

Einfluss der Verbuschung auf die Vegetation sowie auf die Verteilung zweier Tagfalterraupen in der Region Unterengadin



Sara Christina Bischof

Masterarbeit Departement Umweltwissenschaften, ETH Zürich

Oktober 2011

Referent:

Prof. Dr. Andreas Lüscher (ART)

Korreferent:

Dr. Beat Wermelinger (WSL)

PhD-Studentin Bärbel Koch (ART)

Sara Bischof
Schützenrütistrasse 30
CH-8044 Gockhausen
Tel. +41 76 517 65 95
bischar@ethz.ch

Titelbild: *Erebia tyndarus*, Alp Sura,
Juni 2011 (B. Koch)

Vorwort

Die Motivation dieser Arbeit war es, eine möglichst umfassende Analyse der Verteilung zweier Tagfalterraupen sowie des Verbuschungseinflusses auf die vorherrschende Vegetation in der Region Unterengadin durchzuführen. Die Ergebnisse sollen im Rahmen eines laufenden Forschungsprojekts Aussagen über die Folgen der Verbuschung für die Biodiversität ermöglichen.

Für mich persönlich war diese Arbeit aus zwei Gründen besonders spannend: Erstens sind feldökologische Untersuchungen an Raupen bis heute eher rar und nur wenige wissenschaftliche Artikel wurden veröffentlicht. Meistens wurden adulte Tagfalter untersucht und im Bereich der Präimaginalstadien gibt es grossen Forschungsbedarf. Zweitens ist die zunehmende Verbuschung in Sömmerungsgebieten ein aktuelles Phänomen, welches künftig auch für das Landschaftsbild von Bedeutung sein wird.

Für die Betreuung meiner Arbeit möchte ich mich an dieser Stelle sehr herzlich bei Herrn Prof. Dr. Andreas Lüscher und Dr. Beat Wermelinger bedanken. Sie unterstützten mich, dort wo Bedarf bestand und liessen mir bei der Ausführung trotzdem grossen Spielraum. Meiner direkten Ansprechperson, PhD-Studentin Bärbel Koch, möchte ich besonders danken für die wertvolle Unterstützung bei der Feldarbeit und den statistischen Auswertungen, die wichtigen fachlichen Anregungen und Gedankenanstösse sowie für das zur Verfügung stellen ihrer Daten für einen Teil meiner Auswertungen. Weiterer Dank gebührt Dr. Philippe Jeannret, Dr. Gabriela Hofer, PhD-Studentin Nina Richner, Jonas Wizinki, Stephan Bosshart, Matteo Aepli, Nicole Bernoulli, Stefan Amrein, Marc Alig, Heinz Walliser und meinen Eltern, welche mich immer und während des ganzen Studiums unterstützt haben.

Zürich, Oktober 2011

Sara Bischof

Zusammenfassung

Aufgrund der Veränderung in der landwirtschaftlichen Tätigkeit in Sömmerungsgebieten erwartet man in Zukunft in diesen Regionen eine Abnahme der Flora- und Faunadiversität, die durch die zunehmende Verbuschung zu Stande kommt. Tagfalter sind stark vom Vorkommen geeigneter Wirtspflanzen abhängig. Deshalb bieten die artenreichen Wiesen im Gebirge im Vergleich zum Tiefland einen viel besseren Lebensraum. Das Wissen über alpine Arten ist allerdings wenig erforscht. Insbesondere Untersuchungen zu den weniger mobilen Präimaginalstadien wurden bis heute nur selten durchgeführt.

Im Rahmen dieser Studie wurde der Einfluss der Verbuschung auf die Verteilung zweier Tagfalterraupen (*Erebia tyndarus* (Schillernder Mohrenfalter) und *Euphydryas aurinia debilis* (Skabiosen-Scheckenfalter)) und deren Futterpflanzen auf der Alp Sura (Guarda) im Schweizer Unterengadin untersucht.

Im Juni/Juli 2011 wurde der prozentuale Deckungsgrad der Raupenfutterpflanzen sowie der prozentuale Anteil der Verbuschung auf 48 Teilflächen zu je 100 m² Grösse untersucht. Die Anzahl Raupen wurde anhand der Transektmethode erfasst. Jede Teilfläche wurde zweimal abgesprochen.

Die Anzahl nachtaktiver *E. tyndarus* Raupen sank signifikant mit zunehmender Verbuschung und stieg an, je mehr Futterpflanzen vorhanden waren. Je höher die Verbuschung, desto wichtiger wurde der Anteil der Futterpflanzen. Die Futterpflanze *Nardus stricta* (Borstgras) wurde der zweiten Raupenfutterpflanze *Festuca rubra* (Rotschwengel) vorgezogen. Die bräunliche Raupenausprägung war mit 85.25 % im Vergleich zur grünlichen Ausprägung (14.75 %) die häufigere. Die Raupen bevorzugten flache Lagen, unabhängig vom prozentualen Anteil an Steinen, offenem Boden oder Exposition. Für die Intensität der Kuhbeweidung als Distanz zur Alp Sura gemessen, konnte kein signifikanter Einfluss auf die Anzahl Raupen nachgewiesen werden.

Die Deckung der *E. tyndarus* Futterpflanzen sank signifikant bei höherem Anteil der Verbuschung und stieg an steilen, südexponierten und hoch gelegenen Stellen mit einem tiefen Anteil an Steinen. Adulte *E. tyndarus* Tagfalter beeinflussten die Anzahl Raupen im Folgejahr signifikant positiv.

E. aurinia debilis Raupen entwickelten sich aufgrund des sehr warmen Frühlings im Jahr 2011 schneller als erwartet und waren während der Feldsaison nicht mehr vorhanden. Beobachtungen aus zwei Reko-
gnoszierungen zeigten aber, dass die Futterpflanze *Gentiana punctata* (Tüpfel-Enzian) der zweiten Futterpflanze *Gentiana acaulis* (Koscher Enzian) vorgezogen wurde. Die Raupen wurden vorwiegend auf *G. punctata* beobachtet.

Der Anteil der *E. aurinia debilis* Futterpflanzen sank bei zunehmender Verbuschung. Insbesondere *G. punctata* bevorzugte hoch gelegene Lagen mit einem hohen Anteil an Steinen. Das Vorhandensein von *G. punctata* hatte einen positiven, stark signifikanten Einfluss auf die Dichte der adulten *E. aurinia debilis* Tagfalter.

Insgesamt sind die Resultate mit anderen Studien vergleichbar und entsprechen der erwarteten Abnahme der Raupenanzahl und der prozentualen Deckung der Futterpflanzen bei steigender Verbuschung. Erstaunlich ist jedoch, dass *E. aurinia debilis* hauptsächlich auf *G. punctata* beobachtet wurde. Dies wiederum widerspricht den Angaben in der Literatur.

Aufgabenstellung

Auftrag für die Masterarbeit von Sara Bischof

Einfluss der Verbuschung auf die Vegetation sowie auf die Verteilung zweier Tagfalterraupen in der Region Unterengadin

Hintergrund Das Schweizer Sömmerungsgebiet besteht aus grossflächigen, grösstenteils extensiv genutzten und teilweise sehr artenreichen Weiden in den Alpen und im Jura. Es bedeckt 500'000 ha, das heisst $\frac{1}{8}$ der Schweizerischen Landesfläche, beziehungsweise $\frac{1}{3}$ der landwirtschaftlichen Fläche. Die ständige Verringerung der gesömmerten Tiere als Folge des Bewirtschaftungsaufwandes und der Abnahme von Arbeitskräften bewirkt, dass vor allem entfernte und hochgelegene Flächen kaum noch genutzt oder sogar aufgegeben werden. Wenn diese Flächen waldfähig sind, beginnen sie zu verbuschen und schliessen sich je nach Standort wieder zu Wald. In den letzten 150 Jahren ist die Waldfläche der Schweiz um mindestens einen Drittel grösser geworden, wobei die Wiederbewaldung im Sömmerungsgebiet höher liegt als in anderen Landwirtschaftszonen.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass die verschiedenen Sukzessionsstadien der Wiederbewaldung einen Einfluss auf die Diversität von Graslandpflanzen und verschiedene Insektengruppen haben: Bei der Pflanzendiversität scheint der Einfluss negativ zu, während die Arthropodenvielfalt positiv reagiert. Ihre optimale Vielfalt erreichen sie in frühen, strukturreichen Stadien (kurz nach der Aufgabe der Bewirtschaftung und vor dem Aufkommen der Verbuschung) der Wiederbealdung.

Forschungsgegenstand Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss des Zwergstrauchanteils auf die Verteilung und Dichte der Futterpflanzen und das Vorkommen von Raupen auf Futterpflanzen abzuschätzen. Dafür ist die Gruppe der Tagfalter von besonderem Interesse, weil einzelne Tagfalterraupen auf wenige Pflanzenarten oder -gattungen spezialisiert sein können und ihre Ausbreitung in engem Zusammenhang mit dem Vorkommen dieser Blütenpflanzen steht. Im Gegensatz zu adulten Tagfaltern, sind Raupen weniger mobil und können daher kausal einer Futterpflanze zugeordnet werden. Zwei häufig vorkommende Tagfalterarten in der Region Unterengadin (GR) wurden für diese Arbeit ausgewählt. *Erebia tyndarus* (Schillernder Mohrenfalter) kommt in den Alpen in Höhen zwischen etwa 1200 und 2900 m vor. Seine

Raupen ernähren sich von *Festuca rubra* (Rotschwingel) und *Nardus stricta* (Borstgras). *Euphydryas aurinia debilis* (Skabiosen-Scheckenfalter) kommt auf kurzrasigen und blütenreichen Alpmatten zwischen 1800 und 2800 m vor. Die Raupen von *E. aurinia debilis* sind auf *Gentiana acaulis* (Koscher Enzian) und *Gentiana punctata* (Tüpfel-Enzian) spezialisiert. Durch genaue Kartierung von Futterpflanzen und Zwergsträuchern, sowie Aufnahme der Raupendichte sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- 1) Welchen Einfluss hat der Anteil Zwergsträucher auf die Abundanz der Raupen?
- 2) Welchen Einfluss hat die Dichte der Futterpflanzen auf die Abundanz der Raupen?
- 3) Welchen Einfluss hat die Verbuschung auf die Deckung der Raupenfutterpflanzen?

Methodik	Feldarbeit, statistische Analyse, Literaturvergleich
Erwartete Resultate	Beantwortung der aufgeführten Fragestellungen Darstellung der statistisch ausgewerteten Ergebnisse
Zeitraum	April 2011 - Oktober 2011
Referenten	Referent: Prof. Dr. Andreas Lüscher, andreas.luescher@art.admin.ch Korreferent: Dr. Beat Wermelinger, beat.wermelinger@wsl.ch Betreuung: PhD-Studentin Bärbel Koch, baerbel.koch@art.admin.ch
Besonderes	Die Masterarbeit ist Teil des Gesamtprojekts AlpFUTUR und ist dem Teilprojekt 05 ‚Qualität‘ angegliedert.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	V
1. Einleitung	1
1.1 Fragestellung und Zielsetzung	3
2. Material und Methode	4
2.1 Untersuchungsfläche	4
2.2 Untersuchte Tagfalterraupen	5
2.2.1 <i>Erebia tyndarus</i> - Schillernder Mohrenfalter	5
2.2.2 <i>Euphydryas aurinia debilis</i> - Skabiosen-Scheckenfalter	6
2.3 Allgemeines Design der Untersuchungsfläche	8
2.4 Design der Vegetationsaufnahme	11
2.5 Erfassungsmethode der Raupen	12
2.6 Statistische Analyse	13
3. Resultate	15
3.1 Übersicht aller gezählter <i>E. tyndarus</i> Raupen	15
3.2 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Abundanz von <i>E. tyndarus</i> Raupen	15
3.2.1 Überprüfung auf Multikollinearität	15
3.2.2 Einfluss aller Faktoren auf die totale Raupenanzahl	16
3.2.3 Einfluss aller Variablen und der einzelnen Futterpflanzen <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i> auf die totale Anzahl Raupen	17
3.2.4 Entwicklung der Raupenabundanz bei steigender Futterpflanzendeckung	18
3.2.5 Entwicklung der Raupenabundanz bei steigender Verbuschung	19
3.2.6 Auswirkungen der Milchkuhbeweidung auf die Anzahl Raupen	20
3.2.7 Zusammenhang zwischen der Verbuschung und der Deckung der Futterpflanzen auf die Anzahl Raupen	21
3.3 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Deckung der <i>E. tyndarus</i> Futterpflanzen	22
3.3.1 Überprüfung auf Multikollinearität	22
3.3.2 Einfluss aller Variablen auf die totale Futterpflanzendeckung	22
3.3.3 Einfluss aller Variablen auf die Deckung der einzelnen Futterpflanzen <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i>	23
3.3.4 Einfluss der Verbuschungsdichte auf die Futterpflanzendeckung	23
3.4 Zusammenhang zwischen den adulten <i>E. tyndarus</i> Tagfaltern und der Anzahl Raupen	25
3.5 Die Raupe <i>E. aurinia debilis</i>	26

3.6	Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Deckung der <i>E. aurinia debilis</i> Futterpflanzen.....	29
3.6.1	Überprüfung auf Multikollinearität	29
3.6.2	Einfluss aller Variablen auf die totale Futterpflanzendeckung.....	30
3.6.3	Einfluss aller Variablen auf die Deckung der Futterpflanzen <i>G. acaulis</i> und <i>G. punctata</i>	30
3.6.4	Einfluss der Verbuschungsdichte auf die Futterpflanzendeckung.....	31
3.7	Zusammenhang zwischen den adulten <i>E. aurinia debilis</i> Tagfaltern und der Futterpflanze <i>G. punctata</i>	33
4.	Diskussion	34
4.1	<i>E. tyndarus</i>	34
4.1.1	Einfluss der Verbuschung auf die <i>E. tyndarus</i> Raupen	34
4.1.2	Einfluss der Umweltfaktoren auf das Raupenvorkommen von <i>E. tyndarus</i>	35
4.1.3	Einfluss der Futterpflanzen auf die Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen.....	37
4.1.4	Unterschiedliche Farbausprägung bei <i>E. tyndarus</i> Raupen	37
4.1.5	Auswirkungen der Milchkühe auf die Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen	37
4.1.6	Einfluss der Verbuschung auf die Raupenfutterpflanzen von <i>E. tyndarus</i>	38
4.1.7	Einfluss der Umweltfaktoren auf die Raupenfutterpflanzen von <i>E. tyndarus</i>	39
4.1.8	Zusammenhang zwischen adulten <i>E. tyndarus</i> Tagfaltern und Raupenanzahl	40
4.2	<i>E. aurinia debilis</i>	41
4.2.1	Die Raupe <i>E. aurinia debilis</i>	41
4.2.2	Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die <i>E. aurinia debilis</i> Futterpflanzen.....	42
4.2.3	Einfluss der Anwesenheit von <i>G. punctata</i> auf die adulten <i>E. aurinia debilis</i> Tagfalter	43
4.3	Grenzen und Chancen der gewählten Raupensuchmethode	44
5.	Schlussfolgerung und Ausblick	45
	Literaturverzeichnis.....	47
	Anhang	51
A1	Übersicht der 1.5 ha grossen Untersuchungsfläche mit allen 50 Plots	51
A2	Prozentualer Deckungsgrad der beiden <i>E. tyndarus</i> Futterpflanzen und der Verbuschung sortiert nach Teilflächen.....	52
A3	Datum, Dauer und Bearbeiter der <i>E. tyndarus</i> Raupenbegehungen	53
A4	Aufnahmeformular Raupenbegehungen <i>E. tyndarus</i>	54
A5	Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen sortiert nach Teilflächen, Begehungen, Futterpflanzen und Raupenfarbausprägung.....	55
A6	GAM Berechnung: Entwicklungsmuster der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen bei zunehmender Verbuschung.....	56

A7 Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen und adulter Tagfalter pro Plot	57
A8 Prozentualer Deckungsgrad der beiden <i>E. aurinia debilis</i> Futterpflanzen und der Verbuschung sortiert nach Teilflächen	58
A9 Die verschiedenen Umweltvariablen für <i>E. tyndarus</i> sortiert nach Teilflächen	59
A10 Die verschiedenen Umweltvariablen für <i>E. aurinia debilis</i> sortiert nach Teilflächen.....	60
A11 Tageswerte Lufttemperatur 2 m über Boden; Abweichung des Tagesmittels von der Norm, Wetterstation Scuol.....	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schweizer Karte oben links mit der Untersuchungsfläche Alp Sura rot eingekreist, sowie ein Teil der Kernzone ‚Unterengadin Region‘ des AlpFUTUR Projekts gelb markiert	4
Abbildung 2: Schweizer Verbreitungskarte von <i>E. tyndarus</i> (Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (CSCF)), <i>E. tyndarus</i> Raupen und Falter (Bilder, Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987).....	5
Abbildung 3: Die Futterpflanzen <i>N. stricta</i> (Landolt 2003) links, <i>F. rubra</i> rechts (Lauber & Wagner 1996).....	6
Abbildung 4: Schweizer Verbreitungskarte von <i>E. aurinia debilis</i> (Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (CSCF)), <i>E. aurinia debilis</i> Raupe und Falter (Bilder, Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987).....	7
Abbildung 5: Die Futterpflanzen <i>G. acaulis</i> (Landolt 2003) links und <i>G. punctata</i> rechts (Lauber & Wagner 1996).....	7
Abbildung 6: Perimeter des Studiengebiets mit den 50 eingezeichneten 30 m x 30 m grossen Plots. Gelb markierte Flächen wurden im Rahmen dieser Arbeit im Sommer 2011 untersucht, die schwarzen Punkte waren Teil der Studie von Koch (unpubl.) im Sommer 2010. Die Plotbezeichnung Gxx steht für ‚Guarda‘	9
Abbildung 7: Darstellung eines 900 m ² grossen Plots unterteilt in seine 9 x 100 m ² grossen quadratischen Teilflächen	10
Abbildung 8: Aufbau des Methoden-Designs. Plots je 900 m ² , Teilflächen je 100 m ²	11
Abbildung 9: Darstellung der Transektlinie einer 100 m ² grossen Teilfläche.....	12
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen unterteilt nach Futterpflanzen <i>N. stricta</i> oder <i>F. rubra</i> und Raupenfarbe braun oder grün, getrennt nach erster und zweiter Begehung	15
Abbildung 11: Grafische Darstellung zur Überprüfung aller Variablen auf Multikollinearität	16
Abbildung 12: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen und dem prozentualen Deckungsgrad der Futterpflanzen <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i> ...	18
Abbildung 13: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen und dem prozentualen Deckungsgrad der Verbuschung.....	19
Abbildung 14: Grafische Darstellung der Differenz der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen zwischen der zweiten und ersten Begehung in Abhängigkeit der Entfernung von der Alp Sura zu den Teilflächen.....	20
Abbildung 15: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung der Futterpflanzen <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i> und dem prozentualen Anteil der Verbuschung	24

Abbildung 16: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung von <i>N. stricta</i> (links), resp. <i>F. rubra</i> (rechts) und dem prozentualen Anteil der Verbuschung	24
Abbildung 17: Grafische Darstellung der <i>E. tyndarus</i> Raupenanzahl in Abhängigkeit der Anzahl <i>E. tyndarus</i> Tagfalter	25
Abbildung 18: Nachweis von <i>E. aurinia debilis</i> Raupen auf <i>G. punctata</i> auf der Alp Sura, 2122 müM, Mai 2011 (B. Koch).....	26
Abbildung 19: Nachweis abgefressener <i>G. punctata</i> auf der Alp Sura, 2122 müM, Mai 2011 (B. Koch).....	27
Abbildung 20: Grafische Darstellung zur Überprüfung aller Variablen auf Multikollinearität	29
Abbildung 21: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung der Futterpflanzen <i>G. acaulis</i> und <i>G. punctata</i> und dem prozentualen Anteil der Verbuschung	32
Abbildung 22: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung von <i>G. acaulis</i> (links), resp. <i>G. punctata</i> (rechts) und dem prozentualen Anteil der Verbuschung	32
Abbildung 23: Median mit unterem und oberem Quartil der Anzahl <i>E. aurinia debilis</i> Tagfalter. <i>G. punctata</i> abwesend (0), resp. <i>G. punctata</i> anwesend (1)	33
Abbildung 24: Jahresverlaufgrafik der Temperatur. Blaue Linie als Tagesmittel 2 m über Boden, rote Linie als Tagesnormwerte der Periode 1961 - 1990. Wetterstation Scuol, Stationshöhe: 1304 müM	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung der Verbuschung	10
Tabelle 2: Erhobene Umweltfaktoren	12
Tabelle 3: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. $VIF < 10 =$ nicht multikollinear	16
Tabelle 4: GLM mit <i>E. tyndarus</i> Raupen total als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen	17
Tabelle 5: GLM mit <i>E. tyndarus</i> Raupen total als endogene und im Speziellen <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i> als exogene Variablen	17
Tabelle 6: GLM mit <i>E. tyndarus</i> Raupen total als endogene und dem Interaktionsterm [VB] : [FP total] als exogene Variablen	21
Tabelle 7: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. $VIF < 10 =$ nicht multikollinear	22
Tabelle 8: GLM mit <i>E. tyndarus</i> FP total (<i>N stricta</i> und <i>F. rubra</i>) als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen	22
Tabelle 9: GLMs mit <i>N. stricta</i> und <i>F. rubra</i> getrennt als endogene Variablen	23
Tabelle 10: GLM mit Anzahl <i>E. tyndarus</i> Raupen als endogene und Anzahl <i>E. tyndarus</i> Tagfalter als exogene Variable	25
Tabelle 11: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. $VIF < 10 =$ nicht multikollinear	30
Tabelle 12: GLM mit FP total (<i>G. acaulis</i> und <i>G. punctata</i>) als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen	30
Tabelle 13: GLMs mit <i>G. acaulis</i> und <i>G. punctata</i> getrennt als endogene Variablen	31

Abkürzungen

AIC	Akaikes Informationskriterium
AP	Agrarpolitik
ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon
BDM	Biodiversitäts-Monitoring Schweiz
CSCF	Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna
FP	Futterpflanze
GAM	Verallgemeinertes Additives Modell
GIS	Geoinformationssystem
GLM	Verallgemeinertes Lineares Modell
LM	Lineares Modell
L_x	Larvenstadium x der Raupen
müM	Meter über Meer
unpubl.	Unveröffentlichte Daten
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft
VB	Verbuschung
VIF	Varianz-Inflations-Faktor
VK	Verbuschungsklasse

1. Einleitung

Die Tier- und Pflanzenwelt in den Alpen unterscheidet sich deutlich vom Rest der Schweiz (Koordinationsstelle BDM 2009). Es können in keinem anderen Gebiet der Schweiz so viele Arten mit beschränktem Verbreitungsgebiet gefunden werden wie in den Alpen. Nicht nur einzelne Lebensräume, auch die ganze Landschaft weist im Vergleich zum Mittelland eine höhere Biodiversität auf, zumindest in Bezug auf Gefässpflanzen und Tagfalter. Auf den vergleichsweise artenreichen Wiesen im Gebirge finden die Tagfalter viel bessere Lebensräume als in den Talgebieten. Im Schnitt findet man in den Alpenregionen doppelt so viele Tagfalterarten wie im Mittelland. Die Zentralalpen zählt man zu den besonders schmetterlingsreichen Regionen. Grundsätzlich ist aber klar, dass in den Alpen auf engem Raum enorme Unterschiede bezüglich Höhenlage und Mikroklima festgestellt werden können (Koordinationsstelle BDM 2009).

Die Alp- oder Sömmerungsweiden der Schweiz prägen einen grossen Teil des Jura, der Alpen sowie der Voralpen und sind ein herausragendes Element der Schweizer Kulturlandschaft (ART & WSL 2011). Sie zeichnen sich durch eine hohe Biodiversität aus und umfassen insgesamt 500'000 ha oder $\frac{1}{8}$ der Landesfläche der Schweiz (ART & WSL 2011, Baur *et al.* 2007). Ausserdem ist eine solch charakteristische Landschaft für den Tourismus sowie für die Erholung von Bedeutung.

Die Abnahme der Anzahl Bauernbetriebe wird weitgehend als dominanter Grund für die Aufgabe des Landes, sowie die Waldausdehnung in den Schweizer Alpen aufgeführt (Bebi & Baur 2002). Zusätzlich ändert sich die Nutzung des Sömmerungsgebiets deutlich aufgrund von Veränderungen in der Agrarpolitik (AP) und damit auch in der Struktur der Landwirtschaft, des Klimas sowie der gesellschaftlichen Ansprüche. Die Bewirtschaftung von Alpweidegebieten geht zurück, besonders in entfernten und hochgelegenen Flächen, trotz den Sömmerungsbeiträgen des Bundes (Müller 2002, Maurer *et al.* 2006). Dies hat Auswirkungen auf die Naturgefahrensituation, die Kulturlandschaft und vor allem auch auf die Biodiversität.

Diese Entwicklung und die damit verbundene Dynamik in den Sömmerungsgebieten führt dazu, dass Flächen verwildern und schliesslich (an Stellen, die an die Waldgrenze anbinden,) zu Wald werden (ART & WSL 2011). In naher Zukunft wird deshalb eine Abnahme der Artenvielfalt auf Alpweiden erwartet (Mack *et al.* 2008). Da die Sömmerungsweiden nicht zur landwirtschaftlichen Nutzfläche gehören und damit kein Anspruch auf Flächenbeiträge besteht, wird die Waldausdehnung zusätzlich vorangetrieben (Baur *et al.* 2007).

