



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis:

Außerschulischer Lernort "Lebensraum Alpen": Konzept für eine Projektarbeit für die Sekundarstufe

verfasst von/ submitted by

Maria Wielscher

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of:

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

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

A 190 406 445

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

Lehramtsstudium UniStG
UF Mathematik UniStG
UF Biologie und Umweltkunde UniStG

Betreuer / Supervisor:

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

Mitbetreuerin / Co-Supervisor:

Dr. Barbara-Amina Gereben-Krenn

Wien, 2018

Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um mich bei einigen Personen, die mich während meines Studiums begleitet haben, zu bedanken.

Besonders dankbar bin ich meinen beiden Betreuern Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald W. Krenn und Dr. Barbara-Amina Gereben-Krenn, von denen ich außerordentlich viel lernen durfte und die mir während meiner Arbeit stets mit Rat zur Seite standen. Insbesondere Barbara hat mich mit Ihrer scheinbar endlosen Begeisterung und Faszination für die Biologie angesteckt und mir gezeigt wie mitreißend und enthusiastisch man Biologie vermitteln und erleben kann.

Außerdem möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Die uneingeschränkte Unterstützung und das Interesse der Familie sind große Motivationen und haben mich stets vorangetrieben. Ein großer Dank gilt besonders meinen Eltern, die mich während meiner gesamten Ausbildung unterstützt und angetrieben haben und mir in meiner persönlichen Entwicklung immer den nötigen Freiraum ließen, und mir die Möglichkeit gaben mich selbstständig zu entfalten. Vielen Dank dafür!

Auch meinen Freunden und StudienkollegInnen möchte ich danken. Sie ließen sich stets geduldig von mir belehren und ertrugen alle meine biologischen und mathematischen Vorträge. Besonders zu erwähnen ist mein Mitbewohner Gregor, der immer ein offenes Ohr für meine Sorgen und Leiden hatte und mit seiner Empathie meinen Alltag erleichterte.

Dank gebührt auch meinem Partner, Andreas, der über jede Prüfung, Seminararbeit und Exkursion Bescheid wusste und der mich am Boden hält, wenn ich drohe vor lauter übermäßiger Begeisterung oder auch Überforderung abzuheben.

Dank!

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenene Gedanken als solche kenntlich gemacht habe. Die Diplomarbeit habe ich bisher keinem anderen Prüfungsamt in gleicher oder vergleichbarer Form vorgelegt. Sie wurde bisher auch nicht veröffentlicht.

Datum

Unterschrift

1 Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Ehrenwörtliche Erklärung.....	4
1 Inhaltsverzeichnis.....	5
2 Einleitung und Allgemeines	10
2.1 Projekthintergrund	10
2.2 Zielgruppe	10
2.3 Aufbau des Programmes.....	12
3 Relevanz der Freilanddidaktik.....	12
4 Amphibien – Lurche	15
4.1 Allgemein	15
4.2 Fortpflanzung und Entwicklung.....	15
4.2.1 Froschlurche - Anura	15
4.2.2 Molche.....	17
4.2.3 Salamander.....	18
4.3 Vertreter im Untersuchungsgebiet Kaunertal.....	19
4.3.1 Bergmolch - <i>Ichtyosaura alpestris</i> (LAURENTI, 1768)	20
4.3.2 Alpensalamander - <i>Salamandra atra</i> (LAURENTI, 1768)	22
4.3.3 Grasfrosch - <i>Rana temporaria</i> (LINNAEUS, 1758).....	24
4.4 Praktische Erarbeitung.....	27
4.4.1 Aufsammlung verschiedener Entwicklungsstadien von <i>Rana temporaria</i>	28
4.5 Literatur	30
4.5.1 Bücher:	30
4.5.2 Wissenschaftliche Artikel:	30
5 Reptilien - Kriechtiere.....	31
1. Allgemein	31
5.1 Häutung.....	32
5.2 Vertreter im Untersuchungsgebiet Kaunertal.....	33
5.2.1 Bergeidechse - <i>Zootoca vivipara</i>	33
5.2.2 Kreuzotter - <i>Vipera berus</i>	35

5.3	Richtiges Verhalten bei einem Schlangenbiss	38
5.4	Literatur	40
5.4.1	Bücher:	40
6	Aves - Vögel	41
6.1	Allgemein	41
6.2	Tannenhäher - <i>Nucifraga caryocatactes</i>	42
6.3	Gesang	43
6.4	Singvögel über der Waldgrenze.....	45
6.5	Praktische Erarbeitung.....	52
6.5.1	Suchspiel - Kennenlernen des Tannenhähers.....	52
6.5.2	Vogelstimmen kennenlernen	54
6.5.3	Vogelstimmen erkennen	56
6.6	Literatur	57
6.6.1	Bücher	57
6.6.2	Wissenschaftliche Arbeiten	57
7	Mammalia - Säugetiere	58
7.1	Allgemein	58
7.2	Murmeltier - <i>Marmota marmota</i>	58
7.3	Verhaltensbiologie - Richtiges Beobachten	66
7.4	Praktische Erarbeitung.....	67
7.4.1	Murmeltierbeobachtung	67
7.4.2	Indirekte Nachweise.....	71
7.5	Literatur	73
7.5.1	Bücher	73
7.5.2	Wissenschaftliche Arbeiten	73
8	Bestäuber.....	74
8.1	Allgemein	74
8.1.1	Was ist Bestäubung?	74
8.1.2	Tiere als Blütenbesucher	74
8.1.3	Lockmittel der Blüten	75
8.1.4	Blumenstetigkeit und Koevolution.....	76

8.1.5	Bestäuber	77
8.2	Bombus - Hummeln	77
8.2.1	Als Bestäuber	77
8.2.2	Lebenszyklus	79
8.2.3	Hummeln in den Alpen.....	81
8.3	Lepidoptera - Schmetterlinge.....	82
8.3.1	Als Bestäuber	82
8.3.2	Systematik und Lepidoptera in den Alpen	82
8.4	Praktische Erarbeitung.....	84
8.4.1	Bestäuberbeobachtung	84
8.4.2	Tagfalter- und Hummelbestimmung.....	87
8.5	Literatur	88
8.5.1	Bücher	88
8.5.2	Wissenschaftliche Arbeiten	89
9	Saltatoria - Heuschrecken.....	90
9.1	Allgemein	90
9.1.1	Körperbau und Verhalten	90
9.1.2	Lebenszyklus	93
9.1.3	Systematik und Verbreitung in den Alpen.....	95
9.2	Praktische Erarbeitung.....	97
9.2.1	Richtiger Umgang mit lebenden Heuschrecken	97
9.2.2	Heuschrecken bestimmen	98
9.2.3	Quantitative Erfassung der Heuschreckenfauna	99
9.3	Literatur	102
9.3.1	Bücher	102
9.3.2	Wissenschaftliche Arbeiten	102
10	Edaphon - Bodenlebewesen	104
10.1	Allgemein	104
10.2	Praktische Erarbeitung.....	105
10.2.1	Untersuchung einer Sukzessionszone mittels Barberfallen	105

10.3	Literatur	109
10.3.1	Bücher	109
11	Botanik.....	110
11.1	Allgemein	110
11.2	Wald.....	112
11.2.1	Praktische Erarbeitung - Gradientenanalyse mittels Transekt.....	115
11.3	Windkante und Schneetälchen	118
11.3.1	Praktische Erarbeitung - Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET	121
11.3.2	Praktische Erarbeitung - Vegetationsstrukturmessung	123
11.3.3	Praktischer Erarbeitung - Pflanzenausstellung.....	126
11.4	Alpine Rasen.....	127
11.4.1	Praktische Erarbeitung - Phänologische Aufnahme nach DIERSCHKE (1972, 1989, 1994)	129
11.5	Literatur	131
11.5.1	Bücher	131
11.5.2	Wissenschaftliche Artikel	132
12	Zusammenstellung des Programmes	133
12.1	Mögliche Wochenplanung für Ende Mai/ Juni/ Juli.....	133
12.2	Übersichtstabelle Praktische Methoden – Orte	137
12.3	Übersichtstabelle - Praktische Methoden - Material	138
13	Abstract.....	141
14	Zusammenfassung.....	141
15	Glossar	142
16	Literaturverzeichnis.....	147
17	Abbildungsverzeichnis	157
18	Anhang.....	160

A Kärntnerin im Riffltal

Es is fruah, kält und es geht a damischer Wind
Fernglasl umghenkt, Rucksäck aufe, „Gema g’schwind!“
Vorbei ån Arnika, Hauswurz und Ålpendost
glei am Ånfong so steil, wås des Kråft kost’!

Åba hetz kimmt die Sun’ außa,
heast schon die Murmelen pfeifen
Und auf da ersten Kuppen,
muaßt schon des erste Mål zum Wåssa greifen

Hummel oda Schmetterling, wås soll i zerst fången?
Bis i do fertig bin, is die Gruppn ohne mi gånge
Muas man aufpassen, dåss an ka Kreizotta beißt
und aufe schaugn, ob a Stanådler kreist

Im Niedermoor is man dänn wieder g’schwind
Des Wollgrås schaukelt långsãm im Wind
I schaug ume zum Gepatsch und hupf über die Stana
die Zungen vom Gletscher werd a jed’s Jåhr klana

Jetzt nochmål steil aufe, I hoff, dåss I’s dageh
Oba oben klingeln schon die Ålpenglockerl ausn Schnee
Vorbei am Gletscherhåhnenfuß undn Säuerling, imma weiter
Des stolpern durch die Schutthaldn stimmt mi imma heiter

Und dänn stehst oben am See, blitzblau und gånz klår
Håbs gånz aufe gschåfft, is des wirklich wåhr?
I schaug åbe ins Tål, die Knia tuan bissl weh
Åba noch so an Tåg waß I, des Leben is sche’!

2 Einleitung und Allgemeines

2.1 Projekthintergrund

Die Idee für dieses Projekt wurde bei der Lehrveranstaltung „300496 EX Interdisziplinäre Exkursion LA-BU“ im Juli 2015 im Kaunertal geboren. Ich habe als Studentin an der Exkursion teilgenommen und anschließend im Wintersemester 2015/2016 die Vorlesung „300156 VO Biologie und Ökologie der Alpentiere“ besucht und die Idee entwickelt, eine Exkursionswoche in den Alpen für Schüler und Schülerinnen zu gestalten. Außerdem konnte ich als Tutorin der Lehrveranstaltung „300161 UE Interdisziplinäre Ökologische Übungen“ feststellen, dass die Alpen ein hervorragender „Lernort“ sind, da in keinem anderen mitteleuropäischen Lebensraum sich biologische Zusammenhänge so leicht erkennen lassen wie im Hochgebirge.

Das vorliegende Projekt ist das Ergebnis eineinhalbjähriger, intensiver Auseinandersetzung mit dieser Idee und soll die Basis für eine einwöchige Exkursionswoche für die Sekundarstufe I und II darstellen. Der Naturpark Kaunergrat hat zugestimmt das ausgearbeitete Material mit Schulklassen im Kaunertal anzuwenden. Behandelt werden vor allem zoologische Themen, die Schüler und Schülerinnen sollen im Laufe des Programmes diverse wissenschaftliche Methoden zur Datengewinnung kennenlernen und selbst durchführen.

2.2 Zielgruppe

Das gefertigte Programm ist für alle Schulstufen der Sekundarstufe einsetzbar. Es können je nach Modul Adaptionen erfolgen, um auf die Vorkenntnisse der Schüler und Schülerinnen, sowie den Lehrplan der jeweiligen Schulstufe Rücksicht zu nehmen. Die Klassengröße sollte möglichst 30 Personen nicht übersteigen, da ansonsten zu viele Kleingruppen gebildet werden müssen. Die Klasse wird für das gesamte Programm in Kleingruppen aufgeteilt und diese sollten eine Gruppengröße von 10 Personen nicht überschreiten, da das praktische Arbeiten im Feld ansonsten zu unübersichtlich wird.

Die Inhalte des Programmes decken verschiedenste Bereiche des derzeitigen Lehrplanes (Stand: Februar 2018) ab. In diesem ist für die Unter- als auch für die Oberstufe eine ähnliche Bildungs- und Lehraufgabe beschrieben, welche aussagt, dass positive Emotionen gegenüber der Natur vermittelt werden sollen. Außerdem sollen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen erworben werden und zentrale biologische Erkenntnisse über Zusammenhänge, Kreisläufe und Abhängigkeiten gewonnen werden. All diese Punkte werden im Zuge dieses Projektes geschult und verbessert.

Nun soll noch auf den Lehrplanbezug des Programmes für die unterschiedlichen Schulstufen genauer eingegangen werden. Laut Lehrplänen des Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Februar, 2018):

- 1. Klasse/ 5. Schulstufe: Es soll anhand ausgewählter einheimischer Vertreter aus dem Tier- und Pflanzenreich Bau und Funktion, sowie Zusammenhänge zwischen Bau, Lebensweise und Umwelt erarbeitet werden. Der Schwerpunkt liegt hier bei Blütenpflanzen und Wirbeltieren, sowie dem Ökosystem Wald. Außerdem soll, anhand von Vertretern, auf ökologische Grundbegriffe eingegangen werden. Dies ist durch die Module „Amphibien“, „Aves“, „Mammalia“ und „Botanik“ gewährleistet.
- 2. Klasse / 6. Schulstufe: Im Bereich „Tiere und Pflanzen“ sollen erneut anhand einheimischer Vertreter Zusammenhänge erläutert werden, nur wird in dieser Schulstufe auch mit Sporenpflanzen, Pilzen und Mikroorganismen gearbeitet. Es wird jedoch erneut ein vermehrtes Augenmerk auf das Ökosystem Wald gelegt, wodurch dieselben Module in Frage kommen wie in der 5. Schulstufe.
- 3. Klasse/ 7. Schulstufe: In dieser Schulstufe sind anhand des Ökosystems Boden ökologische Grundbegriffe zu erläutern, sowie das Zusammenwirken von belebter und unbelebter Natur und Umweltprobleme, deren Ursachen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Diese Bereiche werden konkret in den Modulen „Botanik“ und „Edaphon“ erarbeitet.
- 4. Klasse / 8. Schulstufe: In der 8. Schulstufe sollen die Schüler und Schülerinnen sich mit dem Thema Stadtökologie und einem Ökosystem einer anderen Region beschäftigen. Demzufolge könnte man die Hochgebirgsökologie genauer erarbeiten, wodurch alle Module dem Lehrplan entsprechen würden.
- 5. Klasse/ 9. Schulstufe: Es wird das Thema Biodiversität genauer behandelt und im Zuge dessen sollen Beispiele für Pflanzen und Tiere kennegelernt werden und ihre Anpassungen an unterschiedliche Standorte aufgezeigt werden. Diese Anpassungen sind besonders im Hochgebirge offensichtlich ausgebildet und das Thema Biodiversität lässt sich besonders in den Modulen „Aves“, „Bestäuber“, „Saltatoria“ und „Botanik“ adäquat erarbeiten.
- 6. Klasse/ 10. Schulstufe: Das Wissen über Ökosysteme und folgend die Begriffe Sukzession, Stoff- und Energiekreisläufe, Umweltfaktoren und Konvergenzerscheinungen sollen erarbeitet werden. Dies lässt sich anhand der Hochgebirgsökologie anschaulich darstellen, es ist das gesamte Programm für die Aufarbeitung dieser Themen passend.
- 7. Klasse/ 11. Schulstufe: In dieser Schulstufe wird Biologie nur an Realgymnasien und Oberstufenrealgymnasien unterrichtet. Das Programm lässt sich jedoch perfekt dafür einsetzen, den Schülern und Schülerinnen eine Einführung in das korrekte

naturwissenschaftliche Arbeiten zu geben und Anregungen für mögliche vorwissenschaftliche Arbeiten zu liefern.

Die Jugendlichen sollen vor allem eine Einführung in verschiedenste, zum Teil etwas vereinfachte, wissenschaftliche Methoden zur Datengewinnung erhalten. Dadurch können sie selbstständig arbeiten und werden darin geschult exakte Messungen, Zählungen oder ähnliches durchzuführen, um valide Daten zu erhalten. Dies ist ein Prozess welcher ihr Verständnis für die Naturwissenschaften generell verbessert und sich auch mit vielen anderen Fächern, wie Mathematik, Physik oder Chemie, sehr gut kombinieren lässt.

2.3 Aufbau des Programmes

Das ausgearbeitete Programm soll Material für eine fünftägige Exkursionswoche bieten. Die Schüler und Schülerinnen sollen in erster Linie Methoden der biologischen Feldarbeit kennenlernen und mit Hilfe dieser Methoden Schlüsse über die Hochgebirgsökologie ziehen. Es gibt zu jedem der acht Module einen ausführlichen Teil zur Einführung in das Thema, welcher entweder morgens in der Unterkunft, als Kurzreferat im Feld oder bereits als Vorbereitung in der Schule durch eine/n NaturparkmitarbeiterIn oder eine Lehrkraft erläutert werden soll. Diese Einführung ist bei der Angabe der Dauer der praktischen Anwendungen nicht mit eingerechnet.

Die 16 praktischen Anwendungen können ohne Einschränkungen je nach Witterung, Schulstufe, Jahreszeit und Interesse der Schüler und Schülerinnen kombiniert werden. Jedoch sollte die Gruppengröße bei den meisten Modulen eine Anzahl von 10 Personen nicht überschreiten. Dies ist jedoch bei jedem Modul extra angeführt und es handelt sich hierbei nur um eine Empfehlung.

Es werden sehr viele Daten erarbeitet, welche bei einer Nachbearbeitung in der Schule noch genauer beleuchtet, interpretiert und grafisch dargestellt werden können. Das Programm lässt sich sehr gut mit dem mathematischen Themenbereich „Beschreibende Statistik“ kombinieren, da sehr viele quantitative, metrische Daten erhoben werden, anhand welcher man die Grundbegriffe dieses Themenbereichs einführen oder wiederholen kann.

3 Relevanz der Freilanddidaktik

Die Freilanddidaktik oder „Outdoor education“ gewinnt in Europa und insbesondere in Skandinavien immer mehr an Bedeutung. Es gab bereits einige Untersuchungen zur Effektivität von Freilanddidaktik, in welchen ausschließlich positive Ergebnisse erzielt wurden und ein effizientes, nachhaltigeres Lernen, sowie besseres Ökologieverständnis durch die praktische, klassenraumferne Erfahrung in der Natur nachgewiesen wurde (Hamilton-Ekeke, 2007; Prokop, Tuncer, & Kvasnicák, 2007; Eaton, 1998). Zudem wurde auch das Interesse und Verständnis für Naturschutz und einen

nachhaltigen Lebensstil gefördert (Manzanal, Barreiro, & Jiménez, 1999; Mittelstaedt, Sanker, & Vanderveer, 1999). Lieberman & Hoody (1998) kamen bei einer Studie zu dem Ergebnis, dass Schüler und Schülerinnen nach integrierter Freilandarbeit in 92 % der Fälle eine höhere Lernmotivation und Lernleistung vor allem in den Bereichen Sprache, Sozialwissenschaften und Mathematik aufweisen.

Kontakt zur Natur ist für die psychische Entwicklung von Kindern und Jugendlichen von großer Bedeutung und ein Fehlen dieser Naturkontakte kann gravierende Auswirkungen auf die Persönlichkeitsentwicklung haben (Gebhard, 2005). Louv (2005) spricht in diesem Zusammenhang von „Nature-Deficit-Disorder“, dies beschreibt die wachsende Distanz von Kindern und Jugendlichen gegenüber der Natur. Kinder verbringen zunehmend Zeit innerhalb ihrer vier Wände oder nur in kontrollierten Umgebungen (Spielplätze, Parks etc.). Dadurch verlieren sie ihre Verbundenheit zur Natur, was diverse negative Konsequenzen nach sich zieht, wie Abgestumpftheit, auffällige Verhaltensweisen, Übergewicht, Stress, schlechte schulische Leistungen, Konzentrationsschwierigkeiten und generelles vermindertes emotionales und körperliches Wohlergehen.

Der Konstruktivismus dient derzeit den meisten PädagogInnen als lerntheoretische Grundlage, anhand welcher man Unterricht planen sollte. Der Konstruktivismus ist geprägt von der grundsätzlichen philosophischen Frage nach dem Zusammenhang von Wahrnehmung und Wissen. Der Radikale Konstruktivismus vertritt den Standpunkt, dass es keine vom Beobachter unabhängige Wirklichkeit gibt, sondern dass wir unsere Wirklichkeit selbst konstruieren. Dadurch müsste Wissen durch eine interne, subjektive Konstruktion von Ideen und Konzepten entstehen (Blumstengel, 1998). Erkenntnisse der Gehirnphysiologie unterstützen diese These indem sie aussagen, dass einfache Sinneswahrnehmungen wie Sehen und Hören keine Abbilder unserer Umwelt darstellen, sondern eine individuelle Konstruktion sind (Baumgartner & Payr, 1994) und die eigentliche Wahrnehmung findet nicht in den Sinnesorganen statt, sondern als Ergebnis kognitiver Prozesse in den mit den Sinnesorganen vernetzten Hirnregionen (Schmidt, 1992). Auf dieser Basis sollte eine Lernumgebung folgende Anforderungen erfüllen:

- Authentizität - eine authentische Lernumgebung ermöglicht den Umgang mit realen und komplexen Situationen
- Situierete Anwendungskontexte - Fragestellungen sollen in einen größeren Kontext eingebettet werden
- Multiple Perspektiven - dadurch können Lernende Inhalte unter variierenden Aspekten und unter verschiedenen Standpunkten betrachten
- Multiple Kontexte - das Wissen sollte nicht auf einen Kontext fixiert werden, dies führt zur Verbesserung der Transferleistung und zum flexiblen Umgang mit dem erworbenen Wissen

- Sozialer Kontext - Lernen findet in einem sozialen Raum statt, die Beziehungen zum Lehrenden als auch zu den MitschülerInnen beeinflussen den Lernerfolg (Retzlaff-Fürst, 2008)

All diese Aspekte werden im Zuge der Freilanddidaktik berücksichtigt und schaffen ideale Voraussetzungen für einen positiven Lernerfolg und effektive Lernerlebnisse. Besonders unter dem Blickwinkel des Konstruktivismus hat die Freilanddidaktik und das praktische, naturwissenschaftliche Arbeiten Relevanz und scheint eine ideale Form der effektvollen Wissensvermittlung darzustellen.

4 Amphibien – Lurche

4.1 Allgemein

Die Amphibien (griech. *Amphi* = beidseitig, *bios* = Leben) führen, wie der Name impliziert, ein „Doppelleben“, da sie Teile ihres Lebens im Wasser und Teile an Land verbringen. In der Morgen- und Abenddämmerung bzw. nachts oder bei regnerischem Wetter oder Nebel trifft man sie auch an Land an, da zu diesen Zeiten die Luftfeuchtigkeit höher ist und ihre nackte, drüsenreiche und glatte bis warzige Haut nicht austrocknet. Bei fast allen Arten erfolgt sowohl die Eiablage, als auch die Larvalentwicklung im Wasser. Außerdem sind die heimischen Lurche bei der Fortpflanzung, bis auf den Alpensalamander, an das Wasser gebunden.

Die Amphibien sind, wie auch die Reptilien, wechselwarme Tiere, d.h. dass ihre Körpertemperatur und ihre Aktivität von der Umgebungstemperatur abhängen. Sie bevorzugen jedoch deutlich niedrigere Temperaturen als Reptilien. Sinkt die Temperatur jedoch unter ein bestimmtes Minimum, beginnen die Lurche ihre Lebensfunktionen zu reduzieren und bei zu niedrigen Temperaturen leiten sie ihre **Winterruhe** ein. Dieser Fähigkeit haben sie es zu verdanken, dass sie überhaupt an einem klimatisch ungünstigen Standort, wie den Alpen, überleben können (Grüner, 2016). In Österreich konnten bisher 21 Amphibienarten festgestellt werden, wobei nur drei Arten über der Baumgrenze vorkommen (Gereben-Krenn, 2018).

4.2 Fortpflanzung und Entwicklung

Am Beginn des Fortpflanzungsprozesses steht für die meisten Amphibien die Wanderung zum Laichgewässer, hierbei können einige Vertreter bemerkenswerte Strecken zurücklegen. Zu den wanderfreudigsten Vertretern gehören der Laubfrosch (*Hyla arborea*, LINNAEUS, 1758) und die Erdkröte (*Bufo bufo*, LINNAEUS, 1758), welche bis zu 3 km zurücklegen können. Über das ganze Jahr verteilt pendeln Amphibien zwischen unterschiedlichen Teillebensräumen. Diese Wanderungen spielen eine wichtige Rolle um Inzuchteffekte innerhalb einer Population vorzubeugen und bringen, aufgrund des Aufeinandertreffens und der Fortpflanzung mit Individuen anderer Populationen, eine Durchmischung des **Genpools** mit sich (Glandt, 2016).

Die Paarung und Entwicklung der Jungtiere läuft nun auf unterschiedlichste Weise ab.

4.2.1 Froschlurche - Anura

Die Froschlurche senden hauptsächlich akustische Signale zur Partnersuche aus. Die meisten männlichen Vertreter der Frösche und Kröten, mit Ausnahme von Erdkröte (*Bufo bufo*), Springfrosch (*Rana dalmatina*, FITZINGER in BONAPARTE, 1838) und Tieflandunke (*Bombina bombina*, LINNAEUS, 1761/ *Bombina variegata*, LINNAEUS, 1758), besitzen Schallblasen und ihre Rufe können bis zu einem

Kilometer weit wahrgenommen werden. Es wird angenommen, dass die **Schallblasen** vor allem zur Ausbreitung der Schallwellen in alle Richtungen beitragen. Dass sie auch eine Verstärkerfunktion als Resonator ausüben, ist umstritten, kann jedoch angenommen werden (Glandt, 2016).

Am besten lässt sich die Fortpflanzung der Froschlurche anhand der Erdkröte (*Bufo bufo*) darstellen. Zuerst müssen sich die nachtaktiven Tiere auf Tagaktivität umstellen, beim Weibchen geschieht dies unter anderem durch die **Ovulation**. Anschließend beginnen die Männchen ihre Suche nach einem Weibchen. Wenn die Männchen ein Weibchen erreichen, lösen Berührungsreize auf der Brusthaut und an der Innenseite der Vordergliedmaßen den Klammerreflex beim Männchen aus. Normalerweise wird das Weibchen nun in der Achselgegend geklammert, es gibt jedoch auch Arten, welche im Lendenbereich klammern, wie zum Beispiel Schaufelfußkröten (Pelobatidae). Bei der Erdkröte liegt für gewöhnlich ein starker Männchenüberschuss vor, bei anderen Amphibienarten ist das Geschlechterverhältnis annähernd ausgeglichen. Bei der Erdkröte führt dies jedoch dazu, dass die Männchen sich zum Teil sogar an schwimmende Kleinsäuger, Fische oder Tierleichen klammern oder es zu anderen Fehlverpaarungen kommen kann. Es kann zudem vorkommen, dass ein Weibchen von mehreren Männchen umklammert wird und eventuell sogar ertrinkt (Abb. 1). Die Klammerung ist sehr kraftvoll, bei einigen Arten geben die muskulösen Vordergliedmaßen einen Hinweis darauf. Außerdem besitzen die Männchen sogenannte **Brunstschwielen**, um einen sicheren Sitz auf dem Weibchen zu



Abbildung 1 – Gelegentlich ertrinken männliche Tiere Weibchen beim Paarungsversuch

gewährleisten. Bei der Erdkröte befinden sich diese auf den ersten drei Fingern. Manche Arten besitzen jedoch auch Brunstschwielen an Ober- und Unterarmen, auf der Brust, oder nur am Daumen, wie die Braun- und Grünfrösche. Außerhalb der Paarungszeit sind diese Horngelbte etwas unscheinbarer und heller gefärbt. Nach dem erfolgreichen Umklammern des Weibchens, nimmt dieses eine Signalstellung ein indem es ein Hohlkreuz macht. Dies ist das Signal dafür, dass das Ablaichen beginnt und dies löst beim Männchen die Spermaabgabe aus. Die Eier werden also beim Austreten aus der Kloake befruchtet, das heißt, es handelt sich um eine äußere Befruchtung. Nun handelt es sich bei der Erdkröte um eine Laichschnur, welche nun an Wasserpflanzen angebracht wird, um eine bessere Sauerstoffversorgung zu erreichen. Bei Fröschen werden, wie auch bei den Unken, Laichballen abgesetzt.

Nun durchläuft das Ei eine vierstufige Entwicklung. Zuerst kommt es zur Furchung, also zu einer Zellteilung ohne Wachstum, anschließend zur Keimblattausbildung und danach zur Ausbildung der

Körpergrundgestalt und der Organanlagen. Am Ende kommt es zur Differenzierung der Organe und damit zum Ende der Embryonal- und Beginn der Larvenentwicklung.

Die Froschlurchlarven stoßen zur Auflösung der gallertigen Eihülle ein Enzym aus. Es schlüpfen beinlose Individuen, welche über einen Schwanz mit Flossensaum und äußere Kiemen verfügen. In Mundnähe befinden sich zusätzlich noch Haftorgane mit Drüsenkomplexen, welche ein Klebsekret absondern können. Dadurch können Larven an den alten Gallerthüllen oder an Pflanzenteilen haften. Dies ist charakteristisch für die sogenannte „Anheftungsphase“, in dieser öffnet sich auch das Larvenmaul und der After, der Schwanz wird länger und die Flossensäume werden breiter. Bereits nach kurzer Zeit können die Larven frei schwimmen und sich selbstständig von Detritus und Pflanzenmaterial ernähren, zuvor ernähren sie sich ausschließlich vom Dottervorrat. Für die selbstständige Ernährung bildet sich das typische Mundfeld der **Kaulquappe** mit „Hornkiefer“, „Lippenzähnnchen“ und Mundrandpapillen. Nun bilden sich die Haftorgane zurück, die Außenkiemen werden von einer Hautfalte, der sogenannten **Opercularfalte**, überwachsen und bleiben nur durch eine kleine Atemöffnung mit dem Umgebungswasser in Kontakt. Die Vorder- und Hintergliedmaßen entwickeln sich nahezu gleichzeitig, auch wenn man von außen zunächst nur die Ausbildung der Hintergliedmaßen verfolgen kann. Die Vordergliedmaßen entwickeln sich im Kiemenraum und durchbrechen diesen erst gegen Ende der Larvenentwicklung. Allgemein sind die wichtigsten Vorgänge der Metamorphose:

- Der Durchbruch der Vordergliedmaßen
- Die Rückbildung des Larvenschwanzes, welche durch Schilddrüsenhormone bedingt wird
- „Lippenzähnnchen“ und „Hornkiefer“ fallen aus
- Die Bildung des breiten „Froschmauls“ und der Zunge
- Der Verdauungskanal bildet sich aus (die Larven besitzen keinen Magen)
- Die Kiemen werden zurückgebildet und die Lungen ausgebildet
- Es finden Umbildungen am Auge statt, zum Beispiel die Ausbildung von Augenlidern
- Der Übergang zum Landleben und somit zu einer völlig anderen Lebensweise

Natürlich sind die Embryonal- und Larvenentwicklungsdauer art- und umweltabhängig (Nöllert & Nöllert, 1992).

4.2.2 Molche

Die männlichen Molche erscheinen zum Paarungsort in ihrem „Hochzeitskleid“, auch **Wassertracht** genannt und setzen auf optische Signale. Es kann beim Männchen zu einer Kammausbildung und zum Auftreten von bunten Färbungen der Flanken und des Bauches kommen, diese Variationen sind artspezifisch. Zusätzlich werden von den Molchen in ihren Laichgewässern auch noch Duftstoffe

verteilt, auch dies dient zur schnellen Partnerfindung (Glandt, 2016). Das Balzverhalten ist besonders für den Teichmolch (*Lissotriton vulgaris*, LINNAEUS, 1758) sehr gut untersucht. Die Männchen hinterlassen Duftmarken, welche von den Weibchen wahrgenommen werden und diese setzen daraufhin selbst Duftstoffe frei. Wenn sich nun ein Männchen nähert, beschnuppert es das Weibchen, vor allem in der Kloakengegend. Somit überprüft er, ob das andere Tier eines der eigenen Art ist und ob es sich auch wirklich um ein Weibchen handelt, anschließend beginnt eine lebhaftes Verfolgung. Nach einer langwierigen und mehrstufigen Balz gibt das Männchen schließlich eine **Spermatophore** (Spermienpaket) ab, welche das Weibchen anschließend mit ihrer Kloakenöffnung aufnimmt. Somit handelt es sich bei den Molchen um innere Befruchtung. Diese Art der Spermatophorenübertragung ist jedoch nur in 43 % der Fälle erfolgreich (Halliday, 1974).

Die befruchteten Eier werden anschließend vom Weibchen einzeln auf Blättern von Wasserpflanzen abgelegt und eingefaltet. Auf diese Art und Weise können von den Weibchen bis zu mehrere Hundert „Blatttaschen“ gefertigt werden. Nun spielt sich in den Eiern die Embryonalentwicklung ab. Nach verschiedenen Furchungsstadien entwickelt sich eine junge, seitlich gekrümmte, schlupffreie Larve mit zwei entwickelten Vorderbeinen. Die geschlüpften Larven leben rein aquatisch, sind räuberisch und atmen ausschließlich über ihre Kiemen, welche sich in Form von drei Kiemenästen beidseitig am Kopf befinden. Davor sitzt zusätzlich je ein fadenförmiger Anhang, welcher als „Balancer“ bezeichnet wird und an dessen Spitze sich Haftorgane befinden. Die „Balancer“ werden als Erstes wieder zurückgebildet und bald entwickeln sich die Hinterbeine (Nöllert & Nöllert, 1992). Bei der Metamorphose bilden sich die Kiemen zurück, zu dieser Zeit sind die inneren Lungen bereits völlig ausgebildet. Die Hautsäume des Schwanzes verschwinden und er wird kräftiger und die allgemeine Färbung der Oberseite der Tiere verdunkelt sich noch etwas. Nun sind die Tiere bereit, das Wasser zu verlassen und ein nachtaktives Leben an Land zu verbringen, bis sie nach Eintreten ihrer Geschlechtsreife wieder ins Laichgewässer zurückkehren um sich selbst fortzupflanzen (Glandt, 2016).

4.2.3 Salamander

Die Balz und Paarung der Salamander findet an Land und meist nachts statt und ist deshalb schwieriger zu beobachten als die Froschlurch- oder Molchpaarung. Auch rein äußerlich verändern sich die Salamander während der Paarungszeit kaum, die Männchen sind ausschließlich an der etwas vorgewölbten Kloakenregion zu erkennen und selbst dies benötigt ein geschultes Auge. Die Paarung erfolgt bei beiden in Österreich heimischen Salamanderarten, dem Feuersalamander (*Salamandra salamandra*, LINNAEUS, 1758) und dem Alpensalamander (*Salamandra atra*, LAURENTI, 1768) sehr ähnlich. Trifft ein Männchen auf ein Weibchen, verfolgt es dieses und drückt dem Weibchen seinen nach unten gerichteten Kopf gegen den Körper und reibt seine Nasenlöcher an

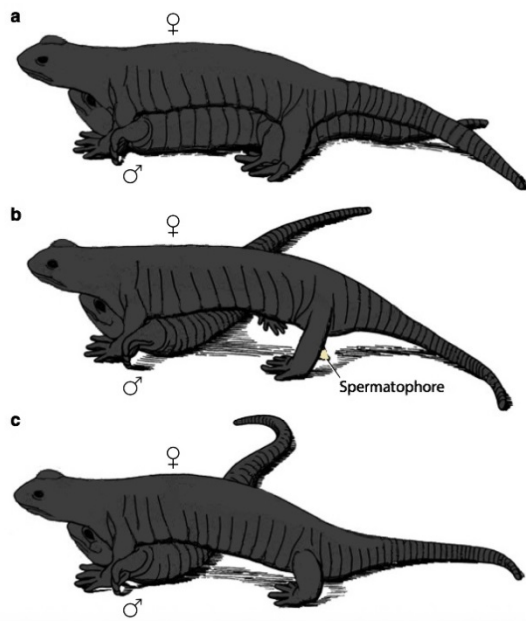


Abbildung 2 - Paarung des Alpensalamanders
(adaptiert aus Glandt, 2016)

dessen Haut, auf diese Art und Weise wird vermutlich überprüft, ob es sich um ein Weibchen der eigenen Art handelt. Nach dieser Prüfung kriecht das Männchen von hinten unter das Weibchen bis ihre Köpfe in etwa aufeinanderliegen (Abb. 2 - a). Nun kommt es zu einem sogenannten „Schwanzwurzelreiben“, bei welchem das Männchen mit der Oberseite seiner Schwanzwurzel die Kloakengegend des Weibchens reibt bis das Weibchen ebenfalls Hin- und Herbewegungen mit der hinteren Körperpartei ausführt. Jetzt setzt das Männchen eine Spermatophore (Abb. 2 - b) auf den Boden ab und nun ist Schnelligkeit gefragt, da das Samenpaket sehr empfindlich gegenüber

Wasserverlust ist. Das Männchen klappt nun sein hinteres Körperende zur Seite und jetzt kann das Weibchen ihre Kloakenöffnung über den Samenträger stülpen (Abb. 2 - c) und die Spermatophore aufnehmen. Auch bei den Salamandern kommt es zu einer inneren Befruchtung.

