen werden, dass die Mehrzahl der vorhandenen Arten tatsächlich erfasst werden konnte. In Österreich sind von 215 Tagfalterarten zwischen 43 – 46 Arten alpin verbreitet (Settele *et al.* 2005; Stettmer *et al.* 2011). Vergleicht man die alpinen Artenzahlen (39 Arten pro km²) aus dem Biodiversitätsmonitoring der Schweiz (Altermatt *et al.* 2008) oder aus den Arbeiten von Neumayer *et al.* (2005) mit 38 Arten (22 davon mit dieser Untersuchung übereinstimmend) oder 41 Arten (Schnepf 2010), so sind die vorliegenden Zahlen ähnlich. Die vertikale Abnahme in der Arten- und Individuenzahl wurde schon in anderen Studien belegt (Embacher 1996, Huemer *et al.* 2004, Embacher *et al.* 2011) und konnte auch hier bestätigt werden. Schließt man die Wanderfalter aus, so wurden dennoch alleine in dem Untersuchungsgebiet 73% der in Österreich vorkommenden Tagfalter mit subalpin-alpinem (über 2000 m Höhe) Verbreitungsschwerpunkt erfasst. Aus den 39 erfassten Arten ist eine Art für Österreich vom Aussterben bedroht und vier gefährdet (Höttinger und Pennerstorfer, 2005). Interessant sind die sechs Arten, die sich derzeit auf der Vorwarnliste in Österreich befinden. In Deutschland ist die Hälfte dieser Arten gefährdet, eine Art vom Aussterben bedroht und zwei gehören zu den seltenen Arten oder Arten mit geografischen Restriktionen (Bolz und Geyer, 2003). Weitere 13 Arten aus dem Zemmgrund in Zillertal gehören in Deutschland zu den drei letztgenannten Kategorien. Somit gehören derzeit 19 von 39 registrierten Arten im Untersuchungsgebiet in Deutschland zu den Kategorien extrem selten und stark gefährdet (Voith *et al.* 2016). Dieser Zahlenvergleich soll den eingangs erwähnten hohen Wert der Gebirge als Lebensräume für Tagfalter verdeutlichen.

4.2 Phänologie

Anzumerken ist, dass nicht von allen Arten ein vollständiges Phänogramm erstellt werden konnte (Tab. 4). Vermutlich fehlten die ersten Sichtungen von *Erebia pandrose* und die letzten von *Coenonympha gardetta* oder *Erebia euryale*. *Erebia pandrose* gehört zu den frühfliegenden Faltern, da die Art als erwachsene Raupe überwintert (Sonderegger, 2005) und bereits im Juni oberhalb von 1800 m erscheinen kann. Allerdings ist diese Art zwischen 2100 m und 2500 m Seehöhe in der Schweiz erst gegen Ende Juni oder Anfang Juli registriert worden (Sonderegger, 2005), weshalb sie auch in Zillertal nicht viel früher zu erwarten ist. Nach Angaben des Hüttenwirts soll der Schnee in der Umgebung von der Berliner Hütte (2049 m Seehöhe) durchgehend bis Ende Mai 2016 gelegen sein, und erst ab Anfang Juni 2016 rasch geschmolzen sein. Bei der Voruntersuchung am 25.06.16 lag noch Schnee in Muldenlage (die als Niedermoor beschriebene Strecken auf 2150-2167 m) und ab der 2405 m Seehöhe bis zum Ende des Untersuchungsweges (2586 m Seehöhe). Folglich betrifft das „unvollständige“ Phänogramm ausschließlich Falter, die zwischen Anfang und Ende Juni unterhalb von 2049 m Seehöhe hätten vorkommen können. Es kann davon ausgegangen werden, dass keine frühfliegende Falter in höheren Lagen „verpasst“ wurden. Zusätzlich wurden alle vier Zeigerarten: *Carterocephalus palaemon*, *Callophrys rubi*, *Boloria euphrosyne*, *Erebia medusa* des Vollfrühlingsaspektes (Settele *et al.* 2005) in der 26. Kalenderwoche beobachtet. An diese Arten kann die Wahl der ersten Begehungszeiträumen gerichtet werden, da die Flugzeiten von Tagfaltern bekannter Weise witterungsbedingt schwanken (Ebert und Rennwald (1991a)). Der Schneefall von neun Tagen in der 28. Kalenderwoche war nicht ausschlaggebend für ein Verschwinden der häufigen Arten, wie *Erebia pandrose*, *Erebia medusa*, *Coenonympha gardetta* oder auch *Polyommatus semiargus*. Die meisten konnte in der 29. Kalenderwoche noch registriert werden, allerdings mit deutlich geringeren Abundanzen. Bei vielen Faltern konnte man ausschließen, dass es sich um neu geschlüpfte Individuen handelte, da ihr Erscheinungsbild auf einen „älteren“ Falter hindeutete. So waren die Schuppen bzw. die Zeichnungselemente verschwommen, die Farben teilweise blass und

Flügelenden auffällig zerrissen oder „zerfranst“. Es kann davon ausgegangen werden, dass viele Individuen die Schlechtwetterperiode überdauert haben. Auffallend ist jedoch ein Verschwinden von Arten, die in der 27. Kalenderwoche in geringerer Zahl gesichtet wurden. Ob demnach die Population von *Euphydryas intermedia*, *Cupido osiris* und *Lasiomata petrapolitana* nicht genügend Zeit hatte sich in der Woche kurz vor dem Schneefall zu etablieren, gerade den Übergang von Puppe zu Raupe nicht geschafft haben oder aus anderen Gründen nicht mehr erschienen sind, bleibt ungeklärt. Unverkennbar zeitgleich kamen am 30.07.16 vier neue *Erebia*-Arten hinzu. Es ist vorstellbar, dass sich durch den Schneefall sich das zeitliche Auftreten dieser vier Arten um eine Woche verschoben hat und vermutlich die Flugperiode um insgesamt eine Woche hinausgezögert wurde. In der Kalenderwoche 31 vom 04.08 – 06.08.16 gab es vor allem ab 2150 m nochmals Schneefall.

Betrachtet man die Individuenzahlen von *Vanessa cardui* im Untersuchungsgebiet, so sind diese in der Kalenderwoche 29 und 32 gleich (Tab. 4). Dabei muss es sich um zwei Generationen handeln, da sich die Flugrichtung gegen Ende der 30. Kalenderwoche umgekehrt hat. Die Individuen der Frühjahrgeneration von *Vanessa cardui* ist ausschließlich nach Nordosten geflogen und ab der 31. Kalenderwoche ausnahmslos in südwestliche Richtung. Diese Beobachtung der Frühlingsmigration (März bis Juni) und Sommer/Herbstmigration (Juli/November) ist nicht neu (Williams 195, Shields 1992) und stimmt auch mit den neueren Studien zum Wanderverhalten von *Vanessa cardui* überein (Stefanescu *et al.* 2013, Talavera und Vila 2016).

Im Vergleich mit der Studien von Neumayer *et al.* (2005) sind Unterschiede in der Flugzeitperiode der Arten feststellbar. Der größte Unterschied liegt in dem Auftreten der dort drei beschriebenen Gruppen im Jahr 1997, zu dem zeitlichen Auftreten der Tagfalter im Jahr 2016, im Zillertal. Zu der ersten Gruppen der Studie von Neumayer *et al.* (2005) sind „frühfliegende“ Arten wie *Erebia pandrose*, *Oeneis glacialis* oder *Melitaea asteria* mit den ersten Imagines in den ersten zwei Juliwochen vermerkt worden. Bei der zweiten Gruppe lag die Hauptflugzeit zwischen Ende Juli und dem 20 August. Dazu gehörten beispielsweise *Coenonympha gardetta*, *Agriades orbitulus*, *Colias palaeno*, die Neumayer und Kollegen der „mittel-späten“ Gruppen zuteilten. Der Unterschied

im zeitlichen Auftreten der Tagfalter aus der Datenerhebung im Zillertal zeigt, dass alle Falter deutlich früher gesichtet wurden. So sind die „frühfliegende“ als auch „mittelspäte Arten“ im Gegenzug zu der Studien vom Neumayer *et al.* (2005) bereits in der ersten Juli-Woche erfasst worden. Auch Vertreter der letzten Gruppe, der bereits erwähnte Studie, mit den „spätfliegenden“ Faltern wie *Boloria pales*, *Gonepteryx rhamni*, *Pieris rapae*, einschließlich der Wanderfalter *Vanessa atalanta* und *Vanessa cardui*, sind mehrheitlich erst nach dem 20.08.1997 registriert worden, hingegen im Zillertal schon vor dem 10.07.2016 aufgetreten. Die Autoren gehen in ihrer Studien auf die im Jahr der Untersuchung verspätete Flugzeitperiode der Falter ein und geben als möglichen Grund die ungünstigen Wetterverhältnisse des Frühlings 1997 in Salzburg an (Neumayer *et al.* 2005).

Die Studie von Gordo *und* Sanz (2006) zeigte einen negativen Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Temperatur der Monate Februar und Mai und dem ersten Erscheinen von Honigbiene *Apis mellifera* und *Pieris rapae*. Demnach ist es sinnvoll neben dem Erstellten eines Phänogramms einen klimatischen Rückblick (vor allem des Frühlings) zu machen. Das Jahr 2016 war in den Bergen das sechstwärmste Jahr seit der Messgeschichte (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG, Bericht 2016). Aus diesem Grund ist auch der Februar als mild, feucht und in tiefen Lagen mit wenig Schnee verzeichnet worden. Der März 2016 war zusammenfassend überwiegend trocken mit markanten Schneemengen nur in Osttirol und Oberkärnten. Allerdings wurde für den Monat April eine kalte Frostperiode verzeichnet. Auch Mai 2016 ist „als sehr nass und etwas zu kühl“ von Klimadatensammlung für den Großraum der Alpen beschrieben worden (ZAMG, Witterungsbericht Mai 2016). Dennoch lag die Lufttemperatur insgesamt in sieben Monaten um 1 °C oder mehr über dem jeweiligen klimatologischen Mittelwerten. Der Sommer 2016 war einer der 15 nassesten seit 1858. Er war zwar warm (0,9 °C über dem langjährigen Mittel) aber ohne langanhaltende Hitzewellen, da es durch große Niederschlagsmengen in kurzer Zeit wieder abkühlte (HISTALP - Langzeitklimareihen/Sommerbericht 2016). Im Zillertal war das Wetter während der Untersuchungsperiode unbeständig mit viel Regen und Schneefall auch unter 2000 m Seehöhe. Oft waren die Rahmenbedingungen für eine Kartierung

unzureichend, manche Begehungstage mussten bei der zweiten Tageshälfte auf Grund von Bewölkung, Regen oder zu starkem Wind abgebrochen werden.