Die Geschwindigkeit der Waldsukzession wird von unterschiedlichen Faktoren bestimmt. Einen Einfluss haben zum Beispiel das regionale Klima oder die Landnutzungsgeschichte (Bebi & Baur 2002). Zudem spielen auch die Artenzusammensetzung, die ökologischen Gegebenheiten oder natürliche Störungen (Schnee- oder Gerölllawinen) eine Rolle (Schütz *et al.* 2000, Bischof 1984).

Sommerweiden zählen zu denjenigen Standorten, auf denen die Erträge oftmals zu gering sind, als dass eine kostendeckende Bewirtschaftung möglich wäre. Zusätzlich befinden sich diese aufgegebenen Flächen oftmals an topographisch ungünstigen Lagen. Deshalb werden diese Gebiete nur während den Sommermonaten mit Kühen, Rindern, Schafen oder Ziegen beweidet. In der Regel führt die Beweidung durch Tiere zu einem hemmenden Effekt für die Waldsukzession. Allerdings kann sie dadurch auch gerade beschleunigt werden, zum Beispiel durch das Freiwerden von Mineralerde (Bebi & Baur 2002).

Diese ganze Entwicklung führt zu zahlreichen Fragen und es besteht ein grosser Forschungsbedarf, sowohl aus ökonomischer, wie auch aus ökologischer Sicht (Baur *et al.* 2007).

Der negative Effekt der intensiven Landwirtschaft auf die Insekten- und Pflanzendiversität ist in mehreren Studien bereits untersucht worden (z.B. Maurer *et al.* 2006, Schmitt & Rákósy 2007). Allerdings findet man nur wenige Untersuchungen, welche die Auswirkungen der Aufgabe der Bewirtschaftung und der anschliessenden Verbuschung und Verwaldung auf die Artenvielfalt dokumentieren. Insbesondere die Konsequenzen für die Schmetterlingsdiversität durch die abnehmenden extensiv bewirtschafteten Alpweiden (Hohl 2006) lassen noch viele Fragen offen.

In ganz Europa konnte in den letzten 25 Jahren - mit einem Rückgang von 11 % in ihrer Arealverteilung - eine beträchtliche Abnahme von Schmetterlingen festgestellt werden (van Swaay 2006).

Deshalb gehören Schmetterlinge zu einer der am meisten gefährdeten Artengruppe (Möllenbeck *et al.* 2009). Die genauen Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmethoden auf die Überlebensfähigkeit der Falterpopulationen sind aber unzureichend untersucht (Anthes & Nummer 2006). Es ist jedoch erwiesen, dass die Aufgabe der Bewirtschaftung der landwirtschaftlich genutzten Fläche eine bedeutende Bedrohung für diese Tiergruppe ist (van Swaay 2006). Hinzu kommt, dass Schmetterlinge sehr sensibel auf Habitatveränderungen reagieren (Hohl 2006). Da Tagfalter ein guter Indikator für den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität sind (Altermatt *et al.* 2008), besteht für diese Artengruppe ganz klar Forschungsbedarf. Zum einen ist das Wissen vor allem über die rein alpin verbreiteten Arten sehr gering, andererseits gibt es generell wenig publizierte Freilanddaten zu der Larvalökologie der Tagfalter (Fartmann & Hermann 2006).

Aufgrund dieser beiden Umstände - zunehmende Verbuschung und der sensiblen Reaktion von Schmetterlingen auf Habitatveränderungen - werden in dieser Studie der Einfluss der Verbuschung auf die Dichte der Anzahl Raupen wie auch der Verbuschungseinfluss auf die Raupenfutterpflanzen untersucht. Die Arbeit ist Teil des Projekts AlpFUTUR (www.alpfutur.ch) - Zukunft der Sommerweiden in der Schweiz - und ist dem Teilprojekt 05: ‚Qualität‘ angegliedert.

Bereits im Sommer 2010 wurden von Koch (2010, unveröffentlichte Daten [unpubl.]) auf der Alp Sura im Unterengadin Aufnahmen zur Fauna- und Floradiversität durchgeführt. Unter anderem untersuchte Koch das Vorkommen und die Abundanz verschiedener adulter Tagfalter, nicht aber der Rau-

pen.

Da Schmetterlingsarten im Imaginalstadium sehr mobil sein können und dadurch die Aussagekraft hinsichtlich der Habitatnutzung und des Reproduktionserfolges bei niedriger Raumskala sinkt (Lang *et al.* 2006), liegt der Schwerpunkt in dieser Studie auf der selektiven Suche der Präimaginalstadien der beiden Tagfalterarten *Erebia tyndarus* (Schillernder Mohrenfalter) und *Euphydryas aurinia debilis* (Skabiosen-Schreckenfalter). Ausserdem ist die gezielte Suche nach Raupen weniger witterungsabhängig und diese sind innerhalb der Artenhabitate wesentlich zahlreicher vorhanden als die adulten Tagfalter (Hermann 2006). Es ist notwendig, zuverlässige Informationen zur Präsenz einer Tagfalterart zu haben, um zum Beispiel faunistischen wie auch landschaftsplanerischen Fragen nachgehen zu können.

1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Ein wichtiger Habitatfaktor für Tagfalter, vor allem der mono- und oligophagen Arten, ist das Vorkommen der Raupenfutterpflanze (Zinner 2005). Die Larvalhabitate von Tagfaltern sind meist sehr spezifisch und müssen in der Regel folgende Eigenschaften mit sich bringen: ein geeignetes Mikroklima, ein ausreichendes Angebot an Nahrung sowie auch geringer Konkurrenz-, Prädations- beziehungsweise Parasitoidendruck (Fartmann & Hermann 2006). Deshalb sollen durch genaue Kartierung von Zwergsträuchern und Futterpflanzen (FP), durch die Erfassung der Raupendichte, wie auch durch die Analyse der Wirkung möglicher Umweltfaktoren, folgende Hauptfragen beantwortet werden:

- 1. Welchen Einfluss hat die Dichte der Futterpflanzen auf die Abundanz der Raupen?**
- 2. Welchen Einfluss hat der Anteil Zwergsträucher auf die Abundanz der Raupen?**
- 3. Welchen Einfluss hat die Verbuschung auf die Deckung der Raupenfutterpflanzen?**

Dazu werden die ermittelten Daten statistisch ausgewertet, visualisiert und mit aktueller Literatur verglichen sowie diskutiert.

Das Ziel dieser Masterarbeit ist erstens die Untersuchung möglicher Auswirkungen der Aufgabe der Bewirtschaftung auf Sömmerungsweiden und die dadurch einsetzende Verbuschung auf das Vorkommen der Präimaginalstadien zweier Tagfalterraupen und zweitens die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Verbuschung und der Abundanz der Raupenfutterpflanzen.

Neben der Vegetation werden weitere Umweltfaktoren berücksichtigt, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Raupen und/oder FP haben können.

2. Material und Methode

2.1 Untersuchungsfläche

Die Feldarbeit fand von Juni 2011 bis Juli 2011 im Schweizer Unterengadin (Kanton Graubünden) statt. Die Untersuchungsfläche befindet sich auf der Alp Sura oberhalb von Guarda auf rund 2122 müM (Abb. 1). Die Sömmerungsweide wird grösstenteils extensiv bewirtschaftet, wie in Kapitel 2.3 noch detaillierter erläutert wird.

Die Region gehört zu den östlichen Zentralalpen mit einer Jahresniederschlagssumme von rund 700 mm (Andres *et al.* 2009). Der vorherrschende kristalline Untergrund bewirkt, dass die Vegetation des Gebietes von Säurezeigern geprägt ist. Ausserdem ist das Unterengadin ein inneralpines Trockental mit kontinental geprägtem Klima. Somit herrschen grosse saisonale Temperaturdifferenzen vor, mit warmen Sommern sowie kalten Wintern. Allerdings können die Temperaturen auch im Sommer kurzfristig unter Null Grad Celsius sinken und Frost mit sich bringen. Dies führt dazu, dass für kurze Zeit Schnee liegt und die Natur so extremen Bedingungen ausgesetzt ist.

Weitere Faktoren wie tiefe Luftfeuchtigkeit, eine hohe Sonneneinstrahlung sowie schwache Winde prägen dieses Gebiet (Andres *et al.* 2009).



Abbildung 1: Schweizer Karte oben links mit der Untersuchungsfläche Alp Sura rot eingekreist, sowie ein Teil der Kernzone ‚Unterengadin Region‘ des AlpFUTUR Projekts gelb markiert

2.2 Untersuchte Tagfalterraupen

Alle im Gebiet vorkommenden Tagfalterarten wurden im Sommer 2010 auf der in Abb.1 dargestellten Untersuchungsfläche gezählt (Koch 2010, unpubl.). Die beiden am häufigsten vorgekommenen Spezialistenarten wurden für diese Arbeit ausgewählt.

2.2.1 *Erebia tyndarus* - Schillernder Mohrenfalter

Erebia tyndarus gehört zur Familie der Satyridae (Augenfalter) und ist in den Schweizer Alpen weit verbreitet. Satyridae sind weltweit vielerorts zu finden und mit 56 Arten in der Schweiz häufig vertreten (Bühler-Cortesi 2009). Eine wichtige Untergruppe der Satyridae sind die Erebien, bei denen in der Schweiz 26 Arten unterschieden werden können.

E. tyndarus kommt am häufigsten zwischen 1700 und 2400 mÜM vor, vor allem an stark besonnten, trockenen und meist steilen Lokalitäten. Lokal bevorzugte Stellen in der subalpinen und alpinen Stufe sind unter anderem lückig-bewachsene Weiden, alpine Rasen oder lückige Zwergstrauchheiden mit Felsen oder Erdabbrissen (Sonderegger 2005).

Der Entwicklungszyklus von *E. tyndarus* ist einjährig. Überwintert wird im ersten oder zweiten Larvenstadium (L_1 , L_2) (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987). Im Frühling häutet sich die Raupe bereits nach einigen Tagen (Ende Mai/Anfangs Juni) (Sonderegger 2005). Die Entwicklung der Raupen findet sehr unterschiedlich schnell statt. Einige sind bereits 20 Tage nach der Schneeschmelze erwachsen, andere kann man noch im August im Raupenstadium finden, die sogenannten Zauderer. In der Natur beträgt die Puppendauer im Allgemeinen oft über vier Wochen. Je nach Larvenstadium (L_x) fressen die Raupen am Tag bis zur Abenddämmerung (L_1 und L_2) oder ab der Abenddämmerung bis nach Mitternacht (L_3 und L_4). Man kann innerhalb der Art zwei Raupen unterscheiden. Eine ist eher bräunlich, die andere grünlich gefärbt (Abb. 2).

Die Hauptflugzeit der ausgewachsenen Falter findet von Mitte Juli bis Ende August statt. Allerdings kann man, bedingt durch die auffallend lange Flugzeit von *E. tyndarus*, bereits vereinzelte Individuen in den letzten Junitagen finden (Sonderegger 2005).



Abbildung 2: Schweizer Verbreitungskarte von *E. tyndarus* (Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (CSCF)), *E. tyndarus* Raupen und Falter (Bilder, Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987)

Je nach geographischer Region unterscheiden sich die FP der Raupen. Sonderegger (2005) konnte *E. tyndarus* Raupen vorwiegend auf *Festuca*-Arten finden (*F. violacea*, *F. rubra*, *F. ovina*, *F. varia*). Auch auf *N. stricta* oder *Anthoxanthum odoratum* wurden Raupen gesichtet (Sonderegger 2005). In dieser Studie auf der Alp Sura konnten als Hauptfutterpflanzen *Nardus stricta* (Borstgras) sowie *Festuca rubra* (Rotschwengel) (Abb. 3) als bevorzugte Nahrungsquelle bestimmt werden (Koch 2010, unpubl.).

N. stricta ist in der Schweiz weit verbreitet und kommt von der montanen - alpinen Stufe, vor allem auf Weiden in Silikatgebieten auf sauren, frischen bis wechsel-frischen Böden vor. *N. stricta* wird zwischen 10 - 30 cm gross (Eggenberg & Möhl 2007).

F. rubra ist schweizweit vorwiegend auf Bergwiesen und -weiden von montaner - subalpiner Stufe auffindbar. Diese FP wird zwischen 30 - 90 cm gross (Eggenberg & Möhl 2007).



Abbildung 3: Die Futterpflanzen *N. stricta* (Landolt 2003) links, *F. rubra* rechts (Lauber & Wagner 1996)

E. tyndarus steht nicht auf der ‚Roten Liste‘ der Schweiz. Hauptgründe hierfür sind sein Vorkommen in extensiv genutzten Gebieten, die zugleich oft für den Menschen nur schwer zugänglich sind (Sonderegger 2005).

2.2.2 *Euphydryas aurinia debilis* - Skabiosen-Scheckenfalter

Euphydryas aurinia debilis, der Gruppe der Nymphalidae (Edelfalter) zugehörig, findet man zwischen 1800 - 2800 müM auf kurzrasigen, blütenreichen Alpmatten (Abb. 4) (Bühler-Cortesi 2009). Nymphalidae sind mit über 3000 Arten weltweit die umfangreichste Tagfalterfamilie. In der Schweiz sind 45 Arten heimisch.

Die jungen Raupen leben in Nestern, in denen sie nach der dritten Häutung überwintern (Lepidoptero- logen-Arbeitsgruppe 1987). Falls sie bereits vor ihrer dritten Häutung eingeschneit werden, werden sie im folgenden Jahr nur bis zur dritten Häutung fressen, um anschliessend erneut zu überwintern (Bühler-Cortesi 2009). Die erwachsenen Raupen fressen bei Sonnenschein an Enzianblüten und im Juni

können sie stellenweise auf kurzrasigen Alpenmatten die am meisten vorkommende Raupenart sein (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987).

E. aurinia ist für ihre enormen Populationsschwankungen bekannt. Die jährlichen Bestandesgrößen schwanken in Abhängigkeit von der Witterung. Schwankungen in der Population werden ausserdem durch wechselnde Parasitierung der Raupen durch Brackwespen (Microgastrinae) ausgelöst. Ein natürlicherweise hoher Parasitierungsgrad kann bei *E. aurinia* einen wesentlichen Einfluss auf die Populationsgrösse haben (Anthes & Nunner 2006).

Allgemein werden stark sonnenexponierte Wirtspflanzen bevorzugt. Ein warmes Mikroklima reduziert bei *E. aurinia* ausserdem die Parasitierungsrate durch die Brackwespen (Fartmann & Hermann 2006).



Abbildung 4: Schweizer Verbreitungskarte von *E. aurinia debilis* (Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (CSCF)), *E. aurinia debilis* Raupe und Falter (Bilder, Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987)

Die *E. aurinia debilis* Raupen ernähren sich hauptsächlich von Gentianaceae (*G. clusii* und *G. acaulis*, Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987). Auf der Alp Sura sind für diese Raupenart *Gentiana acaulis* und *Gentiana punctata* (Abb. 5) die Hauptfutterpflanzen. Es werden die Blüten und nicht die Blätter dieser Enzianarten gefressen (Jutzeler, pers. Mitt.).

G. acaulis wird 5 - 10 cm gross und ist in der subalpinen - alpinen Stufe verbreitet. Sie kommt auf kalkarmen Magerwiesen vor (Eggenberg & Möhl 2007).

G. punctata wird mit 20 - 60 cm deutlich grösser als *G. acaulis*. Sie kommt aber ebenfalls auf mageren, kalkarmen Weiden und Zwergstrauchgebüsch zwischen 1400 - 2600 müM vor (Landolt 2003).



Abbildung 5: Die Futterpflanzen *G. acaulis* (Landolt 2003) links und *G. punctata* rechts (Lauber & Wagner 1996)

Im Gegensatz zu *E. tyndarus* ist *E. aurinia debilis* in der Schweiz stark gefährdet. Gründe hierfür sind unter anderem die Nutzungsaufgabe von Sömmerungsgebieten mit anschliessender Verbrachung und Verbuschung (Duelli 1994).

2.3 Allgemeines Design der Untersuchungsfläche

Im Rahmen der Dissertation von Koch (2009 - 2012, unpubl.) wurden auf der 1.5 ha grossen Untersuchungsfläche auf der Alp Sura bereits 2010 systematisch 50 Plots ausgewählt (Anhang 1)¹. Diejenigen Flächen, welche im Sommer 2011 im Rahmen dieser Arbeit analysiert wurden, sind in Abb. 6 mit gelben Punkten markiert. Die schwarzen Punkte waren Teil der Untersuchungen von Koch (2010,

unpubl.). 23 Plots dienten als gemeinsame Untersuchungsflächen beider Tagfalterarten, jedoch teils mit unterschiedlichen Teilflächen. G39 war nur Teil der *E. aurinia debilis* Analyse, G02 hingegen nur für diejenige von *E. tyndarus*.

Ein Plot umfasst eine quadratische Fläche von 900 m² und weist eine vergleichbare Grösse mit anderen Studien auf. Diese gezielt ausgewählten Stichprobenpunkte garantieren, dass der ganze Perimeter mit Stichprobenflächen abgedeckt ist. Zusätzlich weisen diese Plots unterschiedliche Umweltfaktoren auf. Einige Plots befinden sich an süd- oder südwestexponierten Stellen, andere wiederum an steilen, flacheren oder felsigen Stellen.

Die Plots G42 - G54 (Anhang 1) wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da auf diesen Flächen Rinder weiden und Koch (2010, unpubl.) dort allgemein weniger adulte Tagfalter zählte. Diese besagten Plots sind zudem wenig verbuscht (Koch 2010, unpubl.). Insbesondere auf den Plots G02 - G40 weiden von Juni - Ende September Milchkühe. Gemäss Barbüda (pers. Mitt.), Alpchef auf der Alp Sura von 1970 - 2009, hat die Anzahl der Kühe kontinuierlich abgenommen. Hierfür sind die beiden folgenden Hauptgründe verantwortlich: Einerseits gibt es immer weniger Kühe auf den Weiden aufgrund einer Abnahme der Bauernbetriebe im Dorf Guarda. Andererseits wurde 2009 die Fusion der Nachbargemeinde Lavin mit Guarda wieder aufgelöst. Die Lavinier Bauern bringen nun ihre Kühe nicht mehr auf die Alp Sura und deshalb sank die Anzahl der Tiere von 106 auf 47 (Stand Sommer 2011).

¹ Anhang 1 zeigt die Übersichtskarte des Studiengebiets mit allen 50 Plots, welche nur teilweise relevant sind für diese Studie (Abb. 6)

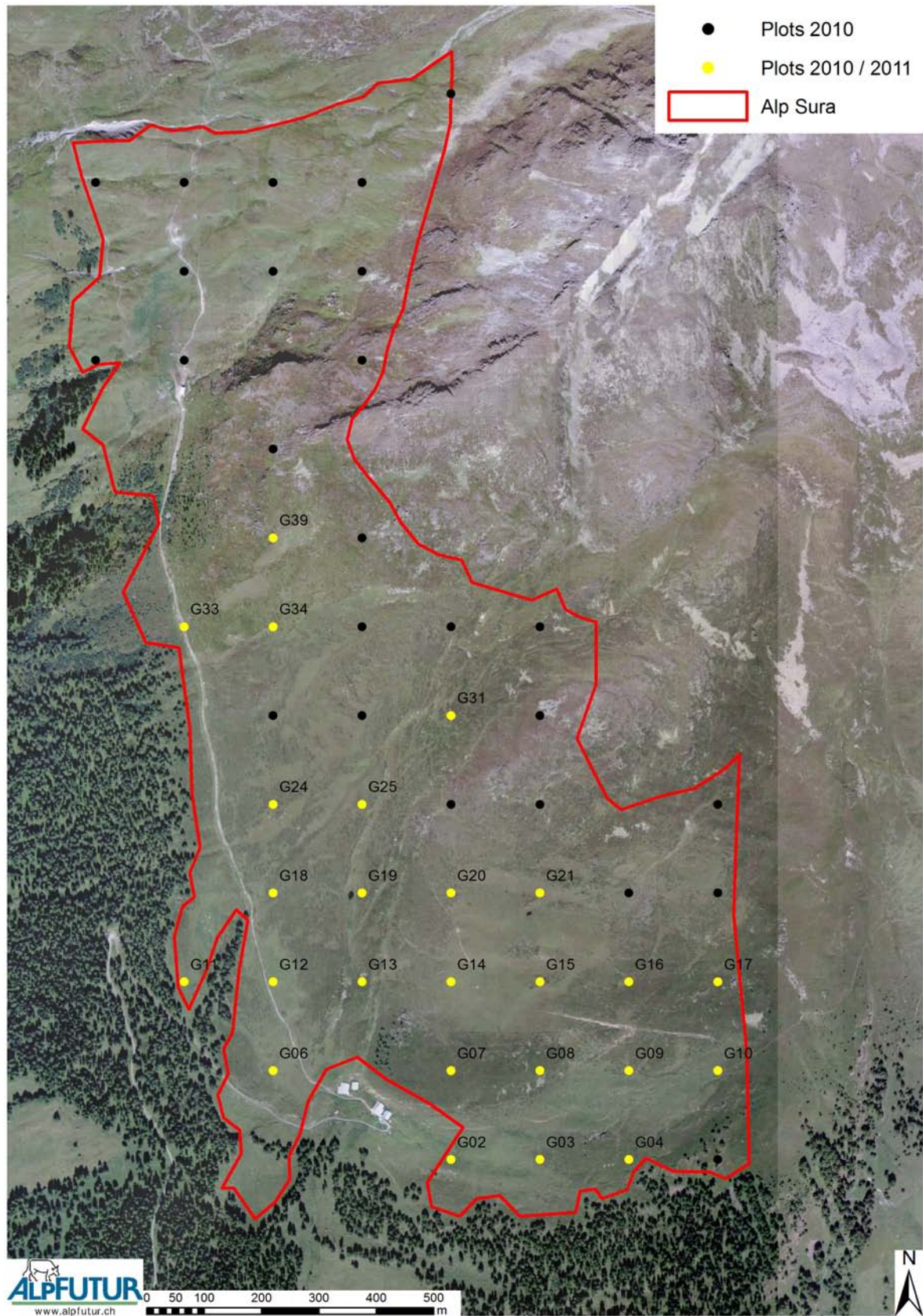


Abbildung 6: Perimeter des Studiengiebts mit den 50 eingezeichneten 30 m x 30 m grossen Plots. Gelb markierte Flächen wurden im Rahmen dieser Arbeit im Sommer 2011 untersucht, die schwarzen Punkte waren Teil der Studie von Koch (unpubl.) im Sommer 2010. Die Plotbezeichnung Gxx steht für ‚Guarda‘

Die Daten, der im Sommer 2010 durchgeführten Vegetationsaufnahme (Koch 2010, unpubl.), bei der unter anderem der prozentuale Anteil der Verbuschung (VB) erfasst wurde, dienten als Grundlage für die Auswahl von je 24 Plots pro Raupenart, welche im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden. Hierzu legte man die drei folgenden Verbuschungsklassen (VK) fest:

Tabelle 1: Klassifizierung der Verbuschung

Verbuschungsklassen	Spannweite der Verbuschung pro Plot
VK 1	0 - 6 %
VK 2	7 - 39 %
VK 3	40 - 100 %

Die unterschiedliche Spannweite der VK resultiert davon, dass in jeder Klasse mindestens 10 Plots vorhanden sein mussten. Für diese Untersuchung ist die VB als die Summe der folgenden Pflanzen definiert: *Juniperus communis*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*. Andere Zwergsträucher wurden nicht berücksichtigt, da ihr prozentualer Anteil zu gering war.

Für die Raupensuche wurden pro VK anschliessend diejenigen 10 Plots ausgewählt, welche innerhalb dieser VK Spanne eine möglichst grosse Variabilität von FP Deckungen aufwiesen. Man beschränkte sich auf 8 Plots, da aus Sicherheitsgründen in der VK 3 zwei Plots (G05 und G42, Anhang 1) nicht für die nächtliche Raupensuche (erläutert in Kap. 2.5) verwendet werden konnten. Diese beiden Flächen waren zu steil, resp. zu felsig um eine Raupensuche während der Nacht durchzuführen.

Anschliessend wurde jeder einzelne der 24 ausgewählten Plots in 9 kleinere, quadratische Teilflächen mit einer Grösse von je 100 m² (10 m x 10 m) unterteilt (Abb. 7).