Bei den Salamandern kommt es zu keiner Eiablage, sondern die Nachkommen werden entweder im Larvenstadium in einen kleinen Waldbach abgesetzt, wie es beim Feuersalamander der Fall ist, oder die Jungtiere durchleben im Mutterleib ihr Larvenstadium und kommen voll entwickelt zur Welt, wie beim Alpensalamander (Glandt, 2016). Hierbei spricht man von der sogenannten **Viviparie** und darauf wird bei der detaillierten Auseinandersetzung mit dem Alpensalamander nochmals genauer eingegangen.

4.3 Vertreter im Untersuchungsgebiet Kaunertal

In der Klasse der Amphibien kommen in den Alpen sowohl geschwänzte, also Salamander und Molche, als auch schwanzlose, also Frösche und Kröten, vor. Die Molche sind fast jederzeit an das Leben im Wasser gebunden, dies zeigt auch ihr seitlich zusammengedrückter und als Ruder einsetzbarer Schwanz. Die Salamander hingegen sind, zumindest für Lurchverhältnisse, weitgehend vom Wasser unabhängig geworden, sie weisen einen drehrunden Schwanz auf. Bei den Froschlurchen, wie zum Beispiel bei der Erdkröte oder dem Grasfrosch, wird der Schwanz im Zuge der Metamorphose komplett zurückgebildet (Walde, 1936).

4.3.1 Bergmolch - *Ichtyosaura alpestris* (LAURENTI, 1768)

Beschreibung: Nach Glandt (2015) ist der Bergmolch ein mittelgroßer Molch mit oftmals leicht blau gefärbter Oberseite. In der Landtracht ist er unscheinbarer, mit tiefblauer bis schwarzer, trockener, samtartiger und nicht glänzender Haut. Die Unterseite ist charakteristisch leuchtend orangerot, der Bauch ist meist ungefleckt und die



Abbildung 3 - Ober- und Unterseite des Bergmolchs in der Wassertracht (bereitgestellt von Erich Draganits)

Kehle einfarbig oder spärlich gefleckt. Die Männchen werden ca. 9 cm groß und haben in der Wassertracht an den Kopfseiten und Flanken auf weißlichem Untergrund unregelmäßige schwarze Flecken und darunter ein himmelblaues Längsband. In der Paarungszeit haben sie einen niedrigen Hautsaum auf dem Rücken, der abwechselnd gelb oder weißlich und schwarz gefleckt ist und die Kloakenregion ist bohnenförmig und zum Teil dunkel gefleckt. Die Weibchen werden bis zu 12 cm lang und sind oberseits blaugrau mit einem Netzmuster. Sie haben zu keiner Zeit einen Hautsaum und die Kloakenregion ist stempelförmig und hellorange. Die Jungtiere sind oberseits schwarzblau, dunkel und haben oft einen orange-rötlichen Mittelstreifen im Nacken und auf der vorderen Körperhälfte (Glandt, 2015).

Verwechslungsart: *Alpensalamander* (*Salamandra atra*): dunkle Individuen in ihrer Landtracht können mit dem Alpensalamander verwechselt werden. Der Alpensalamander hat jedoch lackschwarze und vor allem glänzende Haut, einen drehrunden (und nicht seitlich abgeflachten) Schwanz und eine schwarze Bauchseite (Nöllert & Nöllert, 1992).

Verbreitung und Lebensraum:

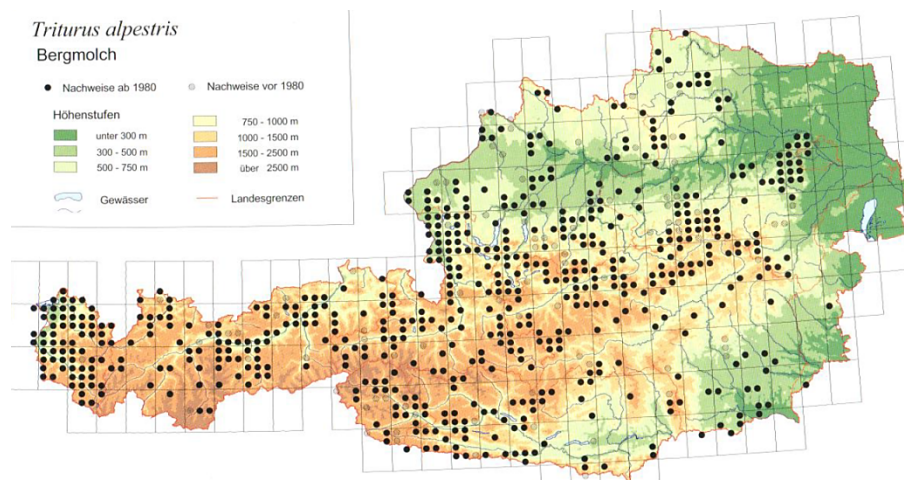


Abbildung 4 - Verbreitung des Bergmolches in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)

In Österreich kommt der Bergmolch in allen Bundesländern vor, vor allem jedoch im Alpen- und Voralpenraum und im nördlichen Granithochland. Besonders häufig ist er in einer Seehöhe von 1300 bis 2100 m, es gab jedoch Funde bis etwa 2500 m, unter 600 m sind Funde eher selten (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Er kann unterschiedlichste Lebensräume besiedeln, wie Wälder oder auch halboffene bis offene Landschaften, zum Beispiel mit Hecken durchsetzte Grünlandgebiete. Auch bei der Wahl eines Laichgewässers ist die Art sehr flexibel bis anspruchslos. Den Bergmolch findet man in Pfützen, wassergefüllten Wagenspuren, Wildschwein- und Rothirschuhlen, Weihern, Teichen bis hin zu kleineren Seen oder in Gräben. Auch die Gewässer können im Voll- oder Halbschatten als auch sonnenexponiert liegen und pflanzenfrei oder dicht verkrautet sein (Glandt, 2015). Vor allem im Hochgebirge sind die Gewässer bevorzugt der vollen Besonnung ausgesetzt.

An Land findet man das Tier unter morschem Holz, größeren Steinen, in Nagerbauten oder im Wurzelbereich von Bäumen versteckt, wo er auch nicht selten überwintert.

In Mitteleuropa ist der Bergmolch mit fast allen anderen Amphibienarten vergesellschaftet. Im Hochgebirge kommt er jedoch vermehrt allein oder gemeinsam mit dem Grasfrosch (*Rana temporaria*) und dem Alpensalamander (*Salamandra atra*) vor (Nöllert & Nöllert, 1992).

Lebensweise: Der Bergmolch wandert im Tiefland zum Teil bereits Ende Februar zu seinem Laichgewässer, im Hochgebirge kann sich das Einwandern bis in den Juni verschieben, ist jedoch immer gleich nach der Schneeschmelze zu beobachten. Das Geschlechterverhältnis wurde von Faber (1996) in Kleinstgewässern untersucht und es ergab sich, dass die Männchen zu Beginn und Ende der aquatischen Phase und die Weibchen während der Paarungs- und Laichzeit in der Überzahl waren. Man kann jedoch generell sagen, dass mehr Weibchen in den Kleinstgewässern vorkommen als Männchen. Das durchschnittliche Verhältnis von 50 ausgewerteten Kleinstgewässern im Toten Gebirge in der Obersteiermark betrug 1 : 1,45 (Männchen : Weibchen) (Faber, 1996).

Das typische Balzverhalten ähnelt dem oben bereits beschriebenen Teichmolch (*Lissotriton vulgaris*). Die Weibchen legen, meist nachts, 70 bis 390 Eier ab (Glandt, 2015). Die Eier sind oberseits hell bis beigebräunlich und messen im Durchmesser zwischen 1,3 bis 1,8 mm, außerdem ist auffällig, dass die umgebenden Gallerthüllen bei Molchen eher oval und nicht wie bei Froschlurchen rund sind. Nach etwa 14 bis 30 Tagen ist die Embryonalentwicklung abgeschlossen und die Larven schlüpfen mit einer Länge zwischen 7 bis 10 mm. Vor Abschluss der Metamorphose, zwischen Ende August bis September, können sie Längen von 50 mm, bis seltener 80 mm erreichen. Die Tiere können auch im Larvenstadium überwintern, falls die Metamorphose vor Einbruch des Winters nicht vollendet werden kann. Es gibt auch Berichte über verschiedene Formen der **Neotenie** - hierbei gibt es ganze

Populationen, die nur aus fortpflanzungsfähigen Larven bestehen. Nach einer normalen Entwicklung, inklusive vollständiger Metamorphose, verbringen die Molche zwei bis drei Jahre meist an Land und werden dann geschlechtsreif und suchen ein Laichgewässer auf. Die Tiere können ein Alter von bis zu 20 Jahren erreichen (Nöllert & Nöllert, 1992).

Der Bergmolch ernährt sich von Wasserinsekten und deren Larven, kleineren Krebsen, Wasserschnecken, ins Wasser gefallenem Raupen oder Käfern und von Froschlaich und Kaulquappen. Er selbst wird Beute der Wasserspitzmäuse, verschiedener Vögel, wie Graureiher oder Forellen (Glandt, 2015).

Gefährdung und Schutz: Der Bergmolch gehört im Großteil der von ihm besiedelten Areale zur häufigsten Amphibienart, gilt jedoch laut Roter Liste Österreich als gefährdet (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001). Eine Gefährdung der Bestände ergibt sich durch Verschmutzung oder Zuschütten kleinerer Gewässer, durch Fischbesatzmaßnahmen, vor allem in sonst naturbelassenen Alpenseen oder durch Straßentod. Hierbei ist insbesondere der Schutz von Kleingewässern, extensiv genutztem Grünland, Hecken und naturnahen Laubwäldern von Bedeutung und Vermüllung der Landschaft und Fischbesatzmaßnahmen sollten vermieden werden (Glandt, 2015).

4.3.2 Alpensalamander - *Salamandra atra* (LAURENTI, 1768)

Beschreibung: Der Alpensalamander ist ein schlanker, lack- oder braunschwarz gefärbter Landsalamander. Er hat auffällig große Ohrdrüsen und beiderseits der Rückenmitte, sowie entlang der Rückenseiten Reihen von halbkugelförmigen, mit Drüsenöffnungen versehene Wärzchen (Glandt, 2015). Außerdem ist der Rumpf durch 11 bis 13 Rippenfurchen segmentiert und der Schwanz



Abbildung 5 - Alpensalamander (bereitgestellt von Attila Kabori)

ist im Querschnitt beinahe viereckig und endet spitz. Die Männchen erreichen eine Gesamtlänge von etwa 144 mm und ihre Kloake ist etwas stärker gewölbt als die der Weibchen. Die Weibchen sind etwas größer und werden bis zu 151 mm lang (Nöllert & Nöllert, 1992).

Verwechslungsarten: Bergmolch (*Ichthyosaura alpestris*) (Nöllert & Nöllert, 1992): siehe „Bergmolch-Verwechslungsarten“

Verbreitung und Lebensraum:

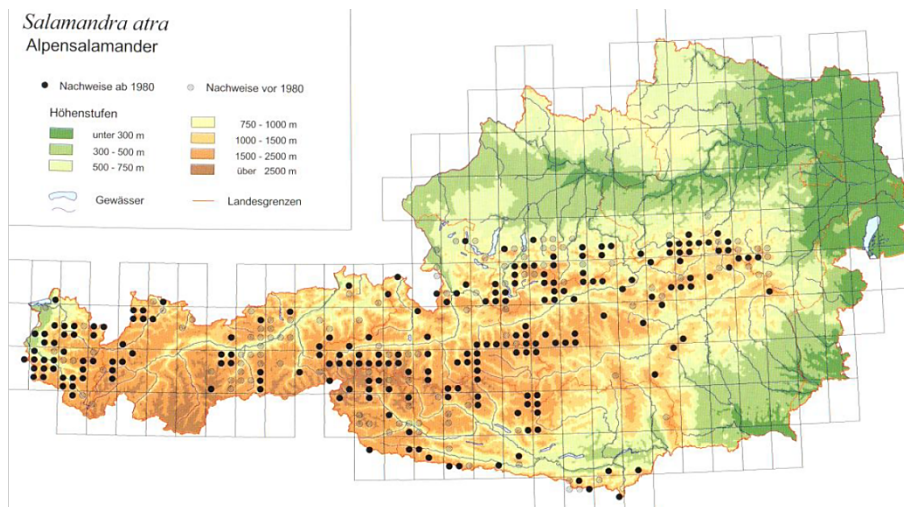


Abbildung 6 - Verbreitung des Alpensalamanders in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)

Laut Cabela, Grillitsch, & Tiedemann (2001) ist der Alpensalamander in Österreich in Vorarlberg und Tirol verbreitet und tritt in Salzburg, Kärnten, der Steiermark und Nieder- und Oberösterreich regional auf. Im Burgenland und in Wien gibt es keine Nachweise für ein Vorkommen. Hauptsächlich kommt die Spezies in mittelmontanen und darüber liegenden Höhenstufen vor, zwischen 900 und 2100 m ist die Bestandsdichte am höchsten.

Im Alpenvorland bewohnt der Salamander lichte, montane Buchenwälder, Laubmisch- und Mischwälder. Oberhalb der Waldgrenze lebt das Tier auf Alpweiden und Zwergstrauchheiden und dringt zum Teil bis in die Felsflur vor (Nöllert & Nöllert, 1992). Der höchste Fund stammt aus der Reißbeckgruppe in Kärnten und war auf 2450 m (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Typische Tagesverstecke sind Hohlräume-schaffende Steinplatten, Felsspalten, totes Holz oder Kleinsäugerbauten. Diese Verstecke werden vielfach auch als Winterquartiere genutzt, in ihnen herrschen auch im Sommer tagsüber Temperaturen von 5 bis 13° C (Nöllert & Nöllert, 1992).

Lebensweise: Die Aktivitätsperiode des Alpensalamanders schwankt je nach Höhenlage zwischen nur 4 bis 6 Monaten, von Mai bis September. Doch auch im Sommer ist das Tier, aufgrund seines hohen Feuchtigkeitsbedarfs und der Windempfindlichkeit nur wenige Stunden, meist zwischen 3 und 8 Uhr morgens, aktiv. Jedoch kann man nach starken Regengüssen zum Teil massenhaftes Auftreten der Tiere beobachten.

Beim Alpensalamander ist vor allem die Fortpflanzung und Entwicklung interessant. Die Paarung läuft wie beim bereits oben beschriebenen Feuersalamander ab, doch die Embryonal- und Larvenentwicklung, sowie die Metamorphose der Jungtiere findet vollständig im Mutterleib statt und die Tiere werden vollentwickelt geboren, wodurch das Tier bei seiner Fortpflanzung völlig

unabhängig vom Wasser ist. Diese **Viviparie** wird oft als Anpassung an den Lebensraum Hochgebirge mit seinen zu kalten Gewässern gedeutet. Die Entwicklungsdauer ist höhenabhängig und dauert unterhalb von 1000 m zwei Jahre, zwischen 1400 und 1700 m drei Jahre und in höheren Lagen wahrscheinlich sogar vier Jahre (Glandt, 2015). Dies ist die längste bekannte Schwangerschaft im Tierreich. Und dies ist möglich, da sich normalerweise in jedem der zwei Uteri nur ein einziger, am Ende etwa 40 bis 50 mm langer, Jungsalamander entwickelt. Zunächst erfolgt die Ernährung im Mutterleib von der Dottermasse der Eizelle, dann vom Dotterbrei der unbefruchteten Eier und zuletzt produziert ein spezifisches Gewebe im Übergangsbereich zwischen Eileiter und Uterus ein zelluläres Material, das den Larven als Nahrung dient. Zur Atmung im Mutterleib, haben die Larven große, rote, äußere Kiemenäste ausgebildet (Nöllert & Nöllert, 1992). Nach der Geburt erreichen die Tiere im Alter von 2 bis 4 Jahren die Geschlechtsreife und können mindestens 15 und vielleicht sogar bis zu 20 Jahre alt werden.

Die Tiere ernähren sich hauptsächlich von Käfern und deren Larven, Spinnentieren, Springschwänzen, Eintagsfliegen, Schmetterlingen, Ameisen, Asseln, Spinnen, Regenwürmern, Schnecken und anderen Kleintieren. Und sie werden zur Beute der Rabenvögel, wie Elstern, Kolkraben, Eichelhäher und Alpendohlen, sowie der Kreuzottern, Ringelnattern und Igel (Glandt, 2015).

Gefährdung und Schutz: Beim Alpensalamander ist in Österreich nicht von einer starken Gefährdung zu sprechen. Bei dieser Art geht es vor allem darum, die Alpen als einzigartigen Lebensraum zu schützen und die Populationen in diesem Gebiet somit auch weiterhin zu erhalten (Nöllert & Nöllert, 1992).

4.3.3 Grasfrosch - *Rana temporaria* (LINNAEUS, 1758)

Beschreibung: Der Grasfrosch gehört zu den Braunfröschen, d.h. ein dunkler Schläfenfleck ist für gewöhnlich ein gutes Unterscheidungsmerkmal zu den Grünfröschen. *Rana temporaria* ist ein eher plump wirkender, großer Frosch mit einem stumpf-gerundetem Kopf. Er kann in seiner Färbung sehr stark variieren, sein Farbenspektrum geht oberseits von bräunlich, graubraun, rötlichbraun, bis hin zu schmutzig-olivgrün und er weist meist dunkle, schwarzbraune Flecken auf, welche ihn recht bunt erscheinen lassen. Laut Nöllert et al.



Abbildung 7 – Grasfrosch - *Rana temporaria* (bereitgestellt von Paulus Leidinger)

(2001) treten schwarze Flecken vor allem bei Populationen im Gebirge vermehrt auf. Manchmal tritt auch ein heller Rückenstreifen auf, welcher im Bereich der Vorderbeinansätze beginnt und sich bis zum Körperende zieht. Die Männchen sind unterseits meist dunkelgrau gefleckt oder marmoriert und besitzen an den Daumen auffällige Brunstschwielen, welche sich zur Paarungszeit dunkel verfärben.

Außerdem ist die Kehle zur Paarungszeit bei einigen männlichen Individuen bläulich verfärbt. Die Rufe der Tiere sind eher leise, da sie ihre Schallblasen nicht ausstülpen können. Dadurch klingen sie eher knurrend, brummend oder summend, dies erinnert fast an ein vorüberfliegendes Kleinflugzeug. Die Weibchen sind auf der Bauchseite gelblich, oft mit rötlichen Flecken oder Marmorierung. In der Paarungszeit weisen sie oft einen sogenannten „Laichausschlag“ auf, welcher als feine, weißliche „Pickel“ auf Flanken und Hinterbeinen sichtbar ist (Glandt, 2015).

Verbreitung und Lebensraum:

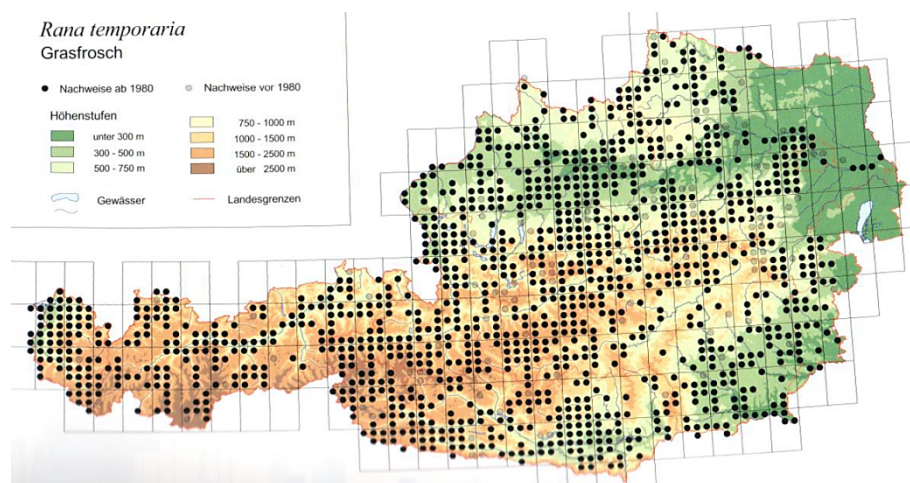


Abbildung 8 - Verbreitung des Grasfrosches in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)

Die Erhebungen von Cabela et al. (2001) haben ergeben, dass der Grasfrosch im Westen Österreichs vom Tiefland bis ins Gebirge verbreitet ist und im Osten, also in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland regional auftritt. Somit besiedelt er alle Landesteile bis auf die östlichen Flach- und Beckenlagen und man kann seine Verbreitung als außerpannonisch beschreiben. Auch die vertikale Verbreitung zeigt, dass es sich um eine **euryöke** Art handelt. Der tiefste Fund stammt aus den Donauauen auf 140 m und der höchste Fund stammt aus dem Nationalpark Hohe Tauern auf 2900 m. Oberhalb von 600 m und bis 1000 m ist die Bestandsdichte am höchsten.

Die Tiere besiedeln fast alle klimatischen Bereiche, jedoch werden kühle und schattige Biotope bevorzugt. In exponierten Lagen im Hochgebirge oder während sommerlicher Hitzeperioden sitzt er gerne, ähnlich den Wasserfröschen, am Ufer von Gewässern und flüchtet bei Störungen ins Wasser. Er besiedelt im Allgemeinen die diversesten Lebensräume, wie Niedermoorgewässer, die Verlandungsbereiche von Seen, schattige Waldgewässer und Teiche, sowie ruhige Fließgewässer, Fahrspurrinnen, Gräben oder sogar Pfützen und im Gebirge Schmelzwassertümpel. An Land bevorzugt er dichte Vegetation, außerdem ist er zum Teil in Höhlen oder Stollen zu finden, wo er auch gerne überwintert. Er kann jedoch auch im Gewässer überwintern, zu diesem Zweck sucht er gerne sauerstoffreiche Quelltöpfe auf (Nöllert & Nöllert, 1992).

Lebensweise: Die Aktivitätszeit von *Rana temporaria* unterscheidet sich je nach Höhenlage, er gilt jedoch generell als Früh- und **Explosivlaicher**. Normalerweise beginnt die Wanderung zum Laichgewässer zwischen Mitte Februar und Mitte April und Mitte März bis Ende April wandern die Tiere in ihre Sommerlebensräume. Bei der Paarung werden die Weibchen in den Achseln geklammert und setzen ein bis zwei Laichballen zu je 700 bis 4500 Eiern ab. Das Laichgewicht kann bei den Weibchen zwischen 20 und 50 % ihres Eigengewichts betragen. Die Eier werden bevorzugt in 5 bis 30 cm Wassertiefe abgelegt und haben einzeln einen Durchmesser zwischen 1,7 - 2,8 mm und sind oberseits braun-schwarz gefärbt. Normalerweise dauert die Embryonalentwicklung zwischen 10 und 14 Tagen, kann aber bei kühleren Temperaturen und im Gebirge auch bis zu 4 Wochen dauern und die Laichballen können sogar kurzzeitiges Einfrieren erdulden. Die geschlüpften Larven sind etwa 6 bis 9 mm lang und erreichen vor der Metamorphose eine Länge von 46 mm. Auch beim Grasfrosch kann es dazu kommen, dass die Larven überwintern, und im Zuge dessen kann es zur Entwicklung von „Riesenlarven“ mit einer Länge von bis zu 70 mm kommen. Der Zeitpunkt der abgeschlossenen Metamorphose variiert je nach Jahr und ist populationspezifisch starken Schwankungen unterworfen. Allgemein sollte die Metamorphose zwischen Mitte Juni und Mitte Oktober abgeschlossen sein und die Jungfrösche weisen dann eine Kopf-Rumpf-Länge von 10 bis 16 mm auf. Die Frösche erreichen mit einer Größe von ca. 50 mm ihre Geschlechtsreife. Generell kann man davon ausgehen, dass Tiere, die größer als 65 mm sind, wahrscheinlich bereits ca. 3 Jahre alt sind und mit Sicherheit geschlechtsreif sind. Wahrscheinlich können die Tiere 10 Jahre und älter werden (Nöllert & Nöllert, 1992).

Als Nahrung dienen den adulten Tieren Käfer, Heuschrecken, Spinnen, Asseln, Schnecken und andere Kleintiere und die Larven ernähren sich zum einen von Algen und pflanzlichen Material, aber auch von kleinen Urtierchen oder abgestorbenen Tieren im Wasser.

Der Grasfrosch dient auch zahlreichen Tieren als Beute, wie etwa verschiedensten Vögeln, unter anderem den Reiher, Störchen oder auch Greifvögeln, außerdem Ringelnattern, Iltissen, Wildschweinen oder Wanderratten. Kaulquappen werden von räuberischen Wasserinsekten oder kleineren Vögeln gefressen und Jungtiere fallen oft Krähen, Spitzmäusen oder anderen kleinen Säugern zum Opfer (Glandt, 2015).

Gefährdung und Schutz: Generell zählt der Grasfrosch zu den häufigsten Amphibien in Österreich, der vor allem im Gebirge Großpopulationen bilden kann. Dennoch ist der Bestand in den letzten Jahren zurückgegangen und die Lebensräume der Tiere sind durchaus schützenswert. Viele Tiere sterben während ihrer Wanderung auf der Straße, oder durch plötzlichen Fischbesatz in ihren Laichgewässern, aber auch durch Pestizide. Aus diesem Grund sollten kleine Stillgewässer gepflegt und erhalten werden, Landlebensräume extensiver genutzt werden, zum Beispiel durch geringere

Viehichten oder Brachflächen und die Zahl der Straßentoten durch Leitzäune, Kleintierdurchlässe und Grünbrücken reduziert werden (Glandt, 2015).

4.4 Praktische Erarbeitung

Wichtige Hinweise zum Umgang und Fang lebender Amphibien:

- Man sollte im Vorhinein darüber aufklären, welche Tiere ständig auf Wasser angewiesen sind (Amphibienlarven) und welche Tiere nicht (Salamander und Molche in der Landtracht nicht in ein mit Wasser gefülltes Gefäß setzen)
- Wenn man ein Tier findet, nimmt man es vorsichtig auf.
- Man fasst Amphibien immer mit nassen/ feuchten Händen an und nimmt sie nicht zu fest in die Hand. Der Schweiß auf unserer Haut ist für die Tiere nicht verträglich und wir wollen sie vor dem Austrocknen schützen.
- Wenn man Tiere in die Hand nimmt, bleibt man am besten in der Hocke, um einen Sturz des Tieres aus zu großer Höhe zu vermeiden.
- Schwanzlurche können auf die flache Hand gesetzt werden - mit der zweiten Hand verhindert man das Herunterfallen der Tiere.
- Bei Froschlurchen umfasst man mit Daumen und Zeigefinger locker den Hinterleib und die Oberschenkel (Abb. 9) des Tieres (nicht zu weit hinten - ansonsten versucht das Tier wegzuspringen und kann sich verletzen), oder man fasst die Tiere in der Achsel des Vorderbeines.
- Generell gilt - zu viel Druck- und Wärmeeinwirkung durch unseren Griff kann zur Austrocknung der Tiere und temporären Bewegungseinschränkungen führen (Nöllert & Nöllert, 1992)!
- Nach dem Berühren von Amphibien sollte man sich die Hände waschen!

Diese Hinweise sollten den Schüler und Schülerinnen vor Beginn der Aktion genau erläutert werden, um einen sorgsamen und artgerechten Umgang mit den Tieren zu gewährleisten. Außerdem sollte rund um ein Gewässer auch darauf geachtet werden nicht auf Tiere zu treten und auf den Boden zu schauen. Es sollen durch die Arbeit im Freiland möglichst keine Tiere zu Schaden kommen.



Abbildung 9 - Richtige Fixierung eines Froschlurches
(bereitgestellt von Andreas Hattenberger)

4.4.1 Aufsammlung verschiedener Entwicklungsstadien von *Rana temporaria*

Lernziele: - Lernen des richtigen Umganges mit Amphibien und Aufbau einer emotionalen Bindung zu den Tieren - Verantwortungsvoll mit empfindlichen Lebewesen umgehen lernen - Die Entwicklung von Froschlurchen kennenlernen - Zusammenhänge zwischen Körperbau und Anpassung von Amphibien an ihren Lebensraum erkennen - Amphibien in ihrem natürlichen Lebensraum kennenlernen	
Gruppengröße: 8 bis 12 SchülerInnen	Dauer ca.: 60 Minuten
Mögliche Standorte: - Gletschervorfeld Fernergrieß - Seeles See - Riffeltal	Material: - Kescher - Joghurtbecher oder Schraubgläser zur kurzzeitigen Aufbewahrung der Tiere (vor allem der Kaulquappen) - Lineal - ggf. eine kleine weiße Plastikwanne
Besonderheiten/ Anpassungen: Unterstufe: für die Unterstufe können zwei Gruppen gebildet werden und die Tiere können nur in Kaulquappen und Tiere mit vier Beinen (mit und ohne postanal Schwanz) unterteilt werden. Interessierten Klassen ist jedoch auch eine Teilung in vier Gruppen zuzutragen.	

Im Gebirge können fast den ganzen Sommer über alle Entwicklungsstadien des Grasfrosches gefunden werden. Die Metamorphose einer Kaulquappe zu einem adulten Frosch ist ein sehr beeindruckendes Naturerlebnis, das einige Schüler und Schülerinnen vielleicht noch nicht kennengelernt haben. Bei dieser Aktion geht es vor allem darum, Veränderungen der morphologischen Strukturen und dadurch eventuelle Lebensraumansprüche zu erkennen und es wird hierbei keine wissenschaftliche Methode vermittelt.

Durchführung

Es ist zu empfehlen eine Vorexkursion zum Amphibiengewässer zu unternehmen, um sicher zu gehen, dass sowohl junge, als auch bereits weiterentwickelte Kaulquappen auffindbar sind.

Den Schüler und Schülerinnen wird eine kurze theoretische Einführung zum Thema Amphibien und ihrer teils wasserabhängigen Entwicklung gegeben, wobei auf den Grasfrosch genauer eingegangen wird. Generell sollte auf die Entnahme von Laich verzichtet werden und dieser, falls überhaupt vorhanden, im Gewässer verbleibend betrachtet werden. Außerdem sollte man darauf achten, dass Tiere in Schraubgläsern nicht der prallen Sonne ausgesetzt sind.

Zum Fang der Tiere werden die Schüler und Schülerinnen am besten in 4 Gruppen eingeteilt:

- **Kaulquappen 1:** Gruppe konzentriert sich auf den Fang von **Kaulquappen**, bei welchen die **Vorderbeine noch nicht sichtbar** sind
- **Kaulquappen 2:** Gruppe fängt ausschließlich **Larven mit bereits sichtbaren Vorderbeinen**
- **Hüpferting-Gruppe** konzentriert sich auf den Rand des Gewässers und hält Ausschau nach sogenannten „**Hüpfertingen**“, also Tiere, die das Wasser bereits temporär verlassen und dessen **Ruderschwanz schon teilweise oder gänzlich zurückgebildet** ist
- Die **Frosch-Gruppe** versucht rund um das Gewässer, in einem Umkreis von etwa 50 bis 80 m **adulte Tiere** zu finden

Hierbei benötigen die Gruppen unterschiedliche Einführungen. Die ersten drei Gruppen arbeiten am besten mit Keschern oder Joghurtbechern, die letzte Gruppe sollte genauer über den Umgang mit adulten Tieren aufgeklärt werden. Es sollte hier nochmals darauf hingewiesen werden, dass man mit Vorsicht arbeiten sollte und verantwortungsvoll mit den Tieren umgegangen werden soll.

Die Aktion besteht aus drei Sequenzen:

1. Die Schüler und Schülerinnen fangen in ihren Gruppen Tiere ein – ca. 10 bis 15 Minuten
2. Die Schüler und Schülerinnen sollen sich die gefangenen Tiere genauer anschauen und können vielleicht noch detailliertere Entwicklungsunterschiede feststellen. Nun sollen die Tiere nach ihrem geschätzten Entwicklungsfortschritt in verschiedenen Joghurtbechern oder anderen Gefäßen „geordnet“ werden. Hierbei sollen die Schüler und Schülerinnen sich immer ein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal herausuchen. Falls möglich, wäre es auch von Interesse die Tiere abzumessen.
3. Zuletzt präsentiert jede Gruppe (beginnend bei der Gruppe **Kaulquappen 1**) ihre Funde und erklärt den Anderen die wichtigsten Merkmale ihres gefangenen Entwicklungsstadiums.

Am Ende der Aktion sollte man schön erkennen können, wie sich die Larven weiterentwickeln und welche wichtigen Entwicklungsschritte sie vollziehen. Dies kann nochmals gemeinsam zusammengefasst werden. Interessant ist es auch die Schüler und Schülerinnen zum Schluss nochmals alle Unterschiede zwischen junger Kaulquappe und adultem Frosch aufzählen zu lassen, vor allem folgende Anpassungen sollten nochmals diskutiert werden: Atmung, Fortbewegung, Tarnung und Ernährung. Dadurch sollte der Zusammenhang zwischen Körperbau und Lebensweise nun endgültig ersichtlich werden.

4.5 Literatur

4.5.1 Bücher:

Glandt, D. 2016. *Amphibien und Reptilien - Herpetologie für Einsteiger*. Heidelberg: Springer Verlag.

Glandt, D. 2015. *Die Amphibien und Reptilien Europas: alle Arten im Portrait*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.

Nöllert, A. und Nöllert, C. 1992. *Die Amphibien Europas: Bestimmung, Gefährdung, Schutz*. Stuttgart: Franckh-Kosmos.

4.5.2 Wissenschaftliche Artikel:

Faber, Helmut. 1996. *Saisonale Dynamik der Geschlechterrelation beim Bergmolch, Triturus alpestris alpestris (LAURENTI, 1768), im aquatischen Lebensraum*. Herpetozoa, 8: S. 125-134

Halliday, T.R. 1974. *Sexual Behaviour of the Smooth newt, Triturus vulgaris*. Journal of Herpetology, Vol. 8, Nr. 4: pp. 277-292

5 Reptilien - Kriechtiere

1. Allgemein

Die Reptilien gehören, genauso wie die Amphibien, zu den wechselwarmen Wirbeltieren, das heißt, dass ihre Körpertemperatur von der Umgebungstemperatur abhängt, weshalb man die Tiere auch oft an sonnenexponierten Stellen, beim Sonnenbad, beobachten kann. Bei zu hohen Temperaturen ziehen sich Reptilien jedoch in schattige Verstecke zurück (Grüner, 2016). Ihr Name wird vom lateinischen Wort „reptilis“ für „kriechend“ abgeleitet, was auch zu der deutschen Namensgebung „Kriechtiere“ geführt hat (Glandt, 2016).

In Europa sind drei Hauptgruppen vertreten: die Schlangen (Serpentes), die Echsen (Sauria) und die Schildkröten (Testudines), wobei in Österreich nur die Europäische Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*, LINNAEUS, 1758) vorkommt und für diese liegt in den Alpen auch nur eine Meldung, in Nordtirol auf 850 m, vor. In unserem Untersuchungsgebiet, dem Kaunertal, kommen jedoch ausschließlich:

- Blindschleiche (*Anguis fragilis*, LINNAEUS, 1758)
- Zauneidechse (*Lacerta agilis*, LINNAEUS, 1758)
- Bergeidechse (*Zootoca vivipara*, JACQUIN, 1787)
- Schlingnatter (*Coronella austriaca*, LAURENTI, 1768)
- Kreuzotter (*Vipera berus*, LINNAEUS, 1758)

vor und ab einer Seehöhe von 1800 m gibt es nur noch Funde von Bergeidechse und Kreuzotter (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Die Haut der Tiere ist flächig mit Hornschuppen und Schilden bedeckt, dies führte auch zu einem Übergang von der teilweisen Hautatmung, zur vollständigen Lungenatmung und schützt die Tiere vor Austrocknung. Reptilien sind somit vollständig an das Landleben angepasst, doch nicht nur durch die Hautabdeckung, sondern auch durch eine veränderte Embryonalentwicklung, die ohne Larvenstadium, vom Wasser unabhängig, in dotterreichen Eiern abläuft. In der Regel legen die Tiere ihre Eier an Land ab, wo sie nun von der Sonne „ausgebrütet“ werden. Doch einige Vertreter, unter anderem Kreuzotter und Bergeidechse sind **ovovivipar**, das heißt, dass die vollentwickelten Jungtiere, während des Geburtsvorganges aus einer transparenten Eihülle schlüpfen. Hierbei wurde also die gesamte Embryonalentwicklung bereits im Mutterleib abgeschlossen.

Die relativ drüsenarme und starre Haut der Reptilien kann sich dem Wachstum der Tiere nicht anpassen, weshalb sie sich regelmäßig häuten müssen. Außerdem können Eidechsen (zu welchen unter anderem auch die Blindschleiche zählt) bei drohender Gefahr ihren Schwanz abwerfen. Der

Angreifer wird meist vom zuckenden Schwanzstummel abgelenkt, während die Tiere nun schnell flüchten können. Der Schwanz wird unvollständig nachgebildet.

Durch Verbauung und intensive Landwirtschaft und damit verbundenen Lebensraumverlust sind in Österreich alle vorkommenden Reptilien gefährdet und stehen auf der Roten Liste (Grüner, 2016).

5.1 Häutung

Im Gelände im Kaunertal trifft man nicht sehr häufig auf Vertreter der Reptilien. Die Wahrscheinlichkeit Häutungsreste oder ganze „Natternhemden“ zu finden ist wesentlich größer. Aus diesem Grund wird der Prozess der Häutung in diesem Kapitel nochmals genauer beschrieben.