Kartierungen (2017 oder 2019) könnten Falter mit zweijähriger Raupenentwicklung nachweisen. Die Studien von Hickel *et al.* (2016), die im gleichen Gebiet in einem ungeraden Jahr durchgeführt wurde, konnte *Erebia epiphron* und *Erebia nivalis* mit zweijähriger Raupenentwicklung nachweisen. Eine weitere *Erebia*-Art, *Erebia pronoe* wurde ebenfalls 2007 verzeichnet. Ihre Raupenentwicklung ist jedoch einjährig. Vermutlich wurde diese Art im Sommer 2016 nicht registriert, da die Hauptflugzeit von *Erebia pronoe* spät ist und in Kanto Tessin beispielsweise erst in der zweiten Augushälfte fliegt (Sonderegger, 2005). So ist durchaus bekannt, dass in einem Sommer mit längeren Schlechtwetterperioden noch Sichtungen im September möglich sind, falls dann günstiges Wetter herrscht (Morier-Genoud 1991). Deshalb kann vermutet werden, dass diese Art erst gegen Ende August im Zillertal noch erschienen ist und diese vielleicht verpasst wurde. Bei eigenen Beobachtungen im Jahr 2015 konnte noch *Oeneis glacialis* (*Erebia nivalis* mit zweijährigen Raupenentwicklung im Untersuchungsgebiet festgestellt werden, die aber 2016 im Untersuchungszeitraum nicht angetroffen worden sind).

4.3 Räumliche Muster

In der vorgelegten Studie nahmen die Artenzahlen im Untersuchungsgebiet mit der Höhe signifikant ab. In einigen Studien wurde belegt, dass die Höhe eine Auswirkung sowohl auf das Artenreichtum, als auch auf die Artenzusammensetzung hat (Whittaker, 1952; Hodkinson, 2005; Schnepf, 2010). So kann auch hier die Höhendifferenz von beinahe 700 m mit den abiotischen Faktoren, wie starke UV-Strahlung, kürzere Vegetationsperiode, Temperaturabnahme (Hodkinson 2005) als ein wichtiger Faktor für die Artenzahlabnahme in dem Untersuchungszeitraum erachtet werden. Sowohl in der Arbeit von Schnepf (2010) als auch von Zöchling *et al.* (2015) zeigten die Individuenzahlen keine oder nur schwach wahrnehmbare Korrelation mit der Höhe. In der Arbeit von Leingärtner *et al.* (2014a) wird postuliert, dass die Abundanzen von den Nektarressourcen abhängig waren und nicht von der

Höhe. Die Individuenzahlen im Untersuchungsgebiet nehmen mit der Höhe ab. Die Abnahme der Häufigkeiten in den Individuenzahlen ist allerdings nicht stetig, denn sie variiert vor allem auf den einzelnen Strecken und hat signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Lebensraumtypen. Betrachtet man die Tagfaltermgemeinschaften auf den Strecken und die Pflanzengemeinschaften auf den Strecken (mit den Umweltparametern, die sie anzeigen), so sind einige Parallelen zu erkennen. Zunächst ist bei den Pflanzengemeinschaften die Differenzierung zwischen den Strecken 1-13,18-11 zu den Strecken 24-29 erkennbar. Mit steigender Höhe nimmt die Temperaturzahl (mittlere Lufttemperatur) und die Reaktionszahl (Säurezeiger) ab. Bei den Tagfaltermgemeinschaften besteht analoge Differenzierung zwischen alpinen Tagfaltern auf den Strecken 23-29 zu allen Strecken in tieferen Lagen. Die Pflanzengemeinschaften auf der vertikalen Achse differenzieren auf den Strecken (7-8, 11 – 17, 23) zwischen Halbschattenzeiger auf humusreichen Böden bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit und Lichtzeiger mit wenig Humusgehalt und mittlerer Bodenfeuchtigkeit (Strecken 1-10, 18,21). Auch der zweite Gradient spiegelt sich bei den Tagfaltermgemeinschaften wider, wenn auch nicht so stark wie bei den Pflanzengemeinschaften. So unterscheiden sich zumindest die Tagfaltermgemeinschaften auf feuchten Strecken (7, 15-16). Die niedrigsten Individuenzahlen sind bei den feuchtesten Habitaten verzeichnet worden (Strecke 7,15,16). Bei der Studien von Huemer *et al.* (2001) war das geringste Vorkommen der Tagfalterarten auf Feuchtwiesen auch bei Wettstein und Schmid (1999) gab es einen positiven Zusammenhang zwischen Tagfalterdiversität und Feuchtgebieten. Interessanterweise sind die Strecken 18-22 ebenfalls als frische, stellenweise feuchte, blütenreiche Zwergstrauchheiden kategorisiert worden. Der Unterschied lag im höheren Blütenreichtum und bei den Wasserquellen handelte es sich um kleine Wasserquellen oder Wasseradern im Gegensatz zu stehenden Tümpel oder Staunässe durch umgebende Quellbäche auf den Strecke 7-8,13-16. So scheint beim Vergleich dieser Strecken die Zusammensetzung des Habitats bedeutender für das Vorkommen der Tagfalter zu sein, als die Höhe. Dennoch zeigte die Hauptkomponentenanalyse, dass die Seehöhe mit der Temperaturzahl die höchste Variabilität zwischen den Pflanzengemeinschaften erklärt. Einerseits wurde in der Studie Zöchling *et al.* (2015) beim Vergleich von Beweidung und Landnutzung, Nektarangebot,

Höhenlage und anderen Parametern, die Höhenlage als der entscheidender Faktor für die Artenvielfalt angesehen. Andererseits korrelierten in der Diplomarbeit Schnepf (2010) die Zusammensetzung der Tagfaltermgemeinschaften entlang der Höhe mit der Änderung der Pflanzengemeinschaften.

Vergleicht man die Ergebnisse beider Studien mit der vorgelegten Studie, so lässt sich feststellen, dass die Tagfaltermgemeinschaften entlang des Höhengradienten in den Zillertaler Alpen mit dem Wechsel der Pflanzengemeinschaften einhergehen und die ökologische Situation der Habitate widerspiegeln, ähnlich der Diplomarbeit von Schnepf (2010). Der Höhengradient an sich bestimmt wiederum durch eine Reihe physiologischer Parameter (zunehmende UV-Strahlung, Temperaturabnahme pro 100 Höhenmeter, steigende Windstärke mit der Höhe) zunehmend schwierige Lebensbedingungen (Leingärtner et al., 2014b, Zöchling et al. 2015). Dies ist in den Pflanzengemeinschaften und in der Abnahme der Artenzahl im Untersuchungsgebiet erkennbar. Zusammenfassend kann man bei der Untersuchung der Tagfaltermgemeinschaften im Zillertal von einem multikausalen Zusammenhang sprechen. Die Habitatzusammensetzung hatte Einfluss auf die Tagfaltermgemeinschaften, und die Höhenlage mit allen physikalischen Komplexen, einen Einfluss auf die Habitatzusammensetzung.

Bei der Interpretation der Indikatorwerte muss abgesehen von der Signifikanz die ökologische Relevanz jeder Falterart mitberücksichtigt werden. In der Studie von Neumayer et al. (2005) wurde eine Biotoppräferenz eines Falters bei einer Sichtungshäufigkeit von mehr als über 50 % erachtet. Dabei ist es vom Vorteil die Verteilung einer in einem Lebensraum von einer Zufallsverteilung zu überprüfen. Als bestes Beispiel wie stark sich die Interpretation ändern kann, sollen zwei Wanderfalter *Vanessa cardui* und *Vanessa atalanta* herangezogen werden. Bei *Vanessa cardui* gibt es keine relative Häufigkeit > 50% bei einem bestimmten Lebensraumtyp. Dennoch erhält sie einen Indikatorwert für den alpine Zwergstrauchheiden mit einer Signifikanz von $p < 0,034$. Da es sich um einen Wanderfalter handelt, ist es nachvollziehbar, dass der Falter grundsätzlich auf allen Lebensraumtypen beobachtet wurde. Sie fliegen zielgerichtet, ohne Pausen in eine Richtung, entweder nach Nordosten oder Süden (Shields, (1992); Stefanescu et al. 2007). Obwohl ihre Häufigkeit auf den alpinen

Zwergstrauchheiden nicht über 50% liegt und einen vergleichbaren Wert bei subalpinen Zwergstrauchheiden, spiegelt die Route des Wanderweges wieder. *Vanessa atalanta* liefert, wenn auch nur mit 6 Sichtungen, ein ähnliches Bild. Sie wurde in allen Lebensräumen gesichtet. Die Strecken auf der Höhe der alpinen Zwergstrauchheiden scheinen die fixierten Passagen einer langen Wanderroute zu sein. Somit sind beide Falter keine Indikatorarten für Zwergstrauchheiden, ihr Hauptwanderweg muss aber genau zwischen diesen Strecken (2167-2405 m Seehöhe) liegen.

Das räumliche Verteilungsmuster während der Vegetationsperiode blieb in etwa gleich. Nur zu Beginn der Untersuchung lag die Zahl der Individuen höher in den n in alpinen Zwergstrauchheiden als im subalpinem Grasland. Diese könnte alleine durch die Präsenz von *Erebia pandrose* verursacht worden sein. Nach dem Schneefall sind die Sichtungen vor allem in den höheren Lagen drastisch gesunken. Vermutlich haben Schlechtwetterperioden mit zunehmender Höhe größeren Einfluss. Es könnte an den Auswirkungen der niedrigeren Temperaturen mit zunehmender Höhe liegen, wie beispielsweise langsames Abschmelzen des Schnees.