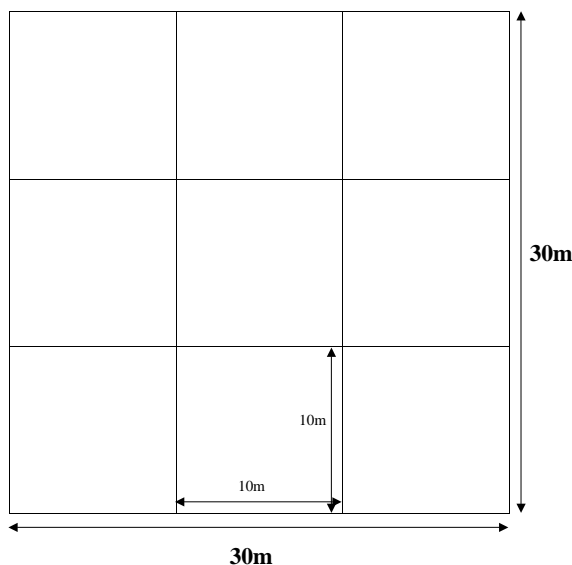


Abbildung 7: Darstellung eines 900 m² grossen Plots unterteilt in seine 9 x 100 m² grossen quadratischen Teilflächen

Aus diesen 9 Teilflächen wählte man schlussendlich diejenige aus, welche den höchsten Deckungsgrad der Raupenfutterpflanze, sowie diejenige, welche den tiefsten Deckungsgrad der FP hatte. Dadurch wurden neben den drei VK auch zwei FP Deckungen unterschieden. Es wurde ein hierarchi-

ches Methodendesign angewendet (Abb. 8). Bei der Stufe ‚möglichst tiefer FP Deckungsgrad‘ waren in einigen Fällen nur vereinzelt FP auf den 100 m² vorhanden (zum Beispiel 1 %). Die Daten für die Teilflächenauswahl der tiefsten und höchsten FP Deckung basierten wiederum auf den Resultaten von Koch (2010, unpubl.). Koch hatte innerhalb jeder der 9 Teilflächen einen Quadratmeter anhand der Braun-Blanquet Methode kartiert.

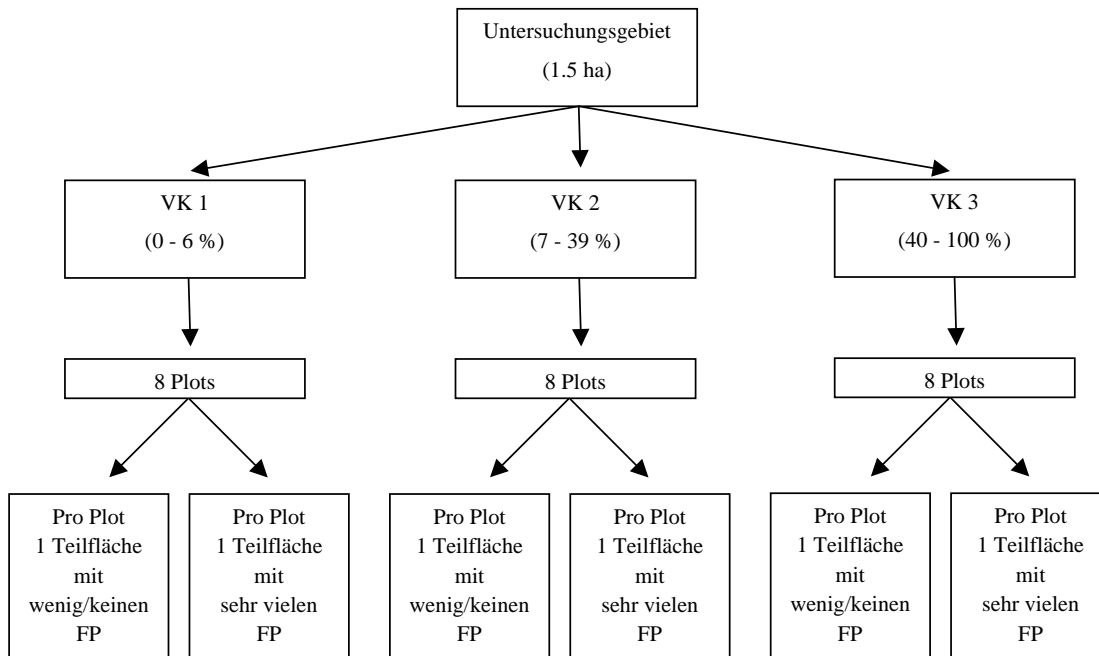


Abbildung 8: Aufbau des Methoden-Designs. Plots je 900 m², Teilflächen je 100 m²

2.4 Design der Vegetationsaufnahme

Die Vegetationsaufnahme war der erste Schritt um die richtigen Teilflächen auswählen zu können. Wie schon erwähnt, gaben die Daten von Koch (2010, unpubl.) einen ersten Überblick, welche der 900 m² grossen Flächen eher stark, resp. wenig verbuscht waren. Es existierten auch bereits Daten über den Deckungsgrad der FP, allerdings noch nicht für die einzelnen 100 m² grossen Teilflächen. Zudem sind diese nach Braun-Blanquet klassifiziert und somit ist der genaue prozentuale Deckungsgrad noch nicht abgeschätzt. Da ansonsten zu wenig Plots mit der erwünschten Kombinationen FP Deckung/VB verfügbar gewesen wären, wählte man die Grösse von 100 m². Durch diese kleinräumigere Struktur wurde der Spielraum für geeignete Flächen innerhalb des Perimeters grösser und eine genügend grosse Anzahl Teilflächen stand zur Verfügung. Die ausgewählten Flächen wurden für die Schätzung der VB und FP Deckung im Feld in noch kleinere 6.25 m² grosse Teilflächen unterteilt, damit der prozentuale Anteil möglichst genau geschätzt werden konnte (genaue Schätzwerte der FP Deckungen sowie der VB im Anhang 2).

Zusätzlich zur Kartierung der Deckung von FP und VB, wurden für jede Teilfläche die in Tabelle 2 aufgeführten Umweltfaktoren erfasst, welche anschliessend in der statistischen Auswertung auf mögliche Gradienten überprüft wurden. Die Beweidungsintensität ist durch die Distanz von der Alphütte

Sura bis zu den jeweiligen Plots ausgedrückt. Diese Entfernungen wurden nicht im Feld gemessen, sondern stammen aus dem Geoinformationssystem (GIS).

Tabelle 2: Erhobene Umweltfaktoren

Umweltfaktoren	Messeinheit
Exposition	[°]
Neigung	[°]
Höhe über Meer	[m]
Anteil offener Boden	Wege/Strassen [%]
Anteil Gestein	Fels/Steinbrocken [%]
Beweidungsintensität	Distanz zur Alp Sura [m]

2.5 Erfassungsmethode der Raupen

Die Raupen wurden wie bei Erhardt (1985) anhand einer Transektmethode erfasst, welche in den 1970er Jahren entwickelt wurde (Duelli 2000). Die Teilflächen (100 m²) wurden (ohne ausbreiten eines Seils) auf einer schleifenförmig gelegten Transektlinie (mit je ca. 2 m Abstand der Querlinien) durchlaufen (Abb. 9). Dank der überschaubaren Grösse von 100 m² konnten die Flächen sehr detailliert nach Raupen abgesucht werden.

Die von Lang *et al.* (2006) vorgeschlagene Kescher-Methode zur Raupenerfassung, bei der ein Netz durch die Vegetation gezogen wird und so neben Raupen auch andere Tiere erfasst werden, wurde in dieser Untersuchung nicht angewendet (Sonderegger, pers. Mitt.).

Links und rechts der Transektlinie wurde je auf einem 1m breiten Streifen die Vegetation nach Raupen abgesucht. Pro Teilfläche wurden zwei Begehungen durchgeführt. Damit die Raupenzählungen möglichst repräsentative Daten lieferten, wurde die zweite Begehung nach Möglichkeit von einer anderen Bearbeiterin durchgeführt. Zusätzlich wurde die Reihenfolge der Teilflächen beim zweiten Mal etwas abgeändert. Der zeitliche Abstand von der ersten zur zweiten Begehung variierte je nach Wetterbedingungen zwischen 3 bis 12 Tagen (im Schnitt 9.29, Anhang 3). Durchschnittlich dauerte eine Teilflächenbegehung für *E. tyndarus* knapp 18 min.

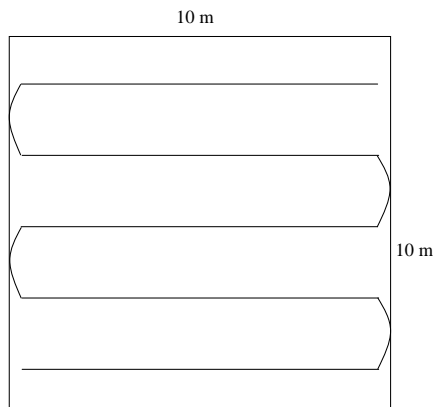


Abbildung 9: Darstellung der Transektlinie einer 100 m² grossen Teilfläche

Der Erfolg der gewählten Sichtbeobachtungsmethode wird unter anderem von der Witterung sowie der tageszeitlichen Phänologie beeinflusst. Deshalb wurden die Feldbegehungen der *E. tyndarus* Raupen bei Dunkelheit zwischen 21:30 h und 1:30 h mit Stirn- und Taschenlampen in regenfreien, warmen Nächten durchgeführt. Bei *E. aurinia debilis* ging man an sonnigen, warmen Tagen zwischen 9 h und 16 h in die Untersuchungsflächen.

Während der Raupenerhebung wurde sowohl die Pflanze, auf der sich die Raupe befand, die Raupenfarbe (im Falle von *E.tyndaurus*), sowie die Gesamtzahl der gefundenen Raupen erfasst (Aufnahmeblatt Anhang 4). Sie wurden nicht gesammelt oder markiert, sondern lediglich gezählt. Bei beiden Raupenarten bestand wenig Verwechslungsgefahr mit anderen Raupen. Oft konnte die Art von bloßem Auge bestimmt werden. *E. tyndarus* Raupen identifizierte man im Zweifelsfall mit der Lupe. Falls die markanten vier Fortsätze an der Stirn (vergrößerte Haarbasen) (Leptidopterologen-Arbeitsgruppe 1987) vorhanden waren, konnten die anderen Arten ausgeschlossen werden.

Die Vegetationsaufnahmen und die Raupenzählungen wurden an unterschiedlichen Tagen durchgeführt, damit man keine negativen Effekte durch Störungen auf derselben Teilfläche verursachte.

2.6 Statistische Analyse

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Statistik Software R 2.13.1 (R, 2011) durchgeführt. Die Daten der ersten und der zweiten *E. tyndarus* Raupenbegehung wurden für die Datenanalyse aufsummiert. Nur bei einer Frage wurde die Differenz der beiden Raupenbegehungen verwendet.

Zur Analyse der drei definierten Fragestellungen wurde für beide Tagfalterarten eine multiple Regression verwendet. Zuerst wurden alle Variablen auf Kollinearität überprüft. Einerseits wurde dies grafisch durch den Vergleich von Paaren (pairs), andererseits anhand des ‚Varianz-Inflations-Faktors‘ (VIF) untersucht. Der Schwellenwert für ‚VIF‘ liegt bei 10. Ab diesem Wert liegt der Verdacht auf Multikollinearität nahe (Drewek, pers. Mitt.).

Sowohl für die ‚Raupenanzahl total‘, sowie auch für die ‚FP total‘ (%-Anteil *N. stricta* + *F. rubra*, %-Anteil *G. acaulis* + *G. punctata*) wurde ein ‚Verallgemeinertes Lineares Modell‘ (GLM) verwendet. Bei einem linearen Modell (LM) hätte man die Daten logarithmieren müssen, da die Daten nicht normalverteilt sind. Dies erübrigt sich bei der Wahl eines GLM. Alle Umweltfaktoren wurden in das Modell integriert und ihr Einfluss auf die ‚Raupenanzahl total‘, resp. ‚FP Deckung total‘ wurde untersucht. Anschliessend prüfte man den Einfluss aller Umweltfaktoren einzeln für jede der beiden FP *N. stricta*, *F. rubra*, *G. acaulis* und *G. punctata*.

Die ausgewählten Plots von *E. aurinia debilis* wurden auf den Einfluss der Verbuschung und sonstiger Umweltfaktoren auf die ‚FP total‘ überprüft.

Der Entwicklungs-Trend der Anzahl *E. tyndarus* Raupen und der FP Deckungen bei zunehmender VB wurde grafisch mit einer Regressionslinie dargestellt. In einem weiteren Kapitel wurde untersucht, ob die Beweidungsintensität der Kühe, ausgedrückt durch die Distanz von der Alp Sura zu den jeweiligen Flächen, einen Einfluss auf die Anzahl Raupen der zweiten zur Anzahl der ersten Begehung hatte. Die

erste Raupenbegehung konnte auf allen 48 Teilflächen ohne die Anwesenheit der Milchkühe durchgeführt werden. Da die Kühe schrittweise von der Waldweide auf die Alp Sura getrieben wurden, waren sie erst gegen Ende Juni 2011 auf der ganzen Perimeterfläche verteilt. Zum Zeitpunkt der zweiten Begehung waren somit alle Plots für die Kühe zugänglich. Die 47 Kühe wurden morgens nach dem Melken jeweils auf die Weide getrieben und konnten sich frei auf der ganzen Alp bewegen. Am Abend nach dem Melken blieben sie bis am nächsten Morgen auf einer Nachtweide direkt neben der Alphütte.

Ob der Einfluss der VB auf die Anzahl Raupen davon abhängt, wie die Deckung der FP ist, berechnete man in einem separatem GLM mit dem Interaktionsterm [VB] : [FP Deckung]. Detaillierte Erläuterungen hierzu sind im Kapitel 3.2.7 zu finden.

Zum Schluss wurde der Zusammenhang der im Sommer 2010 von Koch (2010, unpubl.) gezählten adulten *E. tyndarus* Tagfaltern auf die Anzahl Raupen vom Sommer 2011 überprüft. Hierzu wurden die Werte der beiden Teilflächen eines Plots addiert, da Koch (2010, unpubl.) die Tagfalter nicht auf den einzelnen Teilflächen, sondern auf den 900 m² grossen Plots zählte. Dies wurde erneut mit einem GLM berechnet, da die Daten nicht normalverteilt sind.

Ein möglicher Zusammenhang zwischen den adulten *E. aurinia debilis* Tagfaltern und dem Vorkommen der FP *G. punctata* wurde in einem Boxplot, in dem der Median mit unterem und oberem Quartil berechnet wurde, dargestellt.

3. Resultate

3.1 Übersicht aller gezählter *E. tyndarus* Raupen

Im Sommer 2011 konnten insgesamt 278 *E. tyndarus* Raupen gezählt werden. Davon wurden 252 auf *N. stricta*, 18 auf *F. rubra* und 8 auf anderen FP gefunden (6 auf *Carex sempervirens*, 2 auf *Helictotrichon versicolor*) (Abb. 10). Es wurden auf beiden FP vorwiegend die braunen Raupen gefunden (231). Lediglich 39 waren grün gefärbt, welche vermehrt in der zweiten Begehung gezählt wurden (detaillierte Auflistung in Anhang 5).

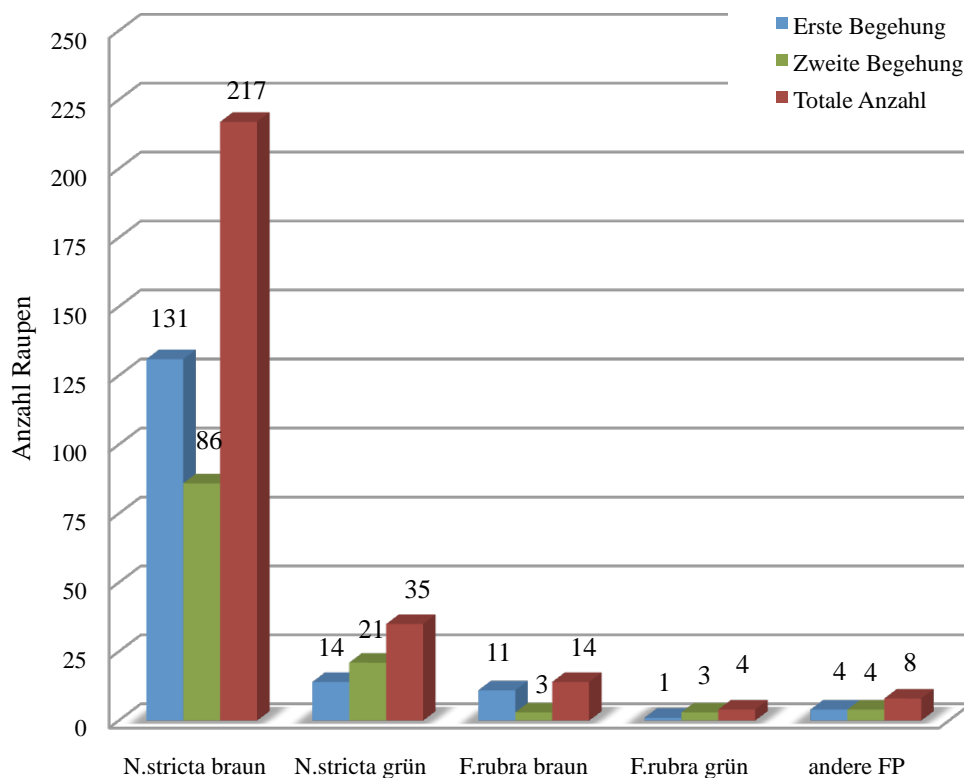


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Anzahl *E. tyndarus* Raupen unterteilt nach Futterpflanzen *N. stricta* oder *F. rubra* und Raupenfarbe braun oder grün, getrennt nach erster und zweiter Begehung

3.2 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Abundanz von *E. tyndarus* Raupen

3.2.1 Überprüfung auf Multikollinearität

Aus der grafischen Überprüfung der Variablen lässt sich erkennen, dass keine Multikollinearität vorlag (Abb. 10). Die Variablen konnten deshalb gemeinsam ins GLM eingebaut werden. Anhand des VIF und mit ‚Raupen total‘ als endogene Variable wurde dies zusätzlich rechnerisch überprüft. Auch hier lässt sich erkennen, dass keine Multikollinearität vorlag. Alle Werte sind < 10 (Tab. 3).

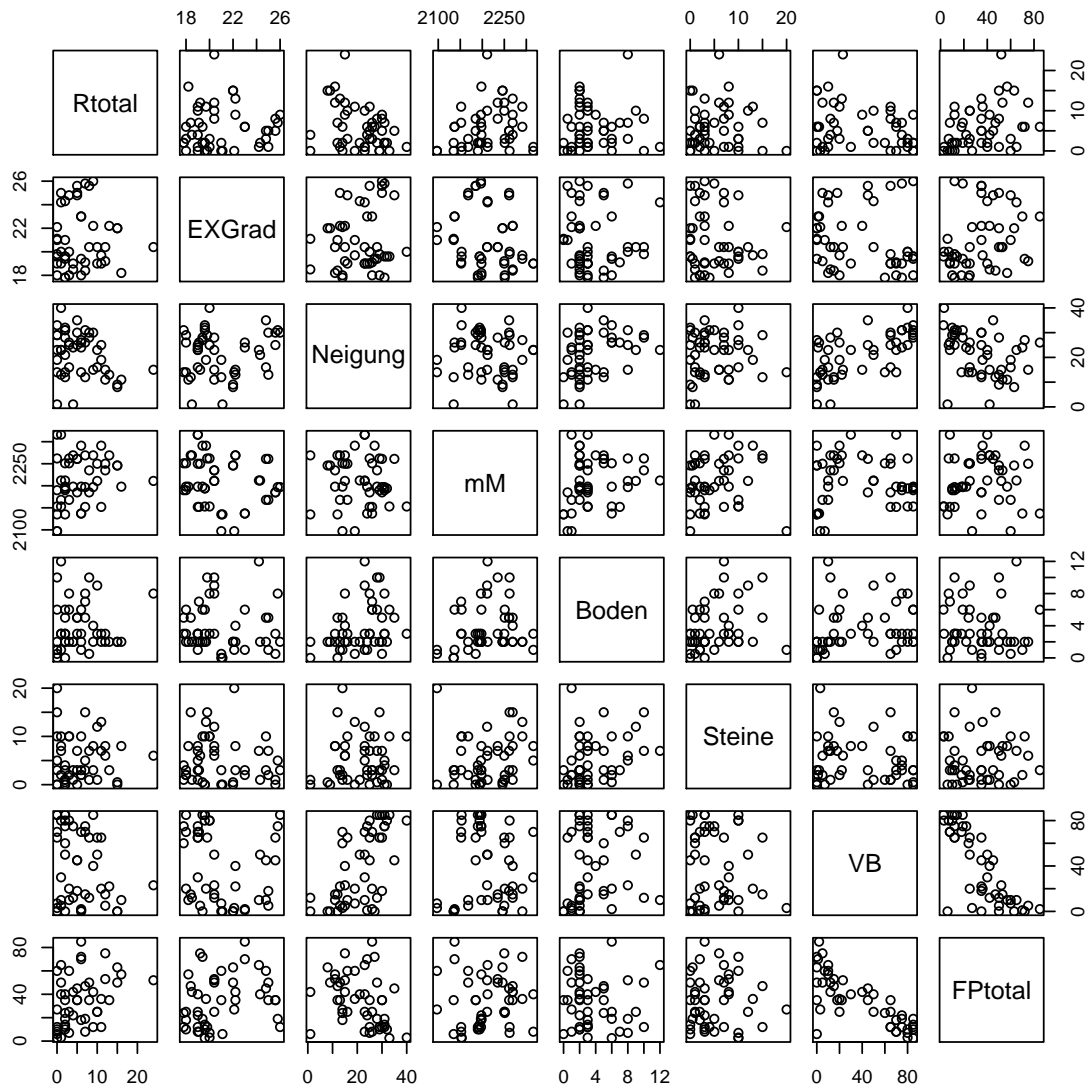


Abbildung 11: Grafische Darstellung zur Überprüfung aller Variablen auf Multikollinearität

Tabelle 3: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. $VIF < 10$ = nicht multikollinear

Exogene Variable	VIF Wert
VB	5.5557
Neigung	2.2279
Exposition	1.3784
müM	1.1853
Anteil Steine	1.3426
Offener Boden	1.2904
FP total	3.9765

3.2.2 Einfluss aller Faktoren auf die totale Raupenanzahl

Die Ergebnisse des GLM zeigen, dass nicht nur die Verbuschung, sondern mehrere Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die totale Anzahl der Raupen hatten (Tab. 4). Dieses GLM ist das beste Modell basierend auf einer Modellanpassung aufgrund des Akaikes Informationskriterium (AIC). Die Umweltvariablen ‚Anteil Steine‘ und ‚Exposition‘ wurden aus dem Modell entfernt, da dieses Modell

einen höheren AIC-Wert hatte. Somit sind keine Werte für diese beiden Faktoren vorhanden. Der Anteil offenen Bodens hatte für die Häufigkeit der Raupen keinen signifikanten Einfluss (p-Wert = 0.0504). Hingegen waren die VB, Neigung und die FP sehr stark signifikant.

Tabelle 4: GLM mit *E. tyndarus* Raupen total als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen
glm (formula = Rtotal ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine + FPtotal, family = poisson)

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	-4.8991	2.8241	-1.735	0.0827 .
VB	0.0131	0.0045	2.874	0.0040 **
Neigung	-0.0438	0.0097	-4.509	6.52 e-06 ***
müM	0.0026	0.0012	2.132	0.0032 *
Offener Boden	0.0434	0.0221	1.956	0.0504 .
FP total	0.0257	0.0055	4.630	3.66 e-06 ***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

3.2.3 Einfluss aller Variablen und der einzelnen Futterpflanzen *N. stricta* und *F. rubra* auf die totale Anzahl Raupen

Dass die ‚FP total‘ einen stark signifikanten Einfluss auf die totale Anzahl Raupen hatte, wurde in Tabelle 4 aufgezeigt. In diesem Kapitel wurde in einem weiteren Schritt überprüft, ob die FP *N. stricta* und *F. rubra* einzeln auch einen Einfluss auf die Raupenzahl hatten. Dieses GLM führte nach dreimaliger Modellanpassung, in denen der ‚Anteil Steine‘, ‚Höhe über Meer‘ und ‚*F. rubra*‘ eliminiert wurden, zu folgenden Resultaten:

Tabelle 5: GLM mit *E. tyndarus* Raupen total als endogene und im Speziellen *N. stricta* und *F. rubra* als exogene Variablen
glm (formula = Rtotal ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + **Nardus** + **Festuca**, family = poisson)

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	-0.6304	0.6871	-0.917	0.3589
VB	0.0167	0.0039	4.200	2.66 e-05 ***
Neigung	-0.0584	0.0104	-5.598	2.16 e-08 ***
Exposition	0.0739	0.0284	2.596	0.0094 **
Offener Boden	0.0905	0.0056	7.035	1.99 e-12 ***
<i>N. stricta</i>	0.0328	0.0063	5.210	1.89 e-07 ***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

Wie bereits in Tabelle 4 waren die VB und Neigung stark signifikant. In diesem Modell hatten zusätzlich die Exposition und der Anteil offenen Bodens einen signifikanten Einfluss auf die Individuenzahl. Den grössten Einfluss hatte der Anteil offenen Bodens mit einem Estimate = 0.0905.

Die FP *N. stricta* hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf das Vorkommen der *E. tyndarus* Raupen mit einem p-Wert von $1.89 \cdot 10^{-7}$. *F. rubra* hingegen wurde aufgrund der Modellanpassung eliminiert. Wurde mit einem GLM gerechnet, wo nur die beiden FP separat als exogene Variablen einbezogen wurden², war auch dort *N. stricta* mit einem p-Wert von $6.6 \cdot 10^{-14}$ sehr signifikant, *F. rubra* insignifikant (p-Wert = 0.21). Dieses Resultat erstaunt nicht, da die meisten der gezählten Raupen auf *N. stricta* zu finden waren und nur vereinzelt auf *F. rubra*.