Wie bereits erwähnt verfügen Reptilien über eine stark verhornte, drüsenarme und kaum wasserdurchlässige Haut, deren äußerste Schicht von Schuppen, Schildern und regelrechten Platten gebildet wird. Dadurch können die Tiere sehr viel Wärme durch die Sonne aufnehmen, ohne größere Wasserverluste erleiden zu müssen und somit ihren Stoffwechsel stark ankurbeln, was sie dazu befähigt, sich häufig sehr schnell (vor allem Echsen und Schlangen) fortzubewegen. Diese hohe Leistungsfähigkeit und die größeren Stoffwechselraten in Verbindung mit einem erhöhten Blutdruck werden durch eine, meist unvollständig ausgebildete Trennwand (Septum) im Herzen erzielt, welche eine bessere Trennung des sauerstoffreichen vom kohlendioxid-angereicherten Blut ermöglicht.

Die starke Verhornung der Oberhaut (Epidermis) erfordert jedoch auch eine regelmäßige Häutung der Tiere. Hierbei streifen die Schlangen ihre alte Haut als zusammenhängendes „Hemd“ ab und die Echsen verlieren diese in der Regel in Fetzen, welche von vielen Arten sofort gefressen werden (Glandt, 2016).

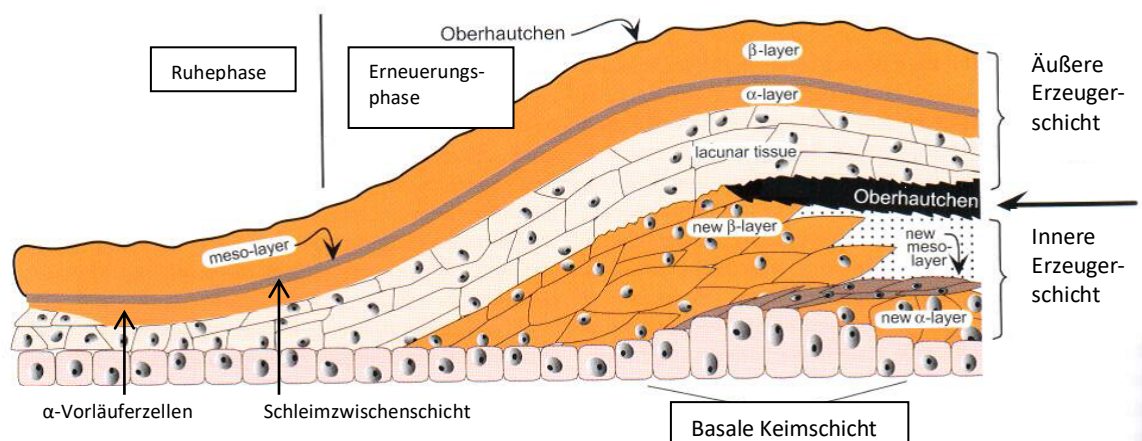


Abbildung 10 - Aufbau der Reptilienhaut (adaptiert aus Vitt & Caldwell, 2014)

Doch der Zyklus der Hautentwicklung ist bei beiden Tiergruppen identisch. Während der Ruhephase kann die Haut in folgende Schichten eingeteilt werden: eine **basale Keimzellenschicht**, ein dünnes

Band an **α -Vorläuferzellen**, eine schmale **Schleimzwichenschicht** und der Beginn einer **äußeren Erzeugerschicht**, die vom **Oberhäutchen** gehalten wird.

Die Häutung beginnt mit einer Zellvermehrung und -differenzierung in der äußeren Erzeugerschicht (Abb. 10). Dann beginnt die Zellteilung in der Keimzellenschicht und jede neue Zellschicht wird durch die fortlaufenden Zellteilungen in der Keimzellenschicht nach außen gedrückt, diese Zellen differenzieren anschließend und bilden die neue **innere Erzeugerschicht**. Wenn sich nun das Oberhäutchen löst, trennt sich die gesamte äußere Erzeugerschicht ab und wird von der neuen inneren Erzeugerschicht ersetzt, wodurch der Häutungsprozess abgeschlossen ist.

Diese Häutungen treten bei ausreichender Nahrungsversorgung der Tiere in regelmäßigen Abständen auf. Die Erneuerungsphase dauert etwa 14 Tage und die Ruhephase kann einige Tage bis einige Monate anhalten (Vitt & Janalee, 2014).

5.2 Vertreter im Untersuchungsgebiet Kaunertal

5.2.1 Bergeidechse - *Zootoca vivipara*

Beschreibung: Die Tiere können eine Gesamtlänge von etwa 18 cm erreichen und sind sehr zierlich gebaute, eher unscheinbar gefärbte Eidechsen mit einem kleinen, leicht spitz zulaufenden Kopf und relativ kurzen Beinen. Die Weibchen können etwas größer werden als die Männchen (4 bis 6 cm) und können eine Kopf-Rumpf Länge von etwa 4,5 bis 7 cm erreichen.



Abbildung 11 - Bergeidechse
(bereitgestellt von Erich Draganits)

Die Grundfarbe der Oberseite ist normalerweise ein Branton, wobei es bei dieser Art zahlreiche Abstufungen von hell- bis dunkelbraun gibt, zudem findet man auch ins Gelbliche, Gräuliche, Rötliche oder Grünliche gehende Tiere, sowie vereinzelt Schwärzlinge. Der Rücken und die Flanken des Tieres sind beidseitig von einem hellen Längsstreifen getrennt und meist lässt sich auch mittig am Rücken, vom Nacken bis zur Schwanzoberseite ein dunkler Längsstreifen erkennen (Abb.9). Zur Geschlechterunterscheidung kann man sich die Bauchseite des Tieres anschauen. Beide Geschlechter haben einen weißlich-gelb bis orange gefärbten Bauch, jedoch ist er bei den Männchen schwarz gepunktet und bei den Weibchen sind höchstens die Unterseite des Schwanzes und der Beine gepunktet. (Glandt, 2015)

Verbreitung und Lebensraum:

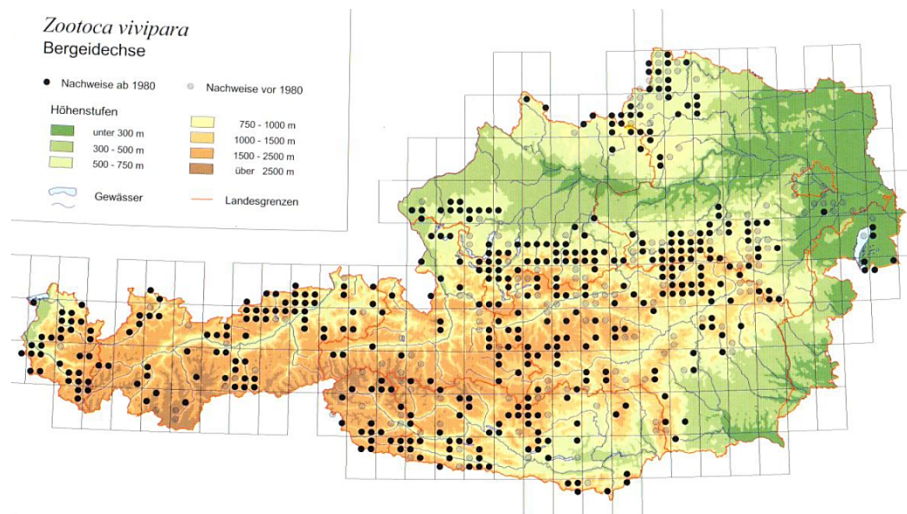


Abbildung 12 - Verbreitung der Bergeidechse in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)

In Österreich lassen sich zwei Unterarten unterscheiden, und zwar kommt im Osten, also im Burgenland und vereinzelt in Niederösterreich die pannonische Waldeidechse, *Zootoca vivipara pannonica* (LÁC & KLUCH, 1968) vor und in unserem Untersuchungsgebiet und im Westen von Österreich handelt es sich um die Bergeidechse, *Zootoca vivipara vivipara* (JACQUIN, 1787). Die westliche Unterart kommt in allen Bundesländern, außer Wien und dem Burgenland zumindest regional vor und ist in Tirol, Vorarlberg und Salzburg sogar verbreitet. Hauptsächlich findet man die Tiere im Alpen- und Voralpenraum, sowie im nördlichen Granithochland. Die vertikale Verbreitung liegt zwischen 300 m (Sophienalpe, Wien) und 2500 m (Ötztaler Alpen, Tirol) und in einer Höhe zwischen 500 und 2000 m ist die Meldedichte besonders hoch (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Allgemein sei noch zu erwähnen, dass die Bergeidechse das größte Verbreitungsgebiet von allen heute lebenden Reptilien hat. Ihre West-Ost Ausdehnung reicht über 11 000 km, von Irland im Westen bis hin zur japanischen Insel Hokkaido im Osten und auch ihre Nord-Süd Verbreitung reicht über 3 100 km von Norwegen bis Südbulgarien. Sie ist, als Vertreterin der kältetoleranten nord-eurasischen Formen, das Reptil, welches am weitesten Richtung Nordpol vordringt.

Die Tiere kommen vorzugsweise in waldreichen Höhenlagen mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit vor, wobei sie in Wäldern die Randzonen, Lichtungen und Kahlschläge, sowie Ränder von Bächen und Wegböschungen besiedeln. Im Gebirge werden sonnenexponierte, steinige und felsige Gebiete bevorzugt, im Tiefland eher Moore, Feuchtwiesen, Sümpfe und Gewässerränder (Gutleb, Happ, & Eisank, 2011).

Lebensweise: Die aktive Zeit der Bergeidechse kann im Tiefland schon relativ früh Ende Februar beginnen. Im Gebirge verschiebt sich der Aktivitätsbeginn bis in den Frühsommer. Laut Gutleb, Happ, & Eisank (2011) ist das Tier ausgesprochen kältetolerant und übersteht sogar für kurze Zeit geringe Minusgrade.

Nach der Frühjahrshäutung beginnt die Paarungszeit etwa Ende April bis Mai und im Gebirge zum Teil erst im Juni. Das Weibchen gebärt im Hochsommer (Juli/August) drei bis zehn, von einer dünnen Eihülle umschlossene Jungtiere, welche sich unmittelbar nach der Geburt aus dieser Eihülle befreien. Diese **Ovoviviparie** ist bei den Lacerten einzigartig bei der Bergeidechse, wobei zu erwähnen ist, dass es, an der südlichen Verbreitungsgrenze auch eine Unterart gibt, welche Eier ablegt. Zur Nahrung der Tiere zählen Insekten, Spinnen und Regenwürmer und selbst werden sie bevorzugt von verschiedenen Vögeln, wie Reiher, Störche, Greifvögel und Würger etc., sowie von Säugern, wie von Spitzmäusen, Nagetieren, Füchsen und Wildschwein, als auch von anderen Reptilien, wie der Aspiviper, der Schlingnatter und der Kreuzotter gejagt (Glandt, 2015).

Gefährdung und Schutz: Allgemein kann man die Bergeidechse als nicht gefährdet einstufen und ihr Bestand ist durchaus zufriedenstellend. Dies hängt sicherlich auch damit zusammen, dass die Tiere recht flexibel in ihrer Lebensraumauswahl sind und dass es im Gebirge nicht zu so drastischen anthropogenen Landschaftsveränderungen kommt wie auf offenen Tieflagen. Nichtsdestotrotz kann übermäßiger Pestizideinsatz in der Landwirtschaft, sowie Aufforstungsmaßnahmen und die Zerstörung von Lichtungen bzw. die zunehmende Verbuschung und Bewaldung von Almen im Berggebiet den Bestand durchaus beeinflussen und ist im Auge zu behalten (Gutleb, Happ, & Eisank, 2011).

5.2.2 Kreuzotter - *Vipera berus*

Beschreibung: Die Tiere können eine Länge von bis zu 85 cm erreichen. Normalerweise werden Männchen jedoch nur etwa 60 cm und Weibchen etwa 70 cm lang. Die Kreuzotter ist eine schlank wirkende Schlange mit einem mäßig vom Hals abgesetzten Kopf und einer abgerundeten Schnauze. Die Färbung und Musterung der Tiere ist sehr divers, häufig lässt sich jedoch am Kopf eine umgekehrte V-oder X-Zeichnung erkennen und ein über den gesamten Rücken verlaufendes Zickzackband, welches bei den Männchen schwarz und bei den Weibchen meist braun gefärbt ist. Allgemein kann gesagt werden, dass die Grundfarbe des Männchens eher grau bis weißlich und die des Weibchens eher bräunlich zu beschreiben ist.



Abbildung 13 – Kreuzotterpärchen - oben das Männchen und unterhalb das Weibchen (bereitgestellt von Attila Kobori)

Außerdem kommen in einigen Regionen auch einfarbig, rostbraune Tiere, sogenannte „Kupferottern“ oder einfarbig schwarze Tiere, sogenannte „Höllenottern“ vor (Glandt, 2015).

Verbreitung und Lebensraum:

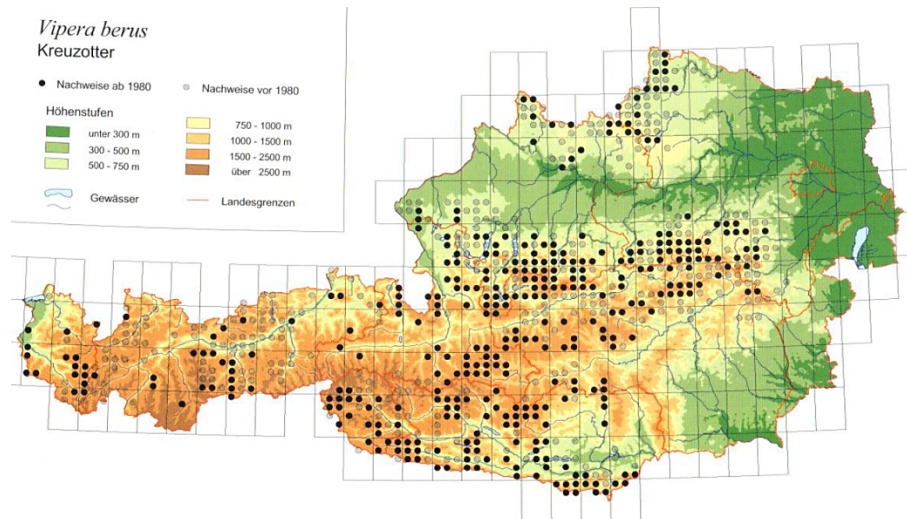


Abbildung 14 - Verbreitung der Kreuzotter in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)

Die Kreuzotter hat ein ähnliches Verbreitungsmuster wie *Zootoca vivipara vivipara* und kommt auch eher im Westen Österreichs vor. In Wien und dem Burgenland gibt es keinerlei Funde und in Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark, sowie Vorarlberg tritt sie nur regional auf. Im Rest Österreichs, also in Salzburg, Kärnten und Tirol ist die Art verbreitet. Zu ihren Kerngebieten gehören die Alpen und das nördliche Granithochland. Vertikal haben die Tiere auch ein großes Verbreitungsgebiet. Es gibt Meldungen von unter 300 m (Purgstall, Niederösterreich) bis zu fast 2500 m (Lasöringgruppe, Osttirol). Eine besonders hohe Bestandsdichte tritt zwischen 500 und 1900 m auf (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Laut Glandt (2015) besiedelt die Kreuzotter ein breites Spektrum an offenen und halboffenen Lebensräumen. Hierbei wird Deckung, Windschutz und Besonnung, als auch ein gewisses Maß an Bodenfeuchte benötigt. Die Tiere sind im Tiefland in den Randbereichen von Hoch- und Niedermooren, in Pfeifengraswiesen, auf feuchten Heideflächen, sowie am Rand von lichten Nadelwäldern angesiedelt. Außerdem sind sie auf Lichtungen von Nadelwäldern, in jungen Schonungen mit grasigem Unterwuchs, auf Schotterflächen von Flüssen und an den Rändern von Kanälen häufig. Im Gebirge fühlt sich die Kreuzotter auf Blockschutthalden und Felsfluren, sowie in der Krummholzzone, insbesondere in Latschengebieten (*Pinus mugo*, TURRA) und auf alpinen Matten oberhalb der Waldgrenze wohl.

Lebensweise: Die Tiere überwintern in Kleinsäugerbauten, unter Wurzelbauten oder im Gebirge auf Geröllhalden, wo zum Teil auch mehrere Tiere gemeinsam ein Winterquartier beziehen. Im Tiefland

wird die Winterruhe bereits Ende März und im Gebirge oft erst Ende April beendet. Danach kommt es zunächst zu einer Häutung und anschließend zur Paarung. Dafür werden zum Teil spezielle Paarungsplätze aufgesucht, wo durchaus auch mehrere Männchen miteinander konkurrieren müssen. In diesem Fall kommt es zu ungefährlichen, sogenannten Kommentkämpfen, wobei sich zwei Männchen hoch aufrichten und durch umschlingen des Gegners diesen auf den Boden drücken wollen. Zudem werden heftige Schläge mit dem Vorderkörper in Richtung des Rivalen ausgeteilt, um diesen vom Weibchen fernzuhalten. Nun wird das Weibchen bei einer kurzen Balz intensiv bezüngelt und anschließend schlängelt sich das Männchen über das Weibchen und versucht anschließend das hintere Körperende des Weibchens zu umschlingen, um ihre Kloaken übereinander zu führen und am Ende eines seiner beiden Begattungsorgane (Hemipenis) einzuführen. Diese Kopulation dauert ungefähr zwei Stunden. Nun sind die Weibchen 2 ½ bis 4 ½ Monate trächtig und gebären im September/ Oktober, oder zum Teil erst im darauffolgenden Jahr, 4 bis 18 Jungschlangen, welche sich unmittelbar nach der Geburt aus einer dünnen Eihaut befreien und etwa 14 bis 20 cm groß sind. Die Weibchen der Kreuzotter haben normalerweise einen zweijährigen Fortpflanzungszyklus, in höheren Lagen gibt es jedoch durchaus auch Tiere, welche nur alle drei Jahre gebären (Glandt, 2015).

Die Kreuzotter ist ein **Lauerjäger**, das heißt sie lauert in einem Versteck einem Beutetier auf und tötet es blitzschnell mittels Giftbiss. Anschließend entfernt sich das gebissene Tier noch einige Meter, bevor es schließlich verendet. Die Schlange verfolgt und sucht das Tier mit Hilfe ihrer zwei Zungenspitzen und dem paarig angelegten **Jacobsonschen Organ** im Gaumendach und verschlingt es normalerweise vollständig und mit dem Kopf voran. Durch das Verschlingen der Beute kommt es zu einer Ausdehnung des Kiefers, welche nach dem Schlingakt durch ausgiebiges Gähnen wieder normalisiert wird (Gutleb, Happ, & Eisank, 2011). Zu den wichtigsten Beutetieren der Kreuzotter gehören Kleinsäuger, wie Erdmäuse, Feldmäuse, Rötelmäuse oder Spitzmäuse, sowie Frösche und Eidechsen. Neben dem Menschen gehören zu den Feinden der Kreuzotter das Iltis, das Hermelin, der Fuchs und das Wildschwein, sowie diverse Vögel, wie Störche, Reiher, Eulen oder Greifer (Glandt, 2015).

Gefährdung und Schutz: Die Kreuzotter gilt mittlerweile, aufgrund von drastischem Bestandsrückgang durch landwirtschaftliche Umstrukturierung und ansteigenden Tourismus im alpinen Raum, als eine gefährdete Art in Österreich und ist durchaus schützenswert. Die Schlange reagiert äußerst empfindlich gegenüber anthropogenen Eingriffen in ihrem Habitat und wird dadurch immer mehr in suboptimale Lebensräume verdrängt (Gutleb, Happ, & Eisank, 2011). Diverse Schutzmaßnahmen, wie eine naturnahe Waldbewirtschaftung, welche den Erhalt von Schneisen und breite, gut strukturierte Waldränder mit Totholz und modernden Baumstubben gewährleisten, sowie

das Offenhalten von Bergwiesen und Mittelgebirgstälern können den Bestand der Kreuzotter in Österreich sichern (Glandt, 2015).

5.3 Richtiges Verhalten bei einem Schlangenbiss

In Österreich gibt es nur zwei giftige Schlangenarten, nämlich die Hornotter (*Vipera ammodytes*, LINNAEUS, 1758) und die Kreuzotter (*Vipera berus*). Die Hornotter kommt nur im Süden Österreichs, vor allem in Kärnten, vor und es wurden in unserem Untersuchungsgebiet keine Funde gemeldet (Cabela, Grillitsch, & Tiedemann, 2001).

Die wichtigste Faustregel für die Schlangensuche in ganz Österreich ist: **Schauen mich senkrechte Pupillen an, fass ich das Tier bestimmt nicht an!** Beide giftigen Vertreter gehören zu den Vipern (Viperidae) und weisen somit senkrechte, elliptische Pupillen auf.

In unserem Untersuchungsgebiet kommt nur die Kreuzotter vor, weshalb folgende Dinge beachtet werden müssen:

- Wenn ich Steine anhebe oder drehe, dann tue ich dies stets von mir weg, damit die Tiere gegebenenfalls flüchten können und sich nicht in die Enge gedrängt fühlen!
- Ich fahre mit meinem Arm/ meiner Hand nicht in Löcher oder Gruben unter Steinen oder Wurzeln welche ich nicht einsehen kann!
- Wenn ich eine Schlange entdecke, kann ich diese ruhig beobachten, darf diese jedoch keinesfalls anfassen oder fangen!
- Wenn mich eine Schlange bereits anschaut, mache ich keine schnellen Bewegungen, sondern entferne mich langsam und in Ruhe!

Die Kreuzotter gehört zu der Gruppe der Solenoglyphen, das heißt dass sie große, weit vorne stehende Giftzähne haben, welche bei geschlossenem Maul ins Gaumendach eingeklappt werden können. Bei einem Biss werden sie ausgefahren und in den Angreifer oder die Beute eingeschlagen. Die Giftwirkung aller Solenoglyphen ist ähnlich und zwar leiden Bissopfer meist unter lokalen Symptomen, wie Schmerzen, Schwellungen, Rötungen und Blutungen unmittelbar an und um die gebissene Stelle. Dies wird ausgelöst durch Hyaluronidasen und Phospholipasen, sowie Metalloproteinasen. Die Schwellung und die Schmerzen werden zusätzlich verstärkt durch eine Mediatorerkaskade von Histaminen, Serotonin und Bradykinin. Außerdem können die Lymphknoten anschwellen und eine Rötung der Lymphbahnen auftreten, dies passiert, da das Schlangengift über die Lymphbahnen durch den Körper transportiert wird. Es kann auch eine allergische Reaktion aufgrund der vielen verschiedenen Giftbestandteile auftreten, dies ist jedoch von einer giftinduzierten Schockwirkung schwer zu unterscheiden.

Einschätzung des Schweregrades

Die Giftpotenz ist abhängig vom Alter der Schlange, der Jahreszeit, der Bissstelle und der körperlichen Verfassung des Gebissenen (Kinder zeigen schwerere Vergiftungssymptome).

Bei Bissen am Oberkörper oder gar am Kopf kann es zur Schwellung der oberen Atemwege kommen, was zu besonderer Vorsicht und schneller Reaktion auf den Biss führen sollte. Zudem hängt es davon ab wie tief der Biss ist, das heißt, ob Blut aus der Bissstelle austritt, was darauf hinweist, dass das Gift direkt in ein Blutgefäß injiziert wurde und deshalb stärkere Vergiftungszeichen nach sich ziehen kann. Jegliche körperliche Aktivität sollte nach dem Biss möglichst eingestellt werden, da dies zu einer besseren Giftverteilung und somit zu einer stärkeren Giftwirkung führt. Außerdem kann der durch den Biss ausgelöste Stress beim Gebissenen zu zusätzlichen Symptomen wie Hyperventilation oder Herzrasen führen (Stick, Felgenhauer, Mayr, Zobl, & Eyer, 2014). Generell müssen Personen, die von einer Giftschlange gebissen wurden ins Krankenhaus und der Schlangenbiss muss behördliche gemeldet werden.

Versorgung

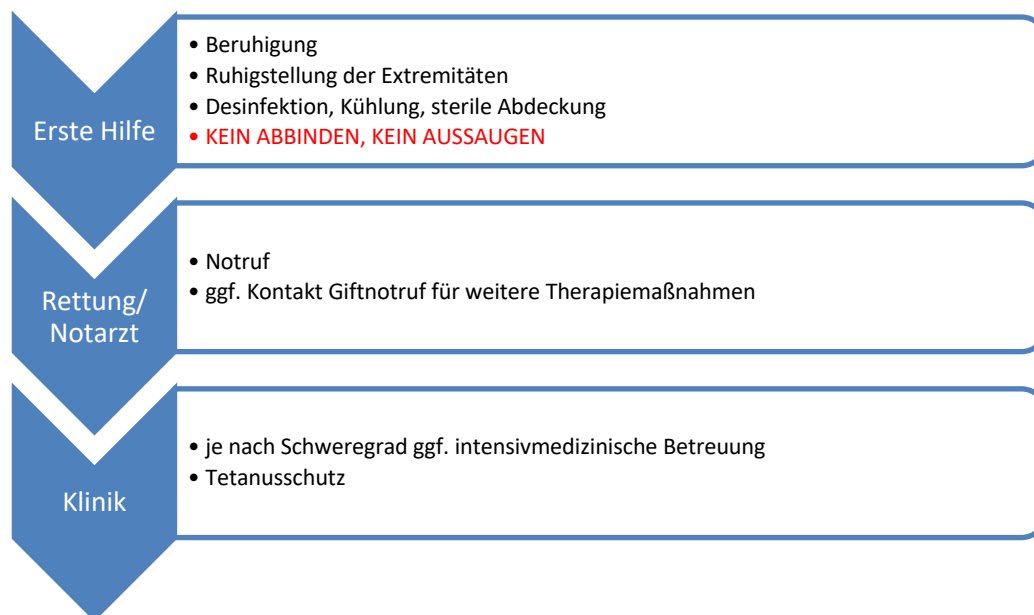


Abbildung 15 - Verhalten nach einem Biss (adaptiert nach Stick, Felgenhauer, Mayr, Zobl, & Eyer, 2014)

5.4 Literatur

5.4.1 Bücher:

Glandt, D. 2016. *Amphibien und Reptilien - Herpetologie für Einsteiger*. Heidelberg: Springer Verlag.

Glandt, D. 2015. *Die Amphibien und Reptilien Europas: alle Arten im Portrait*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.

Gutleb, B., Happ, H., & Eisank, M. 2011. *Amphibien und Reptilien Kärntens*. Klagenfurt: Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten.

Vitt, L., & Janalee, C. 2014. *Herpetology - An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. San Diego: Elsevier.

6 Aves - Vögel

6.1 Allgemein

Die Vögel sind weltweit mit über 10 000 Arten vertreten und haben Anpassungen, die ihre Flugfähigkeit gewährleisten. Unter anderem verfügen Vögel über keine Harnblase, die Weibchen über nur einen Eierstock, die Gonaden sind außerhalb der Brutsaison verkleinert und die Tiere haben keine Zähne und keine Schwanzwirbelsäule. All dies sind gewichtsreduzierende Eigenschaften, welche das Fliegen möglichst effizient machen sollen (Campbell & Reece, 2009). Die wichtigsten Anpassungen sind jedoch sicherlich die ausgeprägte Flugmuskulatur, die Vorderextremitäten, die zu Flügeln umgebildet sind und die Federn, hierbei gewährleisten die Form und Anordnung der Federn eine ideale Nutzung der Aerodynamik, wobei viele Vogelarten zusätzlich die Thermik beim Fliegen nutzen (Grüner, 2016).

Das Fliegen hat den Vögeln viele Vorteile gebracht, unter anderem ist es leichter nicht fliegenden Räubern zu entkommen, in der Luft Fluginsekten zu jagen und andere Nahrungsquellen zu entdecken, sowie schwer erreichbare Brutplätze aufzusuchen oder im Winter den ungünstigen Witterungen zu entgehen. Der Nachteil ist, dass Fliegen einen sehr aktiven Stoffwechsel benötigt, da es sehr viel Energie verbraucht. Zu diesem Zweck haben Vögel die unter den Wirbeltieren leistungsfähigsten Lungen entwickelt, deren respiratorischer Teil mit vielen kleinen Röhrchen ausgestattet ist, die sie mit den elastischen Luftsäcken verbinden. Durch diese Konstruktion ist eine Sauerstoffaufnahme durch das Blut sowohl beim Ein- als auch beim Ausatmen gewährleistet und die Lunge steht nie still. Generell sind die Kreislauforgane der Vögel sehr leistungsfähig. Auch das Herz ist effizienter als bei anderen Wirbeltieren, da dessen relatives Gewicht und dessen Schlagfrequenz um ein Mehrfaches größer sind als bei vergleichbaren Säugetieren. Zusätzlich sind noch der visuelle und motorische Bereich im Gehirn der Vögel sehr gut entwickelt und somit sind alle Voraussetzungen für eine Fortbewegung in der Luft gegeben (Campbell & Reece, 2009).

In diesem Modul werden zwei wichtige Themen anhand verschiedener Singvogelarten behandelt, und zwar wird die **Symbiose** zwischen Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*, LINNAEUS, 1758) und der Zirbe (*Pinus cembra*, L.) beschrieben, sowie die Funktion des Gesanges bei Vögeln genauer erklärt.

6.2 Tannenhäher - *Nucifraga caryocatactes*

Visuelle Bestimmung: Laut Limbrunner (2013) hat der 22 bis 33 cm große Tannenhäher ein „vorderlastiges“ Aussehen, geprägt durch seinen langen, dunkelbraunen Schnabel und seinen kurzen Schwanz. Im Flug erscheint der Vogel, bis auf das weiße Schwanzende und die weiße Unterschwanzregion, dunkel. Erst bei genauerer Betrachtung sind die weißen Tropfenflecken auf



Abbildung 16 - Tannenhäher (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

schokoladenbraunem Grund zu erkennen, welche sich über Rumpf, Halsseiten, Nacken und Brust ausbreiten (Beaman & Madge, 1998). Ebenso charakteristisch ist der unregelmäßige Flügelschlag, welcher fast an den eines Schmetterlings erinnert (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013).

Akustische Bestimmung: Die Stimme ist ein sehr gutes Erkennungsmerkmal für den Tannenhäher. Die heiseren, etwas nasalen und schnarrenden „Räääh“-Rufe sind in Bergwäldern oft von den Baumwipfeln zu hören. Bei Gefahr ist ein knurrendes „Grarr“ zu hören.

Biologie und Vorkommen: Der Tannenhäher ist ein typischer Bewohner von Nadel- und Mischwäldern im Gebirge und Mittelgebirge. Die Samen der Zirbe (*Pinus cembra*) dienen als primäre Nahrungsquelle der Vögel, jedoch werden auch die Samen des Haselstrauches (*Corylus avellana*, L.) gefressen (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013). Der Tannenhäher sammelt in einem Sommer rund 30.000 bis 100.000 Zirbensamen und legt rund 6000 Verstecke an (Bauer, Bezzel, & Fiedler, 2012), wobei er pro Flug etwa 100 Nüsschen in seinem Kehlsack transportieren kann (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013). Die vergrabenen Samen dienen den Tieren im Winter als Nahrung und als Futter für die Jungtiere des kommenden Jahres. Achtzig Prozent dieser angelegten Verstecke findet der Vogel zu späterer Zeit auch wieder (Mattes, 1982). Dies ist wahrscheinlich durch das gute räumliche Gedächtnis der Tiere möglich, welches anhand des Verwandten Kiefernähäfers (*Nucifraga columbiana*, WILSON, 1811) genauer untersucht wurde. Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Tiere vor allem große, strukturelle Besonderheiten bzw. Hinweise im Gelände nutzen, um die Samen wiederzufinden (Bednekoff & Balda, 2014).

Aus den nicht gefundenen Samen können sich potentiell junge Zirben entwickeln. Diese Form der Ausbreitung von Pflanzen durch Tiere wird als **Zoochorie** bezeichnet (Kratochwil & Schwabe, 2001). Ein anderer, in der Ökologie gebräuchlicher Begriff ist der **Mutualismus**, auch dieser Begriff beschreibt die vorteilhafte Wechselwirkung zwischen zwei Arten, genauso wie der Begriff der

Symbiose, welcher jedoch eine bereits für beide Partner lebensnotwendige Wechselwirkung beschreibt. Beide Begriffe treffen beim Beispiel des Tannenhähers und der Zirbe durchaus zu (Nentwig, Bacher, & Brandl, 2011).

Von Närmann (2017) wurden die Charakteristika dieser Verstecke genauer beschrieben. Es hat sich ergeben, dass 89 % der Verstecke zwischen 2000 und 2100 m liegen. Außerdem konnte keine zielgerichtete Samenausbreitung nachgewiesen werden, da lichtarme Standorte vom Tannenhäher bevorzugt ausgewählt wurden, was eine Keimung der Zirbe benachteiligt. Dies könnte damit begründet werden, dass auskeimende Samen für die Vögel nicht mehr nutzbar sind und eine Keimung deshalb vermieden werden sollte. Zudem hat es für die Tiere den Vorteil, dass Standorte, welche von einem Kronendach geschützt sind, im Winter leichter zu erreichen sind, da die Schneedecke potentiell dünner ist (Närmann, Küfmann, & Neuschulz, 2017).

Die Tannenhäher gehen wohl überwiegend eine monogame Verpaarung ein (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985), wobei sich der Familienverband 3,5 bis 4 Monate nach dem Schlüpfen der Jungtiere wieder auflöst und sich das Paar erst im darauffolgenden Jahr wiedertrifft. Das Paar baut in 2 bis 10 m Höhe ein stabiles Nest in Stammnähe mit einer Plattform aus Ästen und Zweigen, welche mit Erde und Holzmull gefestigt wird. Zudem wird eine isolierende Polsterschicht aus Flechten, Gras, Bast, Federn und Haaren angelegt, da zur Brutzeit, Mitte März, im Gebirge oft noch Schnee liegt und winterliche Temperaturen vorherrschen. Das Gelege besteht aus 3 bis 5, grünlichblauen, fein olivbraun gesprenkelten, glatten, spindelförmigen Eiern. Es brüten beide Vögel abwechselnd für 17 bis 19 Tage und anschließend werden die Jungtiere auch gemeinsam für 24 bis 28 Tage gefüttert (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013). Der Tannenhäher brütet sehr früh, da ein Selbstständigwerden der Jungvögel 4 bis 6 Wochen vor der Zirben- bzw. Haselnussreife (Ende August bis Mitte September) für das Überleben des ersten Winters essentiell ist (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985).

6.3 Gesang

Vogelgesang bzw. Vogelrufe sind am Land als auch in Siedlungsgebieten omnipräsent und sind ständige akustische Untermalen unserer Umwelt. Jedoch entstehen die Laute der Vögel, anders als bei den meisten Wirbeltieren nicht im Kehlkopf, sondern in einem speziellen Stimmorgan im Brustraum - der Syrinx. Sie liegt in Höhe des Übergangs der Trachea in die beiden Hauptbronchien und wird von Aussackungen eines Luftsackes umgeben. Hier sind zwischen den Knorpelringen zwei membranartige Häutchen aufgespannt, welche durch den vorbeistreichenden Atemluftstrom in Schwingung versetzt werden können. Je nach Vogelgruppe können diese Häutchen unterschiedlich ausgeprägt sein. Diese Häutchen können bei den Singvögeln sogar unabhängig voneinander schwingen, da manchmal verschiedene Töne zur gleichen Zeit entstehen, welche nicht zueinander

harmonisch sind. Unter anderem ist die starke Syrinxmuskulatur für die große Variation der Singvogelstimmen und auch für deren außergewöhnliche Gesangsleistung verantwortlich (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013).

Die Laute der Vögel werden je nach Funktion in Rufe und Gesänge unterteilt. Rufe sind für gewöhnlich kurz, unkompliziert, mit einfachem Frequenzmuster und gehören zum angeborenen Lautrepertoire. Es gibt einige saisonale Rufe, wie den „Regenruf“ des Buchfinkes, den man nur während der Brutzeit hört oder das „zihdit“ der Heckenbraunellen im Herbst. Die meisten Rufe sind jedoch, zumindest von Standvögeln, das ganze Jahr über von Männchen, Weibchen als auch Jungtieren zu hören und sind meist an spezifische Situationen gekoppelt, wie Lock- und Stimmfühlungsrufe, Warn- und Drohrufe, sowie Fütterungs- und Bettelrufe. Unter Gesang versteht man nun die wohlklingenden und oft mehrstrophigen Lautäußerungen der Singvögel, welche entweder zur Reviermarkierung oder zur Partnerfindung dienen. Die Reviergesänge werden entweder von einer strategisch günstigen Stelle oder aus dem Luftraum über dem Territorium vorgetragen. In der Regel singen im Frühjahr vor allem die Männchen, um eine Partnerin zu finden. Diese Gesangsaktivität wird von den Keimdrüsen über Geschlechtshormone gesteuert (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013). Bei vielen Singvögeln wird der Gesang von Artgenossen erlernt. Der artspezifische Gesang wird hierbei über Gesangsprägung in einer sensiblen Jugendphase, meist vom Vater, erlernt. In den folgenden Wochen oder gar Monaten singt der Jungvogel selbst nicht, erst nach einiger Zeit beginnt das Tier selbst zu singen und dies kann noch recht variabel ausfallen. Nun ist es notwendig, dass die Gesangsstrophen in der richtigen Reihenfolge gehört werden. In der Übungsphase ist es auch notwendig, dass die Tiere sich selbst singen hören, um sich in einer Kristallisationsphase auf einen Gesang festzulegen, der dem des Vaters meist weitgehend entspricht (Kappeler, 2017). Beim Gesang zur Partnerfindung kommt es zu einem sogenannten „**Trade-off**“ zwischen Erhalt der Grundfunktionen und Investition in die Fortpflanzung. Männchen die viel Zeit mit Singen verbringen, locken zwar damit im Durchschnitt mehr Weibchen an und halten Rivalen effektiv aus ihrem Revier fern, gleichzeitig verbleibt ihnen dadurch jedoch auch weniger Zeit für die Nahrungsaufnahme. Nun kann man den Gesang als eine Investition in die Fortpflanzung interpretieren, die zu Lasten der Grundfunktion geht. Männchen die viel singen, haben also wahrscheinlich einen erhöhten Fortpflanzungserfolg und somit einen kurzfristigen Vorteil, dieser kann sich aber langfristig durch eine verringerte Überlebenswahrscheinlichkeit in einen Nachteil umkehren. Die Weibchen schätzen die Qualität der Männchen hauptsächlich über ihre Gesangsrate ab. Männchen, die lauter singen können, was physiologisch anstrengender ist, leben länger und haben dadurch größeren Erfolg bei der Verpaarung mit fremden Partnern (Kappeler, 2017).