4.4 Räumliche Verbreitung und Phänologie von *Erebia*

Erebia pandrose gehört zu den frühfliegenden Faltern, sein Habitat sind kurzrasige Weiden, Alpmatten mit Borstgras *Nardus stricta* und Zwergsträuchern, durchwegs auf felsigen, steinigen Bereichen (Ebert *et al.* 1991, Sonderegger 2005). Betrachtet man die Sichtungen in den Lebensräumen, so ergibt sich, dass dieser Falter überall vorkam. Die Präferenz lag aber in den alpinen Zwergstrauchheiden, vor allem auf den Strecken 17-23 zwischen 2167-2405 m Seehöhe, die allgemein den Habitatbeschreibungen aus der Literatur entsprechen. Auch das bevorzugten Blütenangebot der adulten Tiere z. B *Silene acaulis*, *Cerastium cerstoides*, *Saxifrage aizoides* (Sonderegger 2005) entsprach der Vegetation auf den Strecken. Vergleicht man die Häufigkeiten zu tieferliegenden Lebensräumen (alpines Grasland und subalpine Zwergstrauchheiden), so waren die Abundanzen von *Erebia pandrose* im alpinen Grasland hoch. Ab der Untersuchungsstrecke 24 dominiert *Nardus stricta*, die

alternierend zu *Festuca*-Arten als Eiablage dienen könnte. Möglich wäre, dass sich die adulten Falter in alpinen Zwergstrauchheiden fortpflanzen und dort ihre Nahrung beziehen und die Weibchen für die Eiablage in höhere Lagen fliegen, und sich deshalb solch ein Verbreitungsmuster ergibt. Das subalpine Grasland stellt hingegen den Lebensraumschwerpunkt von *E. medusa*, *E. pharte*, *E. melampus*, *E. euryale* dar und bei den drei letztgenannten mit einem hohen Indikatorwert. *Erebia medusa* wird als ein typischer Vertreter der mageren und trocknen Wiesen und Weiden des subalpinen Grünlandes angesehen (Morier-Genoud 1991, Sonderegger 2005). Sie wurde in der gleichen Kalenderwoche wie *Erebia pandrose* gesichtet, allerdings mit deutlich niedrigeren Abundanz. Sie erreichte ihren Höchstwert in der 27. Kalenderwoche mit einem Wechsel von subdominanter zur dominanter Art. Anzumerken ist, dass *Erebia medusa* noch als einzige *Erebia*-Art neben *E. pandrose* in großen Höhen im alpinen Grasland vereinzelt anzutreffen war. *Erebia pharte* hat eine weite Verbreitung in der alpinen und subalpinen Stufe und ist vermutlich sehr anpassungsfähig bezüglich unterschiedlicher Lebensräume, allerdings scheinen Gebiete mit feuchteren Böden bevorzugt zu werden (Varga, 1975, Sonderegger 2005). Diese Untersuchung bestätigt, dass sie vereinzelt auf feuchten Habitaten, die in größerer Höhe gelegen sind, gesichtet wurden. Interessanterweise zeigt *Erebia eriphyle* ein ähnliches Bild, dieser wurde auch eine Bindung an eher feuchte Lebensräume zugeteilt (Varga 1975), wie aber schon oben erwähnt, ist aufgrund der geringen Zahl an Sichtungen in der vorliegenden Studie unzulässig. *Erebia melampus* wird laut Stettmer *et al.* (2011) als „Verschiedenbiotop-Bewohner“ bezeichnet. Sie ist eine Art die häufig Blüten besucht und oberhalb der Waldgrenze auf Weiden mit üppigen Gras und Kräuterwuchs vorkommt (Sonderegger, 2005). Diese Beschreibungen lassen eine relativ hohe Abundanz für das subalpine Grasland gut begründen. *Erebia euryale* ist eine Charakterart der montanen und subalpinen Wälder und Waldwiesen, steigt auch über die Waldgrenze und wird dort vor allem auf feuchten, üppigen Wiesen beobachtet (Morier-Genoud, 1991). Die Verteilungen auf den einzelnen Strecken in der vorliegenden Studie sind zu *Erebia melampus* annähernd identisch.

Bei den letztgenannten *Erebia*-Arten ist der Lebensraumschwerpunkt auf das subalpine Grasland konzentriert. Die Nischenaufteilung muss eher in der

zeitlichen Aspekte liegen, denn sie erreichen ihren Höchstwert der Dominanz hintereinander: *Erebia pharte* in der 30. Kalenderwoche, *Erebia melampus* in der 31. Kalenderwoche und *Erebia euryale* in der Kalenderwoche 32.

4.5 Blütenangebot.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum waren blühenden Pflanzen, die als Nektarquellen für die Tagfalter potenziell nutzbar sind, in allen Lebensraumtypen vorhanden, obwohl das Blütenangebot mit der Höhe abnahm. In der vorliegenden Studie besteht eine schwache aber hochsignifikante Korrelation mit dem Blütenangebot und Tagfalter-Individuenzahlen einerseits auf jeden Lebensraumtyp und andererseits mit jedem Blütentyp. Das weist auf eine polyphage Ernährung der Tagfalter hin (Hering 1926, Schnepf 2010, Leingärtner *et al.* 2014a). Es gab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Blütenangebot im Verlauf der Vegetationsperiode und den Tagfalter-Individuenzahlen in den Untersuchungswochen. Die höchsten Abundanzen der Tagfalter scheinen vom Höchstwert der Blütenzahlen um eine Woche verschoben zu sein. In der Studie von Forrest *und* Thomson (2011) wurde auf die Synchronisation zwischen Blütenbesucher und dem Blühen der Pflanzen untersucht. Ein gemeinsames Erscheinen wurde beobachtet und im regulären Fall erscheinen keine Blütenbesucher vor dem Blühen der Pflanzen, bis auf eine Ausnahme einer Bienenart (*Osmia lignaria*). Allerdings wird postuliert, dass die Pflanzen sensibler auf die Frühlingstemperatur reagieren als die Blütenbesucher (Forrest *et al.* 2011, Kharouba und Vellend 2015) und es sich stärker auf das phänologische Erscheinen auswirkt.

4.6 Transektbegehung

Im Moment sind 22 Länder am europaweiten *Butterfly Conservation Europe*[®] Programm Van Swaay *et al.* (2017) beteiligt. Dabei handelt es sich um eine landesweite, systematische Datenerfassung der Tagfalter nach einer standardisierten Erhebungsmethode, der Transektbegehung. Die Daten werden stetig überprüft und von EU-weiten Koordinationsstellen zentral verwaltet. Hier

soll vor allem die Möglichkeit geboten werden, langjährig erfasste Daten sowohl lokal-regional als auch global vergleichen zu können (Caldas und Robbins 2003, Scheifinger *et al.* 2005, Altermatt *et al.* 2008). Österreich ist kein offizieller Partner von Biodiversitätsmonitoring und somit existieren auch keine längeren, standardisierte Beobachtungsreihen von Tagfaltern, wie auch im „Weckruf für den Schutz der Biodiversität in Österreich – Der stille Tod der österreichischen Schmetterlinge“ (Huemer *et al.* 2016) bestätigt wird. Vergleicht man die Beschreibungen des Monitorings anderer Länder so gibt es keine explizite Vorgabe für die Länge des Transektes, sondern eher Vorschläge (Van Swaay *et al.* 2008; 2015). Die Angaben reichen von 50 (x4) m Abschnitten Kühn *et al.* (2014) mit einem Transekts von 500 m lang oder 3-10 Transekte mit einer Länge von 1 km von Van Swaay *et al.* (2015) oder ein Transekt von 2 km Länge und einer Gehzeit zwischen 15-60 min (Van Swaay *et al.* 2008). Folglich können die untersuchten Strecken auf zwei, vier oder sogar 29 Transekte eingeteilt werden, je nach Definition. Bei einer Gesamtstreckenlänge von 4 480 m und einer Höhendifferenz von 674 m Seehöhe im Untersuchungsgebiet, erwies sich eine Einteilung von 150 – 200 m für jede Strecke mit einer Höhendifferenz von ca. 23 m mit einer Begehungszeit von 12-15 Minuten praktikabel. Vor allem durch die besonders wechselhaften Wetterbedingungen in höheren Lagen empfiehlt es sich für jede Strecke nicht länger als 15 Minuten Zeit für eine Begehung in Anspruch zu nehmen. Die eben genannte Wetterunbeständigkeit in alpinen Lagen macht es ebenfalls schwierig im Vorfeld eine geeignete Anzahl an Begehungstagen zu bestimmen. Von der Koordinationsstelle "*Biodiversitäts-Monitoring-Schweiz*" (2008) werden für höhere Lagen zwischen 4-6 Behebungsaufnahmen (mit einem Abstand von ca. 13 Tagen) vorgeschlagen. Betrachtet man die Ergebnisse der vorgelegten Studien, so empfehlen sich deutlich frühere Begehungszeiten (spätestens Mitte Juni) und eine Verlängerung um eine oder zwei Wochen für die Registrierung auch spätfliegender Arten. Somit sollte eine Begehung pro Kalenderwoche im Laufe der Vegetationsperiode (Anfang, Mitte Juni – Ende August) für das Erstellen eines vollständigen Phänogramms (mit früh- und spätfliegenden Arten) als Ziel gesetzt werden.