3.2.4 Entwicklung der Raupenabundanz bei steigender Futterpflanzendeckung

Bei zunehmendem Deckungsgrad der FP stieg die Anzahl Raupen (Abb. 12). Der positive Einfluss war mit einem p-Wert von $1.53 \cdot 10^{-8}$ hoch signifikant. Nicht ganz nachvollziehbar war die geringe Anzahl Raupen bei einer hohen Deckung von FP. Andererseits konnten auch viele *E. tyndarus* Raupen bei tiefer FP Deckung (10 %) gezählt werden. Eine mögliche Erklärung hierzu wird im Kapitel 4 erläutert.

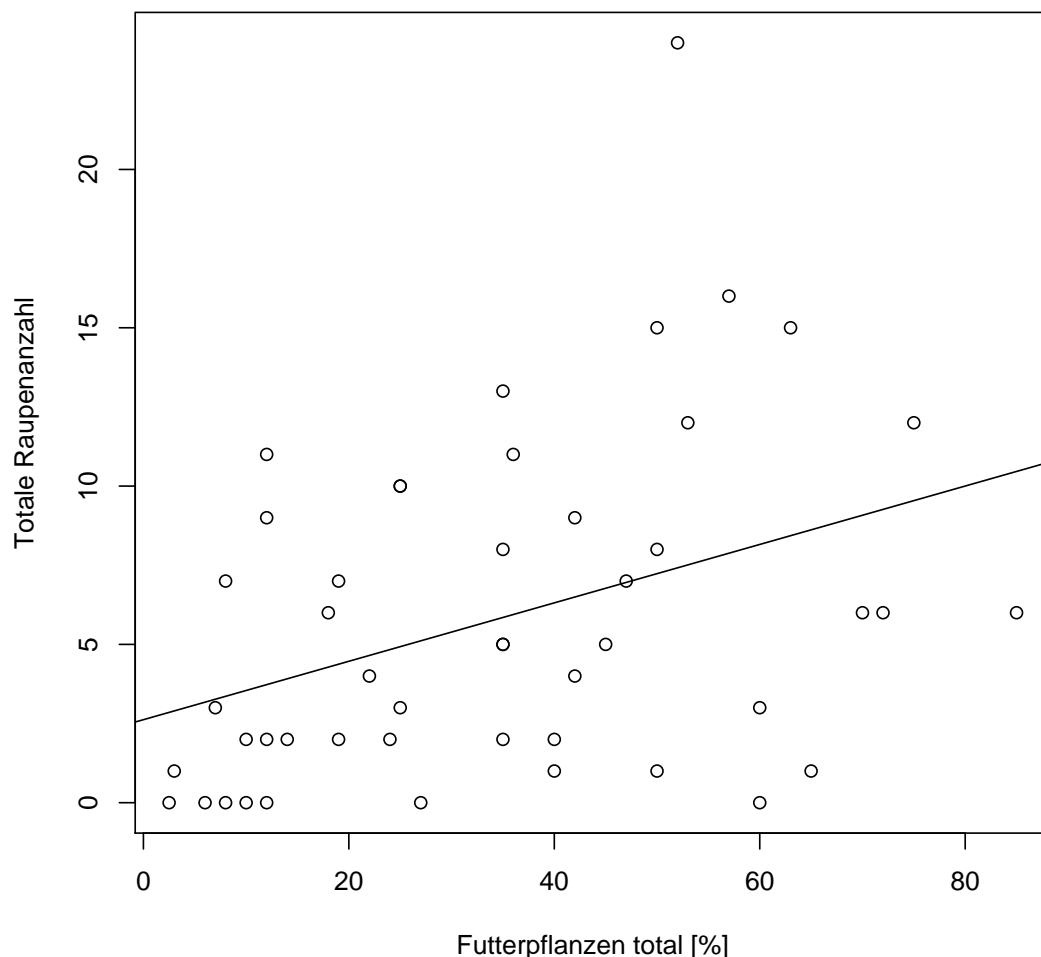


Abbildung 12: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der Anzahl *E. tyndarus* Raupen und dem prozentualen Deckungsgrad der Futterpflanzen *N. stricta* und *F. rubra*

² glm (formula = Rtotal ~ Nardus + Festuca, family = poisson)

3.2.5 Entwicklung der Raupenabundanz bei steigender Verbuschung

In Abbildung 13 ist die abnehmende Tendenz der Anzahl Raupen bei zunehmender VB dargestellt. Überprüfte man in einem GLM den Einfluss der exogenen Variable ‚VB‘ auf die Anzahl ‚Raupen total‘ als endogene Variable, so erhielt man einen stark signifikanten, negativen Einfluss der VB auf die Raupenanzahl mit einem p-Wert von $6.95 \cdot 10^{-5}$.

Für die Auswertungen wurde auf eine Gruppierung in drei VK, wie es für die Auswahl der Teilflächen notwendig war, um eine möglichst grosse Variabilität zu erhalten, verzichtet. Eine Darstellung des allgemeinen Trends wurde vorgezogen. Dadurch entstanden keine verfälschten Resultate durch falsche Annahmen für die Gruppierung.

In einem weiteren Schritt wurde mit einem ‚Verallgemeinertem Additiven Modell‘ (GAM) überprüft, ob anstelle der linearen Regressionslinie die Punkte besser vorhergesagt werden können in Form einer Kurve. Ausser bei der Anzahl der *E. tyndarus* Raupen in Zusammenhang mit dem Deckungsgrad der VB konnte man jedoch keine speziellen Muster beobachten. Dort allerdings war der Zusammenhang zwischen der Anzahl Raupen bei zunehmender VB nicht mehr linear. Es konnte jedoch auch keine eindeutige polynome Kurve festgestellt werden (Anhang 6).

Etwas merkwürdig erschien, dass keine/wenige Raupen auf unverbuchten/wenig verbuchten Flächen gefunden wurden. Das stand in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der FP Deckung (Abb. 12). Die durchschnittliche Raupenanzahl pro 100 m^2 grosser Teilfläche betrug knapp 12 Individuen.

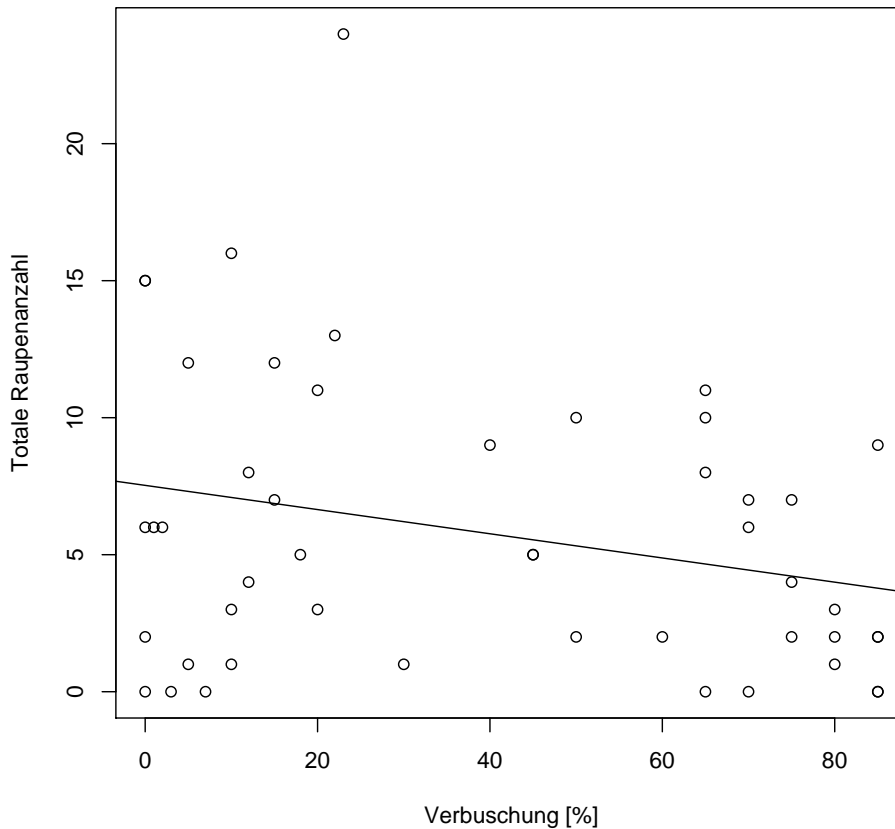


Abbildung 13: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der Anzahl *E. tyndarus* Raupen und dem prozentualen Deckungsgrad der Verbuschung

3.2.6 Auswirkungen der Milchkuhbeweidung auf die Anzahl Raupen

Der Effekt der Distanz von der Alphütte Sura zu den jeweiligen Plots war mit einem p-Wert von 0.2373 nicht signifikant. Somit hatte es auf weit entfernten Plots, die von den Kühen weniger besucht wurden, nicht signifikant mehr oder weniger Raupen als auf den Teilflächen rund um die Alphütte. Auf 22 Teilflächen zählte man beim zweiten Mal durchschnittlich 3 Raupen weniger, auf 13 Flächen wurde kein Unterschied festgestellt und auf 13 Flächen gab es von der ersten zur zweiten Begehung trotz Anwesenheit der Kühe sogar einen Anstieg in der Anzahl Raupen von durchschnittlich 1.69 Individuen pro Teilfläche (Abb. 14).

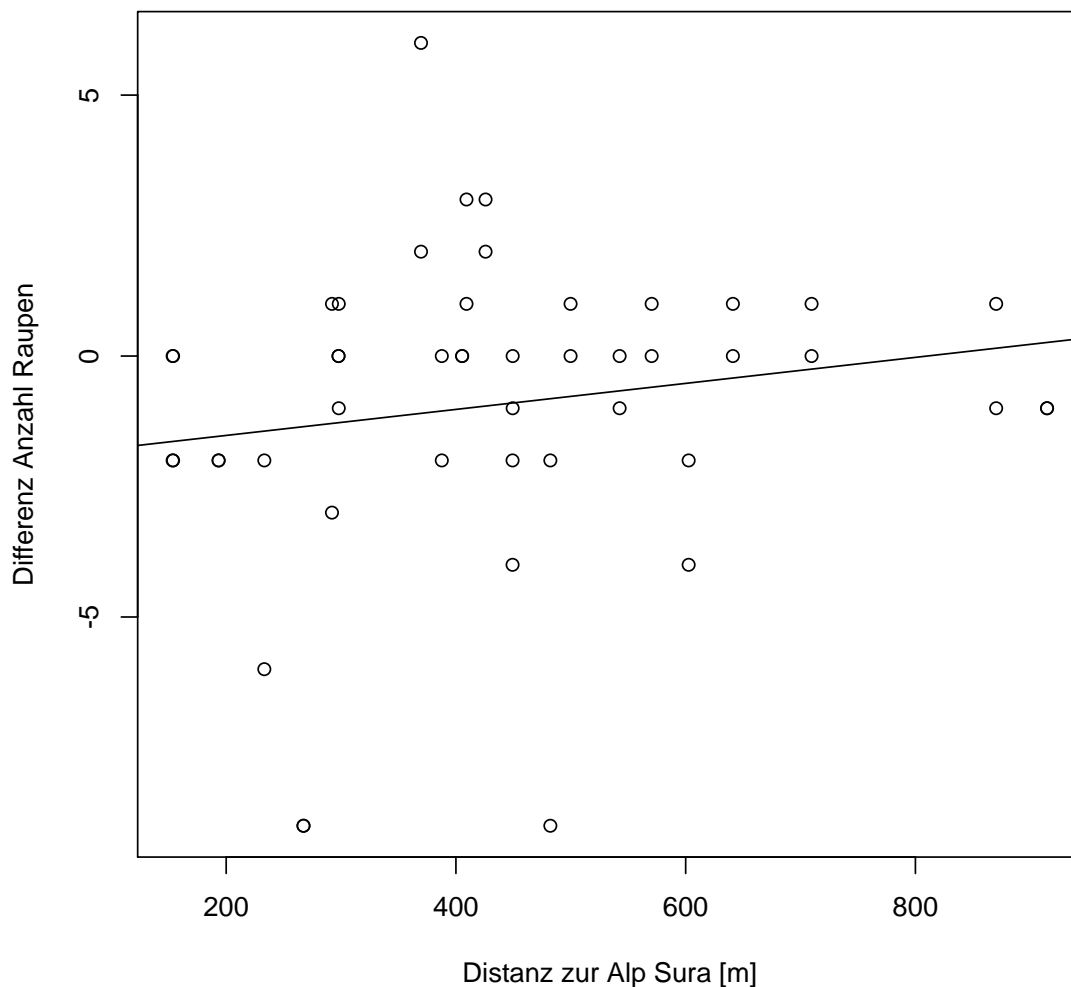


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Differenz der Anzahl *E. tyndarus* Raupen zwischen der zweiten und ersten Begehung in Abhängigkeit der Entfernung von der Alp Sura zu den Teilflächen

3.2.7 Zusammenhang zwischen der Verbuschung und der Deckung der Futterpflanzen auf die Anzahl Raupen

Aus einem weiteren GLM ging hervor, dass der Einfluss von ‚FP total‘ vom Ausmass der VB abhing. Bei zunehmender VB fiel der Einfluss der ‚FP total‘ auf die totale Anzahl der Raupen noch höher aus als bei tiefer Deckung der VB (Tab. 6). Der Interaktionsterm [VB] : [FP total] war mit einem p-Wert von 0.0046 stark signifikant. Somit wurde die Anwesenheit von FP auf denjenigen Teilflächen mit einem hohen Deckungsgrad der VB noch wichtiger für die Raupenindividuen. Bei 75 % VB im Falle der Teilfläche G8b mit 12 % FP konnten nur zwei Raupen gezählt werden (Anhang 2 & 5). Bei gleicher VB, aber mit 22 % FP, zählte man vier Raupen. Dieselbe Tendenz konnte auf den Teilflächen G7e und G4i mit je 85 % VB beobachtet werden (Anhang 2 & 5).

Tabelle 6: GLM mit *E. tyndarus* Raupen total als endogene und dem Interaktionsterm [VB] : [FP total] als exogene Variablen

glm (formula = Rtotal ~ VB + FPtotal + VB * FPtotal, family = poisson)

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	1.1212	0.3021	3.710	0.0002 ***
VB	-0.0052	0.0044	-1.181	0.2375
FP total	0.0133	0.0050	2.657	0.0078 **
[VB] : [FP total]	0.0003	0.0001	2.832	0.0046 **

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

3.3 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Deckung der *E. tyndarus* Futterpflanzen

3.3.1 Überprüfung auf Multikollinearität

Die grafische Überprüfung der Variablen wurde bereits in Abbildung 10 dargestellt. Tabelle 7 zeigt analog zu ‚Raupen total‘ die VIF Wert für ‚FP total‘ als endogene Variable.

Tabelle 7: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. VIF < 10 = nicht multikollinear

Exogene Variable	VIF Wert
VB	1.4629
Neigung	1.7530
Exposition	1.2543
müM	1.1590
Anteil Steine	1.1607
Offener Boden	1.3181

3.3.2 Einfluss aller Variablen auf die totale Futterpflanzendeckung

Die Deckung der FP (*N. stricta* und *F. rubra* aufsummiert) wurde sehr stark von der VB und der Neigung beeinflusst (Tab. 8). Der Einfluss der VB war negativ, derjenige der Neigung positiv. Zudem hatten die Exposition und die Höhe über Meer einen signifikant positiven Einfluss auf den Deckungsgrad der FP. Mit einem p-Wert von 0.0110 und einem Estimate von -0.0146 hatte das Vorkommen der Steine auf den Teilflächen einen signifikant negativen Einfluss. Der prozentuale Anteil an offenem Boden war insignifikant.

Tabelle 8: GLM mit *E. tyndarus* FP total (*N. stricta* und *F. rubra*) als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen glm (formula = FPtotal ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine, family = poisson)

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	-1.0081	1.1149	- 0.904	0.3658
VB	-0.0198	0.0011	-17.625	< 2 e-16 ***
Neigung	0.0104	0.0037	2.776	0.0055 **
Exposition	0.0378	0.0114	3.291	0.0009 ***
müM	0.0018	0.0004	4.044	5.25 e-05 ***
Offener Boden	0.0121	0.0092	1.320	0.1867
Anteil Steine	-0.0146	0.0057	- 2.542	0.0110 *

*** p ≤ 0.001, ** p ≤ 0.01, * p ≤ 0.05, . p ≤ 0.1

3.3.3 Einfluss aller Variablen auf die Deckung der einzelnen Futterpflanzen *N. stricta* und *F. rubra*

Bei getrennter Überprüfung von *N. stricta* und *F. rubra* konnte die unterschiedliche Wichtigkeit der Umweltfaktoren auf das Vorkommen der beiden FP festgestellt werden (Tab. 9). *N. stricta* wurde stark signifikant von der VB, Neigung und der Höhe über Meer beeinflusst, wie es auch aus dem GLM ‚FP total‘ resultierte. Ganz anders bei *F. rubra*: Alle exogenen Variablen spielten eine sehr signifikante Rolle. Aufgrund der Modellanpassung zum Erreichen eines tieferen AIC war bei *F. rubra* die Variable ‚Neigung‘ weggefallen. Diese Resultate zeigen eindeutig, dass unterschiedliche Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Deckung der jeweiligen FP hatten. Den grössten und zugleich negativsten Einfluss auf die FP *N. stricta* hatte der Anteil an offenem Boden (Estimate = -0.0259). Dem gegenüber hatten die Exposition sowie der offene Boden den grössten Einfluss auf *F. rubra*, welcher positiv war (Estimate = 0.1027 resp. 0.0908).

Tabelle 9: GLMs mit *N. stricta* und *F. rubra* getrennt als endogene Variablen

glm (formula = *N. stricta* ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden+ Steine, family = poisson)

glm (formula = *F. rubra* ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine, family = poisson)

Coefficients					
	Estimate <i>N. stricta</i>	Pr (> z) <i>N. stricta</i>		Estimate <i>F. rubra</i>	Pr (> z) <i>F. rubra</i>
Intercept	-4.6625	0.0006 ***		6.1840	0.0021 **
VB	-0.0200	< 2 e-16 ***		-0.0176	< 2 e-16 ***
Neigung	0.0131	0.0032 **		-	-
Exposition	0.0087	0.5391		0.1027	4.52 e-08 ***
müM	0.0036	8.75 e-11 ***		-0.0025	0.0037 **
Offener Boden	-0.0259	0.0289 *		0.0908	4.27 e-11 ***
Anteil Steine	-0.0015	0.8195		-0.0487	1.08 e-05 ***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

3.3.4 Einfluss der Verbuschungsdichte auf die Futterpflanzendeckung

Analog zur Anzahl Raupen total wurde der alleinige Einfluss der VB auf die Deckung der FP überprüft. Sowohl für ‚FP total‘, ‚*N. stricta*‘ als auch für ‚*F. rubra*‘ ergab sich ein hoch signifikanter p-Wert von < 2 e-16. Die grafische Darstellung des negativen Einflusses der VB auf die Abundanz der FP ist in Abb.15/16 dargestellt.

In Abbildung 16 wird ersichtlich, dass der *N. stricta* Deckungsgrad pro Teilfläche von 0 - 70 % variierte, derjenige von *F. rubra* nur bis maximal 45 %. Die totale Deckung der beiden FP betrug auf den 48 Teilflächen durchschnittlich 34.36 %, wovon gut $\frac{2}{3}$ durch *N. stricta* (23.20 %) und rund $\frac{1}{3}$ (11.17 %) von *F. rubra* bedeckt waren (Anhang 2).

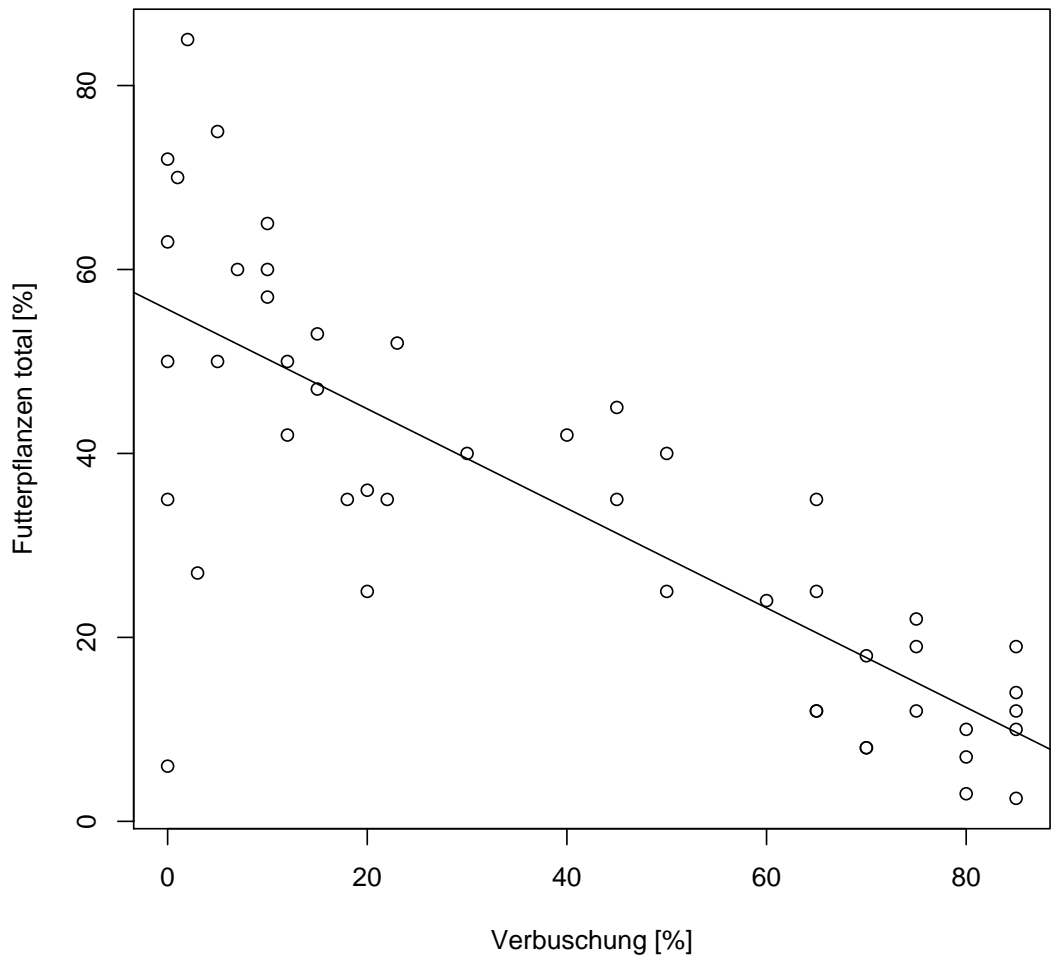


Abbildung 15: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung der Futterpflanzen *N. stricta* und *F. rubra* und dem prozentualen Anteil der Verbuchung

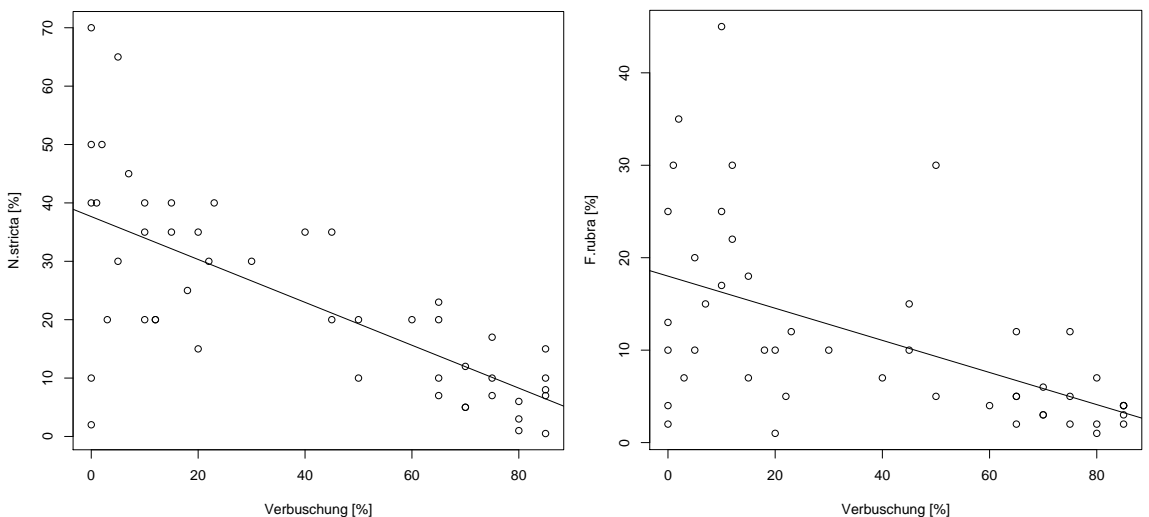


Abbildung 16: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung von *N. stricta* (links), resp. *F. rubra* (rechts) und dem prozentualen Anteil der Verbuchung

3.4 Zusammenhang zwischen den adulten *E. tyndarus* Tagfaltern und der Anzahl Raupen

Aus Zeitgründen konnten im Sommer 2011 keine Aufnahmen von den adulten Tagfaltern gemacht werden. Deshalb wurden für die Auswertungen die Daten von Koch (2010, unpubl.) verwendet. Mit einem p-Wert von $< 2 \cdot 10^{-16}$ hatten die Tagfalter einen hoch signifikanten Einfluss auf die Anzahl Raupen im Folgejahr (Tab. 10). Abbildung 17 veranschaulicht, dass dieser Effekt stark positiv war. Man konnte im Sommer 2011 auf denjenigen Plots, auf denen ein Jahr früher viele adulte Tagfalter beobachtet wurden, auch mehr Raupen zählen. Insgesamt wurden auf den 24 ausgewählten Plots 500 *E. tyndarus* Tagfalter (Koch 2010, unpubl.) und 278 Raupen (2011) gezählt (Anhang 7).