6.4 Singvögel über der Waldgrenze

Über der Waldgrenze ist die Artenzahl der Singvögel schon deutlich geringer und das macht es Ornithologen in ihrer Anfangszeit in diesem Gebiet etwas leichter. Eine Bestandsaufnahme von Winding (1993) in den Hohen Tauern hat vorangegangene Erhebungen in den Schweizer Alpen bestätigt und für die Alpinstufe 8 bis 11 vorkommende Arten nachgewiesen. Hier werden fünf charakteristische Arten vorgestellt, welche immer wieder über der Waldgrenze zu beobachten und vor allem zu hören sind.

Bergpieper - *Anthus spinoletta* (LINNAEUS, 1758)

Visuelle Bestimmung: Diese Art ist zwischen 15,5 und 17 cm groß und hat einen recht gering ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus. Die Männchen und Weibchen haben im Prachtkleid eine blassrosa gefärbte Brust, bei den Männchen ist die Färbung nur geringfügig stärker. Ansonsten sind sie unterseits weiß und nur leicht gestrichelt, was sie von anderen Piepern unterscheidet.

Zudem ist der Kopf und Nacken im Prachtkleid dunkel bis aschgrau gefärbt und zum Teil deutlich vom hell- bis graubraunen Rücken abgesetzt. Im Schlichtkleid ist die Brust dunkel gestreift und es ziehen sich einige Streifen bis zu den Flanken. Auch der Rücken kann undeutlich dunkel gestreift sein. Zudem sind ein weißer Überaugenstreif, zwei grauweiße Flügelbinden und weiße, äußere Steuerfedern zu erkennen (Beaman & Madge, 1998).

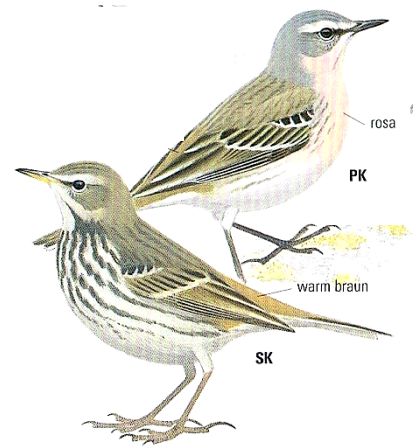


Abbildung 17 - Bergpieper (SK= Sommerkleid & PK= Prachtkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

Akustische Bestimmung: Die Warnrufe der Tiere können als scharfes „fist“ beschrieben werden. Diese Rufe werden, vor allem in der Nähe des Brutplatzes, schnell gereiht und schrill vorgetragen. Ansonsten sind die Rufe ein leicht ansteigendes „füist“. Der Gesang ist eine Aneinanderreihung von zwei bis fünf unterschiedlichen Einzelsilben, wie zum Beispiel „zi“, „zip“ oder „tsri“. Beim klassischen Singflug der Tiere kann man Aufstieg, Horizontalflug und Gleitflug unterscheiden. Beim Aufstieg kommt es zur rhythmischen Reihung der bereits erwähnten Einzelsilben, was gegen Ende des Aufstieges etwas schneller wird. Beim Horizontalflug werden rasch gereimte, dynamisch verstärkte Doppeltöne, welche gegen Ende etwas langsamer werden, gesungen, der Gesang beim Gleitflug ist mit der Endphase des Aufstieges zu vergleichen und vor der Landung werden noch zwei bis drei stärker gedehnte Laute ausgestoßen. Dies kann zum Beispiel so klingen: „tri tri tri tri tritritri... tritritri... tzützützü tsi tsi tsi ... tsie tsie“. Auf Singwarten, zum Beispiel auf einem Felsen stehend, wird nur der Anfangsteil gesungen (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985).

Biologie & Vorkommen: Der Bergpieper ist auf alpinen Grasheiden eine deutlich dominante Art und macht durchschnittlich 30 bis 50 % der Vogelgemeinschaften der Alpinstufe aus (Winding et al., 1993). Die Tiere brüten im Gebirge auf kahlen Hängen und Plateaus, stets in der Nähe von feuchten Flächen, Quellen oder Bächen und oft nahe der Schneegrenze. Das Weibchen legt 3 bis 6, schmutzigweiß bis starkbraune oder blassgrau gepunktete Eier und diese werden dann 13 bis 15 Tage ausgebrütet und die Jungtiere schlüpfen und verlassen nach weiteren 12 bis 15 Tagen bereits das Nest. Im Süden kann es auch zu zwei Bruten pro Jahr kommen.

Die Tiere sitzen gerne auf exponierten Felsen und suchen im Geröll nach Nahrung und sind dort sehr gut zu beobachten. Im Winter verlässt der Bergpieper das Gebirge und zieht ins mitteleuropäische Tiefland in Feuchtgebiete entlang von Flüssen oder Seen und an die Meeresküste Nordeuropas, oder auch in Überschwemmungsgebiete. Dies macht den Vogel zu einem Kurzstreckenzieher.

Generell ist der Bergpieper in den Alpen ein Sommergast und im Winter siedelt das Tier in den Westen oder Süden Europas. Es gibt auch Gebiete in West- und Südeuropa wo die Tiere ganzjährig am selben Ort verweilen. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich von der Westküste quer durch Mittel- und Südeuropa bis hin zum Baikalsee in Asien (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, Enzyklopädie der Brutvögel Europas, 2013).

Hausrotschwanz - *Phoenicurus ochruros* (GMELIN, 1774)

Visuelle Bestimmung: Der Hausrotschwanz ist etwa 14,5 cm groß und ein eher scheuer und nervöser Vogel (Svensson, Der Kosmos Vogelführer, 2017). Die Männchen sind dunkelgrau bis schwärzlich und es heben sich nur der rote Schwanz und ein weißliches Armschwingenfeld vom restlichen Gefieder ab. Die Weibchen und die Jungvögel haben dieselben Merkmale. Sie sind einheitlich rußgrau-braun und haben ebenfalls einen rostroten

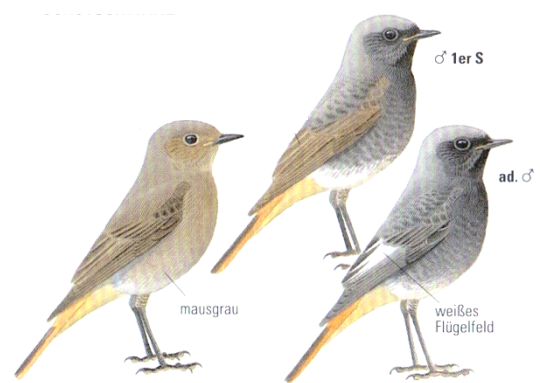


Abbildung 18 - Hausrotschwanz (ad.= adult; 1er S= erstes Sommerkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

Schwanz, welcher vor allem im Flug und beim Schwanzzittern auffällig ist (Beaman & Madge, 1998).

Akustische Bestimmung: Die Tiere rufen kurz „teck“, scharf „tsip“ oder bei starker Erregung auch „tsip-teck-teck“ (Svensson, 2017). Der Gesang ist drei oder vierteilig (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013) und lässt sich gut gliedern. Der Anfangsteil ist ein gepresstes „svi-svi-svi-svi-svi“, welches an Intensität zunimmt (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985), danach kommt ein kratzendes Knirschen, fast wie beim Aneinanderreiben von Kies und der Schlussteil ist eine laute, vokalhaltige Strophe. Die meisten Männchen verfügen über zwei unterschiedliche Strophentypen. Der

Hausrotschwanz singt bereits vor der Morgendämmerung, meist von einem Felsen, einem Gebäudevorsprung, einem Dachfirst oder einer Hausantenne aus (Beaman & Madge, 1998).

Biologie und Vorkommen: Der Hausrotschwanz ist ein Halbhöhlenbrüter und hat ursprünglich sein Nest aus Halmen und Moos in Felsnischen gebaut. Er ist jedoch sehr flexibel und baut mittlerweile sogar Nester in Eisenbahnwagen und an anderen kuriosen Orten, häufig an Häusern und benutzt für den Nestbau nun auch gern Abfall und Stoffreste. Die Weibchen brüten 12 bis 17 Tage, 4 bis 6, weiße, glatt-glänzende Eier, aus. Die Jungtiere bleiben bis zu 19 Tage im Nest, verlassen das Nest bei Störungen aber auch schon am 12. oder 13. Tag. Auch der Hausrotschwanz ernährt sich im Sommer von Insekten und Spinnen und steigt im Herbst auf Beeren und Früchte um und zieht im Winter an das Mittelmeer und nach Nordafrika, wobei auch in den tieferen Lagen in Österreich im Winter immer wieder Hausrotschwänze gesehen werden.

Die Tiere lebten ursprünglich in felsiger oder gebirgiger Landschaft, sind aber durch die starke Biotopveränderung im 19. Jahrhundert nun auch in Städten und Dörfern anzutreffen.

Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Nordwestafrika und Europa, jedoch ohne Island, Schottland, Fennoskandien und Nordosteuropa. Im Osten ist der Hausrotschwanz bis in die Gebirgsgegenden Mittelasiens, wie zum Beispiel dem Himalaya-Gebiet und Westchina verbreitet (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Steinschmätzer - *Oenanthe oenanthe* (LINNAEUS, 1758)

Visuelle Bestimmung: Die Tiere sind etwa 14,5 bis 15,5 cm groß. Ein typisches Flugmerkmal ist der weiße Bürzel und ein schwarzes, umgedrehtes „T“ am Schwanz, welches von einem dunklen Mittelstreif und einer Endbinde gebildet wird. Die Männchen haben im Prachtkleid eine bläulich-graue Oberseite und schwarze Flügel, sowie eine schwarze „Maske“ (Beaman & Madge, 1998) und eine rosa bis gelbliche Tönung auf der Brust (Svensson, 2017). Im Schlichtkleid ist die Oberseite des Männchens graubraun und die Unterseite weißlich-beige, nun sieht es dem

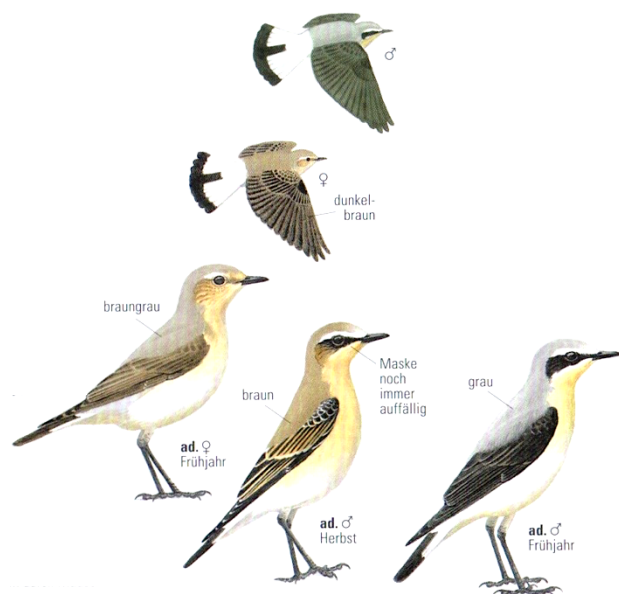


Abbildung 19 - Steinschmätzer (ad.= adult) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

Weibchen sehr ähnlich und ist nur noch an den Ohrdecken dunkler und hat dunklere Flügel. Die auffälligen Bürzel und Schwanzmerkmale sind jedoch bei beiden Geschlechtern gleich (Beaman &

Madge, 1998). Sehr charakteristisch sind auch häufiges Zucken mit dem Schwanz und den Flügeln und Schwanzwippen (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Akustische Bestimmung: Die Rufe des Steinschmätzers sind ein hartes „tack“ und scharf pfeifendes „wiet“, oft auch kombiniert zu „wiet-tack-tack“ (Beaman & Madge, 1998). Der Reviergesang ist eher schwer zu beschreiben, da hier kurze, hastige und sprudelnde Strophen, ohne Wiederholungen, gesungen werden. Zu Beginn hört man jedoch wieder einige harte „tack“ Laute und Pfeiftöne. Zudem sind hell klirrende Laute, abwechselnd mit rau gepressten Tönen charakteristisch (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985).

Biologie und Vorkommen: Die Tiere sind stark territorial und begeben sich regelmäßig auf Singflüge, bei welchen sie ihr Schwanz und Bürzelmuster durch spreizen der Steuerfedern demonstrieren. Ihr Nest bauen sie am Boden oder zumindest in Bodennähe in Höhlungen von Felsen oder Steinhäufen. Die Weibchen legen 4 bis 6 weißlich-blaue, ungezeichnete und glanzlose Eier und brüten für 13 bis 14 Tage. Die Nestlinge verlassen etwa 13 bis 15 Tage nach dem Schlüpfen das Nest, wobei es bei Störungen auch schon früher zur Nestflucht kommen kann. Die Vögel ernähren sich im Sommer von Insekten, Spinnen, Würmern und Schnecken und steigen im Herbst auf Beeren um, um Depotfett für den Flug nach Afrika aufzubauen, wo sie südlich der Sahara überwintern. Dies macht sie zu Langstreckenziehern.

Steinschmätzer bevorzugen karg bewachsenes Gelände und sind im Gebirge auf sonnigen, felsdurchsetzten Matten und Geröllhalden anzutreffen. Im Tiefland ist die Art durch die intensive Nutzung der Flächen drastisch zurückgegangen und gefährdet.

Der Steinschmätzer hat ein extrem großes Verbreitungsgebiet von Nordwestafrika über fast ganz Europa, den größten Teil des nördlichen Asiens, die neue Welt, Alaska, das Yukon-Gebiet, Nordostkanada bis zu den Küstenbereichen Grönlands. In Europa sind die Tiere im Sommer bis Island, Spitzbergen und Russland anzutreffen (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Alpenbraunelle - *Prunella collaris* (SCOPOLI, 1769)

Visuelle Bestimmung: Die Alpenbraunelle ist ein 18 cm großer, braungrauer Vogel mit rostbrauner Flankenstreifung. Es existiert kein Geschlechtsdimorphismus und die Vögel sind generell eher unscheinbar. Sie besitzen zwei schwärzliche, große Armdecken, welche von einer doppelten

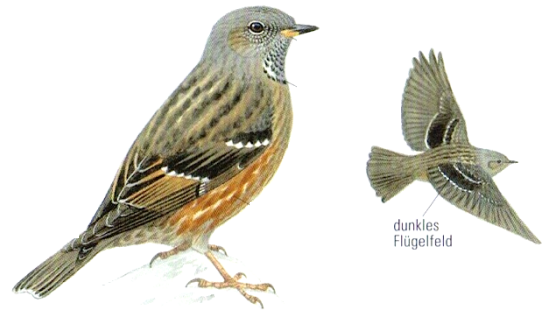


Abbildung 20 - Alpenbraunelle (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

weißen Punktreihe eingefasst sind und dahinter befindet sich ein rostbraunes Feld. Auffallend ist jedoch die gelbe Unterschnabelbasis und ein schwarz-weiß quer gemusterter Kehlfleck. Die Tiere laufen und hüpfen viel am Boden herum und zucken mit ihren Flügeln und dem Schwanz (Beaman & Madge, 1998). Sie haben einen wellenförmigen, kraftvollen Flug, bei welchem die weißen Spitzen ihrer Steuerfedern gut zu erkennen sind (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Akustische Bestimmung: Der häufigste Ruf ist ein lautes, rollendes „tschirüpp“ oder „tschiriririp“, welches an ein Trillern erinnert, oder auch ein scharfes „pürrt“. Die Stimme der Alpenbraunelle klingt rollend und fast „bauchrednerisch“ (Beaman & Madge, 1998). Der Gesang ist ein Balz- und Drohgesang, welcher mit gesträubtem Gefieder und zuckendem Flügelhochreißen dem Weibchen oder einem Rivalen vorgetragen wird. Der Gesang ist sehr abwechslungsreich, melodisch trillernd mit flötenden Pfeiftönen und schnurrenden Lauten (ähnlich dem Hausrotschwanz). Charakteristisch ist auch, dass sich harte Triller mit zarten und dumpfe mit hellen abwechseln. Gesungen wird am Boden oder auf Warten, manchmal sieht man die Tiere auch beim Singflug (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985).

Biologie und Vorkommen: Das Alpenbraunellenweibchen baut ihr Nest für gewöhnlich in einer Felsspalte aus Gras und Halmen, welche auf Moos aufgesetzt sind und die Nestmulde ist noch zusätzlich mit Federn und Haaren ausgekleidet. Die Tiere brüten bis Ende Mai und haben zwei Jahresbruten, das Weibchen legt zwischen 3 und 5, einfarbig hellblaue, glatt-glänzende Eier und brütet 13 bis 14 Tage allein. Die Nestlinge verlassen bereits nach 10 Tagen zu Fuß zum ersten Mal das Nest und sind mit 15-16 Tagen flügge. Die Tiere sind im Sommer oft in Schwärmen mit bis zu 50 Tieren auf Nahrungssuche und ernähren sich hauptsächlich von Käfern, Ameisen und deren Puppen, sowie Raupen, Fliegen, Schnaken, Spinnen und Würmern. Im Winter fressen sie ebenfalls Insekten, aber zusätzlich auch kleine Samen und Beeren (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Die Alpenbraunelle lebt auf felsigen Berghängen mit lückenhafter Vegetation zwischen 1400 und 4000 m Seehöhe. Sie ist oft bei Berghütten anzutreffen, wo sie von den Abfällen profitiert (Beaman & Madge, 1998).

Die Tiere haben ein eurasisches Verbreitungsgebiet, wobei sie im Westen nur inselartig im Gebirge, wie den Alpen, der Tatra und den Karpaten vorkommen. Zudem ist sie in Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa, Rumänien, Osteuropa bis in die Türkei und außerdem noch im Kaukasus und Schiller bis in die Gebirgsgegenden in Japan und Taiwan anzutreffen (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Schneesperling - *Montifringilla nivalis* (LINNAEUS, 1766)

Visuelle Bestimmung: Der Schneesperling

ist ein 17 cm großer, wenig scheuer Vogel, welcher auffällig und finkenähnlich wirkt. Er ist graubraun mit ausgedehnten weißen Bereichen im Flügel und an den Schwanzseiten, was ihn vor allem im Flug leicht erkennbar macht. Er hat einen grauen Kopf und eine weißliche

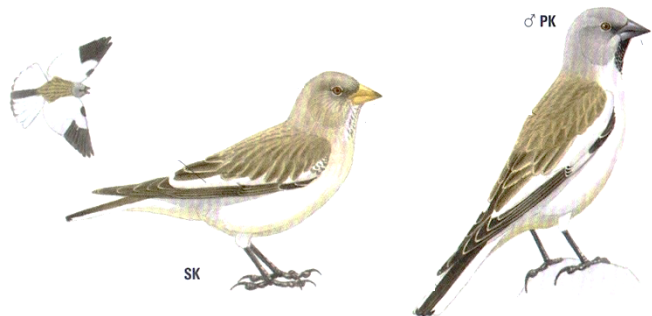


Abbildung 21 - Schneesperling (SK= Sommerkleid; PK= Prachtkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)

Unterseite und ein schwarz-weißes Flügelmuster. Die Männchen haben im Prachtkleid einen schwarzen Schnabel, einen dunklen, einheitlich grauen Kopf und eine schwarze Kehle. Außerdem sind die Flügelabzeichen dunkler als bei den Weibchen. Im Sommerkleid wird der Schnabel wieder gelblich. Die Weibchen haben ebenso einen gelblichen Schnabel mit schwarzer Schnabelspitze und ihr Gefieder wirkt insgesamt etwas matter als das der Männchen. Die Jungvögel sehen den Weibchen sehr ähnlich, ihr Kopf ist jedoch eher braun (Beaman & Madge, 1998).

Akustische Bestimmung: Der Ruf ist ein durchdringendes, rauhes „pschie“ oder „pchie“ und bei Gefahr ein schnurrendes, fast rollendes „pchrirt“. Der Gesang ist laut, auffallend und rhythmisch und besteht aus wiederholten, stotternden „sietetscher-sietetscher“-Folgen oder „tschilpenden“ Tonfolgen. Auffällig ist auch der fallschirmartige, spiralige Singflug, wobei das Tier große Achterschleifen fliegt (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1985).

Biologie und Vorkommen: Der Schneesperling brütet in Felsspalten, gelegentlich auch in alten Marmeltierbauten und manchmal auch in Kolonien. Ein passender Nistplatz wird vom Männchen besungen und durch Einschlüpfen und singen im Inneren, sowie häufiges Herausschauen präsentiert. Da in höheren Lagen oft Schnee fällt, sollte der Nistplatz sich an einem schnell ausapernden Ort befinden. Das Nest wird dann aus Halmen und Stängeln dicht gewoben und mit Federn und Säugerwolle kälteisoliert, anders als bei anderen Sperlingen, ist das Nest des Schneesperlings nicht geschlossen. Die Weibchen legen 3 bis 5, weiße, glanzlose Eier und brüten für 13 Tage allein und werden auch nicht vom Männchen gefüttert. Die Nestlinge werden dann wieder von beiden

Elternteilen gefüttert und verlassen nach ca. 21 Tagen das Nest. Der Schneesperling ernährt sich im Sommer von Insekten und im Winter von Samen und folgt oft Gämsen, um an ausgescharten Flächen Futter zu suchen (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

Die Tiere leben in felsigen Hochebenen, an steilen, felsigen Hängen oberhalb von 2000 m und wandern im Winter in tiefere Lagen, jedoch selten unter die Baumgrenze. Sie sind vor allem im Winter auch oft bei Berghotels oder Skiliftstationen anzutreffen (Beaman & Madge, 1998).

Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich über die Alpen, die Hochgebirge Nordiberiens, Korsikas, Italiens, des Balkans, der Türkei und des Kaukasus, sowie nach Vorder- und Mittelasien bis in die Mongolei und Westchina. Die höchsten Nistplätze wurden in Tibet auf 5000 m Höhe entdeckt (Limbrunner, Bezzel, Richarz, & Singer, 2013).

6.5 Praktische Erarbeitung

6.5.1 Suchspiel - Kennenlernen des Tannenhähers

Lernziele: - Spielerisch die Gedächtnisleistung des Tannenhähers nachvollziehen lernen - Verstehen des Mutualismus/ der Symbiose zwischen Tannenhäher und Zirbe - Erarbeitung des Begriffes Zoochorie anhand dieses Beispiels	
Gruppengröße: beliebig	Dauer ca.: 45 Minuten
Mögliche Standorte: - Gepatschhaus Umgebung	Material: • 10 Walnüsse, Kastanien oder ähnliches (am besten Dinge, welche verrotten würden, falls man sie nicht mehr findet) • Ein 40 m langes Seil • Unbedrucktes Papier & Stifte • Ggf. weißes Vlies
Besonderheiten/ Anpassungen: Bei einem zweiten Durchgang kann die Fläche nach dem Verstecken mit einem Vlies abgedeckt werden, um eine Schneedecke zu simulieren und realistischere Verhältnisse zu schaffen. Das Spiel sollte möglichst im Lebensraum des Tannenhähers abgehalten werden. Falls dies nicht der Fall ist, sollte betont werden, dass es sich nicht um den Lebensraum des Tieres handelt (z.B. Gletschervorfeld), um falsche Assoziationen bei den Schülern und Schülerinnen zu vermeiden.	

Bei dieser Übung sollen die Schüler und Schülerinnen die Gedächtnisleistung des Tannenhähers nachvollziehen lernen. Bevor man mit dem Spiel beginnt, gibt man eine Einführung über das Versteckverhalten des Tannenhähers und macht den Schüler und Schülerinnen klar, dass die Tiere 80 % ihrer versteckten Nüsschen wiederfinden und dass sie über ein ausgesprochen gutes räumliches Gedächtnis verfügen. Man sollte sich jedoch noch einige Informationen über das Tier zurückbehalten (zum Beispiel das Brutverhalten und die Stimme), da diese im Zuge des Spieles noch erläutert werden können.

Durchführung

Für diese Aktion wird irgendwo im Gelände ein 10 x 10 m großes Feld mit Hilfe des Seiles aufgelegt. Nun gibt es mehrere Möglichkeiten dieses Spiel zu gestalten. Es braucht eine Person, welche in diesem abgegrenzten Bereich 10 Gegenstände (Walnüsse, Knöpfe...) versteckt. Je nach Größe der Klasse, Alter und Gruppendynamik kann diesen Part entweder der/die ProgrammleiterIn, ein/e SchülerIn oder der/die begleitende LehrerIn übernehmen. Dies sollte je nach Situation adäquat entschieden werden.

Nun stellt sich die Klasse außen entlang des Seiles auf und darf den Versteckvorgang ganz genau beobachten. Anschließend drehen sich alle mit dem Rücken zum abgegrenzten Bereich und der/die ProgrammleiterIn geht jetzt genauer auf die Biologie des Tannenhähers ein. Wenn man seinen Vortrag beendet hat, teilt man den Schüler und Schülerinnen das Papier aus und lässt sie zunächst ein Quadrat aufzeichnen. Jetzt haben sie 15 Minuten Zeit die 10 versteckten Gegenstände in ihr Quadrat einzuzichnen. Genau wie der Tannenhäher, sollen nun auch die Schüler und Schülerinnen strukturelle Besonderheiten, wie Felsen, Bäume, Baumstümpfe oder ähnliches in ihr Quadrat zeichnen, um die Position der Gegenstände genauer bestimmen zu können. Nach Ablauf der Zeit sollen die Schüler und Schülerinnen verkünden wie viele Gegenstände sie eingezeichnet haben und es soll erhoben werden, wie viele Personen sich die Position von 8 oder mehr Gegenständen merken konnten - sie sind diejenigen, welche die gleiche oder sogar eine bessere Gedächtnisleistung erbringen konnten wie ein Tannenhäher. Wobei man erwähnen sollte, dass zwischen dem Zeitpunkt des Versteckens und des „Wiederfindens“ in dieser Situation nur einige Minuten vergangen sind und der Tannenhäher seine Verstecke nach vielen Wochen oder sogar Monaten wiederfinden muss. Der/die SchülerIn mit den wenigsten Gegenständen darf nun den ersten Gegenstand aus dem abgegrenzten Bereich holen. Dies soll die ganze Klasse auf ihrem Plan als „gefressen“ markieren bzw. überhaupt einzeichnen, falls es sich um eine von ihnen vergessene Stelle handelt. So geht man nun der Reihe nach vor und lässt die Schüler und Schülerinnen nacheinander „Nüsschen fressen“. Hoffentlich schafft man es mit Hilfe der gesamten Klasse alle 10 Gegenstände wiederzufinden.

Wenn man die Situation noch „realistischer“ gestalten möchte, kann man mit Hilfe eines Vlies, wie es im Gartenbaubereich benutzt wird, Schnee simulieren und die Fläche abdecken. Dadurch wird die Suche nach den versteckten Gegenständen noch erschwert und es werden ähnliche Verhältnisse geschaffen, wie sie für die Tiere im Winter herrschen.

6.5.2 Vogelstimmen kennenlernen

Lernziele: - Unterschiedliche Arten der akustischen Signale von Vögeln unterscheiden lernen - 5 typische Vertreter der Singvögel über der Waldgrenze kennenlernen - Aufmerksames Zuhören und Erkennen von Mustern im Vogelgesang	
Gruppengröße: beliebig	Dauer ca.: 90 Minuten
Mögliche Standorte: - im Gepatschhaus	Material: • Audiodateien der fünf Vogelstimmen • Stifte & Papier • Lautsprecher • 5 Stoffbeutel • Kleine Zettel mit den Namen der 5 Vogelarten, pro Art 5x • Ggf. Bilder der besprochenen Vogelarten
Besonderheiten/ Anpassungen: -	

Hierbei sollen die Stimmen von fünf Singvögeln über der Waldgrenze kennengelernt werden. Die Schüler und Schülerinnen sollen im Vorhinein einen kurzen Vortrag zur Funktion und den Charakteristika von Gesang und Rufen der Vögel erhalten und anschließend die ausgewählten Arten kennenlernen. Es handelt sich um die fünf, bereits oben beschriebenen Vertreter: Bergpieper, Hausrotschwanz, Steinschmätzer, Alpenbraunelle und Schneesperling. Das Erlernen von Vogelstimmen ist anfangs relativ schwer und die ausgewählten Arten haben zum Teil recht schwer erkennbare Stimmen. Darum sollte das Modul möglichst am Anfang der Woche eingeführt werden, um die gesamte verfügbare Zeit im Freiland zu üben. Es bietet sich an für die Einführung den ersten Abend zu nutzen.

Durchführung

Der Hausrotschwanz hat den charakteristischsten und einprägsamsten Gesang, weshalb dieser sich für den Beginn dieser Einheit eignet. Am häufigsten wird man wahrscheinlich die Rufe und den Gesang des Bergpiepers hören, deshalb ist dies ein guter Vogel für den Schluss.

Bevor man sich die Stimmen der Tiere anhört soll ein kurzer, informativer Input gegeben werden und die Schüler und Schülerinnen sollen ein Bild des Tieres zu sehen bekommen. Zudem ist es von Bedeutung, den Schüler und Schülerinnen im Vorhinein den Aufbau der Audiodateien zu erklären, d.h. zu schildern, dass zuerst die Rufe und anschließend die Gesänge zu hören sein werden (je nach Audiodatei zu adaptieren!). Anschließend ist die Idee, dass die Schüler und Schülerinnen die Stimme auf möglichst viele Weisen kennenlernen, d.h. zuerst hört man sich die Stimme gemeinsam an und

dann sollen die Schüler und Schülerinnen probieren die Stimme zu beschreiben, entweder verbal oder schriftlich. Vermutlich sind die Schüler und Schülerinnen mit dieser Aufgabenstellung zuerst überfordert, deshalb sollte darauf hingewiesen werden, dass die Beschreibung nur für einen selbst hilfreich sein sollte. Die Schüler und Schülerinnen sollen lernen genau zuzuhören und auf Details aufmerksam zu werden. Diese Notizen oder Wortmeldung können anschließend mit den Beschreibungen der Stimme aus der Literatur verglichen werden, wahrscheinlich wird man nun bemerken, dass die Wahrnehmung sehr subjektiv sein kann und man nur durch die Beschreibung die Stimme des Vogels nicht wiedererkennen würde.

Der zweite Schritt ist, sich die Stimme erneut anzuhören und anschließend die charakteristischen Stellen nachzusingen oder zu summen. Insgesamt sollte man sich die Audiodateien vier bis fünf Mal anhören.

Wenn alle fünf Arten besprochen und angehört wurden, sollen die Schüler und Schülerinnen fünf Gruppen bilden. Nun bekommt jede Gruppe einen Stoffbeutel in welchem sich kleine Zettel mit den Namen der fünf besprochenen Vogelarten befinden. Durch Schere-Stein-Papier oder ein ähnliches Spiel wird eine Person bestimmt. Diese Person zieht einen Zettel aus dem Beutel und muss die Stimme des Vogels, welchen er/sie gezogen hat, nachmachen. Wer den Vogel errät, bekommt einen Punkt und darf als nächstes einen Zettel ziehen, wobei der Zettel der Vorrunde wieder zurückgelegt wurde. Nach etwa 10 bis 15 Minuten endet das Spiel und der/die SchülerIn mit den meisten Punkt gewinnt.

In den folgenden Exkursionstagen sollte darauf geachtet werden, ob man einen der besprochenen Vögel sieht oder eben hört. Bestenfalls sollten die Schüler und Schülerinnen die Tiere nun auch im Freiland selbstständig erkennen.

6.5.3 Vogelstimmen erkennen

Lernziele: - Wiedererkennen der gelernten Stimmen - Aufmerksames Beobachten der Umgebung - Korrektes Protokollieren bei einer Erhebung	
Gruppengröße: 8 bis 10 SchülerInnen	Dauer ca.: 30 bis 60 Minuten
Mögliche Standorte: - Riffital - Krummgampental - Seeles Seen - Gletschervorfeld	Material: • Erhebungsbogen (siehe Anhang) • Stifte • Ggf. Feldstecher • Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B.: Svensson, L. 2017. <i>Der Kosmos Vogelführer</i>. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.)
Besonderheiten/ Anpassungen: Um auch neue Arten in die Liste aufnehmen zu können, ist es von Vorteil ein Bestimmungsbuch mitzunehmen, um den Schüler und Schülerinnen die neu eingeführten Tiere zu zeigen. Die beste Zeit für eine Vogelkartierung ist früh morgens, aber auf alle Fälle sollte vormittags erhoben werden.	

Nachdem die Schüler und Schülerinnen einige Vogelstimmen kennengelernt haben, sollen sie nun versuchen diese Stimmen auch wiederzuerkennen und eine Aufnahme durchführen.

Durchführung

Für dieses Modul kann man sich 30 bis 60 Minuten Zeit nehmen, je nach Aktivität der Vögel und Interesse der Schüler und Schülerinnen. Die Schüler und Schülerinnen sollen, nach einer kurzen Wiederholung der erlernten Vogelstimmen, für den ausgewählten Zeitraum, aufmerksam alle vorkommenden Vogelstimmen, mit Hilfe von Strichlisten, in den Erhebungsbogen eintragen. Im Erhebungsbogen soll unter anderem die Windstärke eingetragen werden, dies soll mit Hilfe der Beaufort-Skala erfolgen (siehe Anhang). Unbekannte Vögel sollen ebenfalls notiert werden, sowie Vögel, welche zwar noch nicht kennengelernt wurden, den Schüler und Schülerinnen jedoch bekannt sind. Damit Arten auftauchen, welche im Vorhinein besprochen wurden, sollte über der Waldgrenze gearbeitet werden. Je nach Schulstufe kann man die Schüler und Schülerinnen selbstständig arbeiten lassen, oder eine gemeinsame Vogelexkursion durchführen. Die Daten werden anschließend alle in einen Sammelbogen eingetragen und können im Freiland bereits kurz interpretiert werden und nach der Exkursion im Unterricht weiterverwendet werden.

6.6 Literatur

6.6.1 Bücher

Bauer, H., Bezzel, E., & Fiedler, W. 2012. *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas*. Wiebelsheim: Aula-Verlag.

Beaman, M., & Madge, S. 1998. *Handbuch der Vogelbestimmung*. Stuttgart: Ulmer.

Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. 1985. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas - Band 1 bis 14*. Wiesbaden: Aula Verlag.

Limbrunner, A., Bezzel, E., Richarz, K., & Singer, D. 2013. *Enzyklopädie der Brutvögel Europas*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.

Mattes, H. 1982. *Die Lebensgemeinschaft von Tannenhäher, "Nucifraga caryocatactes"(L.), und Arve, "Pinus cembra"L., und ihre forstliche Bedeutung in der oberen Gebirgswaldstufe*. Birmensdorf: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

Svensson, L. 2017. *Der Kosmos Vogelführer*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.

6.6.2 Wissenschaftliche Arbeiten

Bedenkoff, P., & Balda, R. 2014. *Clark's nutcracker spatial memory: The importance of large, structural cues*. *Behavioural Processes*, 102: S. 12-17.

Bergmann, H., Engländer, W., Arkhipov, V. 2001. *Zeitaufwand für das Ernten und Verstecken von Kiefern Samen bei Dünnschnäbligen Tannenhähern (Nucifraga caryocatactes macrorhynchos) im Fernen Osten Russlands*. *Journal für Ornithologie*, 142: S. 129-143.

Närmann, F., Küfmann, C., & Neuschulz, E. 2017. *Präferenzen der Tannenhähers Nucifraga caryocatactes beim Anlegen von Samenverstecken*. *Ornithologischer Anzeiger*, 8: S. 89-98.

Neuschulz, E., Mueller, T., Bollmann, K., Gugerli, F., Böhning-Gaese, K. 2015. *Seed perishability determines the caching behaviour of a food-hoarding bird*. *Journal of Animal Ecology*, 84: S. 71-78.

Rolando, A. 1996. *Home range and habitat selection by the Nutcracker Nucifraga caryocatactes during autumn in the Alps*. *IBIS*, 138: S. 384-390.

Winding, N.; Werner, S., Stadler, S., Slotta-Bachmayr, S. 1993. *Die Struktur von Vogelgemeinschaften am alpinen Höhengradienten: Quantitative Brutvogel-Bestandsaufnahmen in den Hohen Tauern (Österreichische Zentralalpen)*, *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 1: S. 106-124.

7 Mammalia - Säugetiere

7.1 Allgemein

Die Säugetiere zählen zu den am höchsten entwickelten Wirbeltieren. Derzeit gibt es rund 5500 beschriebene Arten und gemeinsam mit den Vögeln, sind die Säugetiere die wohl am besten untersuchte Tierklasse (Grüner, 2016). In Österreich sind 110 Vertreter der Säugetiere nachgewiesen (Geiser, 1998).