5 LITERATURVERZEICHNIS

- Aistleitner E. 2010.** Die Mohrenfalter aus der Sammlung Dr. Hans Malicky (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae, *Erebia* DALMAN, 1816). *Beiträge zur Entomofaunistik* 11: 47–56.
- Altermatt F, Birrer S, Plattner M, Ramseier P & Stalling T. 2008.** Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. *Entomo Helvetica* 1: 75–83.
- Altermatt F. 2012.** Temperature-related shifts in butterfly phenology depend on the habitat. *Global Change Biology* 18: 2429–2438.
- De Arce Crespo JI & Gutiérrez D. 2011.** Altitudinal trends in the phenology of butterflies in a mountainous area in central Spain. *European Journal of Entomology* 108: 651–658.
- Balzer S, Schröder E, Ssymank A, Ellwanger G, Kehrein A & Rost S. 2004.** Ergänzung der Anhänge zur FFH-Richtlinie auf Grund der EU-Osterweiterung: Beschreibung der Lebensraumtypen mit Vorkommen in Deutschland. *Natur und Landschaft* 79 (8): 341–349.
- Bolz R & Geyer A. 2003.** Rote Liste gefährdeter Tagfalter (Lepidoptera: Rhopalocera). *Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe, Heft* 166: 217–222.
- Bresinsky A, Körner C, Kadereit JW, Neuhaus G & Sonnewald U. 2008.** Strasburger, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. *Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg*. (36): 1176.
- Caldas A & Robbins RK. 2003.** Modified pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity. *Biological Conservation* 110: 211–219.
- Defila C & Clot B. 2001.** Phytophenological trends in Switzerland. *International Journal of Biometeorology* 45: 203–207.
- Devictor V, Van Swaay CAM, Brereton T, Brotons L, Chamberlain D, Heliola J, Herrando S, Julliard R, et al. 2012.** Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Clim. Change* 2: 121–124.
- Dufrêne M & Legendre P. 1997.** Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345–366.
- Ebert G & Rennwald E. 1991a.** Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Allgemeiner Teil: Systematik, Taxonomie und Nomenklatur, Faunistik und Ökologie, Gefährdung und Schutz, Datenverarbeitung; Spezieller Teil: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. : 552.
- Ebert G & Rennwald E. 1991b.** Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Spezieller Teil: Satyridae, Lycaenidae, Pieridae, Hesperiidae. : 366.

Ehrlich PR & Murphy DD. 1987. Conservation Lessons from Long-Term Studies of Checkerspot Butterflies. *Conservation Biology* 1: 122–131.

Embacher G. 1996. Die Tagfalter der Salzburger Hohen Tauern (Lepidoptera: Rhopalocera, HesperIIDae). *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern* 2: 43–74.

Embacher G, Gros P, Kurz M, Kurz M & Zeller-Lukashort C. 2011. Die Schmetterlinge des Landes Salzburg. Systematisches Verzeichnis mit Verbreitungsangaben für die geologischen Zonen des Landes (Insecta: Lepidoptera). *Mitteilungen aus dem Haus der Natur* 19: 5–89.

Engelmann HD. 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia, Jena* 18: 378–380.

Erhard A. 1998. Wiesen und Brachland als Lebensraum für Schmetterlinge. *Springer Verlag, Basel AG, Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* (98): 154.

Ettschberger U, Reinhardt R & Steiniger H. 1991. Wanderfalter in Europa. *Zeitschrift der „Deutschen Forschungszentrale für Schmetterlingswanderungen“. Gesellschaft zur Förderung der Erforschung von Insektenwanderungen e.V., München: Atalanta* 22: 17–67.

Ferjančič TL, Chomat G, Gaggia G, Nathalie M, Reiterer M, Schlosser H, Onida M & Morandini M. 2009. Die Alpen: Acht Staaten, ein Gebiet. *Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention* (2): http://www.alpconv.org/en/publications/alpine/Documents/Alpkonv_IT_web.pdf [07.05.2017]: 74.

Ferretti G. 2015. Schmetterlinge der Alpen Der Bestimmungsführer für alle Arten. *Haupt Verlag, Bern*: 352.

Fischer MA, Adler W & Oswald K. 2008. Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol: Bestimmungsbuch für alle in der Republik Österreich, im Fürstentum Liechtenstein und in der Autonomen Provinz Bozen. *Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen* (3): 1391.

Fischer J & Lindenmayer DB. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* *Global Ecol. Biogeogr.*) 16: 265–280.

Forrest JRK & Thomson JD. 2011. An examination of synchrony between insect emergence and flowering in Rocky Mountain meadows. *Ecological Monographs* 81: 469–491.

Forster W & Wohlfart T. 1954. Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. I: Biologie der Schmetterlinge. *Franckh'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart*: 202.

Gordo O & Sanz JJ. 2006. Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology* 31: 261–268.

Grabherr G, Gottfried M & Pauli H. 2000. Hochgebirge als 'hot spots' der Biodiversität: dargestellt am Beispiel der Phytodiversität. *Bericht der Reihnhold-Tüxen-Gesellschaft* 12: 101–112.

Gutierrez D & Menendez R. 1998. Phenology of butterflies along an altitudinal gradient in northern Spain. *Journal of Zoology* 244: 249–264.

Habeler H. 2001a. Das zahlenmäßige Inventar an Schmetterlingen in den Höhenstufen der Steiermark (Lepidoptera). *Joannea Zool* 3: 37–46.

Habeler H. 2001b. Ähnlichkeitsgrade im Artbestand von Schmetterlingen an einigen Stellen in der Südoststeiermark (Lepidoptera). *Joannea Zool* 3: 47–54.

Hering M. 1926. 'Die Ernährung des Falters'. Biologie der Schmetterlinge. *Springer Berlin Heidelberg*,: 117–132.

Hickel C, Gereben-Krenn BA, Zweimüller I & Krenn HW. 2016. Entomologica Austriaca Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern (Lepidoptera: Papilionoidea) in alpinen Lebensräumen in Österreich. *Entomologica Austriaca* 23: 7–18.

Hodkinson ID. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489–513.

Höttinger H & Pennerstorfer J. 2005. Rote Liste der Tagschmetterlinge Österreichs (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea).– In: Zulka, K. P. (Hrsg.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 1: Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Was. *Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien* 14/1: 313–354.

Huemer P. 1998. Endemische Schmetterlinge der Alpen - Ein Überblick (Lepidoptera). *Stapfia (Linz)* 55: 229–256.

Huemer P. 2013. Die Schmetterlinge Österreichs (Lepidoptera) Systematische und faunistische Checkliste. *Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft m.b.H.*: 304.

Huemer P. 2015. DNA-Barcoding von Schmetterlingen – alpine Artenvielfalt neu bewertet. *Acta ZooBot Austria* 152: 161–165.

Huemer P. 2016. Weckruf für den Schutz der Biodiversität in Österreich. *Blühendes Österreich – REWE International gemeinnützige Privatstiftung Umweltschutzorganisation GLOBAL 2000/Friends of the Earth Austria*
https://www.global2000.at/sites/global/files/Schmetterlingsreport_0.PDF [07.05.2017]: 38.

Huemer P & Pennerstorfer J. 2004. Endemische Schmetterlinge in Österreich. *Denisia* 13: 317–324.

Huemer P & Tarman G. 2001. Artenvielfalt und Bewirtschaftungsintensität: Problemanalyse am Beispiel der Schmetterlinge auf Wiesen und Weiden Südtirols. *Gredleriana* 1: 331–418.

Illán JG, Gutiérrez D, Díez SB & Wilson RJ. 2012. Elevational trends in butterfly phenology: Implications for species responses to climate change. *Ecological Entomology* 37: 134–144.

Kharouba HM & Vellend M. 2015. Flowering time of butterfly nectar food plants is more sensitive to temperature than the timing of butterfly adult flight (J Newman, Ed.). *Journal of Animal Ecology* 84: 1311–1321.

Kilian W, Müller F & Starlinger F. 1994. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. *FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Vienna, Austria*, 82: 1–60.

Klier W, Klier H & Klier H. 2013. Zillertaler Alpen : ein Führer für Täler, Hütten und Berge; Für Wanderer, Bergsteiger und Kletterer, verfasst nach den Richtlinien der UIAA; 12: 528.

Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring-Schweiz. 2008. Anleitung für die Feldarbeit zum Indikator 'Z7-Tagfalter'. *Bern, Bundesamt für Umwelt*.
http://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user_upload/documents/daten/anleitungen/1010_A_nleitung_Z7-Tagf_v15.pdf [07.05.2017]: 1–48.

Korkeaoja J. 2006. Richtlinie 2006/105/EG des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union*: 368–408.

Körner C. 1999. Plant ecology at high elevations. *Alpine Plant Life, Springer Verlag Berlin-Heidelberg*: 1–5.

Körner C. 2003. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems: Growth dynamics and phenology. *Alpine Plant Life, Springer Verlag Berlin-Heidelberg*: 221–233.

Kremen C, Colwell RK, Erwin TL, Murphy DD, Noss RF & A.Sanjayan M. 1993. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology* 7(4): 796–808.

Kühn E, Musche M, Harpke A, Feldmann R, Metzler B, Wiemers M, Hirneisen N & Settele J. 2014. Tagfalter-Monitoring Deutschland. *Oedippus* 27: 48.

Lance G & Williams W. 1976. Mixed-data classificatory programs. I. Agglomerative systems. *Aust Comput* 1: 15–20.

Landolt E. 2010. Flora indicativa. Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps. *Haupt Verlag*: 376.

Leingärtner A, Krauss J & Steffan-Dewenter I. 2014. Species richness and trait composition of butterfly assemblages change along an altitudinal gradient. *Oecologia* 175: 613–623.

McGeoch M a. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73: 181–201.

Morier-Genoud J. 1991. Tagfalter und ihre Lebensräume: Arten, Gefährdung, Schutz; Schweiz und angrenzende Gebiete. *Schweizerischer Bund für Naturschutz*: 516.

Musche M, Wiemers M & Kühn I. 2014. Konzept für ein Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt Thüringens. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 51 (2): 67–78.

Musche M & Wiemers M. 2013. Konzept für ein Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt des Freistaates Thüringen. : 105.

Neumayer J, Gros P & Schwarz-Waubke M. 2005. Ressourcenaufteilung alpiner Gemeinschaften von Tagfaltern (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea) und Widderchen (Zygaenoidea): Phänologie, Höhen- und Biotoppräferenzen. *Linzer biol. Beitr* 37/2: 1431–1450.

Niklfeld H & Schratt-Ehrendorfer L. 2007. Zur Flora des Zemmgrundes in den Zillertaler Alpen Ein Auszug aus den Ergebnisse der Floristischen Kartierung Österreichs. *Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss.*, 16 141: 99–108.

Ortner A & Lechner K. 2008. Zur Situation des Wald-Wiesenvögelchens *Coenonympha hero* (LINNAEUS, 1761) in Österreich (Lepidoptera, Satyrinae). *Beiträge zur Entomofaunistik* 8: 101–108.

Parmesan C. 2003. Butterflies as bio-indicators for climate change impacts. Evolution and ecology taking flight: butterflies as model systems. *University of Chicago Press*: 541–560.

Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37: 637–669.

Parmesan C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology* 13: 1860–1872.