Tabelle 10: GLM mit Anzahl *E. tyndarus* Raupen als endogene und Anzahl *E. tyndarus* Tagfalter als exogene Variable
`glm (formula = Rtotal ~ Tagfalter, family = poisson)`

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	1.0268	0.1623	6.323	2.56 e-10 ***
Tagfalter	0.0590	0.0054	10.749	< 2 e-16 ***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

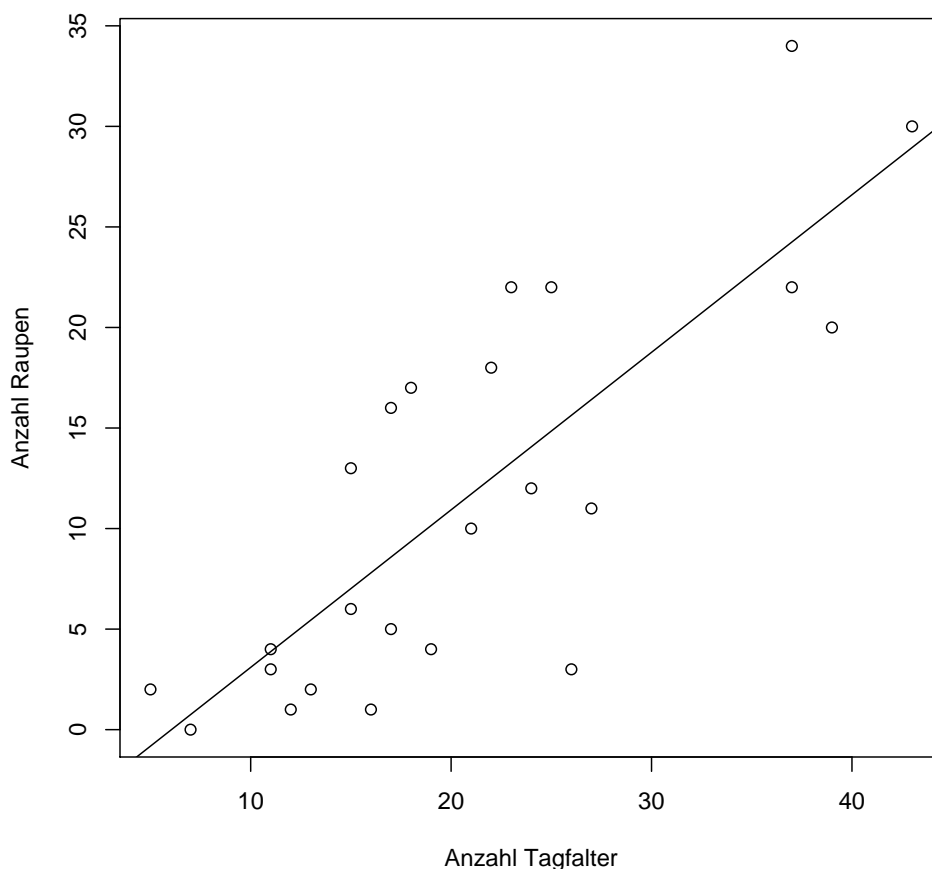


Abbildung 17: Grafische Darstellung der *E. tyndarus* Raupenanzahl in Abhängigkeit der Anzahl *E. tyndarus* Tagfalter

3.5 Die Raupe *E. aurinia debilis*

Für diese Tagfalterart können keine Resultate präsentiert werden. Es werden deshalb hier die Beobachtungen geschildert, welche bei der Rekognoszierung vom 12./13. Mai 2011 sowie vom 19./20. Mai 2011 gemacht wurden.

Beim Durchlaufen der Perimeterfläche im Mai 2011 wurden an verschiedenen Stellen ein- und zweijährige *E. aurinia debilis* Raupen gefunden (Abb. 18).



Abbildung 18: Nachweis von *E. aurinia debilis* Raupen auf *G. punctata* auf der Alp Sura, 2122 müM, Mai 2011 (B. Koch)

Wider der Erwartungen, die Raupen auf der FP *G. acaulis* zu finden, wie dies in der Literatur geschildert wird (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987, Bühler-Cortesi 2009), wurden auf der Alp Sura die Raupen vorwiegend auf *G. punctata* gefunden. Ebenfalls auffällig war die hohe Anzahl abgefressener *G. punctata* – auch wenn die Raupen nicht immer explizit auf dieser FP zu finden waren (Abb. 19).



Abbildung 19: Nachweis abgefressener *G. punctata* auf der Alp Sura, 2122 müM, Mai 2011 (B. Koch)

Auf *G. acaulis* konnten im Mai 2011 insgesamt nur drei Raupen gezählt werden. Sowohl auf der südlichen, als auch auf der südwestlichen Seite der Perimeterfläche kam diese Futterpflanze zwar überall vor, jedoch nur in geringem Deckungsgrad und spärlich. Neben den fehlenden Raupen waren auch die FP nur sehr selten angefressen.

Die eigentliche Feldsaison, welche am 6. Juni 2011 startete, lieferte keine Ergebnisse. Bereits die ersten Teilflächenbegehungen vom 7. und 8. Juni 2011 auf ausgewählten Plots auf der südlichen Seite der Perimeterfläche waren erfolglos. An diesen beiden Tagen wurden im Speziellen die Plots G03, G04, G07, G08, G10, G15, sowie G16 untersucht (vergleiche Abb. 6). Alle gehörten zur VK 2 oder 3. Die Flächen befanden sich zwischen 2156 - 2262 müM und waren nur spärlich (0.5 - 3 %) mit *G. acaulis* bedeckt. *G. punctata* kam auf diesen Flächen gar nicht vor.

Anschliessend wechselte man auf die Südwestseite der Untersuchungsfläche, auf die Plots rund um Nummer G39 - dort, wo im Mai sehr viele *E. aurinia debilis* Raupen gesehen wurden.

G. punctata kam auf der Untersuchungsfläche vor allem auf der südwestlichen Seite vor. Diese FP war an diesen Stellen sehr häufig. So gab es auf einer Plotfläche von 900 m² teils FP Deckungen von bis zu 20 %, auf den dazugehörigen Teilflächen von 100 m² fand man teils sogar eine Deckung von bis zu 50 % (Anhang 8). Das Gebiet rund um den Plot G39 befand sich auf einer Höhe von 2290 müM und

wies eine Neigung von etwa 20 Grad auf. Bei den Begehungen auf dem Plot G39 vom 14. Juni 2011 konnten auf der Teilfläche mit der höchsten FP Deckung nur zwei Raupen gezählt werden, auf jener mit der tiefsten Deckung gar keine. Man entschied sich anschliessend, ausserhalb des Untersuchungsgebietes Flächen mit möglichst vielen *G. punctata* zu suchen und diese auf das Vorkommen von *E. aurinia debilis* zu überprüfen. Auch an diesen Standorten wurden keine Raupen mehr gefunden und die FP waren meist nicht angefressen. In höheren Lagen (ca. 2350 müM) stiess man Mitte Juni auf einige angefressene *G. punctata*. Raupen wurden aber keine gefunden.

Eine alternative Möglichkeit wäre gewesen, die Puppen von *E. aurinia debilis* auf den ausgewählten Plots zu sammeln. Dies funktionierte ebenfalls nicht, da weder auf den Blüten/Blättern noch an der Bodenoberfläche von *G. acaulis* oder *G. punctata* Puppen gefunden wurde.

3.6 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die Deckung der *E. aurinia* *debilis* Futterpflanzen

3.6.1 Überprüfung auf Multikollinearität

Es lag keine Multikollinearität vor. Sowohl die grafische Darstellung (Abb. 20) als auch die Werte der Überprüfung anhand des VIF veranschaulichen (Tab. 11), dass die Variablen untereinander kaum korrelierten.

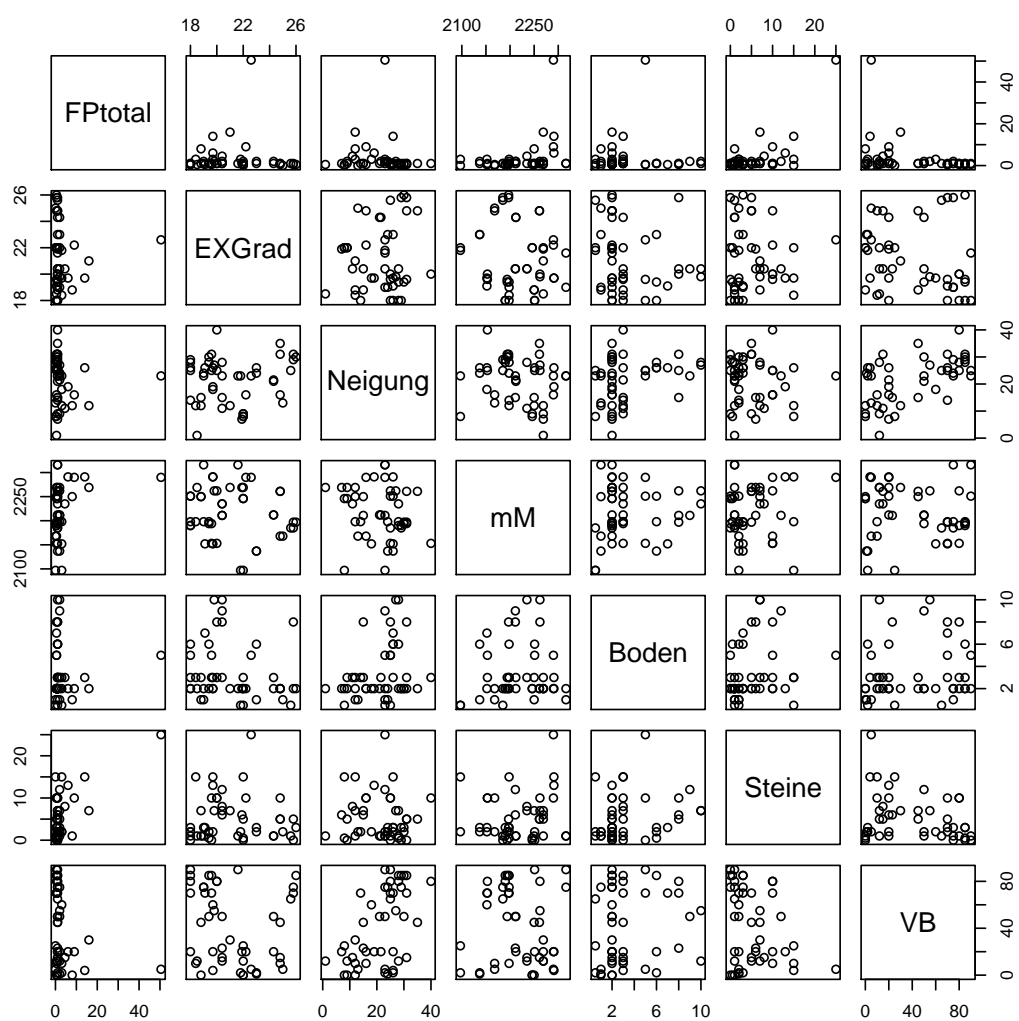


Abbildung 20: Grafische Darstellung zur Überprüfung aller Variablen auf Multikollinearität

Tabelle 11: Überprüfung der Multikollinearität anhand VIF. VIF < 10 = nicht multikollinear

Exogene Variable	VIF Wert
VB	1.7716
Neigung	1.4443
Exposition	1.1354
müM	1.2796
Anteil Steine	2.1674
Offener Boden	1.3886

3.6.2 Einfluss aller Variablen auf die totale Futterpflanzendeckung

Die FP Deckung (*G. acaulis* und *G. punctata* aufsummiert) wurde stark signifikant von der Höhe über Meer und dem Anteil Steine, welche auf der Teilfläche vorkam, beeinflusst (Tab. 12). Insbesondere der Anteil Steine hatte mit einem Estimate von 0.1205 einen sehr grossen positiven Einfluss. Die VB hatte mit einem p-Wert von 0.0186 einen leicht negativen, signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit der FP. Der Anteil des offenen Bodens spielte für die FP nur eine gering signifikante Rolle. Die beiden Umweltfaktoren ‚Neigung‘ und ‚Exposition‘ waren insignifikant und hatten somit keinen Einfluss auf die gemeinsame Häufigkeit von *G. acaulis* und *G. punctata*.

Tabelle 12: GLM mit FP total (*G. acaulis* und *G. punctata*) als endogene und den aufgeführten exogenen Variablen glm (formula = FPtotal ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine, family = poisson)

Coefficients				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
Intercept	-19.0701	4.5070	-4.231	2.33 e-05 ***
VB	-0.0108	0.00456	-2.353	0.0186 *
Neigung	0.0051	0.0137	0.372	0.7096
Exposition	-0.0151	0.0451	-0.334	0.7381
müM	0.0089	0.0019	4.674	2.95 e-06 ***
Offener Boden	-0.0912	0.0480	-1.900	0.0574 .
Anteil Steine	0.1205	0.0136	8.831	< 2 e-16 ***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

3.6.3 Einfluss aller Variablen auf die Deckung der Futterpflanzen *G. acaulis* und *G. punctata*

Die separate Überprüfung der endogenen Variablen ‚*G. acaulis*‘ und ‚*G. punctata*‘ zeigte ein sehr unterschiedliches Resultat (Tab. 13). Während die Dichte von *G. acaulis* weder von der VB noch von einer anderen Umweltvariable beeinflusst wurde, war bezüglich der Deckung von *G. punctata* sowohl der Anteil Steine wie auch die Höhe über Meer stark signifikant. Ebenfalls einen signifikanten Einfluss hatte die VB, die Geländeneigung und der Anteil des offenen Bodens.

Tabelle 13: GLMs mit *G. acaulis* und *G. punctata* getrennt als endogene Variablen

glm (formula = *G. acaulis* ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine, family = poisson)

glm (formula = *G. punctata* ~ VB + Neigung + EX + mM + Boden + Steine, family = poisson)

Coefficients					
	Estimate <i>G. acaulis</i>	Pr (> z) <i>G. acaulis</i>	Estimate <i>G. punctata</i>	Pr (> z) <i>G. punctata</i>	
Intercept	6.6875	0.285	-61.1043	2.73 e-07	***
VB	-0.0078	0.164	- 0.0216	0.0312	*
Neigung	0.0140	0.509	- 0.0540	0.0231	*
Exposition	-0.0766	0.249	0.0222	0.7868	
müM	-0.0022	0.397	0.0274	1.29 e-07	***
Offener Boden	0.0035	0.953	- 0.3514	0.0332	*
Anteil Steine	-0.0017	0.950	0.1862	1.17 e-08	***

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, . $p \leq 0.1$

3.6.4 Einfluss der Verbuschungsdichte auf die Futterpflanzendeckung

Analog zum Kapitel 3.3.4 wurde der alleinige Einfluss der VB auf die Deckung der FP von *E. aurinia debilis* überprüft. Für ‚FP total‘ und ‚*G. punctata*‘ errechnete das GLM einen hoch signifikanten p-Wert von 2.27 e-14, resp. 5.04 e-14. Die grafische Darstellung des negativen Einflusses der VB auf die Abundanz der FP total sowie für *G. punctata* ist in Abbildung 21/22 dargestellt. Mit einem p-Wert von 0.346 hatte die VB auf die Deckung von *G. acaulis* keinen signifikanten Einfluss.

Abbildung 21 zeigt, dass der Deckungsgrad der beiden FP sehr divers war. *G. acaulis* war mit ihrer Anwesenheit auf 46 von 48 Teilflächen praktisch überall vorhanden (Anhang 8). Der Deckungsgrad war aber immer sehr gering und schwankt von 0.5 % bis maximal 3 %. Dem gegenüber kam *G. punctata* nur auf 10 der 48 Teilflächen vor, dafür reichte der Deckungsgrad von 0.5 % - 50 %. Die totale Deckung der beiden FP betrug auf den 48 Teilflächen durchschnittlich 3 %.

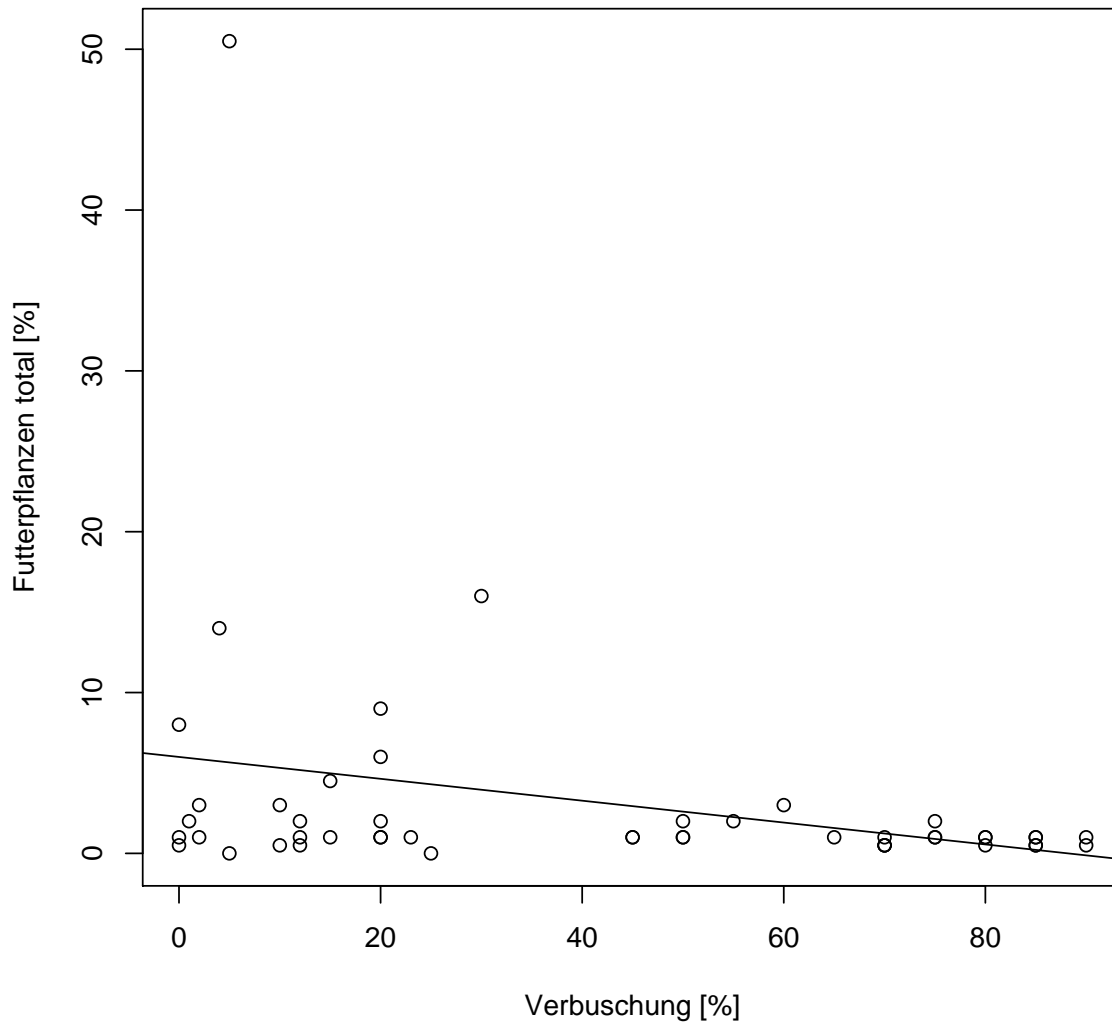


Abbildung 21: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung der Futterpflanzen *G. acaulis* und *G. punctata* und dem prozentualen Anteil der Verbuschung

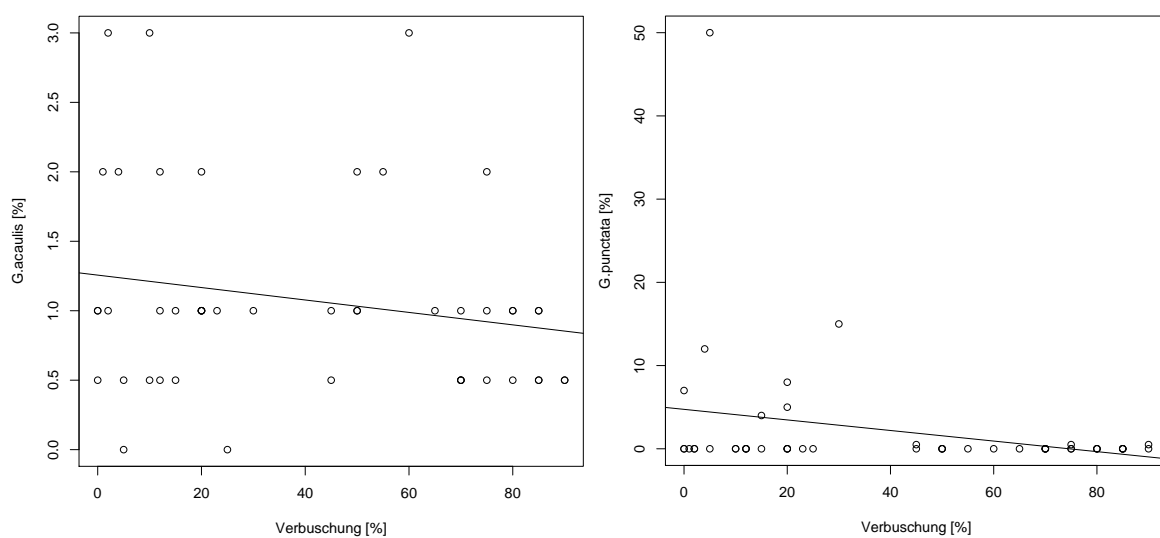


Abbildung 22: Grafische Darstellung aller Teilflächen mit der totalen Deckung von *G. acaulis* (links), resp. *G. punctata* (rechts) und dem prozentualen Anteil der Verbuschung

3.7 Zusammenhang zwischen den adulten *E. aurinia debilis* Tagfaltern und der Futterpflanze *G. punctata*

Ein möglicher Zusammenhang zwischen den geschilderten Beobachtungen im Kapitel 3.5 mit den Daten der adulten Tagfalter (Koch 2010, unpubl.) wurde hier überprüft. Alle beobachteten Raupen wurden vorwiegend auf *G. punctata* gefunden. Aus diesem Grund wurde der Einfluss der Anwesenheit dieser FP auf die Anzahl adulter Tagfalter pro Plot analysiert. Mit einem p-Wert von $1.13 \cdot 10^{-5}$ war der Unterschied des Mittelwerts von ‚*G. punctata* abwesend‘ zu ‚*G. punctata* anwesend‘ signifikant (Abb. 23). Das Vorhandensein von *G. punctata* hatte somit einen stark signifikanten Einfluss auf die Anzahl adulter Tagfalter 2010.

Im Vergleich zu den 500 adulten *E. tyndarus* Tagfaltern verteilt auf die 24 Plots, waren mit insgesamt 61 gezählten Individuen (Koch 2010, unpubl.) die *E. aurinia debilis* Tagfalter nur spärlich vertreten.

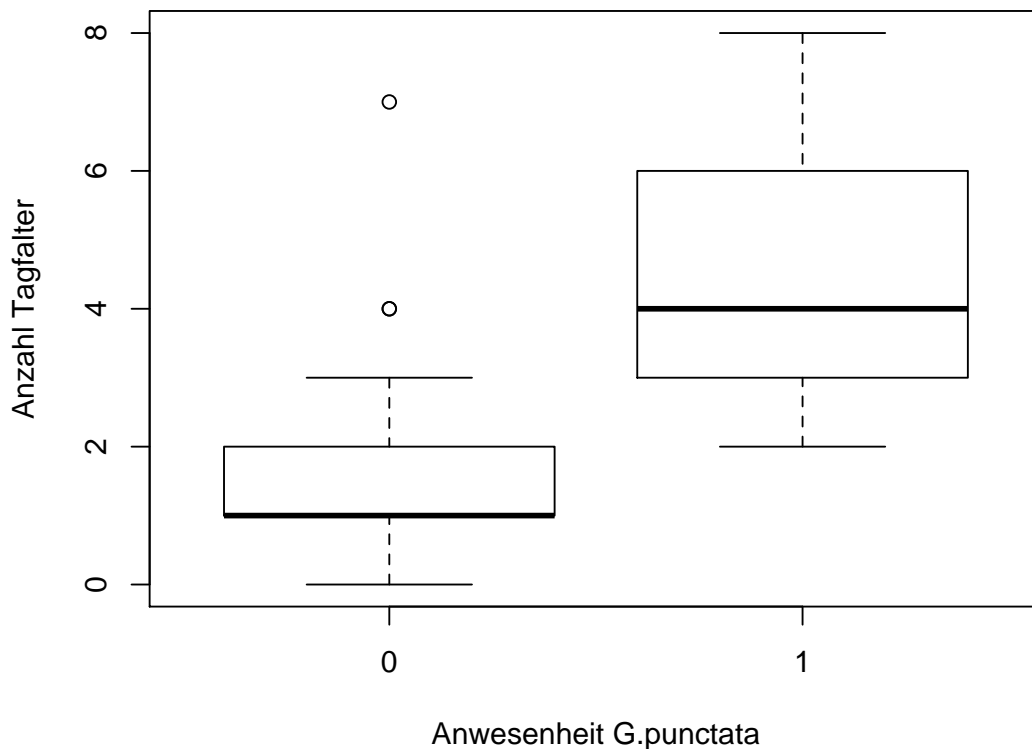


Abbildung 23: Median mit unterem und oberem Quartil der Anzahl *E. aurinia debilis* Tagfalter. *G. punctata* abwesend (0), resp. *G. punctata* anwesend (1)

4. Diskussion

4.1 *E. tyndarus*

4.1.1 Einfluss der Verbuschung auf die *E. tyndarus* Raupen

Es stellt sich die Frage, ob der vorherrschende und mit der Zeit vermutlich zunehmende Verbuschungsgrad einen negativen oder positiven Einfluss auf Larvalhabitate und somit auch auf die Tagfalterdiversität hat. Wichtige Faktoren für die Präsenz von Tagfalterarten wurden bereits in der Einleitung erwähnt. Diese spielen neben der Anwesenheit der FP eine wichtige Rolle. Die Nahrungsqualität, das Mikroklima oder der Konkurrenz- und Prädationsdruck sind entscheidende Eigenschaften für Larvalhabitate von Tagfaltern (Fartmann & Hermann 2006). Mehr Verbuschung könnte sich negativ oder positiv auf diese Faktoren auswirken.