Einige wichtige Merkmale der Säugetiere sind die Körperbehaarung und eine isolierende Fettschicht unter der Haut, welche sie vor Kälte schützen soll, da alle Säuger endotherm sind und eine hohe Stoffwechselrate haben. Außerdem haben sie ein größeres Gehirn als andere Wirbeltiere vergleichbarer Größe und die Periode der elterlichen Brutpflege ist relativ lang, da die Neugeborenen der Säuger meist recht klein, wenig entwickelt und ohne elterliche Pflege nicht überlebensfähig wären. Zudem ist noch zu erwähnen, dass die Mammalia ein sogenanntes heterodontes Gebiss besitzen, welches sich aus unterschiedlichen Zahntypen mit unterschiedlichen Funktionen, wie zum Beispiel Fangzähnen und Mahlzähnen, zusammensetzt. Das charakteristischste und namensgebende Merkmal sind jedoch ihre Milchdrüsen (lat. *mammæ*), welche die Milch zum Säugen für die Jungtiere produzieren. Diese Milch liefert den Jungtieren in ihrem ersten Lebensabschnitt alle wichtigen Mineralstoffe und Vitamine, als auch Fett, Zucker und Eiweiß (Campbell & Reece, 2009).

In diesem Modul wird hauptsächlich die Lebensweise und Biologie des Murmeltieres (*Marmota marmota*, LINNAEUS, 1758) besprochen. Im praktischen Teil sollen die Schüler und Schülerinnen eine Methode der Verhaltensbiologie kennenlernen und selbstständig Daten erheben.

7.2 Murmeltier - *Marmota marmota*

Merkmale: Murmeltiere verfügen über keinen äußeren Geschlechtsdimorphismus, was die Unterscheidung von Weibchen und Männchen auf größere Entfernung sehr schwer bis unmöglich macht. Die Entfernung der Analöffnung von der Genitalöffnung ist das einzige prägnante Unterscheidungsmerkmal, da diese bei den Männchen weitaus größer ist als bei den Weibchen. Bei adulten Männchen liegt der Abstand bei etwa 49 mm, was zirka der doppelten Afterbreite entspricht und bei den Weibchen liegt der Abstand bei nur etwa 20 mm, was der einfachen Afterbreite entspricht (Signorell & Jenny, 2003).

Die Tiere haben eine Kopf-Rumpf-Länge von 40 bis 50 cm und wiegen direkt nach dem Winterschlaf am wenigsten. Zu dieser Zeit wiegen ausgewachsene Männchen ca. 3 kg, Weibchen sind noch etwas leichter. Ihr gedrungener Körper ist an ihre intensive Grabtätigkeit, das Leben in Bauen und an das Hochgebirgsklima angepasst. Sie haben einen muskulösen Schultergürtel, kräftige Krallen, kleine

Ohren und sie verfügen über ein dichtes Fell mit kräftigen Grannenhaaren sowie eine warme Unterwolle. Die Fellfarbe ist schiefergrau bis hellbraun, charakteristisch ist die schwarze Schwanzspitze. Die Tiere wechseln einmal jährlich ihr Fell, bei den Meisten geschieht dies im Juni, nur bei den säugenden Weibchen etwa vier Wochen später, wobei das Fell mit zunehmendem Alter immer struppiger wird und zum Teil sogar kahle Stellen auftreten können (Arnold W. , 1999).

Lebensraum und Verbreitung:

Laut Bibikow (1996) gibt es 12 Arten der Gattung *Marmota* und darunter noch zahlreiche Unterarten. Die Gattung verteilt sich von Nordamerika, über Europa bis nach Asien über die gesamte Nordhalbkugel und ist in verschiedensten Lebensräumen anzutreffen.

Für uns ist aber nur die Verbreitung des Alpenmurmeltieres (*Marmota marmota*) von Interesse. Sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich über den gesamten Alpenbogen, von den französischen Seealpen bis hin zu den östlichen Ausläufern in Niederösterreich, der Rax.

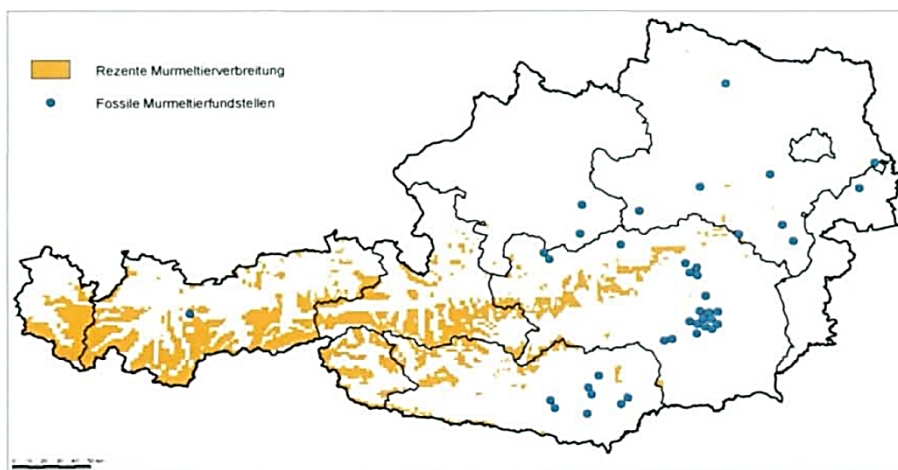


Abbildung 22 - Rezente Alpenmurmeltierverbreitung und pleistozäne Fundorte (adaptiert aus PRELEUTHNER, 1999)

In Österreich besiedelt das Murmeltier alpine bis montane Bereiche in einem Gürtel von 400 bis 500 Höhenmetern oberhalb der lokalen Waldgrenze. Im Norden grenzt das Vorkommen bereits an die Flyschzone, im Südosten wird das Vorkommen vom Pannonischen Becken begrenzt und die südlichsten Kolonien liegen in den Karawanken in Kärnten (Abb. 22). Zudem ist im letzten Jahrhundert durch die künstliche Herabsetzung der natürlichen Waldgrenze durch menschliche Rodung für Almwirtschaft ein neuer Lebensraum für das Alpenmurmeltier in der montanen Stufe geschaffen worden. (Preleuthner, 1999).

Geeignete Lebensräume müssen drei wichtige Anforderungen erfüllen: so müssen sich natürlich die Pflanzenarten und die Vegetationsabfolge mit dem Nahrungsbedarf und der Ernährungsweise der Tiere decken, außerdem sollten die Tiere Baue anlegen können, in welchen sie für den Winterschlaf

geeignete Temperaturverhältnisse vorfinden und zuletzt sollten sich die Tiere innerhalb eines Familienverbundes in dem Gebiet akustisch als auch visuell verständigen können, es sollte also eine geeignete Habitatstruktur vorliegen (Bibikow, 1996). Besonders attraktiv für die Tiere erscheinen Schuttkegel und Moränen zur Anlage ihrer Baue, da dort vermutlich die Gesteinssortierung und der Feinstoffgehalt vorteilhaft sind. Zur Nahrungssuche nutzen Alpenmurmeltiere ausschließlich alpine Rasen (Hüttmeir, Slotta-Bachmayr, & Winding, 1999).

Nahrung und Feinde: Murmeltiere müssen im Gebirge mit einer kurzen Vegetationsperiode zurechtkommen, weshalb sie einen Winterschlaf halten. Umso wichtiger ist es deshalb für die Tiere über den Sommer einen ausreichenden Fettspeicher für den Winter anzulegen, da sie über keinerlei Nahrungsvorräte während dieser Zeit verfügen. Beim Alpenmurmeltier lässt sich ein ausgeprägter Zyklus des Auf- und Abbaus von Fettgewebe beobachten.

Die Tiere ernähren sich hauptsächlich von Pflanzenteilen, nutzen jedoch nur etwa 10 bis 12 % der jährlich produzierten Pflanzenmasse in ihrem Gebiet. Dies zeigt, dass sie auf Almen auch nicht mit dem Weidevieh um Futter konkurrieren, sondern es werden beweidete Flächen sogar besonders gerne von den Tieren genutzt, da sie den frischen Pflanzennachwuchs als Nahrung bevorzugen. Tatsächlich nimmt die Gesamt**biomasse** der Gräser auf Almwiesen, welche von Alpenmurmeltieren bewohnt werden, durch die Erdbewegung der Tiere sogar zu (Bibikow, 1996).

Im Mai, direkt nach dem Winterschlaf zeigen die Tiere noch keine besondere Selektivität bei der Nahrung, doch im Laufe des Sommers zeigt sich eindeutig, dass das Alpenmurmeltier bevorzugt junge Triebe von Alpenklee (*Trifolium alpinum*, L.), Tragant (*Astragalus* sp.), Ungleichblättrigem Labkraut (*Galium anisophyllum*, L.), Mutterwurz (*Ligusticum* sp.) und Alpen- und Bergwegerich (*Plantago alpina*, L.; *P. atrata*, HOPPE) verspeist. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass diese Pflanzen einen hohen Anteil an den essentiellen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linol- und Linolensäure enthalten. Hohe Konzentrationen dieser Fettsäuren im weißen Fettgewebe der Tiere ermöglichen nämlich längere Phasen des **Torpor**s und niedrigere minimale Körpertemperaturen während des Winterschlafes, was zu einer niedrigeren Stoffwechselrate und dadurch zu einem geringeren Energieverlust über den Winter führt. Dies verbessert nicht nur die Überlebenschancen der Tiere, sondern begünstigt auch den Fortpflanzungserfolg im darauffolgenden Jahr (Bruns, Frey-Roos, Ruf, & Arnold, 1999).

Der Pflanzenbestand ist, wie bereits erwähnt, kein limitierender Faktor für die Nahrungsaufnahme der Tiere. Anders ist es mit der Gesamtzeit die zum Fressen zur Verfügung steht. Sie hängt von der Lufttemperatur und der Intensität der Störungen, durch Prädatoren oder den Menschen ab. Besonders um die Mittagszeit muss sich das Alpenmurmeltier oft aufgrund der zu warmen

Temperaturen in seinen kühlen Bau zurückziehen, um eine Überhitzung zu vermeiden und kann diesen erst am späten Nachmittag wieder zum Fressen verlassen. Dazu kommt noch die geringe Verdauungskapazität der Tiere, welche die Energieaufnahme ebenso limitiert. Besonders Fette sind durch ihre schlechte Löslichkeit nur langsam verdaulich, genauso wie Zellulose, welche trotz vergrößertem Blinddarm und endosymbiontischen Mikroorganismen nur ineffizient verdaut werden kann. Deshalb wird schwer verdauliche Nahrung auch eher gemieden und es werden junge Pflanzentriebe bevorzugt (Bruns, Frey-Roos, Ruf, & Arnold, 1999).

Als gefährlichster Feind des Alpenmurmeltieres gilt wohl der Steinadler (*Aquila chrysaetos*, LINNAEUS, 1758). Er erbeutet in seinem Revier für eine erfolgreiche Jungenaufzucht bis zu 70 Tiere im Jahr, was jedoch eine gesunde Murmeltierpopulation im Normalfall noch nicht gefährdet. Andere Feinde, wie der Kolkrabe (*Corvus corax*, LINNAEUS, 1758), der Baummarder (*Martes martes*, LINNAEUS, 1758) oder der Fuchs (*Vulpes vulpes*, LINNAEUS, 1758) sind vor allem für unvorsichtige Jungtiere gefährlich. Ausgewachsene Tiere wurden durchaus schon dabei beobachtet einen Fuchs im Falle eines Angriffes erfolgreich in die Flucht zu schlagen.

Generell ist die Sterblichkeit durch Räuber bei den Alpenmurmeltieren aber eher gering. In einer Untersuchungspopulation fielen nur rund 6 % der Tiere Räubern zum Opfer. Nur bei den Jungtieren war die Mortalität durch Raubfeinde, mit 14 % etwas höher. Die Wintersterblichkeit ist beim Alpenmurmeltier mit 9 % der Gesamtpopulation und sogar 24 % bei den Jungtieren jedoch wesentlich höher als die Sterberate aufgrund von Feinden (Arnold W. , 1990).

Fortpflanzung: Die Fortpflanzung der Murmeltiere wird sehr vom Winterschlaf und vom Leben in hochsozialen Gruppen geprägt. Dies sind zwei wichtige Faktoren, die das Paarungssystem und die Reproduktionszeit beeinflussen. Die meisten Tiere sind in ihrem dritten Sommer, also mit zwei Jahren, adult und geschlechtsreif, jedoch wurde noch nie ein zweijähriges Weibchen beobachtet, dass Jungtiere hervorgebracht hat. Generell bringen in einer Murmeltierfamilie nur die dominanten Weibchen Junge hervor, jedoch sind Kopulationen zwischen allen geschlechtsreifen Männchen und Weibchen einer Familie möglich. Wenn es nun bei einem subdominanten Weibchen zu einer Trächtigkeit kommt, wird diese vom dominanten Weibchen durch sozionegative Interaktionen unter Stress gesetzt, sodass sich die Konzentration an Glucocorticoiden im Blut erhöht und durch die Störung des sensiblen Hormonhaushaltes während der Trächtigkeit kommt es schließlich zum Abort oder zur Resorption der Embryonen (Hackländer, Möstl, & Arnold, 2003). Der Familienverband ist nicht dazu in der Lage mehr als einen Wurf während des Winterschlafes zu wärmen und deshalb wird innerhalb einer Familie auch nur ein Wurf zugelassen, ansonsten wäre die Wintersterblichkeit der Jungtiere erhöht (Hackländer, Bruns, & Arnold, 1999).

Müller-Using war 1954 der Erste, der das Paarungsverhalten von Murmeltieren genauer beschrieb. Ende April bis Anfang Mai, also gleich nach Ende des Winterschlafes, beginnt die Paarungszeit der Tiere. Die Weibchen sind nur einen halben bis einen Tag brünstig. In dieser Zeit kommt es zu diversen Paarungsspielen zwischen dem Weibchen und mehreren Männchen. Hierbei kommt es zum „Schnäuzeln“ und intensiven Beschnüffeln der Analregion und zuletzt wird das Weibchen vom Männchen längere Zeit verfolgt, was von den anderen Männchen geduldig beobachtet wird. Wenn sich das Weibchen stellt, sitzt das Männchen von hinten auf, sodass die Köpfe der Tiere übereinanderliegen und es kommt zur, wenige Minuten andauernden, Kopulation. Am Ende stößt das Weibchen drei katzenartige, „miauende“ Schreie aus, was erneut Männchen anlocken soll. Die Weibchen werden dann bis zu 10 Mal an diesem Tag von unterschiedlichen Männchen gedeckt (Bruns, 1997). Die Kopulation findet meist innerhalb des Baues statt (Müller-Using & Müller-Using, 1972). Die dominanten Männchen lassen hier eine Beteiligung der subdominanten Männchen an der Reproduktion zu, damit diese in der Familie verbleiben und nicht abwandern, da sie im Winter die wichtige Aufgabe haben die Jungtiere zu wärmen und dadurch ihr Überleben zu gewährleisten (Hackländer, Bruns, & Arnold, 1999).

Nach einer Trächtigkeit von etwa 34 Tagen bringen die Weibchen zwei bis sechs, etwa 30 g schwere, 7,5 bis 9,6 cm große (Bibikow, 1996), blinde, taube, zahnlose und nackte Jungtiere zur Welt (Müller-Using & Müller-Using, 1972). Nach etwa 15 Tagen sind die Tiere dann dunkel behaart und das Gewicht hat sich in etwa verdoppelt. Innerhalb eines Wurfes kann es zu auffälligen Größenunterschieden kommen, welche nach dem Umstieg auf pflanzliche Nahrung noch deutlicher werden. Nach etwa 40 Tagen beginnen die Jungen den Bau zu verlassen und sich selbst zu ernähren. Nun verläuft das Wachstum einigermaßen gleichmäßig und bis zum Winterschlaf vervierfacht sich das Gewicht der Tiere und die Länge verdoppelt sich (Bibikow, 1996). Nun wurde auch festgestellt, dass das Geschlechterverhältnis innerhalb eines Wurfes Auswirkungen auf die zukünftigen Chancen eines Tieres auf eine dominante Position im Familienverband mit sich bringt. Anscheinend sinken die Chancen auf zukünftige Dominanz bei beiden Geschlechtern mit steigender Anzahl weiblicher Geschwister innerhalb des Wurfes und die Überlebenschancen von Männchen werden mit steigender Anzahl der männlichen Geschwister reduziert (Dupont, Pradel, Lardy, Allainé, & Cohas, 2015).

Anpassungen an das Hochgebirge

Es gibt zwei sehr wichtige Anpassungen des Alpenmurmeltieres an das Leben im Hochgebirge, dies ist zum einen das Leben in hochsozialen Gruppen und außerdem der ausgeprägte Winterschlaf der Tiere.

Leben in hochsozialen Gruppen: Alpenmurmeltiere leben in Familienverbänden von bis zu 20 Individuen, wobei es in jeder Familie ein dominantes Pärchen gibt, welches mit ihren unterschiedlich alten Nachkommen zusammenlebt (Abb. 23) (Arnold W. , 1999).

Nach etwa 3 Jahren begeben sich die Nachkommen, die Weibchen etwas früher als die Männchen, auf Wanderschaft, um entweder in einem neuen Territorium einen Partner zu finden und eine eigene Familie zu gründen, oder sich durch Übernahme einer territorialen Position in einer neuen Gruppe fortzupflanzen. Das Abwandern ist mit einem großen Risiko verbunden, weshalb die Tiere erst eine gewisse Körpergröße erreichen müssen, bevor sie ihre Familie verlassen

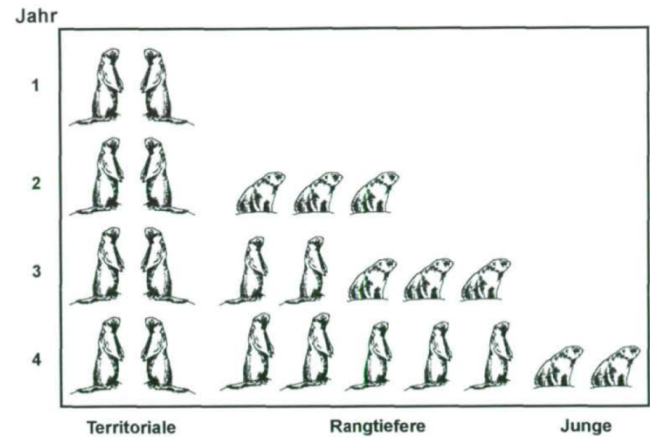


Abbildung 23 - Entstehung großer Familiengrößen durch verzögerte Abwanderung (aus ARNOLD, 1999)

können. Zudem spielen sie als subdominante Individuen vor allem im Winter beim Wärmen der Jungtiere innerhalb ihrer Familie eine wichtige Rolle und sichern somit das Überleben ihrer jüngeren Geschwister (Arnold & Frey-Roos, 1999).

Die Tiere auf Wanderschaft streifen auf der Suche nach einem geeigneten Territorium umher und verweilen oft länger bei verwaisten Bauen und warten dort auf einen ebenfalls wandernden Geschlechtspartner. Dass die Tiere in besetzte Reviere eindringen ist eher selten, doch wenn, dann kann es zu sehr gewalttätigen Kämpfen mit dem Alpha-Tier des jeweiligen Revieres kommen, welche nicht selten gefährliche Bisswunden oder gar den Tod mit sich bringen. Falls nun ein neues Tier die Alpharolle in einem Revier einnimmt, ändert sich zuerst für die übrigen Familienmitglieder nichts, subdominante Tiere werden auch weiterhin in der Gruppe geduldet. Bei den Männchen werden jedoch die Nachkommen des vorigen Revierbesitzers unterdrückt und an der Reproduktion gehindert, außerdem verliert das territoriale Weibchen ihre diesjährigen Jungen meist noch im Uterus.

Die Territorien sind durchschnittlich etwa 2,5 ha groß und werden durch geruchliche und optische Signale von den benachbarten Territorien abgegrenzt. Es überlappen sich ausschließlich die Fressgebiete teilweise mit denen benachbarter Familien. Die territorialen Männchen patrouillieren regelmäßig die Grenzen ihres Revieres und signalisieren ihren Anspruch mit Auf- und Abschlagen des Schwanzes, als auch mittels geruchlicher Markierung (Arnold W. , 1999).

Winterschlaf: Alpenmurmeltiere verbringen fast $\frac{2}{3}$ des Jahres mit dem Winterschlaf und sind nur etwa 4 bis maximal 5 Monate im Jahr aktiv. In ihrer Hauptaktivitätszeit zwischen Mitte April bis etwa Mitte September müssen die Tiere als Vorbereitung für den Winterschlaf beträchtlich an Gewicht zunehmen. Die prozentuelle Gewichtszunahme bei Jungtieren (Kätzchen) beträgt im Durchschnitt 183 %, bei Einjährigen 114 % und bei Zweijährigen oder Älteren etwa 32 % (Signorell & Jenny, 2003).

Alle Tiere einer Familie verbringen den Winterschlaf in derselben, gepolsterten Schlafkammer. Wenn das letzte Tier der Gruppe im Winterbau eingetroffen ist, wird der Bau mit Hilfe eines sogenannten „Zapfen“, welcher oft mehrere Meter lang sein kann und aus Erde, Steinen und Polstermaterial besteht, fest verschlossen und gewährleistet so eine Isolierung von der Oberfläche. Er wird erst nach dem Erwachen im Frühjahr wieder beiseite geräumt, bis dahin verweilen die Tiere im Winterbau (Müller-Using & Müller-Using, 1972).

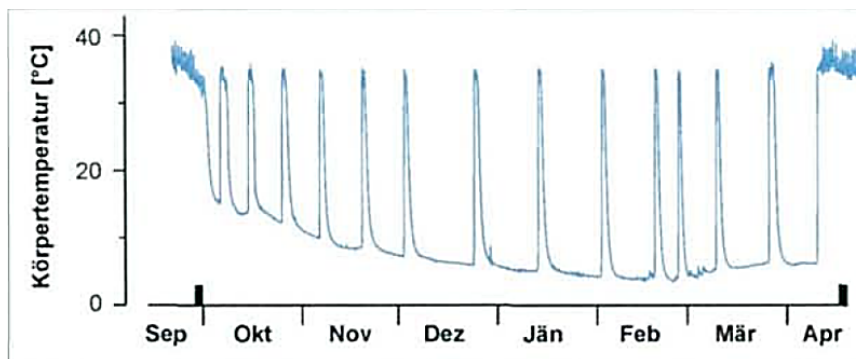


Abbildung 24 - Der Verlauf der Körpertemperatur eines männlichen, alleine überwinternden Männchens. Die schwarzen Balken signalisieren, wann das Tier endgültig im Bau verschwand bzw. diesen wieder verließ (aus ARNOLD, 1993)

Nun schlafen die Tiere nicht, wie man vielleicht vermuten würde, den ganzen Winter durch, sondern es wechseln sich Torpor- und Wachphasen bzw. Euthermiephasen ab (Abb. 24). Auch die Länge der Torporphasen ändert

sich im Laufe des Winters, so werden diese bis Jänner/ Februar kontinuierlich länger und können sogar bis zu 27 Tage andauern und verkürzen sich anschließend bis zum Frühjahr wieder. Durchschnittlich dauert eine Torporphase $12 \frac{1}{2}$ Tage und in diesen Phasen kann die Körpertemperatur bis auf $2,6^{\circ}\text{C}$ sinken und die Stoffwechselrate ist um ein Vielfaches herabgesetzt, was auch den O_2 -Bedarf stark absenkt. Das energieaufwendige Aufwärmen in den Euthermiephasen dauert durchschnittlich etwa $9 \frac{1}{2}$ Stunden und die Euthermiephase selbst dauert durchschnittlich 19 Stunden, je nachdem wie lange die vorausgegangene Torporphase andauerte. Auf längere Torporphasen folgen auch längere Euthermiephasen.

Die Euthermiephasen (= Zeiträume mit normaler Körpertemperatur) sind für die Tiere besonders energieaufwendig, 57 % der gesamten, während des Winterschlafes verbrauchten Energie, wird während dieser Phasen verbraucht. Weitere 15 % in den Aufwärmphasen und nur 28 % in den Torporphasen.

Bis heute ist nicht genau geklärt, warum die Tiere ihre Torporphasen immer wieder unterbrechen und so viel Energie für eine regelmäßige Erhöhung der Körpertemperatur aufwenden. Es wird diskutiert, dass dies dazu dient, beschädigte, neuronale Schaltkreise wiederherzustellen, da die tiefe Körpertemperatur die Kommunikation zwischen Nervenzellen beeinträchtigt und das vor allem in Hirnarealen, welche für die Thermoregulation von Bedeutung sind (Arnold W. , 1999). Außerdem wird vermutet, dass dieses periodische Erwachen das, während der Torporphase inaktive Immunsystem wieder aktivieren soll, um mögliche Infektionen, welche kurz vor oder während der Tiefschlafphase in den Organismus eingedrungen sein könnten, zu bekämpfen (Prendergast, Freeman, Zucker, & Nelson, 2002).

Jedoch wird der Energieverlust durch das Überwintern in Gruppen drastisch reduziert. Durch das enge Aneinanderkuscheln der Tiere ist ihr Oberflächen-Volumen-Verhältnis in der Gruppe sehr viel vorteilhafter und die Tiere erreichen bereits in der Einschlafphase zu einem späteren Zeitpunkt die kritisch-tiefe Körpertemperatur, welche erhöhte Thermoregulationskosten mit sich bringt. Auch das periodische Aufwachen ist in Gruppen von erwachsenen Tieren perfekt synchronisiert, was zu einem minimalen Energieaufwand für die Tiere führt, da das gleichzeitige Erhöhen der Körpertemperatur sehr viel energiesparender ist. Wenn sich nun auch Jungtiere in der Gruppe befinden, sind die Winterschlafunterbrechungen nicht so genau synchronisiert. Die Jungtiere verfügen über weniger Fettreserven und deshalb müssen sie auch besonders geschont werden. In der Abbildung 25 ist sehr gut ersichtlich, dass deshalb zuerst die Väter bzw. männlichen Verwandten im Bau ihre Körpertemperatur erhöhen, damit die Jungtiere nicht so viel Energie aufwenden müssen und dass die Mütter erst etwas später ihre Körpertemperatur erhöhen, damit die Jungtiere auch langsamer abkühlen (Arnold W. , 1999).

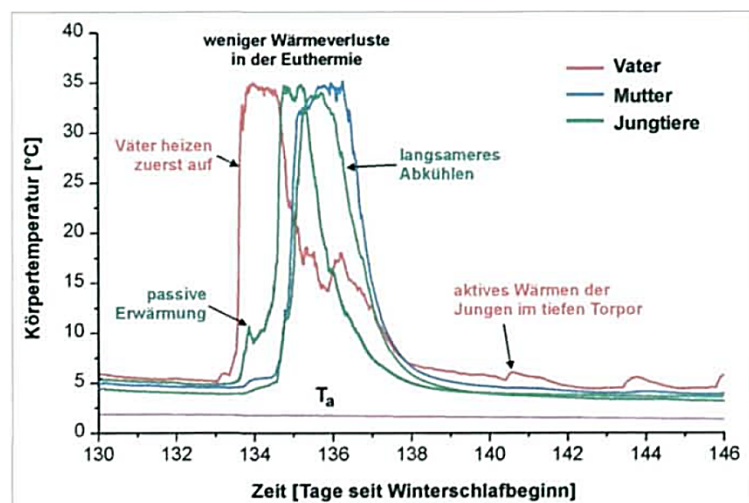


Abbildung 25 - Jungenfürsorge während des Winterschlafes in Form von unsynchronisierten Wachphasen der Elterntiere (aus ARNOLD, 1999)

Im Winter verlieren Jungtiere (Kätzchen) rund 18 % ihres Gewichtes, Einjährige 7 %, Zweijährige 8 % und Dreijährige und Ältere rund 24 % (Signorell & Jenny, 2003).

Verhalten: Viele typische Verhaltensweisen des Alpenmurmeltieres wurden bereits beschrieben, zum Beispiel das Paarungsverhalten, sowie das typische Verhalten zur Revierverteidigung. Deshalb soll hier nur kurz auf die akustische Kommunikation zwischen den Tieren eingegangen werden.

Besonders auffällig sind die Warnrufe der Tiere, welche für ihre Artgenossen über mehrere hundert Meter weit hörbar sind. Diese Rufe werden oft als „Piffe“ bezeichnet, obwohl dies eigentlich nicht zutrifft, da der Laut ausschließlich vom Kehlkopf gebildet wird und die Zunge und die Lippen nicht an der Lautbildung beteiligt sind (Bibikow, 1996).

Das Alpenmurmeltier hat zwei unterschiedliche Arten von Warnrufen und zwar einen lauten, kurzen Ruf und eine Aneinanderreihung mehrerer Rufe. Lange Zeit dachte man, dass die Tiere den kurzen Ruf ausstoßen, um vor fliegenden Gefahren, wie einem Steinadler, zu warnen und die mehreren kurzen Rufe auf Bodenfeinde hinweisen sollen (Lenti Boero, 1992). Dies wurde jedoch 1995 von Arnold und Blumstein widerlegt. Laut diesen Autoren ist der Ruf nicht so spezifisch auf die Art des Feindes abgestimmt, vielmehr geht es um den Grad des Risikos, das vom herannahenden Feind ausgeht. Deshalb wird bei akuter Gefahr nur einmal „gepiffen“ und bei moderater Gefahr werden mehrere „Piffe“ aneinandergereiht. Zudem nutzt der Artgenosse andere kontextuelle Hinweise zur richtigen Interpretation des Warnrufes (Blumstein & Arnold, 1995).

7.3 Verhaltensbiologie - Richtiges Beobachten

Die Definition von Verhalten ist schwieriger als man sich vielleicht denken würde, aber man kann sagen, dass sich das Verhalten eines Tieres durch Aussendung von Signalen oder Ausübung von Bewegungen charakterisieren lässt, welche zur Interaktion mit Artgenossen oder anderen Teilen seiner belebten oder unbelebten Umwelt dienen. Dies beinhaltet Haltungen, wahrnehmbare Bewegungen, Gebärden, Lautäußerungen, die Abgabe von Duftstoffen oder auch Farbänderungen. Das heißt, das Verhalten eines Tieres ist Teil von dessen Anpassung an die Umwelt und deshalb lassen sich, je nach Funktion des Verhaltens, Schlüsse über die Evolution ziehen bzw. macht es die Evolution des Tieres verständlicher, da Verhalten die Fortpflanzungs- und Überlebenschancen eines Tieres mitbestimmen (Kappeler, 2017).

Das Verhalten eines Tieres wird von unterschiedlichen internen Prozessen (z.B. hormonell, neurobiologisch oder genetisch), als auch von externen Faktoren (z.B. soziale und ökologische Variablen) gesteuert. Aufgrund dessen bedient sich die Verhaltensbiologie auch so vieler unterschiedlicher Methoden, wie molekularbiologischer, genetischer, tierphysiologischer, ökologischer oder neurobiologischer Methoden (Naguib, 2006). Nun soll jedoch besonders auf unterschiedliche Arten der Tierbeobachtung eingegangen werden.

Das wissenschaftliche Beobachten von Tieren ist sehr anspruchsvoll und man muss genau darauf achten, dass man subjektive Beurteilungen, Interpretationen und Erwartungshaltungen nicht in die Beobachtungen einfließen lässt. Es ist wichtig, objektive und neutrale Begriffe bei Beschreibungen zu

benutzen und sogenannte Anthropomorphismen, also Begriffe welche eigentlich menschliche Gefühle beschreiben, zu vermeiden.

Ein Beispiel: „Das Murmeltier schaut wachsam und leicht beängstigt auf.“ Dies ist keine wissenschaftlich korrekte Aussage, sondern beinhaltet bereits eine Interpretation, was zu einer Verfälschung der qualitativen Ergebnisse führen würde! Korrekt wäre: „Das Tier richtet sich auf richtet seinen Blick nach Osten und nach Südosten.“ Auch subjektive, wertende Begriffe wie: klein, groß, langsam, schnell, faul, lieb, zahm oder ähnliches sollen nicht benutzt werden, anstelle dessen sollten beschreibende, verifizierbare Begriffe wie: 1 m/sek oder 70 cm verwendet werden, jedoch nur falls diese klar bestimmbar sind (Naguib, 2006).

7.4 Praktische Erarbeitung

7.4.1 Murmeltierbeobachtung

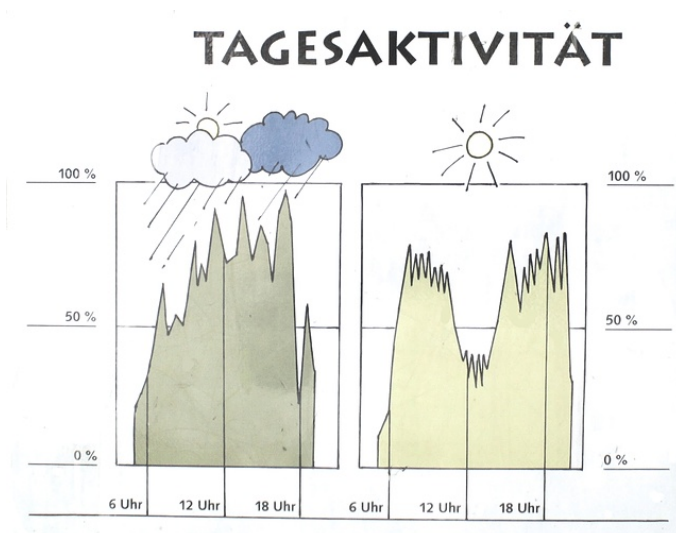


Abbildung 26 - Aktivität der Murmeltiere außerhalb des Baues in Prozent und nach Tageszeit (von hikr.org)

sich die Tiere oft innerhalb des Baues, an kühlen oder regnerischen Tagen außerhalb des Baues auf (Abb. 26) (hikr.org, 2017).

Generell sind solche Untersuchungen mit Schüler und Schülerinnen vor allem in Zoos beliebt, da hier ein stetiges Setting besteht und man mehrere unterschiedliche Methoden anwenden könnte. Nun stehen zwei mögliche Methoden zur Auswahl, die entweder nacheinander beide angewandt werden können, oder je nach Schulstufe und Aktivität der Murmeltiere ausgewählt werden können.

7.4.1.1 *Ad libitum Beobachtung*

Lernziele: - Korrektes wissenschaftliches Beobachten erlernen - Korrektes protokollieren von Verhalten erlernen - Murmeltiere in ihrem natürlichen Lebensraum kennenlernen	
Gruppengröße: 8 bis 10 SchülerInnen	Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Riffital	Material: • Papier und Stift • Uhr/ Handy • Fernglas • Ggf. Datenblatt (siehe Anhang) • Ggf. Klemmbrett
Besonderheiten/ Anpassungen: -	

Bei der Ad libitum Beobachtung handelt es sich um eine qualitative Methode, die sich besonders für unerfahrene „Beobachter“ eignet. Hierbei wird einfach alles notiert was man als wichtig empfindet, also „nach Belieben“, was auch die direkte Übersetzung für den lateinischen Ausdruck „ad libitum“ ist. Normalerweise wird diese Methode bei Vorbeobachtungen oder bei Zusatzbeobachtungen angewendet, da keine quantitative Datenauswertung möglich ist, sondern rein qualitativ und deskriptiv ausgewertet wird. Aber vor allem für jüngere Schüler und Schülerinnen ist sie ein guter Einstieg in die Verhaltensbiologie, da man trainiert, wie man Verhalten richtig protokolliert und auf welche Ausdrucksweisen man verzichten sollte. Bei dieser Methode wird im Vorhinein keine Hypothese aufgestellt und somit ist die Auswertung auch etwas weniger spannend als bei der Anwendung einer quantitativen Methode. Jedoch kann man anschließend im Unterricht das Thema Verhaltensbiologie weiter behandeln und auf den Daten aufbauen.

Durchführung

Normalerweise gibt es bei dieser Methode keine genaue Zeitvorgabe, doch im Rahmen dieses Moduls wird empfohlen einen Zeitrahmen von etwa 30 Minuten zu wählen. Dies kann je nach Schulstufe, Witterung, Aktivität der Tiere und sonstigen Umständen jedoch beliebig angepasst werden.

Es kann den Schüler und Schülerinnen entweder das im Anhang befindliche, vorgefertigte Datenblatt (siehe Anhang) ausgeteilt werden, oder die Schüler und Schülerinnen können selbst ein Datenblatt anlegen, das alle wichtigen Informationen enthält. Es sollten nicht mehr als 4 Tiere gleichzeitig beobachtet werden, auch wenn mehrere Tiere gerade aktiv sind, ansonsten wird die Datenaufnahme zu ungenau. Wichtige aufzunehmende Daten sind: das Datum, die Uhrzeit zu Beginn und am Ende

der Datenaufnahme und die Witterung. Nun kann eine Tabelle angefertigt werden, in welcher in jeder Zeile das Verhalten eines Tieres eingetragen wird. Wenn Verhaltensweisen auftauchen, welche auch als Zustand zu beschreiben sind, wie zum Beispiel Tiere, die länger auf Steinen liegen oder ähnliches, kann hier auch die Dauer des jeweiligen Verhaltens aufgenommen werden.

Am Ende werden die Protokolle verglichen und subjektive Aufnahmen werden gemeinsam umformuliert. Außerdem können sich die Schüler und Schülerinnen Hypothesen ausdenken, welche für sie bei einer weiteren Untersuchung des Murmeltierverhaltens interessant wären und auch diese können gemeinsam diskutiert werden.