Pennerstorfer J. 2013. Die Tagfalter des Wildnisgebietes Dürrenstein. *Verlag: Schutzgebietsverwaltung Wildnisgebiet Dürrenstein* (1): 232.

Rabitsch W & Essl F. 2009. Endemiten. Kostbarkeiten in Österreichs Pflanzen- und Tierwelt. Mit zahlreichen Einzelbeiträgen verschiedener Autoren. *Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten & Umweltbundesamt GmbH, Klagenfurt und Wien*: 924.

Regier JC, Mitter C, Zwick A, Bazinet AL, Cummings MP, Kawahara AY, Sohn JC, Zwickl DJ, et al. 2013. A Large-Scale, Higher-Level, Molecular Phylogenetic Study of the Insect Order

Lepidoptera (Moths and Butterflies) (CS Moreau, Ed.). *PLoS ONE* 8: e58568.

Roy DB & Sparks TH. 2000. Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology* 6: 407–416.

Scheifinger H, Koch E & Winkler H. 2005. Results of a first look into the Austrian animal phenological records. *Meteorologische Zeitschrift* 14: 203–209.

Schnepf J. 2010. Diversity of diurnal Lepidoptera across an elevational gradient above the timberline: a case study from the Austrian Alps. *Diplomarbeit, Univ. Wien*: 38p.

Schweiger O, Harpke A, Wiemers M & Settele J. 2014. Climber: Climatic niche characteristics of the butterflies in Europe. *ZooKeys* 367: 65–84.

Schwendinger G & Pindur P. 2014. Die Entwicklung der Gletscher im Zemmgrund, Zillertaler Alpen (Österreich), seit dem Hochstand in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Längenänderung, Flächen- und Volumenverlust, Schneegrenzanstieg. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 47/48: 63–90.

Settele J, Steiner R, Reinhardt R, Feldmann R & Hermann G. 2005. Naturführer Schmetterlinge. Die Tagfalter Deutschlands. *Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart*: 256.

Shields O. 1992. World distribution of *Vanessa cardui* Group (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists' Society* 46: 235–238.

Sømme L. 1989. Adaptations of terrestrial arthropods to the alpine environment. *Biological Reviews, Blackwell Publishing Ltd* 64: 367–407.

Sonderegger P. 2005. Die Erebien der Schweiz (Lepidoptera: Satyrinae, Genus *Erebia*). *Biel/Bienne (III)*: 712.

Ssymank A, Hauke U, Rückriem C, Schröder E & unter Mitarbeit von Messer D. 1998. Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie. *Schr.R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.* 53. *Landwirtschaftsverlag, Bonn*: 560.

Statistik Austria. 2017. Geographische und meteorologische Übersichten, administrative Einteilungen. *Statistisches Jahrbuch*, http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&dDocName=054400 [07.05.2017] *Statistisc*: 32–37.

Stefanescu C, Penuelas J & Filella I. 2003. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology* 9: 1494–1506.

Stefanescu C, Alarcón M & Àvila A. 2007. Migration of the painted lady butterfly, *Vanessa cardui*, to north-eastern Spain is aided by African wind currents. *Journal of Animal Ecology* 76:

888–898.

Stefanescu C, Páramo F, Akesson S, Alarcón M, Ávila A, Brereton T, Carnicer J, Cassar LF, et al. 2013. Multi-generational long-distance migration of insects: Studying the painted lady butterfly in the Western Palaearctic. *Ecography* 36: 474–486.

Stettmer C, Brau M, Gros P & Wanninger O. 2011. Die Tagfalter Bayerns und Österreichs. *Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) , Laufen* (2): 248.

Van Swaay CAM, Plate CL & Van Strien AJ. 2002. Monitoring butterflies in the Netherlands: how to get unbiased indices. *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society* 13: 21–27.

Van Swaay CAM, Nowicki P, Settele J & Van Strien AJ. 2008. Butterfly monitoring in Europe: Methods, applications and perspectives. *Biodiversity and Conservation* 17: 3455–3469.

Van Swaay CAM, Harpke A, Van Strien A, Fontaine B, Stefanescu C, Roy D, Maes D, Kühn E, et al. 2010. The impact of climate change on butterfly communities The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009 Commissioner Production. *Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting, Wageningen. Report VS2010.025*: 24.

Van Swaay CAM, Brereton T, Kirkland P & Warren M. 2012. Manual for Butterfly Monitoring. Report VS2012.010, . *De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Butterfly Conservation UK & Butterfly Conservation Europe, Wageningen* (2).

Van Swaay CAM, Regan C, Ling E, Bozhinovska M, E. F, M.Marini-Filho, O.J HB, Phon CK, et al. 2015. Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring. *Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series* (1): 32.

Van Swaay CAM, Kirkland P, Wiemers M, Munguira M, Verovnik R, Šašić M, Pettersson L., Collins S, et al. 2017. Butterfly Conservation Europe Activity Report 2016 Butterfly Conservation Europe Activity Report 2016. Report VS2017.004. *Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Wageningen*: 18.

Talavera G & Vila R. 2016. Discovery of mass migration and breeding of the painted lady butterfly *Vanessa cardui* in the Sub-Sahara: The Europe-Africa migration revisited. *Biological Journal of the Linnean Society* 120(2): 274–285.

Thomas JA. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 360: 339–57.

Tolman T & Lewington R. 1998. Naturführer: Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas. *Kosmos Verlag, Stuttgart*: 536.

- Troll W. 1957.** Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie, Zweiter Teil: Die Blühende Pflanze. *Gustav Fischer Verlag, Jena*: 678.
- Varga Z. 1975.** Geographische Isolation und Subspeziation bei den Hochgebirgs-Lepidopteren der Balkanhalbinsel. *Acta entomologica jugoslavica* 1: 5–39.
- Voith J, Bräu M, Dolek M, Nunner A & Wolf W. 2016.** Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Lepidoptera: Rhopalocera) Bayerns. *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)*: 19.
- Warren MS, Hill JK, Thomas JA, Asher J, Fox R, Huntley B, Roy DB, Telfer MG, et al. 2001.** Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* 414: 65–69.
- Weberling F & Schwantes HO. 1975.** Pflanzensystematik. Einführung in die systematische Botanik. Grundzüge des Pflanzensystems. 2., überarbeitete Aufl. 106 Abb. *Uni-Taschenbücher des Repertorium, V Stuttgart* 62: 389 S.
- Wettstein W & Schmid B. 1999.** Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: Effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers. *Journal of Applied Ecology* 36: 363–373.
- Whittaker R. 1952.** A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains. *Ecological Monographs* 22: 1–44.
- Wiemers M. 2008.** Zur Phänologie von *Coenonympha glycerion* (Borkhausen, 1788) mit Nachweis einer zweiten und dritten Generation im östlichen Österreich und in Rumänien (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *Entomologische Zeitschrift* 5: 225–228.
- Wiemers M, Musche M, Striese M, Kühn I, Winter M & Denner M. 2013.** Monitoring Klimawandel und Biodiversität – Konzeption Klimawandel und Biodiversität und Auswertung. *Schriftenreihe des LfULG, Heft 25*: 165.
- Williams CB. 1951.** Seasonal changes in flight direction of migrant butterflies in the British Isles. *Journal of Animal Ecology* 20: 180–190.
- Yates TJ & Pollard E. 1993.** Monitoring butterflies for ecology and conservation: The British Butterfly Monitoring Scheme. *Conservation biology series No.1. London: Chapman & Hall.*: 273.
- Zöchling A & Fiedler K. 2015.** Einfluss der Nutzungsintensität von Almen auf Tagfalter - Gemeinschaften (Lepidoptera : Papilionoidea) im Nationalpark Gesäuse (Österreich). *Entomologica Austriaca* 22: 7–26.
- Zografou K, Adamidis GC, Grill A, Kati V, Wilson RJ & Halley JM. 2015.** Who flies first? - habitat-specific phenological shifts of butterflies and orthopterans in the light of climate change: A case study from the south-east Mediterranean. *Ecological Entomology* (40): 562–574.

6 ANHANG

Anhang 1: Beschreibung der 29 Strecken im Untersuchungsgebiet (Zemmgrund, Zillertaler Alpen) mit der Angabe der GPS Daten (Bezugssystem WGS 89), Angabe der geschätzten Hangneigung und einigen Vertretern aus der Vegetationsaufnahme.

STRECKE 1	Seehöhe: 1904 – 1911 m Hangneigung: kaum exponiert
Koordinaten:	Start: 47°1'20.29"N, 11°48'14.36"E Ende: 47°1'20.20"N, 11°48'18.55"E
Habitat- beschreibung	Extensiv beweidetes, subalpines, borstgrasreiches Grasland auf silikatischem Untergrund (6150) im Bereich des Alpenrosen Latschengebüschs (4070), mit kleinwüchsigen <i>Pinus cembra</i> Besonderheiten: viele Quellbäche
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 2	Seehöhe: 1911 – 1930 m Hangneigung: schwach W-NW
Koordinaten:	Start: 47°1'20.20"N, 11°48'18.55"E Ende: 47° 1'18.42"N, 11°48'27.65"E
Habitat- beschreibung	Teilweise von starker Feuchtigkeit geprägte und sehr offene Flächen im Bereich des Alpenrosen Latschengebüschs (4070) gemischt mit Weidengebüschen (4080).
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 3	Seehöhe: 1930 – 1940 m Hangneigung: schwach W-NW
Koordinaten:	Start: 47° 1'18.42"N, 11°48'27.65"E Ende: 47° 1'17.06"N, 11°48'31.66"E
	Extensiv beweidetes, subalpines, borstgrasreiches Grasland auf silikatischem Untergrund (6150) im Bereich des Alpenrosen Latschengebüschs (4070), mit kleinwüchsigen <i>Pinus cembra</i>
STRECKE 4	Seehöhe: 1940 – 1958 Hangneigung: schwach nach Westen
Koordinaten:	Start: 47° 1'17.06"N, 11°48'31.66"E Ende 47° 1'16.01"N, 11°48'35.84"E
Habitat- beschreibung	subalpines borstgrasreiches Grasland (6150) gemischt mit Vertretern des Alpenrosen Latschengebüschs (4070), wie <i>Rhododendron ferrugineum</i> und <i>Juniperus communis</i> .
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 5	Seehöhe: 1958 – 2002 m Hangneigung: nach Süd-Westen
Koordinaten:	Start: 47° 1'16.01"N, 11°48'35.84"E Ende: 47° 1'20.09"N, 11°48'46.78"E
Habitat- beschreibung	Heide der subalpinen Stufe (4060) mit Einzelbüschen von <i>Rhododendron ferrugineum</i> und anderen Zwergsträuchern. Besonderheiten: In der Sukzession weit fortgeschrittenes und bereits stark bewachsenes blockdurchsetztes Gletschervorfeldhäufig mit offenen Stellen an lichter artenreicher steiniger Kuppe
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 6	Seehöhe: 2002 – 2037 m; Hangneigung: nach Süd-Westen
Koordinaten:	Start: 47° 1'20.09"N, 11°48'46.78"E Ende: 47° 1'24.00"N, 11°48'52.00"E
Habitat- beschreibung	Großteils recht trockenes, steiniges, subalpines Grasland auf Silikatgestein (6150) dominiert von <i>Nardus stricta</i> umgeben von sehr lockerem Alpenrosen und Latschengebüsch (4070), das teilweise mit Weidengebüschen (4080) gemischt auftritt. Besonderheiten: häufig mit offenen Stellen an lichter artenreicher steiniger Kuppe, Auslauf von Weidebuschvegetationen
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 7	Seehöhe: 2037 – 2032 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'24.00"N, 11°48'52.00"E Ende: 47° 1'25.02"N, 11°48'48.19"E