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass bei zunehmender Verbuschung der Artenreichtum von verschiedenen Tiergruppen zuerst zunimmt (Koordinationsstelle BDM 2009, Marini 2009, Baur *et al.* 2006). Bei sehr dichter Verbuschung jedoch nimmt die Artenvielfalt stark ab (Schmitt & Rákósy 2007). Für zahlreiche wirbellose Tiere bringt die zunehmende Verbuschung eine erhöhte Strukturvielfalt im Lebensraum mit sich und damit auch ein grösseres Nischenangebot (Baur 2003). Im Falle der *E. tyndarus* Raupen konnte ein solcher Trend (steigende Anzahl Raupen bei steigender VB) nicht festgestellt werden (Anhang 6). Dies könnte dadurch erklärt werden, dass sich die Strukturvielfalt auf die Artenvielfalt und nicht unbedingt auf die Häufigkeit einer einzelnen Art auswirkt. Der totale Einfluss der VB ist in dieser Untersuchung stark signifikant, allerdings nur klein und negativ. Nur beim direkten Einfluss der VB (Tab. 4) hat sie einen signifikanten, leicht positiven Einfluss auf die Anzahl Raupen.

In dieser Studie ist anhand der Regressionslinie (Abb. 13) ersichtlich, dass es eine stetige Abnahme der Anzahl Raupen bei zunehmendem Grad der Verbuschung gibt. Drei Dinge erscheinen interessant:

1. Ein Ausreisser (Teilfläche G13a): Auf dieser Fläche wurden mit Abstand am meisten Raupen gezählt (24 Individuen) bei einer VB Deckung von 23 %. Diese Teilfläche hatte bei beiden Begehungen unter allen Teilflächen die höchste Anzahl von *E. tyndarus* Raupen. Mögliche Gründe hierfür könnten die windgeschützte Lage hinter einem kleinen Geländeabhang sein. Andere Faktoren wie zum Beispiel der Anteil Steine oder der offene Boden kommen als Erklärung nicht in Frage, da sich diese Umweltvariablen im Falle von G13a nicht von den anderen Flächen unterscheiden (Anhang 9). Die FP Deckung von 52 % (Anhang 2) liegt zudem im ähnlichen Bereich mit den anderen Plots.
2. Bei minimaler VB gibt es Teilflächen, die eine sehr geringe Anzahl Raupen aufweisen. Dies sind insbesondere die Plots G02, G11 und G12 (Anhang 2 & 5). Diesen drei Plots ist gemeinsam, dass sie alle einen eher fettwiesenähnlichen Charakter aufweisen. Insbesondere auf den Flächen G02 und G12 weideten während der ganzen Feldsaison immer sehr viele Kühe (eige-

ne Beobachtung). G02 war zusätzlich die Nachtweide der Milchkühe. Auf dem Plot G11 weideten vom 21. Juni 2011 bis 26. August 2011 Galtkühe und wurde zuvor ebenfalls als Nachtweide verwendet. Mit 2097 müM (Anhang 9) liegt dieser Plot am tiefsten. Auf diesen drei Plots konnten zudem die meisten Kuhfladen gezählt werden (G02 = 267, G11 = 229, G12 = 147, Koch 2011, unpubl.) Da *E. tyndarus* Tagfalter kurzrasige, trockene Weiden bevorzugen und eine starke Bindung an dieses Habitat zeigen (Sonderegger 2005), kann dies als ein möglicher Grund für das Fehlen von Raupen auf den drei Plots betrachtet werden. Auch Störungen durch die Kühe wie zum Beispiel Trittschäden könnten für das Ausbleiben resp. die geringe Anzahl der Raupen verantwortlich sein.

3. Einige Flächen mit sehr hoher VB (65 - 85 %) weisen eine verhältnismässig hohe Anzahl Raupen auf. Im Speziellen sind dies die Teilflächen G03i (65 % VB, 11 Raupen), G15g (65 % VB, 10 Raupen) und G33h (85% VB, 9 Raupen) (Anhang 2 & 5). Diese drei Teilflächen haben ausser dem hohen Grad der VB keine gemeinsamen Merkmale. Sie befinden sich an Orten unterschiedlicher Exposition, Hangneigung sowie Höhe über Meer (Anhang 9).

Folglich zeigt die Regressionslinie in Abbildung 13 eine abnehmende Tendenz der Anzahl Raupen bei zunehmender Verbuschung. Durch eine erhöhte Stichprobenanzahl könnte man möglicherweise ein grafisch noch besseres Resultat erhalten, wo die Punkte nicht mehr so stark von der Regressionslinie abweichen. Es muss beachtet werden, dass die VB in Zusammenhang mit anderen Umweltfaktoren einen leicht positiven Effekt auf die Anzahl Raupen hat. Dieses unterschiedliche Resultat (positiver und negativer Effekt) zeigt auch, dass keine eindeutige Schlussfolgerung gezogen werden kann.

Bischof (1994) oder Balmer & Erhart (2000) beobachteten, dass in späten Sukzessionsstadien mit jungen Bäumen die Vielfalt stark abnimmt. Dies könnte auch auf der Alp Sura in den nächsten Jahren bei fortschreitender VB erwarten werden.

4.1.2 Einfluss der Umweltfaktoren auf das Raupenvorkommen von *E. tyndarus*

Das Mikroklima spielt eine wichtige Rolle für die Auswahl von Eiablageplätzen (Fartmann & Hermann 2006). Dieses wird seinerseits wiederum von der Exposition, der Vegetationshöhe und -bedeckung sowie der Neigung beeinflusst. Die Neigung ist für die erfolgreiche Entwicklung vom Ei bis zum Imago entscheidend. Eine zu hohe Temperatur wirkt sich negativ auf die Eischale aus, da der Embryo austrocknen könnte (Fartmann & Hermann 2006). Aus 190 Notierungen schliesst Sonderegger (2005), dass *E. tyndarus* vor allem trockene, stark besonnte und meistens steile Lokalitäten bevorzugt. Die Resultate dieser Studie stimmen nur teilweise mit den Notierungen von Sonderegger (2005) überein.

Die statistischen Auswertungen ergaben keinen signifikanten Zusammenhang der Raupenabundanz mit der **Exposition**. Werden die Rohdaten im Anhang 5 & 9 betrachtet, stellt man fest, dass die Teilflächen mit der grössten Abundanz von *E. tyndarus* Raupen an südexponierten Stellen lagen (Anhang 5). Dies stimmt mit den Resultaten von Sonderegger (2005) überein. Im Südwesten wurden auf der

Alp Sura im Vergleich zum Süden weniger Raupen gezählt. Je flacher die Teilflächen in südwestlicher Exposition waren, desto mehr Raupen zählte man.

Die **Neigung** hat auf die totale Anzahl Raupen einen stark signifikanten Einfluss. Je steiler das Gelände, desto weniger Raupen. (Anstieg der Neigung um 1 Grad führte zu einer Abnahme von 0.04 Raupen). Dieses Ergebnis stimmt wiederum mit einigen Resultaten von Sonderegger (2005) überein, welcher Raupen an südwestlicher Exposition an Stellen mit schwacher Neigung fand. Jedoch widersprechen sie der allgemeinen Behauptung aus 190 Notierungen von Sonderegger (2005), dass die Raupen steilere Lokalitäten bevorzugen. Auch Luoto *et al.* (2001) konnten bei einer finnischen Studie des Schwarzen Apollos, welcher bis 1700 müM vorkommt, eine Abnahme der Abundanz von Schmetterlingen mit zunehmendem Neigungswinkel feststellen. Die Aussage von Sonderegger (2005), dass *E. tyndarus* steile Lagen vorzieht, trifft mit den Resultaten für südliche Expositionen nicht überein. Dieses Ergebnis steht mit grosser Wahrscheinlichkeit in Zusammenhang mit der Beweidungsintensität und der VB: Je steiler die Fläche, desto tiefer ist die Beweidungsintensität (Tasser & Tappeiner 2002) und folglich gibt es dort auch mehr VB, die wiederum einen signifikant negativen Einfluss auf die Anzahl Raupen hat. Arten wie die *E. tyndarus* Raupen, welche somit das flachere Gelände bevorzugen, könnten von einem feuchteren Mikroklima profitieren. Der Wasserabfluss ist geringer und die Böden tiefer als im steilen Gelände (Hohl 2006).

Der **offene Boden** und die **Steine** nehmen tagsüber mehr Wärme auf als die angrenzende Vegetation und strahlen diese nachts wieder ab. Je nach prozentuaem Anteil dieser Flächen könnte sich dadurch das Mikroklima als zu heiss herausstellen und somit zur Eimortalität führen. Fartmann & Hermann (2006) vermuten bei erhöhter Umgebungstemperatur einen negativen Einfluss auf die Eischale. Andererseits kann die gespeicherte Wärme, welche nachts abgegeben wird, als Vorteil für die nachtaktiven *E. tyndarus* Raupen betrachtet werden. Die Nächte sind in den Bergregionen teils sehr kalt und bewegten sich während den Nachtaufnahmen um die Nullgradgrenze. Da jedoch beide Umweltvariablen nicht signifikant sind, können keine Aussagen über einen möglichen positiven oder negativen Einfluss auf die Anzahl Raupen gemacht werden.

Die **Höhe über Meer** hingegen hat einen schwach positiven, leicht signifikanten Einfluss auf die Anzahl Raupen. *E. tyndarus* kommt am häufigsten zwischen 1700 und 2400 müM vor (Sonderegger 2005). Die untersuchten Plots gehen von 2097 bis maximal 2316 müM (Anhang 9) und liegen somit genau in der bekannten Höhenverbreitung. Hohl (2006) konnte eine Zunahme der Häufigkeit von Tagfalterarten mit zunehmender Höhe feststellen. Auf Individuenebene stieg die Anzahl von *Erebia oeme* und *Erebia meolans* ebenfalls bei steigender Höhe (Hohl 2006). Dies deckt sich mit dem gefundenen positiven Einfluss der Höhe über Meer auf die Raupenanzahl von *E. tyndarus* im Rahmen dieser Studie.

4.1.3 Einfluss der Futterpflanzen auf die Anzahl *E. tyndarus* Raupen

Ein wichtiger Habitatfaktor für Tagfalter, ist die Präsenz der Raupenfutterpflanze (Zinner 2005). Deshalb ist es offensichtlich, dass ein höherer Deckungsgrad der FP mehr Raupen mit sich bringt. Dies konnte statistisch auch nachgewiesen werden. Dass jedoch *N. stricta* stark signifikant und *F. rubra* keinen signifikanten Einfluss auf die Individuenanzahl hat, widerspricht den Beobachtungen der Lepidopterologen-Arbeitsgruppe (1987): *E. tyndarus* Raupen konnten zwar häufig auf *N. stricta* gefunden werden, die *Festuca* Gattungen werden aber klar präferiert.

Über den ganzen Studienperimeter betrachtet war *N. stricta* mit durchschnittlich 23 % pro Teilfläche häufiger vertreten als *F. rubra* (11 %). Trotzdem konnten auf Teilflächen mit einem hohen Deckungsgrad von *N. stricta* keine oder nur wenige Raupen gefunden werden. Dieses Phänomen lässt sich möglicherweise wiederum anhand des ‚Fettwiesencharakters‘ erklären, wie es bereits im Kapitel 4.1.1 erläutert wurde. Es handelt sich erneut vor allem um die Plots G02, G11 und G12 (Anhang 2 & 5).

4.1.4 Unterschiedliche Farbausprägung bei *E. tyndarus* Raupen

Über die unterschiedlichen Farbvarianten der *E. tyndarus* Raupen weiss man nur sehr wenig. Sonderegger (2005) berichtet über einen Fund am Campolungopass (TI), bei dem 30 Raupen im L₄ gefunden wurden. $\frac{1}{3}$ war grünlich, $\frac{1}{3}$ bräunlich und $\frac{1}{3}$ eine Zwischenform von grünbeige. Bei der grünen Farbvariante wechseln die Raupen in der Natur im dritten oder vierten Stadium die Grundfarbe von gräulich zu grün. Dies ist eine mögliche Erklärung dafür, dass bei der zweiten Begehung im Vergleich zur ersten Begehung mehr grünliche Individuen (26 vs. 15 Raupen) gefunden wurden (Abb. 11).

4.1.5 Auswirkungen der Milchkühe auf die Anzahl *E. tyndarus* Raupen

Die erwartete Raupenabnahme bei der zweiten Begehung auf den nahe zur Alphütte Sura liegenden Plots konnte nicht signifikant nachgewiesen werden. Obwohl sich die Milchkühe tagsüber frei im ganzen Untersuchungsgebiet bewegen konnten, wurde kein signifikanter Zusammenhang in der Entfernung der Plots zur Alphütte und der Differenz in der Anzahl Raupen nachgewiesen (Abb. 14). Dies wird teilweise von eigenen Beobachtungen bestätigt. Die Kühe weideten tagsüber oft auf den Plots G10, G14, G20 und G21 (Abb. 6). Trotzdem konnten auf dem Plot G20 auf beiden Teilflächen eine Zunahme der Anzahl Raupen um 3 resp. 1 Individuen gezählt werden. Dem gegenüber steht der Plot G14, auf welchem bei der zweiten Zählung auf beiden Flächen eine Abnahme von je 9 Raupen beobachtet wurde. Dieser massive Rückgang fällt zugleich in der Abbildung 14 auf. Der Ausreisser auf der positiven Seite resultiert von der Teilfläche G15d (Anhang 5). Bei diesem Plot begann es während der ersten Begehung zu regnen. Die Zweite konnte bei schönem Wetter durchgeführt werden. Dies ist vermutlich der Grund, weshalb eine Zunahme von 6, resp. 2 Raupen beobachtet wurde. Auf denjenigen Teilflächen, auf welchen Unterschiede festgestellt werden konnten, spielen womöglich andere Faktoren als die Anwesenheit der Kühe eine Rolle. Für eine tiefere Anzahl Raupen bei der zweiten Begehung könnten erstens Parasitismus dazu geführt haben, dass auf diesen Teilflächen mehr Raupen

von Schlupfwespen und Raupenfliegen gefressen wurden. Bei *E. tyndarus* treten Parasiten im dritten Larvenstadium auf (Sonderegger 2005). Zweitens ist aufgrund des Extremjahres 2011 mit einem sehr warmen Frühling die Entwicklung der Raupen schneller als in anderen Jahren abgelaufen. Die Hauptflugzeit von Mitte Juli bis Mitte September (Sonderegger 2005) war im Jahr 2011 früher. Bereits am 20. Juni 2011 konnten adulte *E. tyndarus* Tagfalter beobachtet werden (eigene Beobachtung). Drittens könnte der Effekt des ‚Zertrampelns‘ durch Kühe auf den sehr beweideten Plots zu einer tieferen Individuenzahl geführt haben. Diese Vermutung bleibt aber offen, da auf dem Plot G14 weniger und auf der Teilfläche G20h trotz intensiver Beweidung bei der zweiten Begehung mehr Raupen gezählt wurden als bei der ersten Begehung. Einen Einfluss der Kühe im Bezug auf die Raupen FP konnte ebenfalls nicht festgestellt werden. Die Kühe fressen die beiden FP *N. stricta* und *F. rubra* wegen eines tiefen Futterwerts nicht (eigene Beobachtung). Deshalb führt die Kuhbeweidung auf der Perimeterfläche nicht zu einer Abnahme des essentiellen Nahrungsangebots für die Raupen, das wiederum einen negativen Effekt auf die Anzahl Raupen gehabt hätte.

Abschliessend kann gesagt werden, dass auf sehr vielen Teilflächen eine geringe Veränderung (+/- 1 Individuum) in der Raupenanzahl zwischen der zweiten zur ersten Begehung festgestellt werden konnte. Unterschiedliche Faktoren können dazu geführt haben, dass auf einigen Flächen die Raupenanzahl der zweiten im Vergleich zur ersten Begehung variierte. Im Allgemeinen jedoch hatte die Anwesenheit der Kühe weder einen negativen noch positiven Einfluss. Möglicherweise wäre ein anderer Indikator für die Beweidungsintensität wie zum Beispiel die Neigung aussagekräftiger gewesen. Denn die Kühe weideten vermehrt auf den flacheren Plots (G10, G14, G20, eigene Beobachtung).

4.1.6 Einfluss der Verbuschung auf die Raupenfutterpflanzen von *E. tyndarus*

Im Alpgbiet ist die Waldfläche in den letzten Jahren um 15 % angestiegen³. Es wird befürchtet, dass dieser Trend weiter anhält aufgrund weiterer Aufgaben der Alpwirtschaften³. Die zunehmende Verbuschung und das darauffolgende Aufkommen von Wald führt zu einer Abnahme im Artenreichtum (Trasser & Tappeiner 2002). Somit erstaunt es nicht, dass bei zunehmender Verbuschung der prozentuale Anteil der FP Deckung sinkt. Für beide FP *N. stricta* und *F. rubra* ist der Einfluss bei steigendem Deckungsgrad der VB gross.

Maag *et al.* (2001) konnte zeigen, dass das Einwandern anderer Arten auf Flächen, die einen *N. stricta* Anteil von 80 - 90 % aufweisen, dank einer extrem dichten und verholzen Grasnarbe stark unterbunden wird. Die Verbuschung wird somit langsamer voranschreiten als auf anderen Flächen mit einer tieferen Deckung von *N. stricta*. Auf den untersuchten Teilflächen konnte ein so hoher prozentualer Deckungsgrad jedoch nicht gefunden werden. Auf der Teilfläche G21f, auf der 70 % der 100 m² mit *N. stricta* bedeckt ist, kann diese Tendenz aber erkannt werden. Die Deckung der VB beträgt dort 0 %.

³ <http://www.videportal.sf.tv/video?id=483b31d2-ab9e-4c7f-b8b9-3f0a2ca48c5a>

Ein weiteres Beispiel zeigt sich in der Teilfläche G15f, mit einem Deckungsgrad von *N. stricta* von 65 % und einer VB von 5 % (Anhang 2).

Das Resultat der Interaktion von der VB mit der FP kann durch den stark negativen Effekt der VB auf die FP Deckung erklärt werden (Tab. 7). Daraus resultiert, dass bei künftig steigender VB auf der Alp Sura in den kommenden Jahren die Deckungen der FP sinken werden und dies wiederum einen negativen Effekt auf die Anzahl Raupen mit sich bringt. Eine solche Entwicklung mit sinkender Fauna- und Floravielfalt bei fortschreitender VB konnte bereits in anderen Studien festgestellt werden (Mack *et al.* 2008, Bischof 1984).

4.1.7 Einfluss der Umweltfaktoren auf die Raupenfutterpflanzen von *E. tyndarus*

Die Sukzessionsgeschwindigkeit in Richtung Zwergstrauchvegetation verläuft in höheren Lagen langsamer als auf tiefer gelegenen Flächen (Trasser & Tappeiner 2002). Auf der Alp Sura ist die VB erst im Anfangsstadium der Sukzession und noch nicht so weit fortgeschritten, so dass alle FP verdrängt wären. Das weidende Vieh während den vier Sommermonaten Juni bis September wirkt dem fortschreitenden Effekt der VB entgegen. Diese tiefere Geschwindigkeit beim Aufkommen der VB deckt sich mit den Ergebnissen, dass die **Höhe über Meer** einen hoch signifikanten, positiven Einfluss auf die Deckung der FP hat. Zusätzlich ist *N. stricta* extrem frosttolerant (Chadwick 1960). Dies ist eine weitere Erklärung für den positiven Effekt der Höhe über Meer. Je weiter oben im Gebirge eine Fläche gelegen ist, desto höher die Wahrscheinlichkeit von tieferen durchschnittlichen Temperaturen und dadurch mehr Frost. Somit hat im Speziellen *N. stricta* aufgrund dieser Eigenschaft einen Vorteil gegenüber anderen Pflanzen und kann sich vermehrt ausbreiten.

Ein verstärkt positiver Zusammenhang besteht zwischen **Exposition** und dem Anteil der FP. Dieser positive Effekt bezieht sich allerdings nur auf die FP *F. rubra*. Ob die Plots süd oder südwestlich exponiert sind, hat keinen Einfluss auf *N. stricta*. Anhang 2 & 9 zeigen, dass an südwestlich exponierten Stellen *F. rubra* einen höheren Deckungsgrad aufweist als auf den südlich gelegenen Plots.

N. stricta ist eine langsamwachsende Art und deshalb gegenüber anderen Pflanzen in nährstoffreichen Habitaten konkurrenzschwach (Chadwick 1960). Auf den untersuchten Flächen rund um die Alp Sura herrschen jedoch nährstoffarme Verhältnisse, welche die anspruchslose *N. stricta* begünstigen. Da sich bei steigendem **Neigungswinkel** die Bodenbeschaffenheit durch vermehrten Nährstoffabtransport (Sebastian 2004) verändert und zu nährstoffärmeren Bedingungen führt, kann dies für *N. stricta* vorteilhaft sein.

Der Anteil des **offenen Bodens** und der vorhandenen **Steine** hat allgemein keinen, resp. nur einen leicht signifikanten Einfluss auf die FP der Raupen. Jedoch wird *F. rubra* im Gegensatz zu *N. stricta* stark signifikant von beiden Umweltfaktoren beeinflusst. Der offene Boden hat einen positiven, der Anteil Steine einen negativen Einfluss auf *F. rubra*. Die Gründe hierfür können nicht erklärt werden. *F. rubra* wird nach den ökologischen Zeigerwerten von Landolt (1977) in eine mittlere Gruppe einge-

teilt. Ausser für die Lichtzahl (4), haben alle anderen Faktoren den Wert 3 (Lauber & Wagner 1996). Mehr offener Boden könnte weniger Vegetation und somit mehr Licht bedeuten. Dies würde *F. rubra* als Lichtzeigerart begünstigen.

4.1.8 Zusammenhang zwischen adulten *E. tyndarus* Tagfaltern und Raupenanzahl

Die Daten von Koch (2010, unpubl.) sowie die gezählten Raupen vom Sommer 2011 zeigen, dass es zwischen den adulten Tagfaltern aus dem Sommer 2010 und den Raupen aus dem Sommer 2011 einen positiven Zusammenhang gibt.

Aus den hoch signifikanten Resultaten dieser Studie lässt sich schliessen, dass auf denjenigen Flächen, auf welchen im Sommer 2010 viele Tagfalter flogen, auch viele Eier abgelegt wurden. Die Eier werden meistens an verdorrte *Festuca* Pflanzenteile gekittet, die sich nur wenige Zentimeter über dem Boden befinden (Sonderegger 2005). Die gezählten Raupen vom Sommer 2011 befanden sich im dritten oder vierten Larvenstadium. Da sie einen einjährigen Entwicklungszyklus haben und somit von den Tagfalteradulten vom Sommer 2010 entstanden sind, können trotz erhöhter Mobilität der Adulten Aussagen bezüglich Habitatnutzung gemacht werden.