7.4.1.2 Vergleich von Scan sampling mit Behaviour sampling

Lernziele: - Kennenlernen unterschiedlicher verhaltensbiologischer Methoden - Typische Verhaltensweisen von Murmeltieren kennenlernen - Zwei wissenschaftliche Methoden vergleichen und bewerten	
Gruppengröße: 8 bis 10 SchülerInnen	Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Riffital	Material: • Stifte • Zwei unterschiedliche Protokollbögen (siehe Anhang) • Uhr/ Handy • Fernglas • Ggf. Klemmbrett
Besonderheiten/ Anpassungen: Bei ausreichender Aktivität der Tiere und entsprechendem Interesse der Schüler und Schülerinnen können auch beide Methoden von allen ausprobiert werden. Hierbei werden die zwei Gruppen nach einem ersten Durchgang getauscht und man erhält mehr Daten.	

In diesem Modul sollen die Schüler und Schülerinnen zwei Methoden zur Datenaufnahme miteinander vergleichen und anschließend entscheiden, welche Art der Datenaufnahme für die Murmeltierbeobachtung besser geeignet ist.

Hierbei geht es um zwei Intervall-strukturierte Registrierungsmethoden. Die Schüler und Schülerinnen werden in zwei Gruppen eingeteilt und jeweils mit einer Methode vertraut gemacht, um anschließend für 30 Minuten zu beobachten.

Durchführung

Gruppe 1 - Scan sampling

Die erste Gruppe beschäftigt sich mit dem Scan sampling. Beim Scan sampling wird eine Gruppe von Tieren über einen gewissen Zeitraum beobachtet, welcher in gleich lange Intervalle unterteilt ist und die Schüler und Schülerinnen müssen zu bestimmten Zeitpunkten, also am Beginn jedes Intervalls das Verhalten aller sichtbaren Tiere protokollieren, es handelt sich hierbei also um sogenanntes „instantaneous sampling“ (Naguib, 2006).

Zur Erstellung des Protokollbogens wurden die von Lenti-Boero (2003) beschriebenen, 5 typischen Verhaltensweisen des Alpenmurmeltieres aufgelistet. Wobei man diese den Schüler und Schülerinnen im Vorhinein noch genauer erläutern sollte:

- Sitzen oder Liegen: hierbei handelt es sich laut Lenti-Boero eigentlich um „wachsames sitzen oder liegen“, da die Tiere rund die Uhr sehr wachsam und alarmbereit sind. Oft sitzen oder liegen die Tiere auf Steinen.
- Nahrungssuchend oder fressend: das Tier bewegt sich entweder geradlinig und frisst die Pflanzen unmittelbar vor ihm, oder es steuert gezielt eine bestimmte Pflanze an, um diese zu fressen. Oft alterniert dieses Verhalten mit alarmbereiten Haltungen, wie das Anheben des Kopfes.
- In Bewegung: gehende, trabende, laufende oder gerade stoppende Tiere
- Markieren: dies beinhaltet drei typische Verhaltensweisen, und zwar das Wangenreiben, das Pfotenreiben und das Herumschreiten mit aufgestelltem Schwanz.
- Graben und Arbeiten am Bau: meist ist hier der Kopf des Tieres bereits im Bau und es gräbt mit Hilfe der Vorderpfoten oder es geht komplett in den Bau und entfernt den Schutt vom Eingangsbereich (Lenti Boero, 2003).

Nun soll im Rhythmus von zwei Minuten das Verhalten aufgenommen und protokolliert werden, wobei wirklich nur alle zwei Minuten Aufnahmen gemacht werden sollen und in der Zeit dazwischen nicht. D.h. alle zwei Minuten „scannt“ man den gesamten Untersuchungsbereich und macht für jede auftretende Verhaltensweise einen Strich in seinen Protokollbogen.

Gruppe 2 - Behaviour sampling

Die zweite Gruppe soll mit Hilfe des Behaviour sampling ein Protokoll erstellen. Hierbei handelt es sich um ein One-zero sampling, d.h. Verhaltensweisen werden immer protokolliert, wenn sie auftreten. Die Schüler und Schülerinnen sollen also während des gesamten Intervalles darauf achten, ob eine der 5 gesuchten Verhaltensweisen auftritt und diese anschließend protokollieren. Jedes

Verhalten wird pro Tier und pro Intervall nur einmal protokolliert, also wenn zum Beispiel dasselbe Tier während eines Intervalles zweimal zu graben beginnt, wird es trotzdem nur einmal protokolliert, wenn jedoch zwei unterschiedliche Tiere graben, werden zwei Striche in den Protokollbogen gemacht.

Die Anmerkungen zu den auf dem Protokollbogen aufgelisteten Verhaltensweisen sollen auch in dieser Gruppe erwähnt werden.

Auswertung

Ein schneller Vergleich der Methoden kann bereits am Feld stattfinden. Nun sollen die Ergebnisse verglichen werden und die Schüler und Schülerinnen sollen sich überlegen, welche Methode bei der Murmeltierbeobachtung geeigneter wäre. Als Anregung kann noch erwähnt werden, dass man die Auswahl der Methode auch auf die vorher aufgestellte Hypothese abstimmen sollte.

Eine genauere Auswertung sollte nach der Exkursion in der Schule stattfinden. Da es sich um quantitative Methoden handelt, lassen sich die Daten sehr anschaulich genauer auswerten. Die Schüler und Schülerinnen können ihre Daten mit Hilfe von Diagrammen darstellen und interpretieren. Je nach Interesse lassen sich die erhobenen Daten auf unterschiedlichste Weise in den weiteren Unterricht integrieren.

7.4.2 Indirekte Nachweise

Lernziele: - Nachweise für die Anwesenheit von bestimmten Tieren erkennen und finden - Aufmerksam seine Umgebung betrachten und analysieren - Fußspuren einiger Vertreter wiedererkennen	
Gruppengröße: beliebig	Dauer ca.: -
Mögliche Standorte: - Gepatschhaus Umgebung - Verpeil Alm - Krummgampental	Material: • Bestimmungstafel (siehe Anhang) • Ggf. Gips
Besonderheiten/ Anpassungen: Indirekte Nachweise können über den gesamten Exkursionsverlauf thematisiert werden. Sobald die Schüler und Schülerinnen Fußspuren finden, kann genauer auf das Thema eingegangen werden und eventuell sogar Gipsabdrücke angefertigt werden. Es bietet sich auch an die Schüler und Schülerinnen Fotos von den Spuren machen zu lassen.	

Viele Wirbeltiere und im Speziellen Säugetiere sind zwar im Hochgebirge in großer Zahl vertreten,

aber trotzdem nicht allzu leicht zu finden. Einige der Tiere sind nachtaktiv und andere halten sich in so unwegsamem Gelände auf, dass man nur selten in ihre Nähe kommt. Doch auch diese Tiere hinterlassen Spuren in Form von Trittsiegeln, Fraßspuren oder Losungen und diese dienen anschließend als indirekte Nachweise der Tiere.

7.4.2.1 Fußspuren

Fußspuren sind vor allem auf Schneefeldern zu entdecken, aber auch auf schlammigem, lehmigem Untergrund, besonders nach viel Niederschlag kann man oft schöne Trittsiegel finden. Die schönsten und detailliertesten Spuren findet man auf einigen Zentimetern dickem, feinkörnigem und nicht zu nassem Tauschnee. In zu hohem Schnee werden die Trittsiegel zu tiefen Löchern und lassen sich nur noch schwer bestimmen, auch in losem Frostsnee werden die Ränder der Spur bald abfallen. Außerdem muss man beachten, dass bereits ältere Fußspuren womöglich schon etwas vergrößert sind, da bei Tauwetter die Ränder der Spur am schnellsten abtauen (Bang & Dahlström, 2000).

Durchführung

In diesem Modul sollen sich die Schüler und Schülerinnen mit unterschiedlichen Wildtierspuren vertraut machen, und zwar mit der Spur des Alpenmurmeltiers und mit 4 unterschiedlichen Paarhuferspuren, der des Rehes, des Hirsches, des Alpensteinbockes und der Gämse. Die Abbildungen am Bestimmungsbogen im Anhang sollen bei Fund eines Trittsiegels zur Bestimmung dienen. Die Größe entspricht der ungefähren natürlichen Größe der Fußspuren eines adulten Tieres (Bang & Dahlström, 2000).

Die Trittsiegel von Alpensteinbock und Gams sind besonders schwer zu unterscheiden. Gams- und Steinwild verdanken ihre Trittsicherheit vor allem den harten Rändern ihrer Schalen und genau deshalb entstehen von ihnen auch deutliche Spuren. Die Gams hinterlässt längliche-keilförmige Trittsiegel und ihre schmalen Spitzen wirken, vor allem im Schnee, oft rundlich oder abgestumpft, außerdem lässt sich nach den Ballen eine leichte Verengung erkennen. In tiefem Schnee oder auf der Flucht werden die Schalen weit gespreizt. Die Afterklauen sind meist nicht in der Spur zu sehen, da sie höher liegen als beim Steinwild. Die Trittsiegel des Steinbockes sind größer und wirken, im Gegensatz zur Gämse, rundlicher und gleichmäßiger (Deutz & Greßmann, 2001). Es ist jedoch weitaus wahrscheinlicher Trittsiegel von Nutztieren, wie Rindern, Schafen oder Ziegen zu finden, deshalb sind diese auch auf der Bestimmungstafel im Anhang mit abgebildet. Falls die Schüler und Schülerinnen also im Laufe der Exkursion auf Trittsiegel stoßen, können diese anhand der Bestimmungstafel bestimmt werden. Dieses Modul hat keine genaue Zeiteinteilung, sondern sollte spontan Verwendung finden, falls Trittsiegel von den Schüler und Schülerinnen entdeckt werden.

Bei großem Interesse durch die Schüler und Schülerinnen können auch Gipsabdrücke von Spuren rund um die Hütte angefertigt werden!

7.5 Literatur

7.5.1 Bücher

Bibikow, D. 1996. *Die Murmeltiere der Welt*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Müller-Using, D., & Müller-Using, R. 1972. *Das Murmeltier in den Alpen (Marmota marmota L.)*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

Biologiezentrum des OÖ. Landesmuseums (Hrsg.), 1999. *Murmeltiere*. Linz: Stapfia 63.

7.5.2 Wissenschaftliche Arbeiten

Arnold, W. 1990. *The evolution of marmot sociality: II costs and benefits of joint hibernation*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 27: S. 239-246.

Dupont, P., Pradel, R., Lardy, S., Allainé, D., & Cohan, A. 2015. *Litter sex composition influences dominance status of Alpine marmots (Marmota marmota)*. Oecologia, 179: S. 753-763.

Hackländer, K., Möstl, E., & Arnold, W. 2003. *Reproductive suppression in female Alpine marmots, Marmota marmota*. Animal behaviour, 65: S. 1133-1140.

Signorell, N., & Jenny, H. 2003. *Wachstum, saisonale Gewichtsveränderungen und Geschlechtsbestimmung bei Alpenmurmeltieren (Marmota m. marmota)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 49: S. 249-260.

8 Bestäuber

8.1 Allgemein

8.1.1 Was ist Bestäubung?

Die Bestäubung ist ein essentieller Teil der Fortpflanzung von Pflanzen und ist Voraussetzung für eine Befruchtung. Bei der Bestäubung werden die Pollen (Blütenstaub) von den Staubblättern der Pflanze entweder direkt auf die Samenanlage, wie bei den Nacktsamern (Gymnospermen), oder auf die Narbe des Stempels, bei Bedecktsamern (Angiospermen), übertragen. Hierbei kann die Pflanze nun von sich selbst (**Autogamie**) oder von einem anderen Individuum (**Xenogamie**) bestäubt werden. Viele Pflanzen verfügen jedoch auch über eine Selbststerilität, durch welche eine Autogamie verhindert wird. Hierbei tritt Sterilität auf, sofern der Pollen ein Allel enthält, welches auch im Griffelgewebe vorhanden ist. Diese Sterilität tritt auf, weil die Fremdbestäubung für Pflanzen einen evolutionären Vorteil darstellt, da es hierbei zu möglichen Neukombinationen von Genen kommen kann (Kugler, 1970). Es gibt jedoch noch andere Mechanismen um eine Selbstbestäubung zu verhindern, eine davon ist die **Heterostylie**, hierbei werden unterschiedlich lange Griffel auf derselben Pflanze ausgebildet, was dazu führt, dass unterschiedliche Bestäuber angelockt werden. Die Stängellose Schlüsselblume (*Primula vulgaris*, HUDS.) ist das bekannteste Beispiel für Heterostylie. Ein dritter Mechanismus ist, dass die Staubblätter und die Fruchtknoten zu unterschiedlichen Zeiten reifen (Dichogamie), oder dass die Pflanze Staubblätter und Fruchtknoten auf unterschiedlichen Individuen ausbildet, also zweihäusig ist (Barth, 1982). Ein Beispiel für Dichogamie ist das Schmalblättrige Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*, HOLUB) und für Zweihäusigkeit (Diözie) alle Weidengewächse (Salicaceae).

Die Pollenübertragung kann durch Wasser (Hydrogamie), durch Wind (Anemogamie) oder durch Tiere (Zoogamie) erfolgen (Kugler, 1970). Bei dieser wird der Pollen an den Bestäuber angeheftet und dann auf die Blütennarbe übertragen. Hier wird vor allem die biotische Bestäubung, also die Bestäubung durch Tiere, insbesondere Insekten, genauer beschrieben.

8.1.2 Tiere als Blütenbesucher

Tiere können aus sehr unterschiedlichen Gründen auf Pflanzen zu finden sein. Sehr häufig ist der Grund die Nahrungsaufnahme. Es können von den Tieren die verschiedensten Pflanzenteile, wie Wurzeln, Stengel, Blätter oder Blüten gefressen werden. Das Sammeln von Nahrung in Form von Nektar oder Pollen ist die wohl bekannteste Form der Nahrungsaufnahme von Tieren an Blüten. Hierbei wird der Nektar als Zuckerquelle genutzt und der Pollen ist ein wichtiger Fett- und Eiweißlieferant. Oft lauern Tiere auf Pflanzen, um andere Blüten-/Blumenbesucher zu fressen. Manchmal sind Blüten Ruhe- oder Schlafplätze oder ein geeigneter Ort, um ungünstige Situationen

am eigentlichen „Wohnort“ zu überdauern. So können Schnecken auf Pflanzen gefunden werden, wenn es am Boden zu trocken wird. Blüten können auch als Rendezvousplatz für manche Arten dienen. Vor allem Hummeldrohen und Schmarotzerhummeldrohen hinterlassen auf Blumen Duftspuren um paarungsbereite Königinnen anzulocken und sie dort zu begatten. Einige Tiere benutzen Blüten zur Eiablage und können diese im Zuge dessen auch potentiell bestäuben. (Kugler, 1970).

8.1.3 Lockmittel der Blüten

Zur Anlockung von Bestäubern bedienen sich Pflanzen zweier Arten von Reizen und zwar optischen und chemischen Reizen. Sie locken Bestäuber also zum einen durch das Aussehen der Blüte an und zum anderen durch ihren Geruch oder Geschmack. Nachtaktive Schmetterlinge und Käfer werden vor allem durch Geruch angelockt und tagaktive Schmetterlinge und Hautflügler orientieren sich vor allem an Blütenfarben (Weiss, 2001).

Was die Färbung der Blüten angeht ist die gesamte Farbenskala von Rot bis Ultraviolett vertreten, wobei jedoch rote Färbungen seltener auftreten und besonders ultraviolette Farben häufig sind. Im Hochgebirge kommt die Blütenfarbe Weiß bei 38 % der Blüten vor und blaublühende Pflanzen sind mit 15 % vertreten. Da der Farbensinn sich bei verschiedenen Tierarten unterscheidet, ziehen unterschiedliche Blütenfarben auch unterschiedliche Bestäuber an (Kugler, 1970). Laut Chittka (1996) sind ultraviolette, blaue und grüne Photorezeptoren die ursprüngliche Konstellation, die bei Insekten vorkommt und alle anderen Varianten haben sich von dieser abgeleitet (Chittka, 1996). Am besten untersucht ist wohl die Farbwahrnehmung bei der Honigbiene. Sie sieht Ultraviolett, Blau und Gelb, im Gegensatz zum Menschen, der Blauviolett, Grün und Rot sieht. Das Grün der Blätter erscheint für eine Biene grau, was es für sie leichter macht die farbigen Blüten zwischen den Blättern auszumachen. Auf rote Blüten würde eine Biene normalerweise nicht reagieren, außer sie haben auch Blauanteile, welche sie wahrnehmen kann, wie zum Beispiel der Rotklee (*Trifolium pratense*, L.). Oder aber es handelt sich um rote Blüten welche UV-Strahlen reflektieren können, wie zum Beispiel der Klatschmohn (*Papaver rhoeas*, L.) (Daumer, 1958). Bei den Hummeln treffen wir auf dasselbe Farbwahrnehmungsvermögen wie bei den Bienen. Bei den Schmetterlingen ist es schon etwas komplizierter, da es hier Unterschiede zwischen den tag- und nachtaktiven Tieren gibt. Sie reagieren auf die unterschiedlichsten Farbreize. Man weiß jedoch, dass es unter den Schmetterlingen auch „rotsichtige“ Vertreter gibt, was sie von den Bienen und Hummeln unterscheidet (Heß, 1990). Verhaltensbiologische Studien gehen von potentieller Farbwahrnehmung bei Käfern aus, jedoch gab es nur zu einzelnen Vertretern Untersuchungen, in welchen meist UV, blaue und grüne Rezeptoren nachgewiesen wurden (Weiss, 2001). Es gibt auch eine Studie zu einem Laufkäfer, bei welchem rote Rezeptoren nachgewiesen wurden (Hasseltmann, 1962). Auch viele Zweiflügler scheinen Farben

wahrnehmen zu können, hierbei gibt es Vertreter, welche gelbe Blüten bevorzugen, wie zum Beispiel die Schwebfliegen, oder Vertreter, welche pinke, blaue oder violette Blüten vermehrt anfliegen, wie zum Beispiel Wollschweber (Weiss, 2001).

Der Duft der Blüte ist ein wichtiger chemischer Reiz, welcher für viele Bestäuber von großer Bedeutung ist. Es hat jede Pflanze einen artspezifischen Duft, welcher sich aus einem Gemisch verschiedenster Duftstoffe zusammensetzt und unterschiedliche Bestäuber anlocken kann. So gibt es zum Beispiel auch Pflanzen, welche faulige oder aasähnliche Gerüche aufweisen um bestimmte Käfer (Coleoptera), Hautflügler (Hymenoptera) und Zweiflügler (Diptera) damit anzulocken (Heß, 1990).

Einige Pflanzenarten produzieren auch Duftstoffe, welche Sexuallockstoffe verschiedener Bestäuberarten imitieren sollen oder sie imitieren durch ihre Blütenform ein paarungsbereites Tier des anderen Geschlechtes. Dadurch führen die Tiere Begattungsbewegungen auf der Blüte aus und bestäuben diese gleichzeitig (Kugler, 1970).

8.1.4 Blumenstetigkeit und Koevolution

Viele Bestäuber, vor allem Hautflügler, wählen die Blüten, die sie anfliegen, nicht zufällig, sondern weisen eine gewisse Blumenstetigkeit auf. Das heißt, dass sie eine gewisse Pflanzenart über einen bestimmten Zeitraum bevorzugt besuchen. Dies ist aber nicht mit der **Monophagie**, welche zum Beispiel bei vielen Schmetterlingslarven auftritt, zu verwechseln. Bei der Monophagie handelt es sich um eine Instinktreaktion, welche dazu führt, dass sich gewisse Raupen nur von einer einzigen Futterpflanze ernähren, wohingegen die Blumenstetigkeit das Produkt einer Lernreaktion darstellt.

Die Tiere prägen sich sowohl den Wuchsort der bevorzugten Pflanzen, als auch ihr Aussehen und ihren Geruch ein. Sie reagieren auf eine gewisse Kombination von Farbe-Duft-Zeichnungen und Farbkontraste und assoziieren diese mit Futter (Kugler, 1970).

Jedoch sind sie auch in der Lage ihre bevorzugte Futterpflanze zu wechseln und umzulernen. Dies ist zwingend erforderlich wenn die Blütezeit der vorher besuchten Pflanzenart vorüber ist und sie keine Nahrungsquelle mehr darstellt. Bei der Honigbiene geht dies sogar soweit, dass der gesamte Bienenstock dieselbe Pflanzenart besammelt bis diese verblüht ist.

Sowohl Bestäuber als auch Pflanzen profitieren von der Blumenstetigkeit der Tiere. Die Bestäuber verlieren keine Zeit damit lohnende Blüten zu suchen und müssen auch nicht jedes Mal erneut herausfinden wo sich der Nektar befindet und wie er zugänglich wird. Für die Pflanzen wird dadurch die Möglichkeit der Fehlbestäubung deutlich reduziert. Zu Fehlbestäubungen kann es natürlich immer noch kommen, falls der Bestäuber zwei unterschiedliche Arten, welche zur gleichen Zeit blühen, besucht (Heß, 1990).

Unter den Bestäubern treten auch andere sehr spezialisierte Anpassungen an ihre bevorzugten Pflanzen auf. Am besten lässt sich dies anhand der Mundwerkzeuge erkennen, bei Hautflüglern und Schmetterlingen ist die Auswahl der nutzbaren Blüten zum Beispiel von der Länge des Saugrüssels abhängig. Wird der Nektar in einer tiefen Blütenröhre produziert, ist er für kurzrüsselige Wildbienen nicht zu erreichen und fehlt nun auch noch ein geeigneter Landeplatz auf der Blüte, kann diese nur noch von Tieren genutzt werden, die im Schwirrflug Nektar saugen können (z.B.: Schmetterlinge: Taubenschwänzchen (*Macroglossum stellatarum*, LINNAEUS, 1758), Hummelschwärmer (*Hemaris fuciformes*, LINNAEUS, 1758); Zweiflügler: Vertreter der Wollschweber (Bombyliidae), z.B. der Große Wollschweber (*Bombylius major*, LATREILLE, 1802)). Dadurch sind die Insekten durch die zunehmende Spezialisierung auf eine immer kleinere Auswahl an Blüten beschränkt und wählen unter diesen, jene mit dem besten Nahrungsangebot und mit einer Gestalt und einem Geruch, der für die Tiere besonders einprägsam ist. Dadurch kommt es zur Auslese der Blütenpflanzen durch die Insekten und deshalb stehen die Sinnes- und Lernleistung der Insekten mit den ausgesendeten Signalen der Blüten in engem Zusammenhang (Barth, 1982).

Das heißt, dass der Entwicklung der speziellen Blütenformen dieselben Mechanismen zugrunde liegen, welche auch bei der Evolution anderer Organismen wirken, also genotypische Veränderung und natürliche Selektion. Bei tierbestäubten Pflanzen muss die Selektion also wechselseitig gewirkt haben, also zugleich bei den Pflanzen und den Bestäubern angesetzt haben (Kugler, 1970). Diese Entwicklung kann mit dem Begriff **Koevolution** beschrieben werden und zwar immer, wenn es sich um reziproke evolutionäre Anpassungen von unterschiedlichen Arten handelt (Martin & Allgaier, 2011).

8.1.5 Bestäuber

Als Bestäuber kommen verschiedene Insektenordnungen, aber auch Wirbeltiere in Frage. In unseren Breiten kommt der Bestäubung durch Wirbeltiere jedoch keine Bedeutung zu. In den Tropen und Subtropen werden sehr wohl Pflanzen von Fledermäusen oder Vögeln bestäubt, bestäubende Blumenvögel gibt es auch in Nordamerika bis nach Alaska (z.B.: Kolibris - Trochilidae) (Kugler, 1970). Bei den Insekten spielen vor allem Hautflügler, Fliegen, Schmetterlinge und zum Teil Käfer eine entscheidende Rolle, wobei die Hautflügler den prozentual größten Anteil der heimischen Bestäuber ausmachen (Barth, 1982).

8.2 Bombus - Hummeln

8.2.1 Als Bestäuber

Die Hummeln gehören taxonomisch gesehen zu den Hautflüglern (Hymenoptera) und zählen zusammen mit den Bienen zur Überfamilie der Apoidea. Diese Überfamilie sind die wichtigsten

Bestäuber im Tierreich, welche 75 % unserer Pflanzen bestäuben (Von Hagen & Aichhorn, 2014). Die Hummeln sind sehr regelmäßige Blütenbesucher, da sie sich von Nektar und Blütenstaub ernähren und damit auch ihre Brut aufziehen. Durch die Aufzucht der Nachkommen mit Pollen und Nektar kommt es zu einem weitaus häufigeren Anflug der Bienenverwandten, als bei anderen Insektengruppen. Dies macht sie zu so effizienten Bestäubern. Sie haben, im Vergleich zur Honigbiene, längere Rüssel und somit sind für Hummeln auch Blüten mit längeren Kelchen noch ergiebig, welche für die Honigbiene bereits als Futterpflanze ausscheiden. Außerdem haben sie durch ihr größeres Körpergewicht bei Verschlussblüten der Honigbiene gegenüber einen Vorteil, sie können leichter in verschlossene Blüten, wie zum Beispiel der des Löwenmäulchens (*Antirrhinum sp.*, L.), eindringen (Barth, 1982). Den längsten Rüssel weist Gerstäckers Hummel (*Bombus gerstaeckeri* MORAWITZ, 1881) mit 23 mm auf (Neumayer J. , 2007).

Da bei den Hummeln nur die Königinnen überleben, müssen sie keine Vorräte für den Winter anlegen. Ihr Gesamtanteil an der Bestäubung ist daher geringer als der der Honigbiene (Barth, 1982). Und dies obwohl Hummeln auch bei ungünstigeren Witterungsverhältnissen, wie Wind oder leichtem Regen, aktiv sind und außerdem schneller als die Honigbiene Pollen sammeln, da die Pollentracht einer Hummel pro Trachtflug etwa dem vierfachen einer Honigbiene entspricht (Von Hagen & Aichhorn, 2014). Zudem beherrschen sie die sogenannte „buzz pollination“, auch „Vibrationssammeln“ genannt, wobei sie ihren vorderen Körper nahe der Staubbeutel platzieren und ihre Flugmuskulatur mit einer Frequenz von etwa 400 Hz vibrieren, dadurch wird der Pollen herabgeschüttelt und bleibt im Haarkleid der Hummel hängen (Goulson, 2003). Anschließend bürstet die Hummel die Pollen in die „Körbchen“ ihrer Hinterbeine (Von Hagen & Aichhorn, 2014). Diese besondere Art der Bestäubung ist vor allem bei Nachtschattengewächsen (Solanaceae), wie Tomaten oder Kartoffeln von Bedeutung. In den Alpen kann das „Vibrationssammeln“ der Hummeln immer wieder bei der Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*, L.) beobachtet werden. Generell sind Hummeln für die Bestäubung von Nutzpflanzen von großer Bedeutung (Goulson, 2003), da zum Beispiel auch für Äpfel (*Pyrus malus*, BORKHAUSEN) eine effektivere Bestäubung durch Hummeln als durch Honigbienen nachgewiesen wurde (Robinson, 1979). Einige Hummeln beißen auch einfach den hinteren Teil gewisser Blüten ab, um zum Nektar zu gelangen. Spuren dieses Nektarraubes sind vor allem bei Glockenblumengewächsen (Campanulaceae), Fingerhut (*Digitalis sp.*) oder Eisenhut (*Aconitum sp.*) oft zu finden.

8.2.2 Lebenszyklus

Hummeln sind, wie einige andere Hautflügler (Hymenoptera) auch, staatenbildend. Sie bilden jedoch, im Gegensatz zur Honigbiene nur Sommerstaaten, das heißt nur die Jungköniginnen überwintern und alle Arbeiterinnen und Drohnen sterben vor Wintereinbruch ab.



Abbildung 27 - Königin der Art *Bombus alpinus* - Alpenhummer
(bereitgestellt von Paulus Leidinger)

Die begattete Jungkönigin sucht sich ca. 3 bis 30 cm unter der Erde einen geeigneten Überwinterungsplatz, zum Beispiel unter Baumwurzeln, in Komposthaufen, unter Grasbüscheln oder im Waldboden (Von Hagen & Aichhorn, 2014). Sie gräbt sich eine ovale Kammer in welcher sie den gesamten Winter über verbleibt. Dies ist nur möglich, wenn sie zuvor ausreichend Fettreserven gespeichert hat, ansonsten verstirbt sie während der Wintermonate. Bei einigen Arten beginnt diese Überwinterung bereits im Juni (Goulson, 2003). Sobald im Frühjahr die ersten Trachtpflanzen blühen, tauchen auch die ersten Hummelköniginnen auf und beginnen zuallererst mit der Nektaraufnahme (Von Hagen & Aichhorn, 2014), der Zeitpunkt variiert je nach Art zwischen Ende Februar (Dunkle Erdhummel - *Bombus terrestris* (LINNAEUS 1758)) und Anfang Juni (Waldhummel - *Bombus sylvarum* (LINNAEUS 1761)) (Prys-Jones, 1982).

Nun sucht die Königin (Abb. 27) einen geeigneten Nistplatz, wobei die Vorlieben sich wieder je nach Hummelart unterscheiden. Unterirdisch sind vor allem verlassene Kleinsäugernester beliebt, überirdisch werden auch Vogelnistkästen, alte Vogelnester, Baumhöhlen oder Ritzen und Spalten in Felsen oder Gebäuden genutzt. Die Tiere benötigen nun wärmendes, isolierendes Material wie Moos, Laub, Tierhaare oder ähnliches, um eine Nistkugel zu bauen, in welcher sie ihre Brut anlegen können.

Nach diesen Vorbereitungen beginnt die Königin Blütenstaub für die erste Brut zu sammeln und ein erstes Honigtönnchen aus Wachs zu bauen, welches anschließend mit Nektar gefüllt wird, der der Königin während des Brütens als Nahrung dient. Das Wachs wird zwischen den Chitinplatten an der Unterseite des Metasomas des Tieres ausgeschieden (Von Hagen & Aichhorn, 2014).

Bei der ersten Brut legt die Königin zwischen 5 und 15 Eier in ein sogenanntes Nöpfchen und wärmt dieses bis nach 3 bis 5 Tagen die Larven schlüpfen. Diese werden auch weiterhin gewärmt und gefüttert. Nach 7 bis 8 Tagen verpuppen sich die Tiere, sie werden in ihren Kokons von der Königin gewärmt und nach weiteren 7 bis 10 Tagen schlüpfen die ersten Arbeiterinnen, hierbei handelt es sich um sogenannte „Zwergarbeiterinnen“, da die erste Generation meist etwas kleinere Tiere hervorbringt. Das Wachs, welches zuvor die Larven umhüllte, wird für neue Nöpfchen verwendet und die Königin legt nun neue Eier.

Jetzt sind die Arbeiterinnen für den Pollen- und Nektareintrag, sowie für die Brutpflege verantwortlich. Nach einigen kurzen Orientierungsflügen, um sich die Umgebung einzuprägen, beginnen sie mit ihren ersten Trachtflügen. Oft verbleiben auch Arbeiterinnen vor dem Flugloch und bewachen das Nest (Von Hagen & Aichhorn, 2014).

Wenn das Nest eine ausreichende Größe erreicht hat schlüpfen nur noch Drohnen (männliche Tiere) und Jungköniginnen. Je nach Art kommt es zu Nestern mit nur einer Arbeiterinnengeneration, als auch zu Nestern mit bis zu 350 Tieren. Sobald jedoch Drohnen und Jungköniginnen ausgebrütet werden, werden keine Arbeiterinnen mehr aufgezogen (Goulson, 2003). Königinnen entwickeln sich in etwa 24 Tagen und Drohnen schlüpfen aus unbefruchteten Eiern und benötigen etwa 22 Tage für ihre Entwicklung.

Nach dem Anlegen ausreichender Fettreserven für die Überwinterung, fliegen die Jungköniginnen umher und lassen sich von mehreren fremden Drohnen derselben Art begatten. Die Drohnen sondern den Sexuallockstoff Farnesol aus um Königinnen anzulocken.

Nach der Begattung sucht sich die Jungkönigin ein Winterquartier und beginnt mit dem Winterschlaf. Die Arbeiterinnen, die Drohnen und die Altkönigin verenden nach und nach im Nest oder im Freien (Von Hagen & Aichhorn, 2014).

Es gibt auch sogenannte Kuckucks- oder Schmarotzerhummeln (Untergattung *Psithyrus*), welche ihre Nachkommen nicht selbst aufziehen, sondern in ein bestehendes Hummelnest eindringen, die Königin töten und ihre Rolle übernehmen. Sie legen nur Eier welche sich zu Drohnen oder Jungköniginnen entwickeln und nutzen ausschließlich artfremde Arbeiterinnen für die Brutpflege (Goulson, 2003).

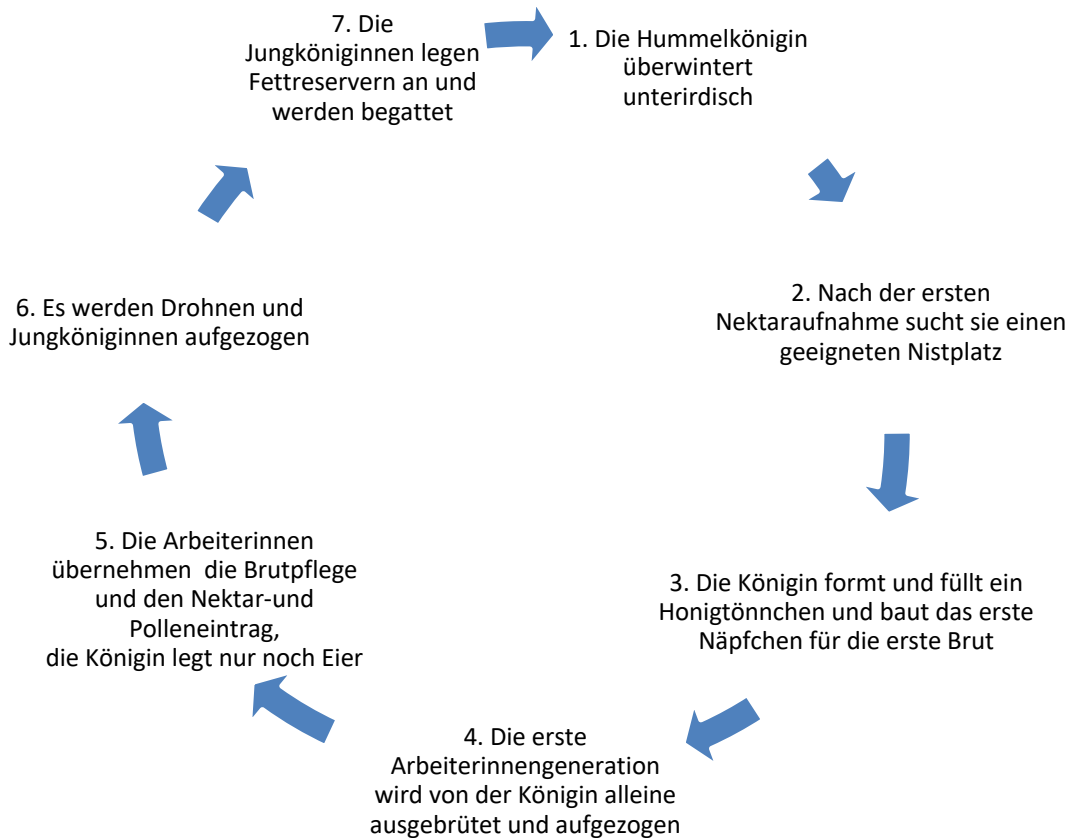


Abbildung 28 - Übersicht über den Lebenszyklus der Hummel

8.2.3 Hummeln in den Alpen

In der Hochgebirgsregion, also über der Baumgrenze, kann fast die Hälfte der 48 Hummelarten (*Bombus* spp.) Österreichs beobachtet werden. Hummeln sind zur Thermoregulation befähigt und können daher auch kältere Regionen, wie die Hochlagen der Alpen, besiedeln. Hummeln sind auf den alpinen Wiesen wichtige Bestäuber. Etwa ein Drittel aller Blütenpflanzen des Hochgebirges werden von Hummeln bestäubt (Neumayer, 2007). Es gibt sogar Pflanzen, wo dies ausschließlich durch Hummeln geschieht, wie etwa beim Stengellosen Enzian (*Gentiana acaulis*, L.) (Neumayer, 2007). Die Eisenhutarten (*Aconitum* spp.) werden ausschließlich von Gerstäckers Hummel (*Bombus gerstaeckeri*) bestäubt. Auch für Glockenblumen (Campanulaceae), die Läusekrautarten (*Pedicularis* spp.) und Alpenrosen (*Rhododendron* spp.) sind Hummeln wichtige Bestäuber.

Regelmäßig, aber in unterschiedlichen Häufigkeiten, anzutreffen sind über der Baumgrenze *B. alpinus* (LINNAEUS 1758), *B. mendax* GERSTAECKER 1869, *B. monticola* SMITH 1849, *B. pratorum* (LINNAEUS 1761), *B. pyrenaicus* PÉREZ 1879, *B. sichelii* RADOSZKOWSKI 1859, *B. wurflenii* RADOSZKOWSKI 1859, *B. gerstaeckeri*, *B. lucorum*-Komplex, *B. hortorum* (LINNAEUS 1761) und *B. rupestris* (FABRICIUS 1776). Diese Arten präferieren unterschiedliche Höhenlagen. *B. gerstaeckeri*, *B. hortorum* sind an Eisenhutbestände gebunden. *B. alpinus*, *B. mendax* bevorzugen die Alpinstufe. *B. alpinus* kann bis in eine Höhe von 3000 m gefunden werden!