Habitat- beschreibung	Teils von <i>Trichopherum cespitosum</i> dominierte, im Alpenrosengebüsch Latschengebüsch (4080) mit <i>Pinus mugo</i> und <i>Larix decidua</i> im ehemals vom Gletscher abgeschliffenen blockdurchsetzten Bereich. Teilweise ist auch subalpines, borstgrasreiches Grasland (6150) vorhanden Besonderheiten: stark von Feuchtigkeit geprägte offene Flächen mit Niedermoorcharakter (im Wasser stehend)
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 8	Seehöhe: 2032 – 2063 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'25.02"N, 11°48'48.19"E
	Ende: 47° 1'30.41"N, 11°48'48.47"E
Habitat- beschreibung	Alpenrosengebüsch, Latschengebüsch (4070). In der Umgebung mit <i>Pinus mugo</i> und <i>Picea abies</i> . Besonderheiten: Von Feuchtigkeit geprägtes mit eingestreuten vegetationsfreien Blöcken, im unteren Bereich offener mit Niedermoorcharakter, Staunässe
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 9	Seehöhe: 2063 – 2089 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'30.41"N, 11°48'48.47"E
	Ende: 47° 1'32.51"N, 11°48'48.45"E
Habitat- beschreibung	Mäßig durchfeuchteter Bereich mit Übergang vom Alpenrosen Latschengebüsch (4070) mit <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Calluna vulgaris</i> und <i>Vaccinien sp</i> zum subalpinen Grasland auf silikatischem Untergrund (6150) mit <i>Deschampsia cespitosa</i> und <i>Carex sempervirens</i> . In der Umgebung vereinzelt <i>Pinus cembra</i> und <i>Pinus mugo</i> .
Lebensraumtyp	Sub-alpines Grasland
STRECKE 10	Seehöhe: 2089 – 2097 m; Hangneigung: SSO
Koordinaten:	Start: 47° 1'32.51"N, 11°48'48.45"E
	Ende: 47° 1'33.62"N, 11°48'51.17"E
Habitat- beschreibung	Offener an Zwergsträuchern reicher Bereich im Alpenrosen Latschengebüsch (4070) im blockigen Gelände vereinzelt mit <i>Pinus cembra</i> , Besonderheiten: im oberen Bereich feucht (wechselhaft)
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 11	Seehöhe: 2097- 2135 m; Hangneigung:SSO
Koordinaten:	Start: 47° 1'33.62"N, 11°48'51.17"E
	Ende: 47° 1'36.79"N, 11°48'55.23"E
Habitat- beschreibung	Subalpine Zwergstrauch-Heide auf silikatischem Boden (4060), knapp unterhalb der Fläche befindet sich noch dichtes Alpenrosen-Latschengebüsch (4070) und es sind vereinzelt <i>Pinus cembra</i> vorhanden. Besonderheiten: mit einem kleinen stark durchfeuchteten Bereich mit Niedermoorcharakter, der einen Blütenkomplex mit <i>Sphagnum</i> (Torfmoos) aufweist.
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 12	Seehöhe: 2135 – 2143 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'36.79"N, 11°48'55.23"E
	Ende: 47° 1'38.40"N, 11°48'58.90"E
Habitat- beschreibung	Mäßig trockenes subalpiner Grasland in der offenen Zwergstrauchheide (4060) mit einem unterhalb gelegenen Tümpel nun deutlich außerhalb des Alpenrosen Latschengebüsches (4070) liegend. Vereinzelt ist oberhalb noch <i>Pinus mugo</i> vorhanden: Alpenrosen und Latschengebüsche auslaufend
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 13	Seehöhe: 2142 – 2150 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'38.40"N, 11°48'58.90"E
	Ende: 47° 1'40.30"N, 11°49'2.40"E
Vegetation:	Ein durch den Abfluss des oberhalb gelegenen Niedermooses (im Wasser stehend) sehr feuchter offener Bereich in Subalpine Zwergstrauch-Heide auf silikatischem Boden (4060)
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 14	Seehöhe: 2150 – 2152 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'40.30"N, 11°49'2.40"E

	Ende: 47° 1'41.98"N, 11°49'6.81"E
Habitat- beschreibung	Offene und sehr feuchte Fläche fekenntzeichnet durch <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Eriophorum scheuczeri</i> , <i>Saxifraga stellaris</i> und <i>Trichophorum cespitosum</i> mit einem quer verlaufenden Felsen, auf dem eine Alpine-Boreale Heide mit Zwergsträucher, wie <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium gaultherioides</i> , <i>Rhododendron ferruginium</i> und <i>Empetrum hemaphroditum</i> stockt. Besonderheiten; Stehende Gewässer, Quellbäche
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 15	Seehöhe: 2152 – 2154 m; Hangneigung: eben
Koordinaten:	Start: 47° 1'41.98"N, 11°49'6.81"E
	Ende 47° 1'43.80"N, 11°49'5.10"E
Habitat- beschreibung	Mäßig feuchte Fläche, gekennzeichnet durch <i>Veronica alpina</i> und umgeben von alpin-borealer Zwergstrauchheide (4060). Besonderheiten: nährstoffreiche Fläche in Muldenlage und daher mit Schneetälchenflurcharakter
Lebensraumtyp	Sub-alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 16	Seehöhe: 2154 – 2167 m; Hangneigung:eben
Koordinaten:	Start: 47° 1'43.80"N, 11°49'5.10"E
	Ende 47° 1'46.40"N, 11°49'8.20"E
Habitat- beschreibung	Unterschiedlich stark von Feuchtigkeit geprägte offene Bereiche in der alpin-borealen Zwergstrauchheide (4060) zum Teil mit Niedermoorcharakter mit windgefegten Bereichen gekennzeichnet durch <i>Loiseleuria procumbens</i> .
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 17	Seehöhe: 2167- 2185 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 1'46.40"N, 11°49'8.20"E
	Ende 47° 1'47.67"N, 11°49'11.82"E
Habitat- beschreibung	offene Flächen im Bereich der Zwergstrauch-Heide der alpinen Höhenstufe auf silikatischem Boden (4060). Stellenweise ist auch alpines borstgrasreiches Grasland zu finden (6150).
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 18	Seehöhe: 2185 – 2209 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'47.67"N, 11°49'11.82"E
	Ende:47° 1'52.50"N, 11°49'18.40"E
Vegetation:	Blütenreiche, stellenweise feuchte, alpine Zwergstrauchheide (4060) mit <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Ajuga pyramidalis</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Pseudorchis albida</i> .
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 19	Seehöhe: 2209 – 2221 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 1'52.50"N, 11°49'18.40"E
	Ende: 47° 1'55.40"N, 11°49'22.00"E
Habitat- beschreibung	Zu Beginn der Strecke mäßig feuchte, grasreiche Fläche mit <i>Trichoophorum cespitosum</i> . Im oberen Bereich alpine Zwergstrauchheide (4060).
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 20	Seehöhe: 2221 – 2283 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 1'55.40"N, 11°49'22.00"E
	Ende 47° 2'2.68"N, 11°49'25.38"E
Habitat- beschreibung	Nährstoffreiches, frisches alpines Grasland (6150) mit <i>Nardus stricta</i> , <i>Poa alpina</i> und <i>Carex sempervivens</i> und vereinzelt noch <i>Rhododendron ferrugineum</i> . <i>Pinguicula alpina</i> und <i>Belidiastrum michaelii</i> zeigen Basenreichtum an. Besonderheiten: Auf der Strecke einige Mittelgebirgsbäche und kleine Wasserfälle
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 21	Seehöhe: 2283 – 2316 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 2'2.68"N, 11°49'25.38"E
	Ende 47° 2'4.81"N, 11°49'34.37"E
Habitat- beschreibung	Grasreiche, frische Zwergstrauchheide auf silikatischem Untergrund (4060) mit <i>Vaccinium gaultherioides</i> , <i>Callua vulgaris</i> , <i>Rhododendron ferrugineum</i> und <i>Carex sempervirens</i> (Horstsegge). Besonderheiten Auf der Sträcke einige Mittelgebirgsbäche und kleine Wasserfälle

Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 22	Seehöhe: 2316 – 2384 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 2'4.81"N, 11°49'34.37"E
	Ende 47° 2'10.95"N, 11°49'42.24"E
Habitat- beschreibung	Grasreiche, frische Zwergstrauchheide auf silikatischem Untergrund (4060) mit <i>Vaccinium gaultherioides</i> , <i>Callua vulgaris</i> , <i>Rhododendron ferrugineum</i> und <i>Carex sempervirens</i> (Horstsegge). Am Ende der Strecke findet der Übergang der Zwergstrauch-Heide (4060) in das boreo-alpine Grasland auf Silikatsubstrat (6150) mit <i>Nardus stricta</i> (Borstgras) und <i>Carex sempervirens</i> (Horstsegge) statt.
Lebensraumtyp	alpine Zwergstrauchheiden
STRECKE 23	Seehöhe: 2384 – 2405 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 2'10.95"N, 11°49'42.24"E
	Ende 47° 2'13.13"N, 11°49'43.84"E
Habitat- beschreibung	Alpines Grasland (6150) vor allem mit <i>Carex sempervirens</i> und einigen Zwergsträuchern. Letzte, vereinzelte stark kleinwüchsige Zwergsträucher
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 24	Seehöhe: 2405 – 2417 m; Hangneigung: nach Süd-Osten
Koordinaten:	Start: 47° 2'13.13"N, 11°49'43.84"E
	Ende: 47° 2'14.45"N, 11°49'46.64"E
Habitat- beschreibung	Alpines Grasland über Silikat (6150) mit <i>Carex curvula</i> , <i>Carex sempervirens</i> und <i>Nardus stricta</i> und einigen Zwergsträuchern, wie <i>Loieseleuria procumbens</i> , <i>Vaccinum gaultherioides</i> und <i>Rhododendron ferrugineum</i> Besonderheiten: im stark von großen Blöcken durchsetzten Gelände
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 25	Seehöhe: 2417 – 2433 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 2'14.45"N, 11°49'46.64"E
	Ende 47° 2'16.26"N, 11°49'49.20"E
Vegetation:	Alpines borstgrasreiches Grasland über Silikat (6150) mit <i>Nardus stricta</i> und <i>Carex curvula</i> zum Teil reich an Arten der Schneetälchenflur, wie <i>Salix herbacea</i> und <i>Sibaldia procumbens</i>
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 26	Seehöhe: 2433 – 2475 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 2'16.26"N, 11°49'49.20"E
	Ende: 47° 2'21.59"N, 11°49'48.79"E
Vegetation:	Sehr lichtetes und nur eine geringe Deckung erreichendes alpines Grasland über Silikat (6150) mit <i>Carex curvula</i> und <i>Nardus stricta</i> in Kuppenlage mit hohem Anteil von <i>Salix herbacea</i> , stellenweise nährstoffreich.
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 27	Seehöhe: 2475 – 2492 m; Hangneigung: nach Süden
Koordinaten:	Start: 47° 2'21.59"N, 11°49'48.79"E
	Ende: 47° 2'22.20"N, 11°49'52.22"E
Vegetation:	Alpines borstgrasreiches Grasland über Silikat (6150) mit <i>Nardus stricta</i> und <i>Carex curvula</i> zum Teil reich an Arten der Schneetälchenflur, wie <i>Salix herbacea</i> und <i>Sibaldia procumbens</i>
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 28	Seehöhe: 2492 – 2536 m; Hangneigung: nach Westen
Koordinaten:	Start: 47° 2'22.20"N, 11°49'52.22"E
	Ende: 47° 2'22.65"N, 11°49'56.54"E
Vegetation:	Mehr oder weniger stark bewachsene, feinerdereiche Silikatschutthalde der alpinen bis nivalen Stufe (8110) unter anderm mit <i>Primula minima</i> , <i>Gnaphalium supinum</i> und unterhalb gelegendem <i>Silene acaulis</i>
Lebensraumtyp	alpines Grasland
STRECKE 29	Seehöhe: 2536 – 2580 m; Hangneigung: Westen
Koordinaten:	Ende 47° 2'22.65"N, 11°49'56.54"E
	Ende 47° 2'23.83"N, 11°50'0.06"E

Vegetation:	Sehr steiniges und wenig stark bewachsenes alpines borstgrasreiches Grasland über Silikat (6150) mit <i>Nardus stricta</i> und <i>Carex curvula</i> , von einer Felsplatte durchzogen. Bürstling dominanter, zur Hälfte lichter Krummseggenrasen. Besonderheit: vereinzelt Schnee während der gesamten Vegetationsperiode
Lebensraumtyp	alpines Grasland

Anhang 2: Tabellarisch - entnommene Landoltwerte nach Landolt, (2010) aus den bestimmten Pflanzen auf den 29 Strecken im Untersuchungsgebiet (Zemmgund, Zillertaler Alpen). Die Vegetationsaufnahme fand an den Messtellen statt (Radius von 3 m vom Holzstäbchen)

Nr	Taxa	Gattung	Aggregat/Einzelart	Kleinart	Familie	Nr	Klima	Boden	Reaktionszahl	Nährstoffzahl	Humuszahl
SEN	Taxon	Gattung	Aggregat/Einzelart	Kleinart	Familie	SIN	Temperaturzahl	Feuchtezahl	Reaktionszahl	Nährstoffzahl	Humuszahl
24	<i>Achillea moschata</i>	Achillea		moschata	Asteraceae	1500	1	5,00	3	2	2
131	<i>Agrostis rupestris</i>	Agrostis	rupestris		Poaceae	8900	1	5,00	2,50	2	2
143,00	<i>Ajuga pyramidalis</i>	Ajuga	pyramidalis		Lamiaceae	10300	2	4,00	3	2	2
196	<i>Alchemilla acutiloba</i>	Alchemilla		acutiloba	Rosaceae	10800	2,50	3,00	3,50	4	4
498	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Anthoxanthum		alpinum	Poaceae	35300	1,50	4,00	3	3	2
718,00	<i>Aster bellidiastrum</i>	Aster	bellidiastrum		Asteraceae	52000	2	3,00	3,50	4	2
771	<i>Athyrium distentifolium</i>	Athyrium		distentifolium	Polypodiaceae	55600	2	2,00	3,50	2	3
800	<i>Avenella flexuosa</i>	Avenella		flexuosa	Poaceae	57400	3	2,00	2,50	1	2
816	<i>Bartsia alpina</i>	Bartsia	alpina		Scrophulariaceae	58700	2	4,00	4	3	3
886	<i>Botrychium lunaria</i>	Botrychium	lunaria		Ophioglossaceae	63300	2	4,00	3	3	2
894	<i>Brachypodium pinnatum</i>	Brachypodium		pinnatum	Poaceae	63900	3	3,00	2	4	3
1039	<i>Calluna vulgaris</i>	Calluna	vulgaris		Ericaceae	73600	2,50	3,00	3	1	2
1058,00	<i>Campanula barbata</i>	Campanula		barbata	Campanulaceae	74700	2	4,00	3	2	2
1110,00	<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanula		scheuchzeri	Campanulaceae	77200	1,50	4,00	2,50	3	3
1156,00	<i>Cardamine resedifolia</i>	Cardamine	resedifolia		Brassicaceae	80300	1,50	5,00	3	2	2
1222	<i>Carex canescens aggr.</i>	Carex	canescens aggr.		Cyperaceae	-	2	3,00	4	2	2
1231	<i>Carex curvula</i>	Carex		curvula	Cyperaceae	85400	1	5,00	2	2	2
1304	<i>Carex nigra</i>	Carex		nigra	Cyperaceae	90700	2,50	4,00	4,50	2	2
1310	<i>Carex ornithopoda</i>	Carex		ornithopoda	Cyperaceae	91200	3,50	3,00	2,50	4	2
1312	<i>Carex pallens</i>	Carex	pallens		Cyperaceae	91600	3	3,00	3	2	3
1327	<i>Carex sempervirens</i>	Carex	sempervirens		Cyperaceae	99900	1,50	4,00	2	3	2
1345	<i>Carlina acutis</i>	Carlina		acutis	Asteraceae	95900	3	4,00	2,50	2	2
1459	<i>Cerastium fontanum</i>	Cerastium		fontanum	Caryophyllaceae	103600	1,50	4,00	3	2	4
1581	<i>Cirsium spinosissimum</i>	Cirsium	spinosissimum		Asteraceae	115300	1,50	4,00	3,50	3	4
1712,00	<i>Crepis aurea</i>	Crepis	aurea		Asteraceae	123000	2	4,00	3	3	4
1898	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Deschampsia		cespitosa	Poaceae	134800	3	3,00	4	x	3
1956	<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Diphasiastrum		alpinum	Lycoodiaceae	137800	2	4,00	3	1	1
2029	<i>Dryopteris filix-mas aggr.</i>	Dryopteris	filix-mas aggr.		Polypodiaceae	-	3	2,00	3,50	3	2
2092	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Empetrum		hermaphroditum	Empetraceae	146900	1,50	4,00	3,50	1	2
2202	<i>Eriophorum angustifolium</i>	Eriophorum		angustifolium	Cyperaceae	155200	2,50	4,00	4,50	2	2
2205	<i>Eriophorum scheuchzeri</i>	Eriophorum	scheuchzeri		Cyperaceae	155500	1,50	5,00	5	2	2
2331,00	<i>Euphrasia minima</i>	Euphrasia		minima	Scrophulariaceae	162800	1,50	5,00	2,50	2	2
2415	<i>Festuca rubra aggr.</i>	Festuca	rubra aggr.		Poaceae	-	x	3,00	x	3	x