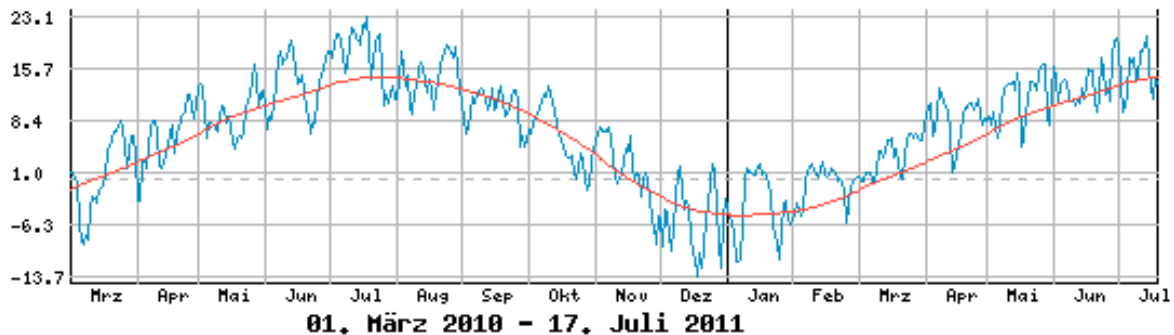
Die umgekehrte Variante (Einfluss der vorhandenen Raupen auf die nachfolgenden adulten Tagfalter) würde Aufschluss darüber geben, wie gross die Raupenmortalität (Parasitismus oder Mortalität bedingt durch schlechte Wetterbedingungen wie mehrmaligen Frost/Schnee) war. Hätte man in demselben Jahr die Raupen im L₃ und L₄ gezählt und anschliessend die vier Wochen später (Sonderegger 2005) geschlüpften adulten Tagfalter, könnten aufgrund einer kürzeren Zeitspanne der beiden Untersuchungen verlässlichere Aussagen gemacht werden. Dennoch scheinen diejenigen Faktoren, welche auf die Raupen einen positiven Einfluss haben (zum Beispiel eine niedrige Deckung der VB), auch für die Tagfalter von Bedeutung zu sein.

4.2 *E. aurinia debilis*

4.2.1 Die Raupe *E. aurinia debilis*

Die geschilderten Resultate lassen stark vermuten, dass das Jahr 2011 aufgrund des sehr warmen Frühlings (Abb. 24)⁴ zu einer schnelleren Entwicklung der Raupen geführt hat (die Temperaturen von Mitte März - Mitte Mai 2011 lagen grösstenteils über dem Mittelwert). Es handelte sich somit um ein Ausnahmejahr bezüglich der Temperaturen. Die detaillierten Daten von MeteoSchweiz zur ‚Lufttemperatur 2 m über dem Boden; Abweichung des Tagesmittels von der Norm‘ (Anhang 11) zeigen, dass diese Abweichung im Durchschnitt vom 15. März 2011 bis 30. Mai 2011 um 3.4 Grad Celsius höher lag als der Tagesnormalwert. Im Vergleich dazu betrug diese Abweichung während derselben Zeitspanne im Jahr 2010 lediglich 1.5 Grad Celsius.

Im Mai 2011 wurden die Raupen zwar noch gesehen, man hätte die Feldsaison im Falle von *E. aurinia debilis* allerdings schon dann und nicht erst im Juni 2011 beginnen sollen.



© MeteoSchweiz

Abbildung 24: Jahresverlaufgrafik der Temperatur. Blaue Linie als Tagesmittel 2 m über Boden, rote Linie als Tagesnormalwerte der Periode 1961 - 1990. Wetterstation Scuol, Stationshöhe: 1304 müM

Bereits ab Mitte Juni 2011 konnten innerhalb des Untersuchungsperimeters keine neu angefressenen FP gefunden werden. In höheren Lagen jedoch konnten zur selben Zeit an vielen Stellen angefressene *G. punctata* beobachtet werden (vgl. Kap. 3.5). Durch die tieferen Temperaturen auf 2350 müM ist die Entwicklung der Raupen etwas langsamer vorangeschritten und somit waren in diesen Höhen noch Frassspuren zu finden. Die adulten *E. aurinia debilis* Tagfalter, die ab Mitte Juni 2011 an verschiedenen Orten auf der Untersuchungsfläche beobachtet wurden, stammen möglicherweise auch von diesen höher gelegenen Flächen. Da die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt und die Temperatur pro 100 Höhenmeter um 0.5 Grad Celsius sinkt (Landolt 2003), sind die Adulten in tiefere Lagen mit wärmeren Temperaturen und weniger Wind geflogen. Die im Mai 2011 beobachteten Raupen der tieferen Lagen auf der Untersuchungsfläche waren meist sehr klein (im L₁, L₂, stammend aus der Eiablage 2010) (Abb. 18). Es wurden nur einzelne grosse Individuen im L₃ und L₄ (Eiablage 2009) gesehen.

⁴ http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/aktuelles_wetter.par0001.html?station=SCU

Aufgrund eines möglichen zweijährigen Entwicklungszyklus von *E. aurinia debilis* wird vermutet, dass sich diese kleineren Raupen verfrüht in ihre Gespinste (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1987) zurückgezogen haben für die anschliessende Überwinterung. Die grösseren Raupen haben sich zum Zeitpunkt der Feldsaison vermutlich bereits verpuppt.

4.2.2 Einfluss der Verbuschung und der Umweltfaktoren auf die *E. aurinia debilis* Futterpflanzen

Die Deckung von *G. acaulis* variiert über die ganze Untersuchungsfläche nur zwischen 0 - 3 %. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass weder für die VB noch für eine andere Umweltvariable ein statistisch signifikanter Einfluss nachgewiesen werden kann. Dies sind sehr geringe prozentuale Deckungsgrade und somit ist eine statistische Aussage schwierig.

Die durchaus wichtigere und aussagekräftigere FP *G. punctata* wird hingegen leicht signifikant von der VB beeinflusst. Abbildung 22 zeigt aber auch, dass es Ausreisser gibt: Auf der Teilfläche G39 bedeckt *G. punctata* 50 % der Fläche. Dies ist der Plot, wo im Mai 2011 massenweise *E. aurinia debilis* Raupen beobachtet wurden. In der Literatur gibt es keine Hinweise darauf, dass *G. punctata* im Speziellen Schneetälchen oder sehr steinige Lagen vorzieht - wie dies auf G39 der Fall ist. Dies kann aber anhand der statistischen Auswertungen erklärt werden, bei der der Anteil Steine einen stark signifikanten Einfluss auf die Deckung von *G. punctata* hat. Die Höhe über Meer hat einen signifikant positiven Einfluss auf die Anwesenheit von *G. punctata*. Dieses Resultat stimmt mit eigenen Beobachtungen überein, dass sich die Plots mit *G. punctata* tendenziell in den oberen Lagen befinden und nicht auf den etwas tiefer gelegenen Teilflächen (Anhang 8).

Die Regression mit beiden FP als endogene Variablen zeigt ein ähnliches Ergebnis wie dasjenige von *G. punctata*. Da *G. acaulis* nur sehr tiefe Deckungsgrade hat, ist diese FP für die Auswertungen nicht ausschlaggebend. Deshalb erstaunt es nicht, dass die VB auch hier einen nur gering signifikanten Einfluss auf den Deckungsgrad der beiden FP hat. Es konnte im Rahmen der Untersuchung beobachtet werden, dass innerhalb der VB die FP zu finden sind. Somit schliesst die VB nicht notwendigerweise die FP aus. Basierend auf einer allgemein tiefen Deckung von *G. acaulis* und *G. punctata*, lassen sich aber wenig aussagekräftige Schlussfolgerungen ziehen. Der Ausreisser in Abbildung 21, bei dem eine Teilfläche eine FP Deckung von 50 % aufweist, ist auf einer Teilfläche mit tiefer VB zu finden. Es gibt allerdings einen weiteren Ausreisser mit einer FP Deckung von 15 % bei einem höheren Grad der VB (30 %). Die Höhe über Meer und der Anteil Steine auf den einzelnen Teilflächen haben beide einen stark signifikanten Einfluss auf die Deckung der beiden FP, was wiederum aus der Anwesenheit von *G. punctata* resultiert. Folglich bevorzugt *G. punctata* sowohl höhere und steinige Lagen (Anhang 2 & 10), wo hingegen *G. acaulis* keine Präferenzen bezüglich Umweltfaktoren aufweist.

4.2.3 Einfluss der Anwesenheit von *G. punctata* auf die adulten *E. aurinia debilis* Tagfalter

Erstaunlich ist, dass die Raupen im Mai 2011 auf der FP *G. punctata* zu finden waren, die adulten Tagfalter allerdings auch auf den Teilflächen ohne *G. punctata* beobachtet werden konnten. Aus dem signifikanten Einfluss der Anwesenheit von *G. punctata* auf die von Koch (2010, unpubl.) gezählten Tagfalter lässt sich deshalb schliessen, dass rund um die Alp Sura die Tagfalter zwar im ganzen Gebiet herum fliegen, die Eier aber bevorzugt auf *G. punctata* und weniger auf *G. acaulis* abgelegt werden.

Aufgrund mangelnder Studien und sehr beschränkt verfügbarer Literatur, konnten die Resultate der *E. aurinia debilis* FP und die Beobachtungen zu den Raupen nicht ausführlich analysiert und verglichen werden.

4.3 Grenzen und Chancen der gewählten Raupensuchmethode

Bei der gewählten Zählmethode handelt es sich um eine aktive, absolute Methode. Die Raupensuche ist auf eine bestimmte Fläche bezogen. Alle vorhandenen Raupen auf dieser Raumeinheit wurden erfasst. Im Vergleich zu einer aktiven, relativen Methode, wo alle Plots innerhalb einer festgelegten Zeit abgesucht werden, ist der Aufwand für den Datengewinn grösser. Die anschliessende Interpretation der Daten ist allerdings einfacher (Lachat 2011).

Die Anzahl Wiederholungen sowie die Anzahl Teilflächen pro VK wurde eher klein gewählt. Ein grösserer Stichprobenumfang von drei bis vier Wiederholungen pro Teilfläche und 10 bis 15 Teilflächen pro VK wären für die statistischen Auswertungen aussagekräftiger gewesen. Dies konnte aber aus Zeitgründen sowie schlechten Wetterbedingungen während dem Monat Juni 2011 nicht durchgeführt werden.

Ein weiterer limitierender Faktor ist die Abhängigkeit vom Wetter. Auch wenn die Arbeit mit Präimaginalstadien weniger empfindlich auf Wind oder Wolken ist, darf die Raupensuche trotzdem nicht an regnerischen Tagen/Nächten stattfinden. Aus diesem Grund lag der Zeitpunkt der ersten Begehung der ersten Teilfläche bis zur letzten Teilfläche der zweiten Begehung weit auseinander. Der Abstand von der ersten zur zweiten Begehung betrug auf einigen Flächen 12 Tage und der gesamte Erfassungszeitraum umfasste 14 Tage. Somit konnten alle Flächen ein erstes Mal innerhalb von 10 Tagen begangen werden. Die zweite Begehung erfolgte in einem Zeitraum von lediglich 5 Nächten (Anhang 3).

Zieht man allerdings die rasch wechselnden und unbeständigen Wetterverhältnisse mit ein, so ist die Suche nach Raupen anstelle von adulten Tagfaltern in den Bergregionen oft die bessere Alternative. Faktoren wie Wind oder Wolken sind weniger limitierend bei Präimaginalstadien als bei den Adulten. Ausserdem bedeutet der Nachweis von adulten Tagfaltern auf einer Fläche nicht, dass es sich hier um ein dauerhaftes Habitat dieser Art handeln muss. Es besteht immer die Möglichkeit der aktiven Zuwanderung oder der Windverdriftung. Bei den Präimaginalstadien gibt es diese Möglichkeiten nicht. Ihr Nachweis deutet in höherem Masse auf ein gesichertes Vorkommen, resp. auf einen geeigneten Ort für Fortpflanzung und Entwicklung hin (Agnes 2000).

Während die Adulten suboptimalen Umweltbedingungen, wie extremen Temperaturverhältnissen, Nahrungsmangel oder Räuber- und Parasitendruck durch Emigration ausweichen können, müssen die Präimaginalstadien diese Einflüsse an ihrem Standort ertragen (Agnes 2000). Zudem muss die Unsicherheit der unregelmässigen Raupenverteilung im Gelände in Betracht gezogen werden (Karbiener, pers. Mitt.). Es zeigt sich, dass Untersuchungen beider Entwicklungsstadien mit Vor- und Nachteilen verbunden sind.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Ergebnisse und der Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen zeigen, dass das Raupenvorkommen nicht allein durch die Vegetation erklärt werden kann. Je nach Lebensraum können andere Faktoren ebenso wichtig wie das Nahrungsangebot sein.

Die Anzahl der gefundenen Tiere stellt einen unbekanntem Anteil an der Gesamtpopulation dar. Für eine quantitative Einschätzung wären populationsbiologische Untersuchungen wie zum Beispiel Fang/Wiederfang notwendig. Eine noch eindeutiger Aussage der Abundanz der beiden Raupenarten wäre mit mehrmaligen Feldbegehungen im selben Jahr, sowie Wiederholungen der Untersuchung während einiger Folgejahre möglich. Die ermittelten Häufigkeiten im Rahmen dieser Studie stellen eine Momentaufnahme dar.

Interessant ist, wie sich die Deckung der Verbuschung auf den Plots über die Jahre hinweg verändern wird. Eine erneute Vegetationsaufnahme in 5 - 10 Jahren würde diese Entwicklung aufzeigen.

Weitere Studien zur Suche nach Präimaginalstadien sind zudem von grosser Bedeutung, da erst dadurch die Identifikation essentieller Habitatbestandteile (Larvalhabitate) ermöglicht werden (Hermann 1999).

Drei Faktoren werden künftig eine wichtige Rolle spielen:

1. Weiterentwicklung des Viehbestandes auf der Alp Sura

Falls der Viehbestand an Milchkühen weiter abnimmt, wird dies einen positiven Effekt auf die Verbuschung haben. Fraglich ist, ob die Alp Sura überhaupt genügend Futter für mehr als 47 Kühe, die während den vier Sommermonaten auf der Alp weiden, bereitstellt. Bereits heute gibt es auf der ganzen Alp nur wenig nahrhaftes Futter (Barbüda, pers. Mitt.). Barbüda schlägt vor, auf eine andere Milchkuhrasse umzustellen und neu Grauvieh auf die Alpweide zu treiben. Diese typische Bergrindrasse hat zwar im Durchschnitt eine tiefere Milchleistung als eine klassische Einnutzungsrasse wie Brown-Swiss, dafür aber eine bessere Mastleistung. Ausserdem weist diese Rasse eine gute Futterverwertung auf, hat harte Klauen, ist widerstandsfähig und nicht wählerisch bei den Futterpflanzen. Allerdings könnte sich diese Eigenschaft wiederum negativ auf die Raupenfutterpflanzen auswirken.

2. Laufende Klimaänderung.

Besonders in den Alpen kann man schon heute klimabedingte Veränderungen feststellen: Durchschnittlich wachsen heute subalpine und alpine Pflanzenarten 13 Meter weiter oben als dies im Jahre 2001 noch der Fall war (Koordinationsstelle BDM 2009). Somit werden künftig die FP von *E. tyndarus* und *E. aurinia debilis* auch in höheren Lagen wachsen. Dies führt zu einer Arealausdehnung der Tagfalterarten. Hohl (2006) konnte bereits einen klimabedingten Einfluss auf die subalpinen Schmetterlinggemeinschaften feststellen. Noch unklar ist, ob die

heute weiter unten lebenden Arten jene Arten, die zur Zeit in den oberen Lagen leben, zurückdrängen (Koordinationsstelle BDM 2009).

3. *Entwicklung der Agrarpolitik 2014 - 2017*

Ein anderer wichtiger Punkt ist die zukünftige Entwicklung der AP 2014 - 2017, bei der der Bund die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft in den kommenden Jahren festlegt. Es wird angenommen, dass mit der neuen Politik innerhalb von 10 Jahren knapp ein Viertel der artenreichen Flächen in den Alpen verschwindet, was zu einer Abnahme der Artenvielfalt führen wird (Koordinationsstelle BDM 2009). Falls künftig die ökonomischen Anreize im Berggebiet ausbleiben, werden immer mehr Flächen aufgegeben. Dies geschieht ebenfalls zum Nachteil der Biodiversität (Lauber & Meier 2007). Der aktuelle Entwurf, welcher zur Zeit in der Vernehmlassung ist, schlägt für die neue AP 2014 - 2017 eine Verdoppelung der Sömmerungsbeiträge vor. Dies würde sich sicherlich positiv auf die Bewirtschaftung der Alpweiden auswirken (Hofer 2011).

Rund um das Thema der Verbuschung, Artendiversität und Präimaginalstadien von Tagfaltern besteht noch grosser Forschungsbedarf, der nicht zuletzt durch politische und klimatische Aspekte beeinflusst wird.

Literaturverzeichnis

- Agnes, G. (2000). Schmetterlingszönosen des Feuchtgrünlandes in der Deutsch-Belgischen Hocheifel und Untersuchungen zur Eignung von Indikatorarten für die Differenzierung vernässter Standorte. Diplomarbeit Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie der Universität Bonn.
- Altermatt, F., Birrer, S., Plattner, M., Ramseier, P. & Stalling, T. (2008). Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. *Entomo Helvetica*, **1**: 75 – 83.
- Andres, F., Franc, E., Python A. & Schiess, C. (2009). Vernetzungsprojekt Guarda - Lavin. Leitbild. TRIFOLIUM Chur.
- Anthes, N. & Nunner, A. (2006). Populationsökologische Grundlagen für ein Management des Goldenen Scheckenfalters, *Euphydryas aurinia*, in Mitteleuropa. In: Fartmann, T. & Hermann, G. (2006). Larvalökologie von Tagfaltern und Widderchen in Mitteleuropa. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde*, **68** (3/4): 323 – 352.
- ART (Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon) & WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) (2011). AlpFUTUR - Zukunft der Sömmerungsweiden in der Schweiz. Ein inter- und transdisziplinäres Verbundprojekt 2009 - 2013.
- Balmer, O. & Erhardt A. (2000). Consequences of Succession on Extensively Grazed Grasslands for Central European Butterfly Communities: Rethinking Conservation Practices. *Conservation Biology*, **14** (3): 746 – 757.
- Baur, B. (2003). Auswirkungen von Flächenverlust, Verinselung und Nutzungsaufgabe auf die Biodiversität. In: Eggenberg, S., Stöcklin, J. (2003). Flora und Fauna der Trockenwiesen. Abstracts der 9. Basler Botanik-Tagung 2003. *Bauhinia*, 17/2003: 60 – 61.
- Baur, B., Cremene, C., Groza, G., Rakosy, L., Schileyko, A. A., Baur, A., Stoll, P. & Erhardt, A. (2006). Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biological Conservation*, **132**: 261 – 273.
- Baur, P., Müller, P. & Herzog, F. (2007). Alpweiden im Wandel. *AgrarForschung*, **14** (6): 254 – 259.
- Bebi, P. & Baur, P. (2002). Forest Expansion in the Swiss Alps: A Quantitative Analysis of Biophysical and Socio-economic Causes. *Austrian Journal of Forest Science*, **119** (3/4): 217 – 230, Oxf.-Nr. 912.
- Bischof, N. (1984). Pflanzensoziologische Untersuchungen von Sukzessionen aus gemähten Magerasen in der subalpinen Stufe der Zentralalpen. *Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz*, **60**: 128.
- Braun-Blanquet, J. (1928). Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 1. Auflage. Wien, New York: Springer-Verlag.
- Bühler-Cortesi, T. (2009). Schmetterlinge - Tagfalter der Schweiz. 1. Auflage. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag.
- Chadwick, M. J. (1960). *Nardus stricta* L. *Journal of Ecology*, **48** (1): 255 – 267.

- Duelli, P. (1994). Rote Liste der gefährdeten Tierarten der Schweiz. BUWAL, Bern.
- Duelli, P. (2000). Angewandte Ökologie; Wirbellose. Vorlesungsunterlagen ETH Zürich Umweltnaturwissenschaften. WSL, Birmensdorf.
- Eggenberg, S. & Möhl, A. (2007). Flora Vegetativa. 1. Auflage. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag.
- Erhardt, A. (1985). Diurnal Lepidoptera: Sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *Journal of Applied Ecology*, **22**: 849 – 861.
- Fartmann, T. & Hermann, G. (2006). Larvalökologie von Tagfaltern und Widderchen in Mitteleuropa - von den Anfängen bis heute. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde*, **68** (3/4): 11 – 57.
- Hermann, G. (1999). Methoden der qualitativen Erfassung von Tagfaltern. In: Settele, J., Feldmann, R. & Reinhardt R. Die Tagfalter Deutschlands. Stuttgart: Ulmer, 124 – 143.
- Hermann, G. (2006). Präimaginalstadien-Suche als Nachweismethode für Tagfalter - Rahmenbedingungen, Chancen, Grenzen. In: Fartmann, T. & Hermann, G. (2006). Larvalökologie von Tagfaltern und Widderchen in Mitteleuropa. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde*, **68** (3/4): 223 – 231.
- Hofer, E. (2011). Weiterentwicklung der Agrarpolitik. Wirtschafts-, Umwelt- und Agrarpolitik. Vorlesung ETH Zürich 23.5.2011.
- Hohl, M. (2006). Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps. Dissertation Departement Umweltnaturwissenschaften ETH. Diss. ETH No. 16624.
- Koordinationsstelle BDM (2009). Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0911. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Lachat, T. (2011): Ökologie der Waldinsekten. Überblick über gängige Fangmethoden. Vorlesung ETH Zürich 25.5.2011.
- Landolt, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel Zürich 64.
- Landolt, E. (2003). Unsere Alpenflora. 7. Auflage. Schweizer Alpen-Club SAC.
- Lang, A., Seitz, H., Berhorn, F., Brunzel, S., Dolek, M., Erlacher, S., Felke, M., Leopold, P., Schmidt, A. & Theissen, B. (2006). Standardisierte Erhebungsmethoden für Schmetterlinge (Lepidoptera) im Rahmen eines Monitorings für gentechnisch veränderte Organismen (GVO). *Gefahrenstoffe - Reinhaltung der Luft*, **66** (7/8 - Juli/August): 315 – 318.
- Lauber, K. & Wagner, G. (1996). Flora Helvetica. 1. Auflage. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag.
- Lauber, S. & Meier, S. (2007). Nutzung von Trockenwiesen und -weiden im Berggebiet. *ART-Bericht* Nr. 675. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. S. 12.
- Leptidopterologen-Arbeitsgruppe (1987). Tagfalter und ihre Lebensräume. Band 1. Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel.

- Luoto, M., Kuussaari, M., Rita, H., Salminen J. & von Bonsdorff, T. (2001). Determinants of distribution and abundance in the clouded apollo butterfly: a landscape ecological approach. *Ecography*, **24**: 601 – 617.
- Maag, S., Nösberger, J. & Lüscher, A. (2001). Mögliche Folgen einer Bewirtschaftungsaufgabe von Wiesen und Weiden im Berggebiet. *Ergebnisse des Komponentenprojekts D, Polyprojekt PRIMALP*. ETH Zentrum, Zürich.
- Mack, G., Walter, T. & Flury, C. (2008). Auswirkungen der Alping in der Schweiz: Ökonomische und ökologische Auswirkungen. In *Yearbook of socioeconomics in Agriculture*: 259 – 300.
- Marini, L., Fontana, P., Battisti, A. & Gaston, K. J. (2009). Response of orthopteran diversity to abandonment of semi-natural meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **132**: 232 – 236.
- Maurer, K., Weyand, A., Fischer, M. & Stöcklin, J. (2006). Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps. *Biological Conservation*, **130**: 438 – 446.
- Möllenbeck, V., Hermann, G. & Fartmann, T. (2009). Does prescribed burning mean a threat to the rare satyrine butterfly *Hipparchia fagi*? Larval-habitat preferences give the answer. *Journal of Insect Conservation*, **13**: 77 – 87.
- Müller, P. (2002). Einfluss von Standort und Nutzung auf die Alpweidvegetation und ihre Bedeutung für die nachhaltige Alpnutzung. Doktorarbeit der Naturwissenschaften der ETH. Diss. ETH No. 14830.
- R (2011). The R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>.
- Schmitt, Th. & Rákósy, L. (2007). Changes of traditional agrarian landscapes and their conservation implications: a case study of butterflies in Romania. *Diversity and Distributions*, **13**: 855 – 862.
- Sebastian, M.-T. (2004). Role of topography and soils in grassland structuring at the landscape and community scales. *Basic and Applied Ecology*, **5**: 331 – 346.
- Sonderegger, P. (2005). Die Erebien der Schweiz (Lepidoptera: Satyrinae, Genus Erebia). Biel: Peter Sonderegger.
- Schütz, M., Wildi, O., Krüsi, B. O., Märki, K. & Nievergelt, B. (2000). From tall-herb communities to pine forests: distribution patterns of 121 plant species during a 585-year regeneration process. In: Succession research in the Swiss National Park, vol. 89. Nationalpark-Forschung in der Schweiz (ed. M. Schütz, B. O. Krüsi & P. J. Edwards), pp. 237 – 255.
- Tasser, E. & Tappeiner, U. (2002). Impact on land use changes on mountain vegetation. *Applied Vegetation Science*, **5**: 173 – 184.
- Van Swaay, C., Warren & M., Lois, G. (2006). Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation*, **10**: 189 – 209.
- Zinner, F. (2005). Naturschutzfachliches Monitoring im Freistaat Sachsen: Eine Konzeption und deren beispielhafte Umsetzung in der Königsbrücker Heide unter besonderer Berücksichtigung von Laufkäfern, Heuschrecken und Tagfalter. (Diss. Universität Bremen). Achen: Scharker Verlag.

Internet und weitere Quellen

Barbüda, J., pers. Mitteilung, Guarda, 8. Juli 2011.

Drewek, A., schrift. Mitteilung, ETH Zürich, 19. Juli 2011.

Jutzeler, D., schrift. Mitteilung, Verein Schmetterlingsförderung im Kt. Zürich, 3. Mai 2011.

Karbiener, O., schrift. Mitteilung, Universität Freiburg, 27. April 2011.