Nun kann man die verschiedenen Arten noch in Gruppen mit verschiedener Höhenverbreitung einteilen, wobei *B. alpinus* und *B. mendax* die höchste vertikale Verbreitung aufweisen. *B. wurflenii*, *B. ruderarius* (MÜLLER 1776) und *B. soroensis* (FABRICIUS 1793) kommen in höheren Tallagen bis in die hochalpine Region vor und haben ihren Verbreitungsschwerpunkt unter 2000 m. *B. lucorum*-Komplex, *B. monticola*, *B. sichelii* und *B. pyrenaeus* haben ebenso eine große vertikale Verbreitung, die Obergrenze des Vorkommens liegt jedoch höher als bei der vorherigen Gruppe. *B. sichelii* ist eine Charakterart des Höhenbereiches zwischen 1700 m und 2500 m, ebenso wie *B. pyrenaeus* (Neumayer J. , 1998).

8.3 Lepidoptera - Schmetterlinge

8.3.1 Als Bestäuber

Die Schmetterlinge sind nur als adulte Tiere an der Bestäubung beteiligt, da sie sich zu dieser Zeit von Nektar ernähren und deshalb regelmäßig Blüten besuchen. Im Gegensatz zu den koloniebildenden Hummeln, nutzen die Schmetterlinge den Nektar ausschließlich für den Eigenbedarf und saugen ihn mit ihrem zum Teil sehr langem Rüssel auf.



Dieser lange Rüssel (Abb. 29) erlaubt es ihnen auch Blüten mit sehr langer Kronröhre zu nutzen, in welchen der Nektar für andere Insekten schwer verfügbar wäre (Barth, 1982).

Abbildung 29 - Ausgerollter Schmetterlingsrüssel bei der Nahrungsaufnahme (bereitgestellt von Paulus Leidinger)

Aufgrund dessen beschreibt Kugler (1970) Blüten mit langen Kronröhren als „Tagfalterblumen“, wobei er auch erwähnt, dass es hierbei vor allem bei Weißlingen (Pieridae) zu einer klaren Bevorzugung von roten Blüten kommt. Die meisten Tagfalterblumen sind stark duftende Tagblüher. Doch Kugler beschreibt gesondert dazu auch noch „Schwärmerblumen“, welche vorwiegend von Schwärmern (Sphingidae) bestäubt werden und dazu zählen auch viele nachtblühende Arten, welche zudem nachts eine stärkere Duftemission aufweisen. Schwärmer saugen den Nektar im Schwirrflug und benötigen deshalb bei der Blüte keine Landefläche, was sie für einen noch spezielleren Blütentyp essenziell werden lässt (Kugler, 1970).

8.3.2 Systematik und Lepidoptera in den Alpen

Schmetterlinge gehören innerhalb der Insekten zu jenen mit einer vollständigen Entwicklung (Holometabola). Folgende Entwicklungsstadien werden unterschieden: Ei – verschiedene Anzahl an Larvenstadien (Raupen) – Puppe – Imago (erwachsenes Tier). Weltweit gibt es mehr als 200 000 Arten (Ferretti, 2014). In Österreich wurden bis jetzt fast 4100 Schmetterlingsarten festgestellt (Huemer, 2013). In der Mitteleuropäischen Fauna lässt sich die systematische Gruppe der Tagfalter

(Papilionoidea) gut an den keulenförmigen Fühlern erkennen. In Österreich gibt es etwa 240 Tagfalterarten. Folgende heimische Familien gehören zu dieser Tiergruppe: Ritterfalter (Papilionidae), Weisslinge (Pieridae), Bläulinge (Lycaenidae), Würfelfalter (Riodinidae), Edelfalter (Nymphalidae) und Dickkopffalter (Hesperiidae). Die Familienunterscheidung der Tagfalter ist selbst für Laien durchaus einfach zu erlernen und wird deshalb im praktischen Teil nochmals aufgegriffen.

Den Begriff „Nachfalter“ gilt es zu vermeiden. Dies entspricht keiner systematischen Einheit. Richtig ist es, von nachtaktiven Arten zu sprechen! Außerdem gibt es auch viele tagaktive Arten, unter den fälschlich als „Nachfalter“ zusammengefassten Organismen. Die Widderchen (Zygaenidae) besitzen sogenannte spindelförmige Antennen. Hier muss beachtet werden, dass diese nicht als keulenförmig angesprochen werden. Dies ist auch eine tagaktive Gruppe, gehört systematisch jedoch nicht zu den Tagfaltern.

Die Alpen haben eine sehr diverse Schmetterlingsfauna und es konnten bereits 254 Tagfalterarten und 27 unterschiedliche Vertreter der Widderchen (Zygaenidae) nachgewiesen werden. Mindestens 20 dieser Arten kommen ausschließlich in den Alpen vor und sind daher besonders schützenswert (Paolucci, 2013). Generell sind Schmetterlingspopulationen in Europa zwischen 1990 und 2011 um fast 50 % zurückgegangen, was durchaus besorgniserregend sein sollte (van Swaay, et al., 2013)! Der Klimawandel, der speziell in den Alpen ausgeprägt wirksam ist, hat schon zu einem Höherwandern von Arten geführt, was natürlich nur begrenzt möglich sein wird (Leraut, 2016).

Die Tiere haben zahlreiche Anpassungsmechanismen an die Hochgebirgsbedingungen entwickelt. Schmetterlinge im Hochgebirge sind tendenziell etwas kleiner, was eventuell an der kürzeren verfügbaren Zeit für die Entwicklung liegen könnte, dies wäre ein Kompromiss um eine ideale Größe auszubilden, um sich zu ernähren und fortzupflanzen. Eine geringere Körpergröße spart Energie, welche für Ernährung und Fortpflanzung eingesetzt werden kann. Außerdem sind Schmetterlinge in größeren Höhen standorttreuer und verlassen ihr Territorium selten bzw. entfernen sie sich nicht weit davon. Eine weitere wichtige Anpassung wäre der **Melanismus**, also eine dunklere Färbung der Tiere, was einen besseren Schutz vor der starken UV-Strahlung bietet und außerdem ein schnelleres Aufwärmen ermöglicht. Viele Falter müssen sich nämlich erst auf bis zu 30° C aufheizen, bevor sie zu fliegen beginnen können, deshalb kann man in den frühen Morgenstunden oft Falter dabei beobachten wie sie in der Sonne ihre Flügel ausbreiten um sich aufzuwärmen (Ferretti, 2014).

8.4 Praktische Erarbeitung

8.4.1 Bestäuberbeobachtung

Lernziele: - Verschiedene Blütentypen locken unterschiedliche Bestäuber an - Erlernen von korrekter, quantitativer oder qualitativer Datenerhebung - Unterschiedliche Blütentypen kennenlernen - Herausfinden welcher Bestäuber auf welchem Blütentyp zu finden ist	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Gletschervorfeld - Krummgampental - Riffeltal	Material: • Stifte • Protokollbögen (siehe Anhang) • Uhr/ Handy • Maßband • Ggf. Klemmbrett • Ggf. Bestimmungsliteratur für die Vegetation
Besonderheiten/ Anpassungen: Diese Methode lässt sich sehr gut mit der Tagfalterbestimmung kombinieren. Bei passenden Wetterverhältnissen und Aktivität der Bestäuber können auch mehrere Durchgänge durchgeführt werden.	

Bei dieser Bestäuberbeobachtung soll den Schüler und Schülerinnen die Vielfalt der Bestäuber vor Augen geführt werden und eine Methode des korrekten wissenschaftlichen Arbeitens mit Bedacht auf verschiedenste Variablen soll erlernt werden. Es können entweder qualitative oder quantitative Daten erhoben werden, welche bereits im Feld besprochen werden können. Jedoch sollte eine genauere Analyse der Daten nach der Feldarbeit in der Schule durchgeführt werden. Es ist von Vorteil dieses Modul bei sonnigen und nicht allzu windigem Wetter durchzuführen.

Nun sollen die Schüler und Schülerinnen eine Einführung in das Thema Bestäuber erhalten und es sollen ihnen die verschiedenen Blumentypen nach Kugler (1970) und Heß (1990) vorgestellt werden. Im Vorhinein sollte betont werden, dass eine **Blume** als funktionelle Einheit bei der Bestäubung definiert wird und entweder aus Einzelblüten oder einem Blütenstand gebildet wird. Eine **Blüte** ist ein Kurztrieb von begrenztem Wachstum, welcher die Staubblätter und Fruchtblätter trägt und der sexuellen Fortpflanzung dient (Heß, 1990). So besteht zum Beispiel eine Blume eines Korbblütlers (Asteraceae) aus vielen kleinen Einzelblüten. Diese Definitionen sollten den Schülern und Schülerinnen mit besonderer Sorgfalt nähergebracht werden.

Scheiben- und Schalenblumen: dies bezeichnet Blumen, auf welchen sich Insekten mitten auf der Blume niederlassen können, dies kommt sowohl bei Einzelblüten als auch bei Blütenständen vor

Korb- oder Doldenblütlern vor. Einige Beispiele wären: Rosengewächse (Rosaceae), Steinbrechgewächse (Saxifragaceae), Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae), Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae), mierenartige Nelkengewächse (Caryophyllaceae), strahlenblütige Korbblütler (Asteraceae)

Glockenblumen: bei dieser Blume handelt es sich um eine Einzelblüte und diese ist eine hängende Glocke oder ein Becher. Zum Beispiel: Glockenblumengewächse (Campanulaceae), Nachtschattengewächse (Solanaceae), Raublattgewächse (Boraginaceae), Gewöhnliches Alpenglöckchen (*Soldanella alpina* (L.)), Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum* (L.)), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea* (L.)), Besenheide (*Calluna vulgaris* (HULL)), Schneeheide (*Erica carnea* (L.)), Fingerhut (*Digitalis sp.*)

Röhrenblumen/Trichterblumen: die Kronblätter bilden einen langgezogenen Hohlkörper und der Bestäuber kann meist nicht mit dem ganzen Körper in die Röhre eindringen, sondern benötigt einen langen Rüssel. Zum Beispiel: viele Enziangewächse (Gentianaceae), viele Nelkengewächse (Caryophyllaceae)

Köpfchen- und Körbchentyp: Einzelblüten dieser Köpfchen entfalten sich nicht gleichzeitig, sondern meist in Abfolge. Zum Beispiel: Kugelige Teufelskralle (*Phyteuma orbiculare* (L.)), Halbkugelige Teufelskralle (*Phyteuma hemisphaericum* (L.)), Ährige Teufelskralle (*Phyteuma spicatum* (L.)), Hallers Teufelskralle (*Phyteuma ovatum* (HONCKENY, 1782)), Schwarze Teufelskralle (*Phyteuma nigrum* (SCHMIDT, 1794)), Witwenblume (*Knautia sp.*), Pestwurz (*Petasites sp.*), Alpendost (*Adenostyles sp.*)

Lippenblumen: Es handelt sich um zygomorphe Einzelblüten, die Unterlippe bildet eine Sitzfläche und die Oberlippe umschließt helmförmig den Griffel und die Staubblätter, diese pudern den Rücken der Insekten bei ihrem Besuch. Zum Beispiel: Lippenblütler (Lamiaceae), Veilchengewächse (Violaceae), Alpen-Fettkraut (*Pinguicula alpina*) und Gemeines Fettkraut (*Pinguicula vulgaris* (L.)), Eisenhut (*Aconitum sp.*), Knabenkraut (*Dactylorhiza sp.*), Alpen-Leinkraut (*Linaria alpina* (MILLER, 1768)), Augentrost (*Euphrasia sp.*)

Schmetterlingsblumen: Es handelt sich um Einzelblüten, das obere Blütenkronblatt ist auffällig gestaltet („Fahne“) und die Staubblätter sind meist zu einer Röhre verwachsen und liegen oft in horizontal orientierten Kranteilen, dem sogenannten „Schiffchen“. Zum Beispiel: Hülsenfrüchtler (Fabaceae) (Kugler, 1970) & (Heß, 1990)

Durchführung

Diese Erhebung kann nun entweder qualitativ oder quantitativ durchgeführt werden. Im Zuge der Erhebung sollen die Schüler und Schülerinnen außerdem Fotos von jedem vorkommenden Blütentyp

machen, diese können anschließend in der Schule zur weiteren Aufarbeitung verwendet werden. Außerdem sollte kurz angesprochen werden, dass es sich bei vielen protokollierten Blütenbesuchen wahrscheinlich nicht um eine Bestäubung handelte, sondern dass man zwischen Blütenbesuch und Bestäubung durchaus noch unterscheiden muss. Um die Erhebung für die Schüler und Schülerinnen zu vereinfachen wurde jedoch auf eine genauere Unterscheidung verzichtet, dies sollte jedoch im Vorhinein oder im Nachhinein thematisiert werden.

Qualitative Erhebung

Die Schüler und Schülerinnen sollen zu zweit oder alleine entlang eines Transektes mit einer Länge von ungefähr 100 bis 500 m alle von ihnen gesichteten Bestäuber beim richtigen Blütentyp und beim richtigen Insekt in den Erhebungsbogen eintragen. Die Transektlänge kann je nach Bedingungen und Flugaktivität der Tiere adaptiert werden. Bei hoher Bestäuberaktivität kann die Transektlänge kürzer gewählt werden und bei geringer Aktivität kann diese verlängert werden. Hierbei geht es vorwiegend darum, die Blütentypen kennenzulernen und möglichst viele Insekten zu entdecken. Diese Erhebung kann auch mehrere Male hintereinander durchgeführt werden, je nachdem wie lange die Schüler und Schülerinnen für die Erhebung brauchen. Motivierte Gruppen können im Anschluss noch zusätzlich eine quantitative Erhebung durchführen.

Quantitative Erhebung

Die Schüler und Schülerinnen sollen zu zweit oder alleine nach einer passenden Probefläche in der Größe von 2 x 2 m suchen, auf welcher zumindest drei verschiedene Blütentypen vorkommen. Die Fläche kann entweder mit Hilfe eines Maßbandes bestimmt werden oder kann auch abgegangen (Schritte mit etwa 1 m Länge) werden. Die Schüler und Schülerinnen sollen sich am Rand ihrer gewählten Probefläche positionieren und nun möglichst unauffällig und ruhig jegliche Aktivität auf den Blüten für 15 Minuten auf dem Protokollbogen mit Hilfe von Strichen dokumentieren.

Das Modul kann je nach Schulstufe und Interesse der Schüler und Schülerinnen beliebig abgewandelt werden, wobei man zum Beispiel zwei Durchgänge durchführen und die Methoden miteinander vergleichen kann.

Danach kann man mit den Schüler und Schülerinnen alle Ergebnisse in den Sammelbogen (siehe Anhang) eintragen und bereits erste Schlüsse ziehen welche Blütentypen für welche Insekten besonders attraktiv zu sein scheinen und welche Blütentypen besonders hoch frequentiert besucht werden. Eine detaillierte Auswertung der Daten kann nach der Exkursion in der Schule erfolgen.

8.4.2 Tagfalter- und Hummelbestimmung

Lernziele: - Korrekter Umgang mit lebenden Tieren - Korrekte Bestimmung und erkennen von Bestimmungsmerkmalen - Entdecken der Schmetterlingsvielfalt der Alpen - Korrekter Umgang mit Bestimmungsliteratur		
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen		Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Krummgampental - Gletschervorfeld - Riffeltal	Material • Droso-Röhrchen • Bestimmungshilfe (siehe Anhang) • Bestimmungsliteratur für Hummeln: Gokcezade, J.F. et al. 2015. Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz. Linz: Naturschutzbund • Ggf. Schmetterlingsnetze • Ggf. Handlupen • Ggf. Bestimmungsliteratur: Stettmer, C. et al. 2011. Die Tagfalter Bayerns und Österreichs. Laufen: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege	
Besonderheiten/ Anpassungen: Mit Oberstufenklassen oder interessierten UnterstufenschülerInnen können die Schmetterlinge mit Hilfe von Bestimmungsliteratur auf Artniveau bestimmt werden. Besonders in der Unterstufe ist das Arbeiten mit Schmetterlingsnetzen sehr zu empfehlen.		

Die Tagfalterfamilien eignen sich sehr gut um die Schüler und Schülerinnen in das Thema Bestimmung einzuführen und es ihnen schmackhaft zu machen. Die Familienmerkmale sind sehr einfach und meist sogar ohne Handlupe zu bestimmen und bieten einen guten Einstieg in die Arthropodenbestimmung. Auch die Hummelbestimmung ist mit der richtigen Bestimmungsliteratur leicht zu erlernen.

Durchführung

Für eine erfolgreiche Tagfalter- und Hummelbestimmung ist sonniges Wetter, mit nicht zu starkem Wind, von Vorteil. Nach Hickl et al. (2016) herrschen die besten Bedingungen zur Tagfaltererfassung bei Temperaturen über 15,5°C, Sonne, einer Luftfeuchtigkeit von unter 62 % und einer Windgeschwindigkeit von weniger als 4 m/s. Die Schüler und Schülerinnen sollen zuerst eine Einführung in das Thema Schmetterlinge, im Speziellen zu den Papilionoidea und Hummeln erhalten und die Bestimmung sollte bestenfalls anhand von zwei oder mehreren Individuen vorgezeigt werden. Es ist zu beachten, dass nur Schmetterlinge mit gekeulten Fühlern gefangen werden sollen! Anschließend sollen die Schüler und Schülerinnen selbstständig Tiere fangen und die Schmetterlinge der richtigen Tagfalterfamilie zuordnen. Falls Literatur vorhanden ist, können die Schüler und

Schülerinnen auch eine genauere Bestimmung versuchen, jedoch sollten Fehlbestimmungen dringlichst vermieden werden. Den Schüler und Schülerinnen soll klar gemacht werden, dass ein Schmetterling besser nicht bis auf Artniveau bestimmt ist, als falsch bestimmt zu werden. Besonders innerhalb der Bläulinge (Lycaenidae), Scheckenfalter, Perlmutterfalter oder der Augenfalter (Satyrinae) kann es leicht zu Fehlbestimmungen kommen. Es wird empfohlen das Buch „Die Tagfalter Bayerns und Österreichs“ von Stettmer et al. (2011) für die Gattungs- oder Artbestimmung zu verwenden.

Hummeln sind eine weitere Insektengruppe, die sich gut eignet das Bestimmen mit Fachliteratur mit Schülerinnen und Schülern der Oberstufe zu üben. Seit einigen Jahren gibt es einen Feldbestimmungsschlüssel für Hummeln (Gokcezade et al. 2015). Für das Fangen der Hummel wird genauso vorgegangen, wie für das Sammeln der Schmetterlinge. Es muss beim Hantieren jedoch etwas vorsichtiger agiert werden, da die Weibchen einen Stachel besitzen.

8.5 Literatur

8.5.1 Bücher

Barth, Friedrich. 1982. *Biologie einer Begegnung - Die Partnerschaft der Insekten und Blumen.* Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.

Ferretti, Gianluca. 2014. *Schmetterlinge der Alpen - Der Bestimmungsführer für alle Arten.* Bern: Haupt.

Gokcezade, J., Gereben-Krenn, B., Neumayer, J., Krenn, H. 2015. *Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz.* Linz: Naturschutzbund.

Goulson, Dave. 2003. *Bumblebees - Their Behaviour and Ecology.* New York: Oxford University Press.

Heß, Dieter. 1990. *Die Blüte.* Stuttgart: Ulmer.

Kugler, Hans. 1970. *Blütenökologie.* Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

Leraut, Patrice. 2016. *Butterflies of Europe and neighbouring regions.* Paris: N.A.P Editions.

Paolucci, Paolo. 2013. *Butterflies and Bumblebees of the Alps and their larvae, pupae and cocoons.* Verona: WBA Handbooks 4.

Stettmer, C., Bräu, M., Gros, P., Wanninger O. 2011. *Die Tagfalter Bayerns und Österreichs.* Laufen: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege.

Van Swaay, C., et al. 2013. *The European grassland butterfly indicator: 1990-2011.* Kopenhagen: EEA Technical Reports.

Von Hagen, Eberhard and Aichhorn, Ambros. 2014. *Hummeln - bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen.* Nottuln: Fauna Verlag.

8.5.2 Wissenschaftliche Arbeiten

Chittka, L. 1996. *Does bee colour vision predate the evolution of flower color?* *Naturwissenschaften*, 83, S. 136-138.

Daumer, K. 1958. *Blumenfarben, wie sie die Bienen sehen.* *Zeitschrift vergleichender Physiologie*, 41, S. 49-110.

Hasselmann, Else-Marie. 1962. *Über die relative spektrale Empfindlichkeit von Käfer- und Schmetterlingsaugen bei verschiedenen Helligkeiten.* *Zool. Jahr. Physiol.*, 69, S. 537-576.

Neumayer, Johann. 1998. *Habitatpräferenzen alpiner Hummelarten (Hymenoptera, Apidae, Bombus, Psithyrus): Meereshöhe und Lage im Gebirgsrelief als Faktoren der Nischentrennung.* *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 4, S. 159-174.

Neumayer, J. and Kofler, A. 2005. *Zur Hummelfauna des Bezirkes Lienz (Osttirol, Österreich) (Hymenoptera: Apidae, Bombus),* *Linzer Biologischer Beitrag*, 37/1, S. 671-699.

Prys-Jones, O.E. 1982. *Ecological studies of foraging and life history in bumblebees.* University of Cambridge: PhD thesis

Robinson, W. 1979. *Influence of 'Delicious' apple blossom morphology on the behavior of nectar-gathering honey bees.* Maryland: Maryland Agricultural Experimental Station Special Miscellaneous Publications, IV International Symposium on Pollination. S. 393-399.

Weiss, Martha. 2001. *Vision and learning in some neglected pollinators: beetles, flies, moths, and butterflies* in Lars Chittka and James Thomson. *Cognitive Ecology of Pollination.* Cambridge: Cambridge University Press, S. 171-190.

9 Saltatoria - Heuschrecken

9.1 Allgemein

Insekten (Insecta, Hexapoda) sind mit rund 40 000 Vertretern die artenreichste Tierklasse in Österreich (Geiser, 1998). Diese enorme Vielfalt an Arten wirkt für viele Lehrende abschreckend und wird daher gerade im Freilandunterricht gerne vernachlässigt. Jedoch sind die Heuschrecken (Saltatoria) innerhalb dieser Tiergruppe mit 139 Arten in Österreich eine überschaubare Gruppe. Die meisten Arten zeigen das für die Heuschrecken charakteristische Sprungvermögen und die Fähigkeit der akustischen Kommunikation („Gesang“) (Landmann, 2017). Diese Insektenordnung ist für den Schulunterricht weiters gut geeignet, da sie alle markanten Insektenmerkmale (z.B. dreigliedriger Körperbau) deutlich ausgeprägt hat, mehr oder weniger einfach zu bestimmen sind und leicht zu halten sind (Schulterrarium - Stabheuschrecken). Außerdem sind Heuschrecken eine der wenigen Insekten, die auch noch gut im Spätsommer und Früherbst im Freiland zu beobachten sind.

9.1.1 Körperbau und Verhalten

Heuschrecken haben einen, wie für die Insekten charakteristisch, in drei Abschnitte teilbaren Körper, bestehend aus:

- Kopf - Caput
- Brust - Thorax
- Hinterleib - Abdomen

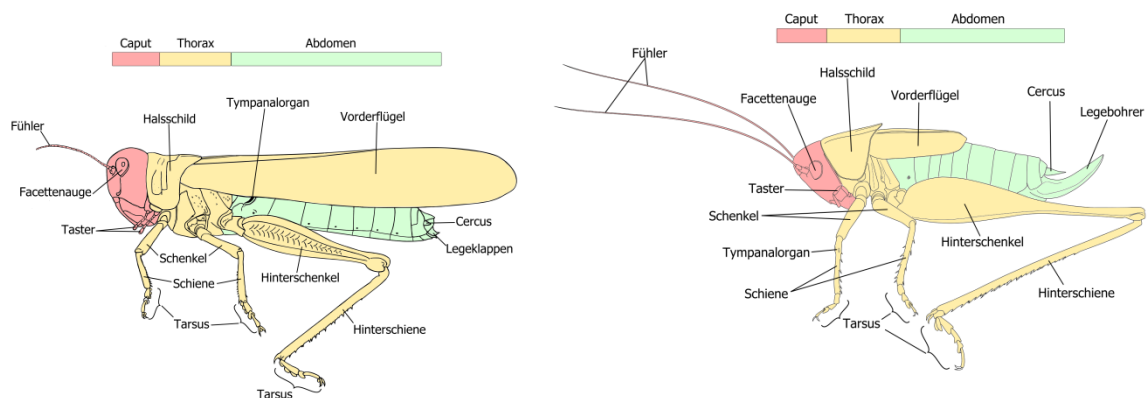


Abbildung 30 - Körperbau einer Kurzfühlerschrecke (links) und einer Langfühlerschrecke (rechts) (bereitgestellt von Markus Sehnal)

Seitlich am Kopf liegen ein Paar Komplexaugen, welche sich aus vielen Einzelaugen zusammensetzen und den größeren Teil zur optischen Wahrnehmung beitragen. Außerdem befinden sich am Kopf drei punktförmige Ocellen, welche unter anderem beim Dämmerungssehen eine Rolle spielen. Neben einem Paar Antennen befinden sich die kauend-beißenden Mundwerkzeuge am Kopf. Sie setzen sich zusammen aus einem kräftigen Paar gezählter Mandibeln (Oberkiefer), welche zum Abbeißen von

Nahrungsteilchen dienen, einem Paar Maxillen (Unterkiefer) mit langen, gegliederten Tastern (Palpen), welche die Nahrung ertasten, zerteilen und festhalten. Darunter liegt das unpaare Labium (Unterlippe), ebenfalls mit Tastern ausgestattet, welches ein Hinunterfallen der Nahrung verhindert. Von vorne werden die Mundwerkzeuge vom Labium (Oberlippe) abgedeckt, welches eine Verlängerung des vorderen Kopfschildes darstellt.

Die Brust setzt sich aus drei Segmenten zusammen und trägt sämtliche Bewegungsorgane. Für die Bestimmung ist besonders vom vorderen Segment das Halsschild oder Pronotum von Bedeutung. Es weist auf dessen Oberseite oft drei Längskiele auf. Diese Längskiele können für die Bestimmung herangezogen werden, insbesondere die beiden Seitenkiele, aber zum Teil auch der mittig liegende Rückenkiel. Jedes Brustsegment trägt zudem ein Beinpaar, wobei besonders das hinterste Beinpaar auffällt, da es außerordentlich kräftig entwickelt ist und dessen Schenkel eine mächtige Sprungmuskulatur aufweisen, welche den Tieren ihre außerordentliche Sprungkraft verleiht und zum Teil mehrere Meter (Landmann & Zuna-Kratky, 2016) weite Sprünge erlaubt. Generell gliedern sich die Beine vom Körper bis zur Fußspitze in Hüfte (Coxa), Schenkelring (Trochanter), Schenkel (Femur), Schiene (Tibia) und Fuß (Tarschüler und Schülerinnen), welcher sich in drei oder vier Tarsalglieder und zwei Endklauen gliedert. Die beiden hinteren Brustsegmente tragen am Rücken (**dorsal**) außerdem noch jeweils ein Flügelpaar. Das vordere Flügelpaar ist länglich und deckt in Ruhestellung die Hinterflügel ab, im Flug haben sie eher Steuerungsfunktion. Die Äderung der Vorderflügel kann auch bei der Bestimmung eine wichtige Rolle spielen, darauf wird im praktischen Teil jedoch noch näher eingegangen. Am hinteren Brustsegment liegen die Hinterflügel, welche im Flug aufgefächert werden und für den Auftrieb zuständig sind, sie sind für die Bestimmung selten von Bedeutung. Es gibt unter den Heuschrecken auch kurzflügelige Vertreter, diese sind leicht mit anderen Arten im Larvenstadium zu verwechseln (Bellmann, 1993). Die Brustsegmente sind mit kräftiger Flug- und Beinmuskulatur ausgestattet (Landmann & Zuna-Kratky, 2016).

Der Hinterleib trägt im Inneren den Verdauungstrakt und die Geschlechtsorgane, er besteht aus elf Segmenten, wobei bei den Männchen das neunte und bei den Weibchen das achte Hinterleibssegment bauchseitig (**ventral**) die Geschlechtsöffnungen aufweisen. Darunter liegt eine Bauchplatte (Subgenitalplatte) (Fischer, et al., 2016). Die Körperanhänge (Cerci) des letzten Hinterleibssegments sind bei den Männchen oft artspezifisch ausgeprägt. Sie passen zum Teil in entsprechende Vertiefungen an der Basis der weiblichen Legebohrer, sodass die Weibchen während der Kopulation fixiert werden können (Landmann, 2017). Bei einigen Arten werden die Cerci zur Bestimmung herangezogen.

Die beiden Unterordnungen, die Langfühlerschrecken (Ensifera) und die Kurzfühlerschrecken (Caelifera), innerhalb der Heuschrecken lassen sich anhand einiger Merkmale leicht unterscheiden. In der folgenden Tabelle werden diese Merkmale laut Fischer (2016) kurz gegenübergestellt.

Tabelle 1 - Übersicht über die Unterscheidung von Kurzfühler- und Langfühlerschrecken

	Langfühlerschrecken - Ensifera	Kurzfühlerschrecken - Caelifera
Fühler	Mindestens körperlang, manchmal um ein Vielfaches länger als der Körper; meist mehr als 30 Glieder	Deutlich kürzer als der Körper, vergleichsweise dick und umfassen weniger als 30 Glieder
Gehöröffnung	Befindet sich in einer Verdickung der Vorderschienen unterhalb des Kniegelenks; nach außen weisende Öffnungen	Liegen beiderseits an der ersten Seitenplatte des Hinterleibs, oft vom Vorderflügel verdeckt
Lauterzeugungs- organe	Die Basis der beiden Vorderflügel wird schnell übereinander gerieben; fehlen bei einigen Vertretern	Die Hinterschenkel werden an den Vorderflügeln gerieben, es wird eine Schrilleiste an einer Schrillkante gerieben
Fußglieder (Tarsen)	Viergliedrig, außer bei Grillen und der Maulwurfgrille dreigliedrig	Dreigliedrige Fußglieder mit mehreren paarigen Haftballen; unpaare Haftballen zwischen den paarigen Endklauen
Geschlechts- apparat	Männchen besitzen Fortsätze (Styli) an der Subgenitalplatte, Cerci sind oft lang und tragen Zähnchen, sie dienen als Klammerorgane; Weibchen besitzen auffällige Legeröhre, deren Form und Länge für die Bestimmung von Bedeutung ist	Männchen haben ein rundlich oder spitz ausgezogenes Hinterleibsende; Cerci sind meist unscheinbar; Weibchen haben einen unscheinbaren Legeapparat, bestehend aus einer vierklappigen Legeröhre, welche gespreizt werden kann; die Klappen sind oft schwer sichtbar

9.1.1.1 Lautproduktion (*Stridulation von Heuschrecken*)

Die Heuschrecken gehören, neben den Zikaden, zu der wichtigsten Insektengruppe mit differenzierten Lautäußerungen. Wie schon in der Tabelle ersichtlich werden die Töne mit Hilfe verschiedenster Körperstrukturen hervorgebracht, wobei hierbei noch nicht auf alle Varianten eingegangen wurde. Es gibt einige Vertreter, die eine andere Lautproduktion entwickelt haben, wie zum Beispiel die Sumpfschrecke (*Stethophyma grossum*, LINNAEUS, 1758), welche ihre Hinterschenkel anhebt und ihre Schiene nach hinten wegschleudert, dieser entstehende „Schienenschleuder-Zick“ erinnert an Knipsen mit den Fingernägeln. Die Knarrschrecken (Catantopidae) reiben die Kauflächen ihrer Mandibeln aneinander um Laute zu erzeugen, bei einigen Feldheuschrecken (Acrididae) entsteht im Flug ein schnarrendes Geräusch und so weiter. Die Vielfalt bei den Gesängen ist außerordentlich und wird zur Bestimmung herangezogen.

Bei vielen Heuschrecken singen auch die Weibchen, jedoch um einiges leiser und ausschließlich, um Männchen antworten zu können und ihre Paarungsbereitschaft auszudrücken. Die weiblichen Gesänge werden nicht zur Bestimmung genutzt (Bellmann, 1993). Bei den Männchen gibt es generell verschiedene Gesangsformen zu unterschiedlichen Anlässen, es können Spontangesang, Rivalgesang und Werbegesang deutlich unterschieden werden. Außerdem sind die Gesänge abhängig von der Umgebungstemperatur, das heißt, dass die Gesänge bei niedrigeren Temperaturen deutlich anders klingen als bei höheren Temperaturen. Oft werden bei niedrigeren Temperaturen die Silben langsamer aneinandergereiht (Fischer, et al., 2016).

9.1.2 Lebenszyklus

Die Heuschrecken sind eine eher ursprüngliche Insektenordnung mit unvollständiger Verwandlung dar. Das heißt sie durchleben kein Puppenstadium, sondern mehrere Häutungen während ihrer Larvenstadien, wobei sie den adulten Tieren bei jeder Häutung etwas ähnlicher werden. Diese Art der Entwicklung wird als **hemimetabol** bezeichnet.

Die meisten Heuschrecken haben einen einjährigen Entwicklungszyklus und sterben als adulte Tiere nach der erfolgreichen Fortpflanzung und Eiablage. Die Eier überdauern den Winter, Ausnahmen bilden Grillen, die Maulwurfsgrille und Dornschröcken, welche sowohl als Larven als auch als adulte Tiere überwintern können. Die Fortpflanzung läuft bei Kurzfühler- und Langfühlerschröcken wieder unterschiedlich ab. Bei den Kurzfühlerschröcken sitzt das meist kleinere Männchen auf dem Weibchen und überträgt die Spermien oder das Samenpaket (**Spermatophore**) über ein penisartiges Gebilde in den weiblichen Geschlechtsweg (Landmann & Zuna-Kratky, 2016), dies kann nur 20 Minuten oder bis zu mehreren Stunden dauern (Bellmann, 1993). Bei den Langfühlerschröcken ist es umgekehrt, bei ihnen sitzt das Weibchen oben und das Männchen fixiert mit seinen Cerci die Abdomenspitze des Weibchens und haftet ihr eine Spermatophore an die Genitalöffnung, diese

Spermatophore kann so groß sein, dass die Männchen bis zu 40 % ihres Körpergewichtes verlieren. Außerdem ist das Samenpaket von einer gallertigen, nahrhaften Masse umgeben, welche von den Weibchen gefressen wird und als „Hochzeitsgabe“ betrachtet werden kann, während das Weibchen die Gallerte verspeist wandern die Spermien in die weibliche Genitalöffnung.

Bereits einige Tage nach der Kopulation legen die Weibchen mit Hilfe ihres Legeapparats die Eier in unterschiedlichste Substrate ab. Die Kurzfühlerschrecken bevorzugen obere, feuchte Bodenschichten oder bodennahe Vegetationsbüschel und bohren ihre gesamte Abdomenspitze, welche zu diesem Zweck teleskopartig gestreckt werden kann, ins Erdreich (Bellmann, 1993) und legen nun mehrere Eier, welche von einer schützenden Sekretschicht umgeben sind, ab. Bei den Langfühlerschrecken scheint der Aufbau der Legeröhre bereits ein Indiz für das bevorzugte Substrat und die Ablagetiefe zu sein, wobei gestreckte Legeröhren auf Eiablage im Boden und gekrümmte auf die Ablage in Pflanzenstängel, Gehölzrinden oder Ritzen, sowie schneidige, gesägte Legebohrer eher auf die Ablage in Blattscheiden hinweisen (Landmann, 2017). Natürlich gibt es auch hier wieder artspezifische Ausnahmen, wie zum Beispiel die Goldschrecken welche ihre Eier in Schaumkokons an Pflanzen anheftet. Es werden auch Spalten in Baumrinde, morsches Holz, Pflanzenstängel oder Blätter von ausgewählten Arten als Ablegeplatz genutzt (Fischer, et al., 2016).

Die meisten Heuschreckenarten überwintern während ihrer Embryonalentwicklung in den Eiern und schlüpfen im nächsten Frühjahr, dies wird auch **univoltiner** Zyklus genannt. In einigen Fällen kann die Eiruhe jedoch auch zwei oder bis zu fünf Jahre dauern, besonders bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen, wie etwa im Hochgebirge, kann die Eiruhe um ein Jahr verlängert werden. Es ist besonders von Bedeutung, dass das Mikroklima rund um die Eier günstig ist, das heißt dass die Eier nicht austrocknen und nicht zu stark abkühlen dürfen. Besonders zunehmende Kühle in Bodennähe, welche unter anderem durch eine weniger dichte Vegetationsdecke, welche durch starken Düngeeintrag auftreten kann, ist für die Heuschreckeneier problematisch.