Nr. Taxa	Gattung	Aggregat/Einzelart	Kleinart	Familie	Nr. SIN	Klima		Boden		Humuszahl	
						Temperaturzahl	Lichtzahl	Feuchtezahl	Reaktionszahl		Nährstoffzahl
2613,00	<i>Gentiana acaulis</i>		acaulis	Gentianaceae	182200	1,50	4,00	2,50	2	2	3
2616,00	<i>Gentiana clusii</i>		clusii	Gentianaceae	183500	1,50	5,00	2,50	5	2	3
2635	<i>Gentiana germanica</i>		germanica	Gentianaceae	183800	3	4	2,50	4	2	3
2651	<i>Gentiana punctata</i>		punctata	Gentianaceae	184800	1,50	4,00	3	1	2	3
2655,00	<i>Gentiana utriculosa</i>	utriculosa		Gentianaceae	185300	2,50	4,00	4	4	2	3
2698,00	<i>Geum montanum</i>	montanum		Rosaceae	189400	1,50	4,00	3	2	2	3
2751,00	<i>Gymnadenia conopsea</i>		conopsea	Orchidaceae	193200	3,50	4,00	3	4	2	5
2816	<i>Helictotrichon vesicolor</i>		vesicolor	Poaceae	197100	1,50	4,00	2	2	2	3
2903	<i>Hieracium pilosella</i>		pilosella	Asteraceae	203400	3	4,00	2	3	2	5
2903	<i>Hieracium pilosella</i>		pilosella	Asteraceae	203400	3	4,00	2	3	2	3
2946,00	<i>Homogyne alpina</i>	alpina		Asteraceae	207300	2	3,00	3,50	2	2	3
2966	<i>Huperzia selago</i>	selago		Lycopodiaceae	208900	2	3,00	3	2	1	3
3132	<i>Juncus trifidus</i>		trifidus	Juncaceae	220100	1,50	5,00	2	1	2	5
3137	<i>Juniperus nana</i>		nana	Cupressaceae	220500	1,50	4,00	2	3	2	5
3227	<i>Larix decidua</i>	decidua		Pinaceae	227200	2	4,00	3	2	2	3
3326,00	<i>Leontodon helveticus</i>		helveticus	Asteraceae	232900	1,50	4,00	3	2	2	3
3315,00	<i>Leontodon hispidus</i>		hispidus	Asteraceae	233100	3	4,00	2,50	4	3	3
3351,00	<i>Leucanthemopsis alpina</i>		alpina	Asteraceae	236000	1	5,00	3	2	2	3
3384,00	<i>Ligusticum mutellina</i>	mutellina		Apiaceae	237800	1,50	4,00	3,50	2	3	3
3384	<i>Ligusticum mutellina</i>	mutellina		Apiaceae	237800	1,50	4,00	3,50	2	3	3
3458,00	<i>Loiseleuria procumbens</i>	procumbens		Ericaceae	242600	1,50	5,00	2	2	1	3
3488,00	<i>Lotus corniculatus</i>		corniculatus	Fabaceae	244400	3	4,00	2,50	3	3	3
3518	<i>Luzula alpina</i>		alpina	Juncaceae	245900	1,50	4,00	2,50	2	2	5
3513	<i>Luzula alpinopilosa</i>		alpinopilosa	Juncaceae	246000	1	4,00	3,50	2	2	3
3539	<i>Luzula spicata</i>		spicata	Juncaceae	247900	1,50	5,00	2,50	2	1	5
3800,00	<i>Myosotis alpestris</i>		alpestris	Boraginaceae	265800	1,50	4,00	3	4	3	3
3834	<i>Nardus stricta</i>	stricta		Poaceae	269700	2,50	4,00	3	2	2	3
3997,00	<i>Orchis mascula</i>		mascula	Orchidaceae	280950	3,50	3,00	3	4	3	3
4019	<i>Oreochloa disticha</i>		disticha	Poaceae	282300	1	5,00	2,50	1	1	3
4164	<i>Parnassia palustris</i>	palustris		Saxifragaceae	292700	2	4	4	4	2	3
4211,00	<i>Pedicularis tuberosa</i>		tuberosa	Scrophulariaceae	295400	1,50	4,00	2,50	2	2	3
4222,00	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	saxifraga		Caryophyllaceae	296300	4,50	4,00	1,50	4	2	3
4240	<i>Peucedanum ostruthium</i>	ostruthium		Apiaceae	297200	2	3,00	3	3	4	3
4257	<i>Phleum alpinum aggr.</i>	alpinum aggr.		Poaceae	-	2	4,00	3	3	x	1
4266	<i>Phleum pratense</i>		pratense	Poaceae	300000	3,50	4,00	3	3	4	3
4296,00	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	hemisphaericum		Campanulaceae	301400	1,50	4,00	2,50	1	1	3
4334,00	<i>Pinguicula alpina</i>	alpina		Lentibulariaceae	304300	2	4,00	4	4	2	3
4343,00	<i>Pinguicula vulgaris</i>	vulgaris		Lentibulariaceae	304800	3	4,00	4	4	2	3

Nr	Taxa	Gattung	Aggregat/Einzelart	Kleinart	Familie	Nr	Klima	Lichtzahl	Feuchtezahl	Boden	Reaktionszahl	Nährstoffzahl	Humuszahl
SEN	Taxon					SIN	Temperaturzahl						
4344	<i>Pinus cembra</i>	Pinus	cembra		Pinaceae	304900	2	3,00	3	2	2	2	3
4347	<i>Pinus mugo</i>	Pinus		mugo	Pinaceae	305500	2	4,00	2,50	x	3	3	3
4394	<i>Poa alpina</i>	Poa	alpina		Poaceae	309000	1,50	4,00	3,50	3	3	4	5
4487,00	<i>Polygonum viviparum</i>	Polygonum	viviparum		Polygonaceae	315800	1,50	4,00	3	3	3	2	1
4540,00	<i>Potentilla aurea</i>	Potentilla	aurea		Rosaceae	321300	1,50	4,00	2,50	2	2	2	3
4626,00	<i>Primula minima</i>	Primula	minima		Primulaceae	327000	1,50	4,00	3	2	2	2	3
4636,00	<i>Pritzelago alpina</i>	Pritzelago		alpina	Brassicaceae	327700	1	5,00	3,50	4	2	2	3
4643	<i>Prunella vulgaris</i>	Prunella		vulgaris	Lamiaceae	328100	3	4,00	3,50	3	3	3	3
4673,00	<i>Pseudorchis albida</i>	Pseudorchis		albida	Orchidaceae	330400	2	4,00	3	1	1	1	3
4742,00	<i>Pyrola minor</i>	Pyrola	minor		Pyrolaceae	334600	2	3,00	3	2	2	2	3
4872,00	<i>Ranunculus montanus</i>	Ranunculus		montanus	Ranunculaceae	339500	2	3,00	3,50	4	4	4	5
4930,00	<i>Rhinanthus glacialis</i>	Rhinanthus		glacialis	Scrophulariaceae	344700	2,50	4,00	3	4	2	2	5
4943,00	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Rhododendron		ferrugineum	Ericaceae	345300	2	3,00	3	2	2	2	3
5151	<i>Rumex scutatus</i>	Rumex	scutatus		Polygonaceae	360900	2,50	4,00	2	3	2	2	3
5181	<i>Salix appendiculata</i>	Salix		appendiculata	Salicaceae	363100	2,50	3,00	3,50	3	3	3	5
5195	<i>Salix glaucosericea</i>	Salix	glaucosericea		Salicaceae	364500	1,50	4,00	3,50	2	2	2	1
5196	<i>Salix hastata</i>	Salix	hastata		Salicaceae	364600	2	3,00	3,50	3	3	3	3
5198	<i>Salix herbacea</i>	Salix	herbacea		Salicaceae	364800	1	5,00	3,50	2	2	2	3
5220	<i>Salix retusa</i>	Salix	retusa		Salicaceae	366200	1,50	5,00	3	4	2	2	3
5277,00	<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifraga	aizoides		Saxifragaceae	371600	2	4,00	4	4	4	2	3
5284	<i>Saxifraga aspera</i>	Saxifraga		aspera	Saxifragaceae	372000	2	5,00	2,50	2	2	2	1
5331,00	<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifraga		paniculata	Saxifragaceae	374600	2	5,00	2	4	4	2	1
5350,00	<i>Saxifraga stellaris</i>	Saxifraga		stellaris	Saxifragaceae	-	2	5,00	4	3	2	2	1
5453	<i>Sedum alpestre</i>	Sedum	alpestre		Crassulaceae	383300	1,50	5,00	2	3	2	2	1
5497,00	<i>Sempervivum montanum</i>	Sempervivum		montanum	Crassulaceae	387000	1,50	5,00	2	2	2	2	3
5598	<i>Sibbaldia procumbens</i>	Sibbaldia	procumbens		Rosaceae	393700	1	4,00	3	2	2	3	3
5607,00	<i>Silene acaulis</i>	Silene	rupestris		Caryophyllaceae	394300	1	5,00	3	4	4	1	3
5648,00	<i>Silene rupestris</i>	Silene	rupestris		Caryophyllaceae	396800	2,50	4,00	1,50	2	2	2	3
5662,00	<i>Silene vulgaris</i>	Silene		vulgaris	Caryophyllaceae	397300	3	4,00	2,50	3	2	2	3
5702,00	<i>Soldanella alpica</i>	Soldanella		alpica	Primulaceae	400800	1,50	5,00	4	2	2	2	3
5894,00	<i>Taraxacum officinale s. l.</i>	Taraxacum		officinale s. l.	Asteraceae	413100	3	4,00	3	3	3	4	3
6001,00	<i>Thymus praecox</i>	Thymus		praecox	Lamiaceae	420800	4,50	5,00	1	4	2	2	5
6043	<i>Trichopharum cespitosum</i>	Trichopharum		cespitosum	Cyperaceae	423900	2,50	4,00	4,50	1	1	1	3
6060,00	<i>Trifolium badium</i>	Trifolium	badium		Fabaceae	424900	2	4,00	3,50	4	3	3	1
6078,00	<i>Trifolium pallescens</i>	Trifolium	pallescens		Fabaceae	426700	1,50	5,00	3	2	2	2	5
6082,00	<i>Trifolium pratense</i>	Trifolium		pratense	Fabaceae	426900	3,50	4,00	3	3	3	3	3
6197,00	<i>Vaccinium gaultherioides</i>	Vaccinium		gaultherioides	Ericaceae	434500	1,50	3,00	3,50	1	1	2	1
6192,00	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Vaccinium	myrtillus		Ericaceae	434800	2,50	2,00	3	1	1	2	3
6196	<i>Vaccinium uliginosum aggr.</i>	Vaccinium	uliginosum aggr.		Ericaceae	-	x	3,00	4	1	2	2	5
6201,00	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Vaccinium		vitis-idaea	Ericaceae	-	2,50	3,00	2,50	1	2	2	5
6273,00	<i>Veronica alpina</i>	Veronica	alpina		Scrophulariaceae	440400	1,50	4,00	4	2	2	2	5
6289,00	<i>Veronica bellidioides</i>	Veronica	bellidioides		Scrophulariaceae	441100	1	4,00	2	1	1	2	5
6383,00	<i>Viola biflora</i>	Viola	biflora		Violaceae	449100	2	2,00	4	3	4	4	5
6447	<i>Willemetia stipitata</i>	Willemetia	stipitata		Asteraceae	454200	2,50	4,00	4,50	3	3	3	3