MeteoSchweiz. Besucht am 17. Juli 2011:

http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/aktuelles_wetter.par0001.html?station=SCU

Schweizer Fernsehen, 10vor10 (19. August 2011). Bedrohte Alpweiden.

<http://www.videportal.sf.tv/video?id=483b31d2-ab9e-4c7f-b8b9-3f0a2ca48c5a>

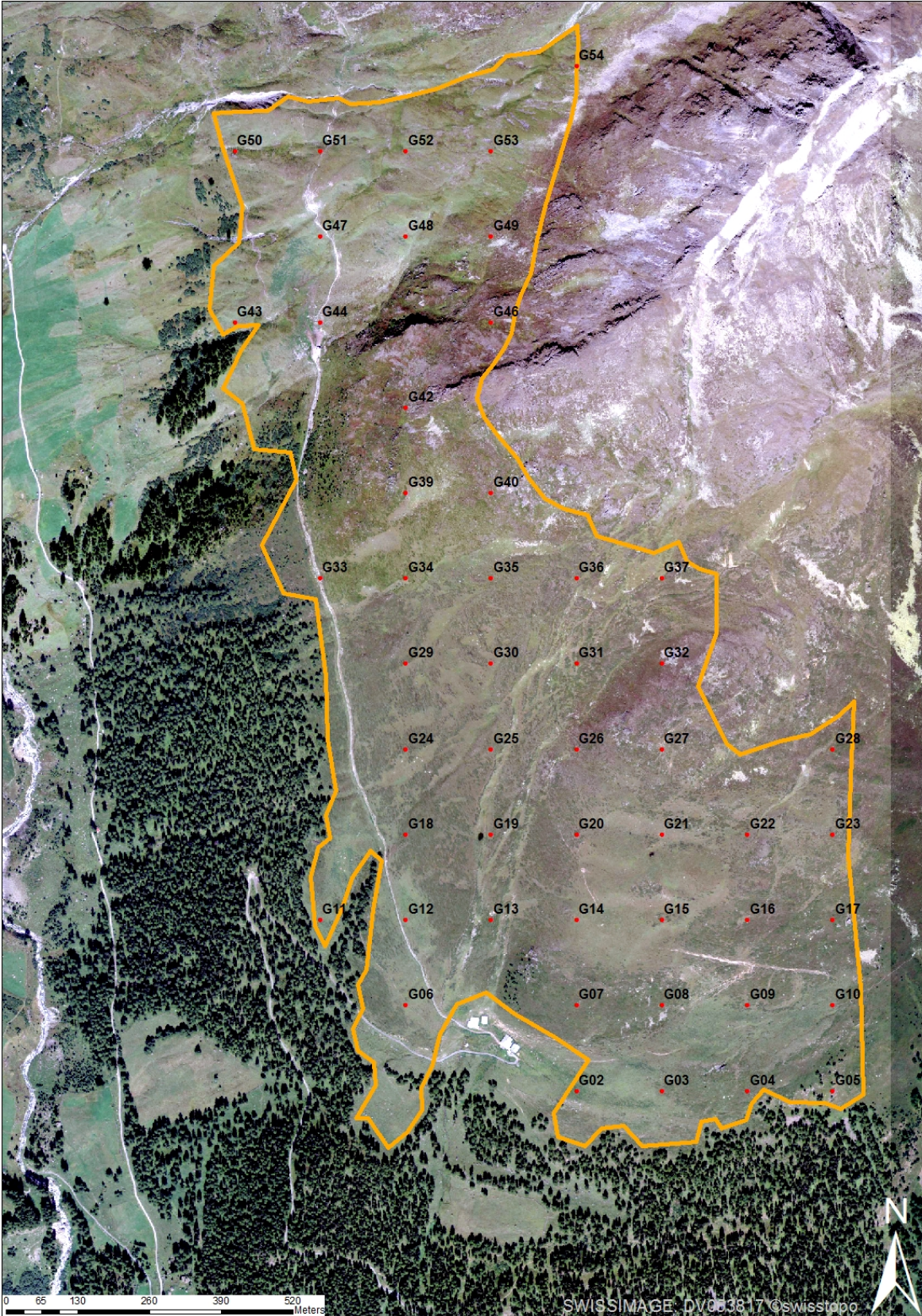
Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (CSCF). Besucht am 26. September 2011:

<http://lepus.unine.ch/carto/>

Sonderegger, P., telef. Mitteilung, Brügg, 26. April 2011.

Anhang

A1 Übersicht der 1.5 ha grossen Untersuchungsfläche mit allen 50 Plots



**A2 Prozentualer Deckungsgrad der beiden *E. tyndarus* Futterpflanzen und der Verbuschung
sortiert nach Teilflächen**

Teilfläche	Deckung <i>N. stricta</i> [%]	Deckung <i>F. rubra</i> [%]	Deckung FP total [%]	Deckung VB [%]
02e	10	25	35	0
02g	2	4	6	0
03g	5	3	8	70
03i	7	5	12	65
04d	1	2	3	80
04i	0.5	2	2.5	85
06e	40	30	70	1
06f	50	35	85	2
07d	3	7	10	80
07e	10	4	14	85
08a	7	3	10	85
08d	10	2	12	75
09b	15	4	19	85
09f	17	5	22	75
10c	40	17	57	10
10e	12	6	18	70
11c	45	15	60	7
11e	20	7	27	3
12b	30	20	50	5
12e	35	25	60	10
13a	40	12	52	23
13g	20	5	25	50
14b	50	13	63	0
14i	40	10	50	0
15d	65	10	75	5
15g	20	5	25	65
16f	6	1	7	80
16a	10	2	12	65
17a	20	4	24	60
17b	15	10	25	20
18e	23	12	35	65
18b	20	15	35	45
19c	35	18	53	15
19i	20	30	50	12
20h	35	7	42	40
20i	30	5	35	22
21c	35	1	36	20
21f	70	2	72	0
24f	20	45	65	10
24g	10	30	40	50
25e	40	7	47	15
25h	20	22	42	12
31b	30	10	40	30
31i	5	3	8	70
33a	7	12	19	75
33h	8	4	12	85
34b	25	10	35	18
34f	35	10	45	45

A3 Datum, Dauer und Bearbeiter der *E. tyndarus* Raupenbegehungen

Teilfläche	Erste Begehung			Zweite Begehung		
	Datum 2011	Dauer [min]	Bearbeiter	Datum 2011	Dauer [min]	Bearbeiter
02e	20. Jun	15	Sara	28. Jun	12	Bärbel
02g	20. Jun	9	Sara	28. Jun	8	Sara
03g	14. Jun	21	Bärbel	26. Jun	15	Sara
03i	14. Jun	20	Bärbel	26. Jun	15	Bärbel
04d	14. Jun	12	Bärbel	26. Jun	7	Sara
04i	14. Jun	15	Bärbel	26. Jun	10	Bärbel
06e	14. Jun	18	Sara	26. Jun	24	Bärbel
06f	14. Jun	16	Sara	26. Jun	25	Sara
07d	20. Jun	11	Bärbel	26. Jun	11	Bärbel
07e	20. Jun	14	Bärbel	26. Jun	9	Sara
08a	14. Jun	21	Bärbel	26. Jun	10	Bärbel
08d	14. Jun	23	Bärbel	26. Jun	10	Sara
09b	14. Jun	20	Bärbel	26. Jun	13	Sara
09f	14. Jun	23	Bärbel	26. Jun	13	Bärbel
10c	20. Jun	22	Sara	27. Jun	18	Sara
10e	20. Jun	22	Bärbel	27. Jun	15	Bärbel
11c	24. Jun	19	Heidi	28. Jun	15	Sara
11e	24. Jun	16	Sara	28. Jun	11	Bärbel
12b	14. Jun	15	Sara	26. Jun	14	Bärbel
12e	14. Jun	18	Sara	26. Jun	15	Sara
13a	20. Jun	38	Bärbel	28. Jun	24	Sara
13g	20. Jun	20	Sara	28. Jun	16	Bärbel
14b	15. Jun	23	Sara	27. Jun	23	Sara
14i	15. Jun	23	Bärbel	27. Jun	21	Bärbel
15d	15. Jun	14	Sara	27. Jun	26	Sara
15g	15. Jun	12	Bärbel	27. Jun	20	Bärbel
16f	20. Jun	13	Bärbel	27. Jun	10	Sara
16a	20. Jun	13	Sara	27. Jun	10	Bärbel
17a	20. Jun	17	Sara	27. Jun	11	Sara
17b	20. Jun	16	Bärbel	27. Jun	16	Bärbel
18e	14. Jun	20	Sara	26. Jun	19	Sara
18b	14. Jun	17	Sara	26. Jun	21	Bärbel
19c	15. Jun	35	Bärbel	26. Jun	31	Bärbel
19i	15. Jun	30	Sara	26. Jun	27	Sara
20h	15. Jun	22	Sara	27. Jun	22	Sara
20i	15. Jun	31	Bärbel	27. Jun	28	Bärbel
21c	15. Jun	33	Bärbel	27. Jun	17	Bärbel
21f	15. Jun	30	Sara	27. Jun	23	Sara
24f	14. Jun	18	Sara	24. Jun	19	Heidi
24g	14. Jun	20	Sara	24. Jun	17	Sara
25e	24. Jun	19	Sara	27. Jun	17	Sara
25h	24. Jun	21	Heidi	27. Jun	17	Bärbel
31b	24. Jun	15	Heidi	28. Jun	16	Sara
31i	24. Jun	13	Sara	28. Jun	12	Bärbel
33a	24. Jun	16	Sara	28. Jun	15	Sara
33h	24. Jun	17	Sara	28. Jun	17	Bärbel
34b	24. Jun	17	Sara	28. Jun	15	Bärbel
34f	24. Jun	15	Sara	28. Jun	16	Sara

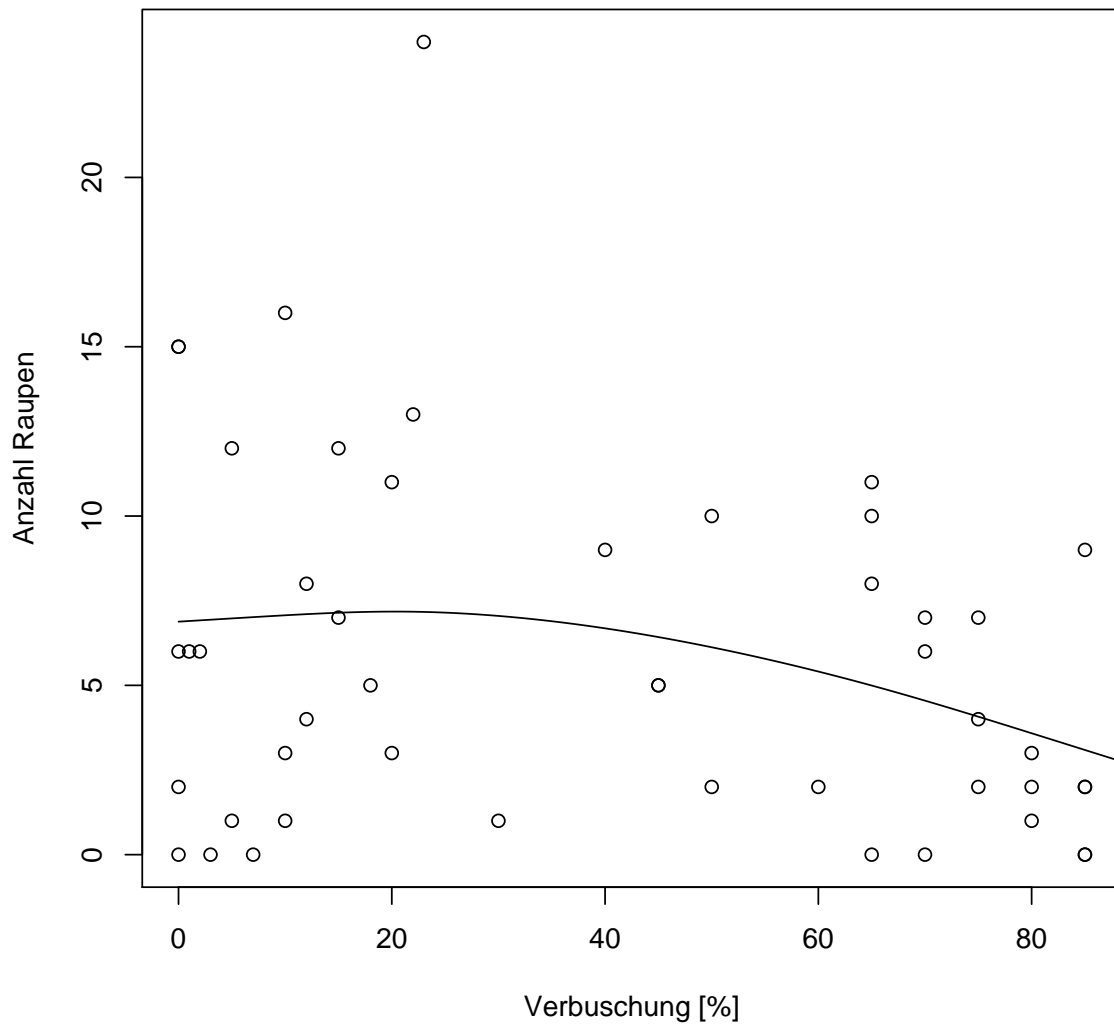
A4 Aufnahmeformular Raupenbegehungen *E. tyndarus*

Raupenfassung									
Plot-Nummer									
Raupenart	<i>E. tyndarus</i>								
Bearbeiter									
Datum									
Start-/Endzeit									
Dauer der Begehung									
Wind	kein Wind	Brise	starker Wind						
Wolkenbedeckung	keine Wolken	< 25%	>25%						
Teilflächen	<i>F. rubra</i>, grüne Raupe	<i>F. rubra</i>, braune Raupe	<i>N. stricta</i>, grüne Raupe	<i>N. stricta</i>, braune Raupe	Summe				
a									
b									
c									
d									
e									
f									
g									
h									
i									

A5 Anzahl *E. tyndarus* Raupen sortiert nach Teilflächen, Begehungen, Futterpflanzen und Raupenfarbausprägung

Teilfläche	andere FP grün		andere FP braun		Erubra grün		Erubra braun		N. stricata grün		N. stricata braun		Total 1. Begehung		Total 2. Begehung		Totale Anzahl pro Teilfläche
	grün	braun	grün	braun	grün	braun	grün	braun	grün	braun	grün	braun	grün	braun	grün	braun	
02e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
02g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03g	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	3	7
03i	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5	2	6	11
04d	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
04i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06e	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	0	4	1	2	6
06f	0	0	0	0	1	1	2	4	0	0	0	0	0	4	1	2	6
07d	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2
07e	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2
08a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
09b	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2
09f	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	4
10c	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	6	16
10e	0	1	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	4	0	2	6
11c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12c	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1
13a	0	0	0	0	0	1	14	15	0	0	0	0	0	15	0	3	24
13g	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	6	4	4	10
14b	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	12	0	3	15
14i	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	12	2	1	15
15d	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	5	12
15g	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	4	0	3	10
16f	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	3
16a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17a	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2
17b	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2
18e	0	0	0	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	3	0	5	8
18b	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	5
19c	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	7	0	4	12
19i	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4	0	4	8
20h	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	6	9
20i	0	1	0	0	0	0	5	6	1	1	0	0	0	6	1	7	13
21c	0	2	0	0	0	1	7	10	0	0	0	0	0	10	0	11	11
21f	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	4	0	2	6
24f	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
24g	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2
25e	0	0	0	0	1	3	4	4	0	0	0	0	0	4	0	3	7
25h	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	2	4
31b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
31i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
33a	0	0	0	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0	4	0	3	7
33h	0	0	0	0	0	1	4	5	0	0	0	0	0	5	0	4	9
34b	0	0	0	0	0	1	2	3	1	0	0	0	0	3	1	2	5
34f	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	3	5
Total Anzahl pro FP	0	4	1	11	14	131	2	2	3	3	21	86	278				

A6 GAM Berechnung: Entwicklungsmuster der Anzahl *E. tyndarus* Raupen bei zunehmender Verbuschung



A7 Anzahl *E. tyndarus* Raupen und adulter Tagfalter pro Plot

Teilfläche	Raupen total (Sommer 2011)	Tagfalter total (Sommer 2010)
02	2	5
03	18	22
04	1	12
06	12	24
07	4	11
08	2	13
09	6	15
10	22	25
11	0	7
12	4	19
13	34	37
14	30	43
15	22	37
16	3	11
17	5	17
18	13	15
19	20	39
20	22	23
21	17	18
24	3	26
25	11	27
31	1	16
33	16	17
34	10	21

A8 Prozentualer Deckungsgrad der beiden *E. aurinia debilis* Futterpflanzen und der Verbuchung sortiert nach Teilflächen

Teilfläche	Deckung <i>G. acaulis</i> [%]	Deckung <i>G. punctata</i> [%]	Deckung FP total [%]	Deckung VB [%]
03d	3	0	3	60
03g	0.5	0	0.5	70
04b	0.5	0	0.5	70
04d	1	0	1	80
06e	2	0	2	1
06f	1	0	1	2
07e	1	0	1	85
07h	1	0	1	50
08a	0.5	0	0.5	85
08g	0.5	0	0.5	80
09b	1	0	1	85
09f	2	0	2	75
10e	1	0	1	70
10h	3	0	3	10
11b	3	0	3	2
11f	0	0	0	25
12b	0	0	0	5
12e	0.5	0	0.5	10
13a	1	0	1	23
13g	2	0	2	50
14b	0.5	0	0.5	0
14i	1	0	1	0
15b	1	7	8	0
15h	1	0	1	45
16f	1	0	1	80
16g	2	0	2	55
17b	1	0	1	20
17h	0.5	0	0.5	90
18b	1	0	1	75
18e	1	0	1	65
19c	0.5	4	4.5	15
19i	1	0	1	12
20f	1	0	1	20
20g	2	0	2	12
21c	1	5	6	20
21g	2	12	14	4
24a	2	0	2	20
24g	1	0	1	50
25c	1	15	16	30
25h	0.5	0	0.5	12
31a	0.5	0.5	1	90
31g	0.5	0.5	1	75
33a	0.5	0	0.5	70
33h	0.5	0	0.5	85
34d	1	0	1	15
34f	0.5	0.5	1	45
39e	0.5	50	50.5	5
39h	1	8	9	20

A9 Die verschiedenen Umweltvariablen für *E. tyndarus* sortiert nach Teilflächen

Teilfläche	Exposition [°]	Neigung [°]	Höhe über Meer [m]	Anteil offener Boden [%]	Anteil Steine [%]	Distanz zur Alphütte Sura
02e	21	12	2135	0	3	153.8
02g	21.1	1	2135	0	0	153.8
03g	19.1	26	2152	7	3	298
03i	19	25	2152	3	7	298
04d	20	40	2153	3	10	449.4
04i	19.6	33	2153	6	10	449.4
06e	23	24	2137	1	2	193.4
06f	23	26	2137	6	3	193.4
07d	19.6	32	2194	2	0	153.4
07e	19.6	31	2194	3	0	153.4
08a	18	29	2190	2	3	297.8
08d	17.8	31	2190	3	4	297.8
09b	19.4	28	2198	6	0.5	449.3
09f	19	24	2198	2	3	449.3
10c	18.2	11	2198	2	8	602.6
10e	18	14	2198	3	2	602.6
11c	21	19	2097	0.5	0	405.4
11e	22.1	14	2097	1	20	405.4
12b	25	13	2168	1	2	292.1
12e	24.8	16	2168	2	10	292.1
13a	20.4	15	2211	8	6	233.2
13g	20.4	23	2211	9	12	233.2
14b	22	8	2246	2	0.5	267.3
14i	22	9	2246	2	0	267.3
15d	19.2	15	2250	2	6	369.6
15g	19	16	2250	3	1	369.6
16f	20	25	2262	8	10	499.8
16a	19.8	29	2262	10	15	499.8
17a	17.8	14	2251	5	1	641.1
17b	18	26	2251	6	2	641.1
18e	25.6	30	2185	0.5	1	425.8
18b	25.6	25	2185	3	0	425.8
19c	20.4	11	2235	3	8	387.7
19i	20.4	28	2235	10	7	387.7
20h	22.2	15	2269	4	8	409.2
20i	22.2	13	2269	2	3	409.2
21c	19.7	19	2291	2	13	482.2
21f	19.4	27	2291	2	10	482.2
24f	24.2	23	2212	12	7	570.4
24g	24.3	21	2212	2	1	570.4
25e	18.4	12	2269	5	15	542.5
25h	18.5	1	2269	2	1	542.5
31b	19	23	2316	3	8	709.6
31i	19	23	2316	1	5	709.6
33a	25.8	31	2197	8	5	914.6
33h	26	30	2197	2	3	914.6
34b	25	30	2261	5	7	870.3
34f	24.8	35	2261	5	3	870.3

A10 Die verschiedenen Umweltvariablen für *E. aurinia debilis* sortiert nach Teilflächen

Teilfläche	Exposition [°]	Neigung [°]	Höhe über Meer [m]	Anteil offener Boden [%]	Anteil Steine [%]
03d	19.7	18	2152	2	2
03g	19.1	26	2152	7	3
04b	19.6	25	2153	5	10
04d	20	40	2153	3	10
06e	23	24	2137	1	2
06f	23	26	2137	6	3
07e	19.6	31	2194	3	0
07h	19.4	30	2194	2	2
08a	18	29	2190	2	3
08g	18	28	2190	2	1
09b	19.4	28	2198	6	0.5
09f	19	24	2198	2	3
10e	18	14	2198	3	2
10h	18.4	12	2198	3	15
11b	21.8	23	2097	0.5	2
11f	22	8	2097	0.5	15
12b	25	13	2168	1	2
12e	24.8	16	2168	2	10
13a	20.4	15	2211	8	6
13g	20.4	23	2211	9	12
14b	22	8	2246	2	0.5
14i	22	9	2246	2	0
15b	18.8	12	2250	1	1
15h	18.8	15	2250	3	7
16f	20	25	2262	8	10
16g	19.8	27	2262	10	7
17b	18	26	2251	6	2
17h	18	25	2251	5	0
18b	25.8	29	2185	2	0
18e	25.6	25	2185	0.5	1
19c	20.4	11	2235	3	8
19i	20.4	28	2235	10	7
20f	21.9	7	2269	2	6
20g	22	9	2269	3	5
21c	19.7	19	2291	2	13
21g	19.7	26	2291	3	15
24a	24.3	21.5	2212	3	1
24g	24.3	21	2212	2	1
25c	21	12	2269	2	7
25h	18.5	1	2269	2	1
31a	21.6	23	2316	2	1
31g	19	23	2316	1	1
33a	25.8	31	2197	8	5
33h	26	30	2197	2	3
34d	24.8	31	2261	2	5
34f	24.8	35	2261	2	5
39e	22.6	23	2290	5	25
39h	22.2	16	2290	2	10

A11 Tageswerte Lufttemperatur 2 m über Boden; Abweichung des Tagesmittels von der Norm,

Wetterstation Scuol⁵

Datum	Abweichung Tagesnormalwert 2010, [°C]	Abweichung Tagesnormalwert 2011, [°C]
15.03	-1.7	5.1
16.03	-1.5	5.3
17.03	0.2	2.5
18.03	3.1	3.5
19.03	3.9	1.2
20.03	4.6	-0.6
21.03	5.6	-0.9
22.03	5.5	2
23.03	6.1	3.8
24.03	6.7	5.1
25.03	5.9	5
26.03	2.9	4.3
27.03	-0.3	4.7
28.03	1.8	4
29.03	4	3.4
30.03	4	3.5
31.03	1	5
01.04	-5.5	6.7
02.04	-5.6	7.5
03.04	-0.5	8.1
04.04	-0.1	3.3
05.04	-1.5	3.8
06.04	1.2	6.5
07.04	4.2	9.7
08.04	4.8	8.5
09.04	4.7	7.3
10.04	2.8	6.6
11.04	-1.9	6.1
12.04	-2.3	2.3
13.04	-1.7	-3.1
14.04	-1.1	-2.4
15.04	0.5	-1.4
16.04	2	0.4
17.04	3.1	1.8
18.04	-1	4.1
19.04	1.7	5.2
20.04	2	5
21.04	3.3	5.5
22.04	3.7	5.3
23.04	4	4.5
24.04	6.2	4.7
25.04	6.3	5.6
26.04	4.1	2.8
27.04	2.4	1.5

⁵ Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

28.04	4.6	2.3
29.04	6.5	1.8
30.04	6.8	2.3
01.05	5.9	0.9
02.05	2.4	2.5
03.05	-1.4	0.1
04.05	0.5	-1.6
05.05	0.5	0
06.05	0.1	3.3
07.05	-0.8	4.8
08.05	-1.2	5.1
09.05	0.8	5.3
10.05	2.2	5.3
11.05	1.4	5.3
12.05	-0.5	4
13.05	0.2	6.6
14.05	-1.5	3.8
15.05	-3.5	-4.1
16.05	-4.7	-3.4
17.05	-3.4	0.4
18.05	-3.1	2
19.05	-3.5	4.5
20.05	-2.7	4.4
21.05	0.2	4
22.05	1.5	2.9
23.05	2.3	4.9
24.05	4	6.1
25.05	6.3	6.4
26.05	4	6.3
27.05	0.1	-1.6
28.05	2.1	-2.7
29.05	2.1	2.1
30.05	-0.2	5.7