Die schlüpfenden Larven ähneln bereits den adulten Tieren, dies ist typisch für eine hemimetabole (unvollständige) Entwicklung. Sie unterscheiden sich ausschließlich in der Größe von den Imagines und darin, dass ihre Flügelanlagen noch nicht sichtbar und ihre Geschlechtsorgane noch unterentwickelt sind. Im Zuge der Larvalentwicklung kommt es nun zu vier bis zehn Häutungen der Tiere, was ihren Wachstum gewährleistet und sie den adulten Tieren immer



Abbildung 31 - Heuschreckenlarve (*Chorthippus* sp.) (bereitgestellt von Markus Sehnal)

ähnlicher werden lässt. Besonders bei den Kurzfühlerschrecken weichen die Körperproportionen der Larven noch stark von denen der adulten Tiere ab, so weisen Kurzfühlerschreckenlarven einen

verhältnismäßig großen Kopf und Thorax und einen relativ kleinen Hinterleib auf (Fischer, et al., 2016). Die letzten beiden Larvenstadien sind daran zu erkennen, dass die Flügelstummel der Tiere verdreht sind und die fächerförmig ausgebreiteten Hinterflügel über bzw. vor den Vorderflügeln liegen und mit ihrem Vorderrand nach oben zeigen. Sie können auch leicht mit kurzflügeligen Arten verwechselt werden, wenn man die Flügel jedoch im Detail betrachtet erkennt man den Unterschied (Abb. 31).

Bei der risikoreichen Häutung begeben sich die Tiere meist in einen geschützten Teil der Vegetation, da sie zu diesem Zeitpunkt am hilflosesten gegenüber Feinden sind. Sie krallen sich gerne kopfüber an einer Pflanze fest und verlassen ihre alte Hülle über einen dorsalen Riss in der Brustnaht und fressen ihre alte Larvenhaut (**Exuvie**) meist nach der Häutung auf. Besonders die letzte Häutung, die Imaginalhäutung kann mehrere Stunden andauern und kann vor allem für besonders langbeinige Laubheuschrecken sehr umständlich sein (Landmann & Zuna-Kratky, 2016). Außerdem müssen am Ende der Häutung die Flügel ausgebreitet werden und Blutflüssigkeit in die Flügeladern gepumpt werden, bevor die Flügel aushärten, damit diese voll funktionstüchtig sind (Bellmann, 1993). Die Kurzfühlerschrecken sind kurz nach der Häutung meist noch gelblich weiß und bekommen erst nach einigen Stunden oder Tagen ihre endgültige Färbung (Landmann & Zuna-Kratky, 2016).

Phänologisch betrachtet zählen die meisten heimischen Heuschreckenarten zu den „Hochsommerarten“ und weisen in der zweiten Augushälfte ihr maximales Auftreten auf (Abb. 32). Generell ist die Hochsaison für eine erfolgreiche Heuschreckenbestimmung und zahlreiche Funde nur etwa vier Monate lang und dauert von Mitte Juni bis Mitte Oktober, wobei diese Periode im Hochgebirge nochmals verkürzt ist (Landmann, 2017).

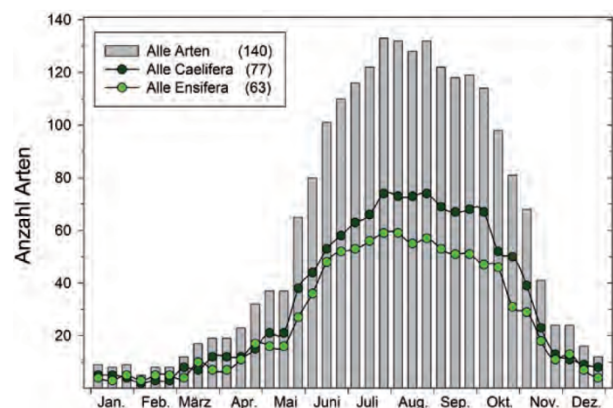


Abbildung 32 - Saisonaler Verlauf der Artenvielfalt imaginaler Heuschrecken in Österreich. Anzahl der pro Monatsdekade seit 1850 mindestens einmal festgestellten Arten bzw. Angehöriger beider Unterordnungen (aus LANDMANN, 2017)

9.1.3 Systematik und Verbreitung in den Alpen

Die Insekten sind eine sehr artenreiche Tierklasse, zu welcher rund drei Viertel aller bekannten Tierarten zählen (Bellmann, 1993) und innerhalb dieser werden die Heuschrecken (Saltatoria) zu den Geradflüglern (Orthoptera) gezählt. Ihre nächsten Verwandten sind die Schaben (Blattodea), die Ohrwürmer (Dermaptera) und die Fangschrecken (Mantodea) (Fischer, et al., 2016).

Die Zahlen der weltweit bekannten Arten innerhalb der Orthoptera schwankt sehr stark, zurzeit beläuft sie sich auf etwa 28 059 Arten (Cigliano et al. 2018). In Österreich ist die Situation schon etwas überschaubarer, hier sind die Langfühlerschrecken mit 63 Arten und die Kurzfühlerschrecken mit 76 Arten vertreten, wobei 54 Arten, also fast 40 % der heimischen Heuschreckenfauna, zu den „klassischen“ Grashüpfern oder Feldheuschrecken (Acrididae) zählen. Österreich kann als ein heuschreckenreiches Land bezeichnet werden, da es fast 90 % der in Mitteleuropa nachgewiesenen Arten beheimatet (Landmann, 2017).

Tirol weist eine überraschende Vielfalt an Klimazonen, Lebensbedingungen und Lebensräumen auf, wobei besonders die Reliefenergie, biogeografische Situation und die Vielfalt der klimatischen Verhältnisse für die Heuschreckenpopulation von Bedeutung sind. Hier wird jedoch nur auf den alpinen Lebensraum genauer eingegangen.

Besonders in höheren Lagen gibt es in Tirol noch viele, nur mäßig vom Menschen gestörte, vielfältige Offenhabitate, die besonders für Höhen**ubiquisten** geeignete Lebensräume darstellen und außerdem für anspruchsvollere Spezialisten der höheren Subalpin- und Alpinstufe attraktiv sind. Generell nimmt die Luft- und Bodentemperatur mit steigender Seehöhe ab, jedoch entstehen durch die starke Einstrahlung, in Kombination mit einer passenden Exposition, mikroklimatisch begünstigte Nischen, welche selbst thermisch anspruchsvollen Arten gerecht werden. Grundsätzlich nimmt auch in Tirol die Artenvielfalt mit zunehmender Seehöhe ab, jedoch ist die Abnahme keineswegs linear oder simpel kontinuierlich, denn in der alpinen Stufe stehen auch erheblich weniger Datensätze zur Verfügung und wenn man die Anzahl der verfügbaren Datensätze der Artenzahlen der verschiedenen Höhenstufen gegenüberstellt, nimmt die Artenzahl nur sehr langsam ab (Abb. 33). Insgesamt ist fast die Hälfte der in Tirol nachgewiesenen Arten in alpinen Lebensräumen zumindest vereinzelt anzutreffen (Landmann & Zuna-Kratky, 2016).

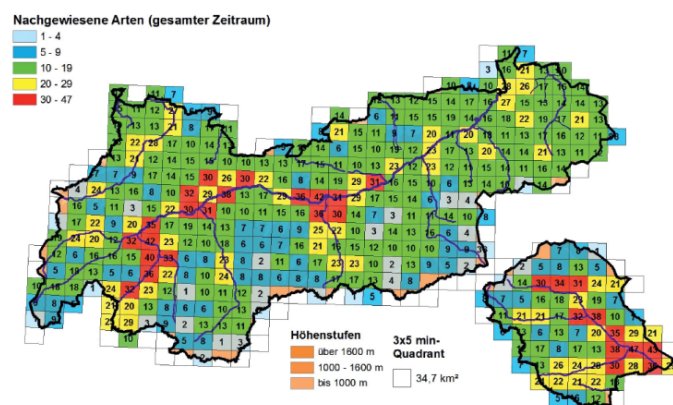


Abbildung 33 - Heuschrecken-Artenvielfalt pro Quadrant in Nord- und Osttirol (alle Daten 1850 bis 2015) (aus LANDMANN & ZUNA-KRATKY, 2016)

9.2 Praktische Erarbeitung

9.2.1 Richtiger Umgang mit lebenden Heuschrecken

Lernziele: - Korrekter Umgang mit lebenden Tieren - Wecken des Interesses für eine zumeist vernachlässigte Tiergruppe - Kennenlernen des Körperaufbaus von Insekten anhand der Heuschrecken - Kennenlernen der für die Bestimmung wichtigen Körpermerkmale einer Heuschrecke	
Gruppengröße: 8-20 SchülerInnen	Dauer ca.: 20 Minuten
Mögliche Standorte: - Gletschervorfeld - Riffeltal - Verpeil Alm - Gepatschhaus Umgebung - Krummgampental	
Besonderheiten/ Anpassungen: Diese Anwendung dient vor allem zur Vorbereitung auf die Bestimmung der Tiere und zur Vorbereitung auf die quantitative Erfassung der Heuschrecken.	

Die Schüler und Schülerinnen sollen vor der Bestimmung und einer quantitativen Erhebung den richtigen Umgang mit den Tieren lernen. Dies nimmt ihnen den eventuellen Schauer oder die Angst vor den Tieren und verhindert vermeidbare Verletzungen oder Tötung der Tiere. Ein sorgsamer und verantwortungsvoller Umgang mit lebenden Tieren ist hier von Bedeutung und kann bei einigen Probefängen gut geübt werden. Die Schüler und Schülerinnen sollen hierbei folgende Dinge beachten:

- Die Tiere sollten vorsichtig und nicht zu fest gehalten werden und wenn möglich nicht an den Beinen oder Antennen, da diese ansonsten leicht abgerissen werden können (vor allem die Sprungbeine)
- Die Tiere können für die **Betrachtung der Flügel und des Hinterleibes** am Besten von vorne **mit jeweils einem Finger links und rechts am Halsschild** (Pronotum) fixiert werden. Es ist zu beachten, dass einige Tiere versuchen sich mit den Sprungbeinen abzustößen und sich diese dabei leicht ausreißen, deshalb ist Vorsicht geboten.
- Wenn man den **Kopf und den Thorax** untersuchen möchte, hält man die beiden **Sprungbeine unter dem Hinterleib zusammen** (Abb. 34). Dafür legt man Daumen und Zeigefinger jeweils auf einen Schenkel (Femur) des Sprungbeines und drückt diese entweder sanft gegen den Hinterleib des Tieres, oder man klemmt die Beine direkt unter dem Hinterleib



Abbildung 34 - Handhabung einer Heuschrecke zur Betrachtung von Kopf und Thorax (bereitgestellt von Markus Sehnal)

zusammen. Die Fixierung der Hinterbeine ist wichtig, da diese bei falscher Handhabung leicht ausreißen.

- Größere Arten, wie Warzenbeißer (*Decticus verrucivorus*, LINNAEUS, 1758) oder Heupferde (Tettigoniinae), können auch **beißen**, weshalb man sie nicht lange in der geschlossenen Hand halten sollte! (nur relevant falls in tiefer gelegenen Standorten gearbeitet wird)

Die Schüler und Schülerinnen sollen am besten ein Tier mit der Hand fangen und den richtigen Umgang und die richtige Haltung ein paar Mal üben, bevor sie mit den Erhebungen beginnen!

9.2.2 Heuschrecken bestimmen

Lernziele: - Kennenlernen der Bestimmungsmerkmale der Heuschrecken - Kennenlernen der Heuschreckendiversität im Hochgebirge - Korrektes Bestimmen und Umgang mit einer Handlupe/ Taschenlupe	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Gletschervorfeld - Gepatschhaus Umgebung - Krummgampental - Riffeltal - Verpeil Alm	Material: • Fangröhrchen • Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang) • Handlupen/ Taschenlupen • Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B. Fischer, J. et al, 2016. <i>Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols - Bestimmen, Beobachten, Schützen</i>. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.)
Besonderheiten/ Anpassungen: Bei großem Interesse kann man in tieferen Lagen, wo bereits eine größere Heuschreckendiversität besteht, ein weiteres Mal mit Hilfe von zusätzlicher Literatur bestimmen.	

Vor der Heuschreckenbestimmung sollte der richtige Umgang mit den Tieren geschult werden. Die Heuschreckenbestimmung kann einerseits als eigener Programmpunkt durchgeführt werden oder als Vorbereitung zur quantitativen Erfassung. Außerdem sollte nochmals darauf hingewiesen werden, dass man Heuschrecken auch sehr gut an ihrem Gesang bestimmen kann. All diese Gesänge sind online unter www.orthoptera.at verfügbar. Für dieses Modul wird bei der Bestimmung der Art der Gesang jedoch außer Acht gelassen.

Das Artenspektrum in den verschiedenen alpinen Rasen ist überschaubar, was die Bestimmung in diesem Gebiet für Anfänger bzw. Schüler und Schülerinnen besonders attraktiv macht. Im Nationalpark Hohe Tauern wurden bei einer Untersuchung mit regelmäßigen Sammlung beispielsweise nur 6 Kurzfühlerschrecken-Arten nachgewiesen (Illich, 1993).

Tabelle 2 - Häufige Heuschreckenarten in alpinen Lebensräumen; **fett** gedruckte Arten können mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels im Anhang bestimmt werden

Kurzfühlerschrecken - Caelifera	Langfühlerschrecken - Ensifera
Sibirische Keulenschrecke - <i>Gomphocerus sibiricus</i>	Alpen- Strauschschrecke – <i>Pholidoptera aptera</i>
Gewöhnliche Gebirgsschrecke - <i>Podisma pedestris</i>	Roesel's Beißschrecke – <i>Roeseliana roeselii</i>
Alpine Gebirgsschrecke - <i>Miramella alpina</i>	
Bunter Grashüpfer - <i>Omocestus viridulus</i>	
Gemeiner-Grashüpfer - <i>Pseudochorthippus parallelus</i>	
Gebirgsgrashüpfer – <i>Stauroderus scalaris</i>	
Nachtigall-Grashüpfer – <i>Chorthippus biguttulus</i>	

Qualitative Aufsammlung

Nachdem die Schüler und Schülerinnen den richtigen Umgang mit den Heuschrecken geübt haben, bespricht man mit ihnen die wichtigsten Bestimmungsmerkmale (z. B. Antennen, Kiele am Halsschild, Aufbau der Beine, Zapfen auf der Vorderbrust, Vorderflügel, Bestimmung des Geschlechts, etc.) für diese Tiergruppe durch. Dies macht man anhand mitgebrachter Abbildungen. Den Schülerinnen und Schülern werden Fanggefäße ausgeteilt und sie sollen etwa für 15 Minuten Heuschrecken fangen. Danach bestimmen immer zwei Schülerinnen und Schüler mit dem Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang) die gefangenen Tiere. Ältere oder sehr interessierte Schüler und Schülerinnen kann man auch mit der herkömmlichen Bestimmungsliteratur arbeiten lassen.

9.2.3 Quantitative Erfassung der Heuschreckenfauna

Lernziele: - Korrekte Erhebung quantitativer Daten - Kennenlernen der Transektmethode - Umgang mit einem Streifnetz - Kennenlernen der Heuschreckendiversität im Hochgebirge	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 90 Minuten
Mögliche Standorte: - Gepatschhaus Umgebung - Gletschervorfeld - Verpeil Alm	Material: • Erhebungsbögen (siehe Anhang) & Stifte • Streifnetze • Fangröhrchen • Maßband • 4 x 25 m Schnur • 8 lange Nägel oder Zeltheringe • Verkürzter Bestimmungsschlüssel • Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B. Fischer, J. et al. 2016. <i>Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols-Bestimmen, Beobachten, Schützen</i>. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.)

	• Ggf. Taschenlupe/ Klapplupe
Besonderheiten/ Anpassungen: Diese Erfassung sollte ausschließlich im frühen Herbst (September) und bei warmen Temperaturen durchgeführt werden. In der Unterstufe sollten die Schüler und Schülerinnen zu Dritt oder zu Viert arbeiten. Bei Oberstufenklassen kann die Geschlechterunterscheidung der Tiere in die Erhebung mit aufgenommen werden.	

Es gibt unterschiedliche Methoden die angewendet werden können, um Aussagen über Individuenzahlen von Flächen zu erlangen. Von Gardiner et al (2005) wurden 8 Methoden zur Aufnahme der Heuschreckenfauna verglichen und bewertet. Hierbei handelte es sich um: Transekterfassungen, Streifnetzfänge, offene Quadratfänge, Isolationsquadratfänge, Barberfallen, Nachtfänge, Ringfänge und Zeitfänge, wobei für unsere Untersuchung sowieso nicht alle dieser Methoden in Frage kommen. Zum Beispiel haben sich Isolationsquadratfänge, wo ein mit hellem Stoff bespannter Käfig über einen Teil der Vegetation gestülpt wird, zwar bewährt, benötigen jedoch auch das passende Equipment (Gardiner, Hill, & Chesmore, 2005).

In diesem Modul lernen die Schüler und Schülerinnen die am häufigsten angewendete Methode kennen - und zwar standardisierte Streifnetzfänge, welche eine Mischung aus der Transektmethode und Streifnetzfängen darstellt.

Für eine erfolgreiche Erhebung sollte ein möglichst warmer, sonniger Tag ausgesucht werden, bestenfalls beprobt man einen Südhang. Außerdem ist dieses Modul erst ab Ende Juli bzw. August durchführbar, da zuvor noch nicht genügend adulte Tiere gefunden werden können und Larven mit Schüler und Schülerinnen kaum bestimmt werden können.

9.2.3.1 Standardisierte Streifnetzfänge

Diese Methode wurde im Alpenraum im Zuge mehrere Untersuchungen bereits erfolgreich angewendet (Illich & Winding, 1999) und eignet sich sehr gut auch für Schüler und Schülerinnen, da keine Vorkenntnisse für die akustische oder optische Bestimmung von Nöten sind. Streifnetzfänge sind die am häufigsten verwendete Methode zur Untersuchung der Heuschreckenfauna und versprechen selbst bei geringen Individuendichten auswertbare Daten (Gardiner, Hill, & Chesmore, 2005).

Durchführung

Die Schüler und Schülerinnen sollen nun 4 Gruppen zu mindestens zwei Personen bilden und ihre Probefläche vorbereiten. Die vier Gruppen untersuchen insgesamt eine Probefläche von 100 m². Jede Gruppe beprobt einen Fangstreifen mit einer Länge von 25 m und einer Breite von 1 m, somit ergibt sich, dass jede Gruppe 25 m² Fläche untersucht. Die Abstände zwischen den verschiedenen Fangstreifen der vier Gruppen sollte außerdem mindestens 5 m betragen.

Die Schüler und Schülerinnen sollen sich einen geeigneten Platz für ihren Fangstreifen suchen und diesen einseitig mit einer Schnur auf einer Länge von 25 m abspannen. Die Schüler und Schülerinnen sollen darauf achten, dass der gesamte Streifen über Vegetation und möglichst nicht über Felsen oder zu große Steine führt, da dies die Untersuchung verfälschen würde. Anschließend sollen sie innerhalb ihrer Gruppe verschiedene Aufgaben übernehmen. Eine Person ist für das Keschern verantwortlich und eine zweite Person protokolliert. Alle Schüler und Schülerinnen die nicht selbst keschern sollen stets hinter der keschernenden Person bleiben und möglichst auch keinen Schatten auf die noch unbeprobte Fläche werfen, da dies ebenso die Untersuchung verfälschen könnte und die Heuschrecken vertreibt. Bevor das Keschern beginnt, sollen noch die klimatischen Daten und andere relevante Daten im Protokoll eingetragen werden. Beim Biotoptyp werden vier in diesem Gebiet auftretende Typen unterschieden und zwar:

- Almweiden: vom Vieh beweidete Grünflächen der Hochmontan-, Subalpin- und Alpinstufe (Bürstling-Weiderasen)
- Alpine Rasen: mehr oder weniger geschlossene Rasen der Alpinstufe (Krummseggenrasen)
- Zwergstrauchbestände: Zwergstrauchanteil beträgt mehr als 60 %, meist im Bereich der Wald- und Baumgrenze (Rauschbeerheide, Alpenrosenheide etc.)
- Feuchtgebiete: Niedermoore, Feuchtwiesen und Quellsümpfe (Illich, 2003)

Sehr motivierten Schüler und Schülerinnen oder Schüler und Schülerinnen der Oberstufe kann auch im Vorhinein die Geschlechterunterscheidung bei Kurz- und Langfühlerschrecken erklärt werden, um anschließend auch das Geschlecht der aufgenommen Tiere mit zu protokollieren. Dies gibt einen noch detaillierteren Überblick über den Bestand im Gebiet.

Nun sollen entlang dieses Streifens mindestens 40 Streifnetzschnügel mit einer Breite von etwa einem Meter durchgeführt werden und alle gefangenen Individuen in das Protokoll eingetragen werden. Sobald sich Tiere im Netz befinden wird gestoppt und der Kescher wird mit der Hand verschlossen. Nun werden alle im Kescher befindlichen Tiere in den Protokollbogen eingetragen. Hierfür werden sie einzeln herausgenommen und betrachtet und mit Nummern 1/2/3 usw. vermerkt. Zu diesem Zeitpunkt wird von jeder Art ein Vertreter in einem passend nummerierten Fangröhrchen, zur späteren Bestimmung, aufbewahrt. Falls man sich nicht sicher ist, ob dieselbe Art gefunden wurde, nimmt man das Tier ebenfalls in einem Fangröhrchen mit. Die Fangröhrchen sollen am besten in einem Beutel, einem Rucksack oder ähnlichem aufbewahrt werden und dürfen auf keinen Fall direktem Sonnenschein ausgesetzt sein, da die Tiere ansonsten überhitzen. Je nach Heuschreckendichte kann die Begehung des 25 m langen Streifens durchaus zeitaufwendig sein und es sollte hinterher auch noch genügend Zeit für die Bestimmung der Tiere zur Verfügung stehen.

Anschließend können die Tiere in der Gruppe mit Hilfe des verkürzten Bestimmungsschlüssel auf Artniveau bestimmt werden. Auf alpinen Rasen sind die vorkommenden Arten überschaubar, was die Bestimmung für AnfängerInnen in diesem Gebiet besonders attraktiv macht.

Zuletzt fasst man alle vier Protokollbögen auf einen Sammelbogen zusammen und kann nun bereits im Feld erste Schlüsse aus den Ergebnissen ziehen und diese interpretieren. Die Daten können anschließend im Unterricht weiterverwendet und statistisch ausgewertet werden. Es können nun Aussagen über die Individuendichte pro 25 m² getroffen werden, die häufigste Art genauer im Unterricht besprochen werden oder das Verhältnis von Langfühler- zu Kurzfühlerschrecken bestimmt werden und ähnliches. Von 1990 bis 1997 wurde eine ähnliche Erhebung im Pifflkar, im Nationalpark Hohe Tauern, durchgeführt und dort wurden nur vier verschiedene Arten mit einer Dichte von 0 bis 140 adulten Individuen pro 100 m² nachgewiesen (Illich & Winding, 1999). Dies zeigt bereits, dass es schwer ist Prognosen zu treffen was die Individuenzahl betrifft.

9.3 Literatur

9.3.1 Bücher

Bellmann, H., 1993. *Heuschrecken: beobachten - bestimmen*. Augsburg: Naturbuch Verlag.

Fischer, J., Steinlechner, D., Zehm, A., Poniatowski, D., Fartmann, T., Beckmann, A., & Stettmer, C., 2016. *Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols: Bestimmen – Beobachten - Schützen*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.

Landmann, A., & Zuna-Kratky, T., 2016. *Die Heuschrecken Tirols - Verbreitung, Lebensräume, Gefährdung*. Wien: Berenkamp Buch- und Kunstverlag

Zuna-Kratky, T., Landmann, A., Illich, I., Zechner, L., Essl, K., Lechner, K., Ornter, A., Weißmair, W., Wöss, G., 2017. *Die Heuschrecken Österreichs*. Linz: Denisia 39.

9.3.2 Wissenschaftliche Arbeiten

Gardiner, T., Hill, J., & Chesmore, D., 2005. *Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland ecosystems*. Journal of Insect Conservation, 9, S. 151-173.

Illich, I., 1993. *Heuschreckengemeinschaften (Orthoptera: Saltatoria) in alpinen und subalpinen Habitaten der Hohen Tauern: Quantitative Bestandsaufnahmen im Nationalpark-Sonderschutzgebiet Pifflkar (Salzburg, Austria)*. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern, 1, S. 84-97.

Illich, I., & Winding, N., 1999. *Dynamik von Heuschrecken-Populationen (Orthoptera: Saltatoria) in subalpinen und alpinen Rasen des Nationalparks Hohe Tauern (Österreichische Zentralalpen) von 1990 bis 1997.* Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern, 5, S. 63-85.

Illich, I., 2003. *Die Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) des Nationalparks Nockberge (Kärnten, Österreich): Verbreitung und Ökologie.* Carinthia II, S. 369-412.

10 Edaphon - Bodenlebewesen

10.1 Allgemein

In diesem Modul wird der Lebensraum Boden und die dort vorkommenden Bodenarthropoden genauer untersucht. Der Boden geht aus verwittertem Gestein der obersten Erdschicht unter Einwirkung von Organismen hervor. Als **Edaphon** wird die Lebensgemeinschaft aller Bodenorganismen bezeichnet, wobei wir uns vor allem für die **Makrofauna** (Abb. 35) an der Bodenoberfläche interessieren. Dieser Teil des Edaphons wird auch als **Epedaphon** bezeichnet und umfasst alle Lebewesen, die auf der Bodenoberfläche und in der Streuschicht, also **epigäisch** vorkommen. Das Epedaphon ist besonders formenreich, kräftig pigmentiert, häufig dorsoventral abgeflacht und mit gut entwickelten Extremitäten ausgestattet (Eisenbeis, Wichard, & Wilfried, 2013). Der Anteil der epigäischen Fauna ist im Vergleich zu den Bewohnern der anderen Bodenschichten im Hochgebirge sehr groß. So sind die Tiere, die an der Bodenoberfläche leben in einigen Lebensräumen über der Baumgrenze gut zu untersuchen.

Die Makrofauna ist bei der Bodenbildung besonders für die Zerkleinerung und Vermischung von Pflanzenteilen und für die Stimulation mikrobieller Aktivität verantwortlich. Außerdem beeinflusst sie die Bodenstruktur durch die Durchmischung von organischer mit mineralischer Substanz, Erzeugung von Bioporen zur Durchlüftung, Unterstützung der Humusbildung und der Verbesserung des Einsickerungsvermögens (Whalen & Sampedro, 2010).

Die epigäische Makrofauna im mitteleuropäischen Hochgebirge setzt sich aus Vertretern folgender Taxa zusammen: Doppelfüßer - Diplopoda (Klasse), Hundertfüßer - Chilopoda (Klasse), Webspinnen - Araneae (Ordnung), Weberknechte - Opiliones (Ordnung), Zweiflügler – Diptera (Ordnung), Käfer - Coleoptera (Ordnung) und Schnecken - Gastropoda (Klasse) (Coleman, Crossley, & Hendrix, 2004).

Im Gletschervorfeld ist die Zusammensetzung der Bodenfauna geprägt vom jeweiligen Sukzessionsstadium. Unter **Sukzession** versteht man dabei die nichtsaisonale, gerichtete und kontinuierliche Veränderung einer Artengemeinschaft. Diese gerichtete Veränderung bedeutet, dass

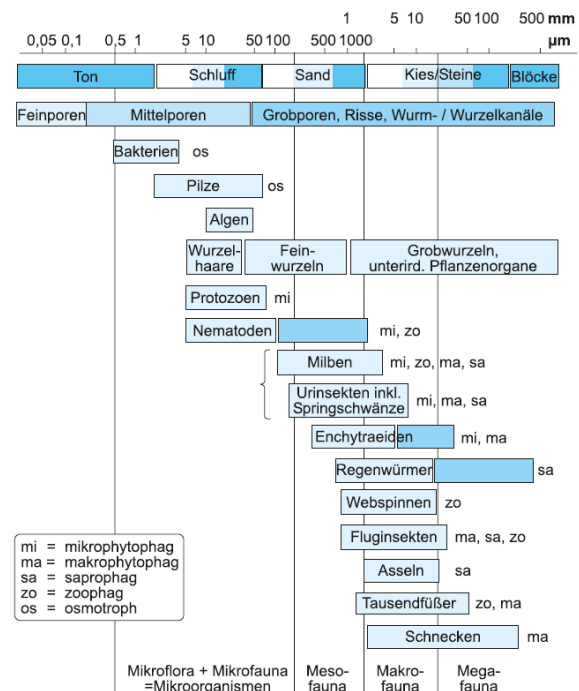


Abbildung 35 - Körperdurchmesser von Bodenlebewesen im Vergleich zu Poren- und Partikeldurchmesser (aus STAHR, KANDELER, HERRMANN, & STRECK, 2016)

es je nach Umweltbedingungen eine definierbare Entwicklung und einen Endzustand (**Klimaxstadium**) gibt. Außerdem unterscheidet man zwischen primärer und sekundärer Sukzession. Wobei es sich im Gletschervorfeld um eine primäre Sukzession handelt, da sie auf sterilem Substrat passiert und nicht, wie bei der sekundären Sukzession, nach einem Störereignis, bereits bei einem vorhandenen Arteninventar beginnt (Nentwig, Bacher, & Brandl, 2011). Gletschervorfelder sind eine der wenigen Möglichkeiten die primäre Sukzession in terrestrischen Lebensräumen zu untersuchen.

10.2 Praktische Erarbeitung

Im praktischen Teil soll die Makrofauna in einer Sukzessionszone, einem Gletschervorfeld, mit Hilfe von Barberfallen untersucht werden. Dadurch lernen die Schüler und Schülerinnen eine weitere biologische Erhebungsmethode und bei der Auswertung einige Insektenordnungen bzw. Tierklassen kennen.

10.2.1 Untersuchung einer Sukzessionszone mittels Barberfallen

Lernziele: - Kennenlernen einer typischen Sukzessionszone mit unterschiedlichen Stadien - Verständnis für die unterschiedlichen Sukzessionsstadien im Hochgebirge bis zum Klimax-Stadium - Unterscheidung verschiedener Arthropodengruppen - Kennenlernen einer neuen Fangmethode	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: Teil 1 - 75 Minuten (zzgl. Gehzeit) Teil 2 - 100 Minuten (bei Bestimmung am Feld, zzgl. Gehzeit)
Mögliche Standorte: - Gletschervorfeld	Teil 1 Material: • Protokollbögen (siehe Anhang) & Stifte • 15-25 leere Joghurtbecher/ Marmeladegläser (max. 300 ml) • 5 ca. 30 cm lange Holzstäbe oder Fähnchen • Pflanzenstecher/ Blumenkelle oder ähnliches • GPS-fähiges Gerät oder Handyapp „alpenvereinaktiv.com“ von Outdooractive GmbH & Co. KG • Ggf. Klemmbrett Teil 2 Material: • Protokollbögen & Stifte • Sammelgefäße • Handlupen • Bestimmungsbögen (siehe Anhang) • durchsichtige Kunststoffbeutel • ggf. Klemmbrett
Besonderheiten/ Anpassungen: Für die Bestimmung eignet sich sehr gut ein kleiner, durchsichtiger Kunststoffbeutel. Dadurch kann man die Tiere besser fixieren und sich ihre Merkmale anschauen. Die Untersuchung der Makrofauna des Bodens ist nicht auf das Gletschervorfeld beschränkt,	

alternativ können auch drei unterschiedliche Lebensräume, wie ein Waldstandort, ein alpiner Rasen und ein Bachufer beprobt und verglichen werden.

Außerdem können die Schüler und Schülerinnen, welche den zweiten Teil durchführen, die Fallen auch zweimal ausleeren und zwar einmal beim Hineingehen in das Gletschervorfeld und einmal beim Zurückgehen. Dadurch kann man zusätzliche Aussagen über die tageszeitliche Aktivität der Tiere treffen. Tiere welche erst bei der zweiten Entleerung in den Fallen waren sind offensichtlich tagaktiv.

Gletschervorfelder sind sehr gut geeignet die zeitlichen Veränderungen in Lebensräumen erfahrbar zu machen. Durch die massiven Gletscherrückgänge in den letzten Jahrzehnten ist diese zeitliche Dynamik in den verschiedenen Besiedlungsstadien sehr gut sichtbar. Jedoch gilt es zu bedenken, dass die Abfolge der Besiedler zwischen den verschiedenen Gletschervorfeldern variieren kann. Die typischen Pionierarten sind einige wenige epigäisch lebende Arten, wie Vertreter der Laufkäfer (Carabidae), der Wolfspinnen (Lycosidae), der Baldachinspinnen (Linyphiidae), der Weberknechte (Opiliones) und der Springschwänze (Collembola). Auffällig ist an dieser Aufzählung, dass diese Tiere entweder Räuber oder Destruenten (Springschwänze) sind. Diese Erstbesiedler sind unmittelbar unterhalb der Gletscherzunge zu finden. Hier gibt es noch keine **autotrophen** Organismen, also etwa Gefäßpflanzen oder Moose. Die Kleinlebensräume dieser Tiere sind das Lückensystem unter und zwischen den Steinen. Es ist ein Rohboden ohne organischen Anteil. Mit größer werdender Distanz zum Gletscher nimmt die pflanzliche Besiedlung zu. Dementsprechend verändert sich auch der Boden und der Anteil an Humus nimmt zu. Die Erstbesiedler werden von anderen Arten „abgelöst“ bzw. es kommen neue Arten hinzu. Bald treten etwa die ersten Vertreter der Tausendfüßer (Myriapoda), wie Steinläufer (Lithobiidae) auf. Mit der steigenden Pflanzenbedeckung kommen Tiere hinzu, die an Pflanzenteilen (z. B. Blätter, Stengel, Wurzeln) fressen oder Blütenbesucher sind. Dort wo sich eine mehr oder weniger geschlossene Pflanzendecke entwickelt hat, finden wir auch die ersten Ameisen.

Diesen ökologischen Prozess kann man mit Barberfallen anschaulich erarbeiten, da man einige Vertreter der epigäischen Fauna kennenlernt. In einzelnen Fällen können auch nicht auf der Bodenoberfläche lebende Tiere in die Falle stürzen, dies sollte vom/von der ProgrammleiterIn thematisiert werden, falls es dazu kommt. Dieses Modul ist in zwei Teile geteilt, im ersten Teil werden die Fallen vergraben und im zweiten Teil werden sie entleert und analysiert.

10.2.1.1 Teil 1

Zuerst müssen an 5 verschiedenen Standorten im Gletschervorfeld jeweils 3-5 Barberfallen vergraben werden. Zuvor sollten die Schüler und Schülerinnen eine Einführung in die Themen

Sukzession und Bodenlebewesen erhalten, welche bei der Standortauswahl für die Barberfallen behilflich sein soll.

Durchführung

Die Schüler und Schülerinnen sollen bestenfalls selbstständig fünf geeignete Standorte im Gletschervorfeld auswählen und an diesen jeweils 3-5 Fallen vergraben und den ersten Teil des Protokollbogens (Ausbringungsdatum, Koordinaten, Vegetation-Deckungsgrad und Boden) bereits ausfüllen. Die 3-5 Fallen am gleichen Standort sollen jeweils mindestens 2 m voneinander entfernt sein. Je nach Schulstufe muss man bei der Standortauswahl mehr oder weniger viel nachhelfen.

Die Schüler und Schülerinnen sollen mit Hilfe des Pflanzenstechers ein passendes Loch graben, sodass der obere Rand des Joghurtbechers bzw. des Marmeladeglases bündig mit der Bodenoberfläche abschließt und keine künstliche Erhebung entsteht. Außerdem wird der Becher mit einem Holzstäbchen oder Fähnchen markiert, um ein leichteres Wiederfinden zu ermöglichen.

Nun sollen die Fallen mindestens eine Nacht im Boden verbleiben.

10.2.1.2 Teil 2

Am nächsten Tag kehrt man zu allen Fallenstandorten zurück, entfernt die Fallen und entleert sie. Die Fallen können je nach Projektplanung auch länger exponiert bleiben.

Durchführung

Die Tiere, die sich in den Fallen befinden, können entweder vor Ort bestimmt und anschließend wieder freigelassen werden oder mit in die Hütte genommen werden. Hierzu teilt man die Tiere in einzelne Sammelgefäße auf und versucht sie mit Hilfe der Bestimmungsbögen zu bestimmen. Bei einigen Merkmalen ist eine Handlupe notwendig und man sollte die Tiere in einen kleinen Kunststoffbeutel geben, um sie besser fixieren zu können. Die Ergebnisse werden im Protokollbogen eingetragen und man geht zum nächsten Standort weiter. Laut Retzlaff-Fürst (2008) sind schnelle und unvorhergesehene Bewegungen von kleinen Gliederfüßern problematisch, da sie die Schüler und Schülerinnen verängstigen können und zu einer negativen Assoziation mit den Tieren führen (Retzlaff-Fürst, 2008). Solche negativen Naturerfahrungen verringern anschließend nachweislich die Bereitschaft der Schüler und Schülerinnen, sich für den Schutz und die Erhaltung der Lebensräume dieser Tiere einzusetzen (Bögeholz & Rüter, 2004). Es sollte am Ende des Modules ein positives und aufgeschlossenes Verhältnis gegenüber Bodenorganismen entstehen, dies ist ein weiterer Grund weshalb man für die Bestimmung kleine Kunststoffbeutel benutzen sollte.

Wenn man die Tiere mit in die Hütte nehmen möchte, um sich genauer mit der Bestimmung auseinanderzusetzen, muss man sie transportieren. Am Besten eignen sich dazu Sammelgefäße mit Schaumstoffverschluss, welche ein Überleben der Tiere am ehesten gewährleisten. Nun kann die Bestimmung abends in der Hütte erfolgen. Über Nacht sollten die Tiere kühl (z.B.: am Fensterbrett vor der Hütte) gelagert werden und am nächsten Tag sollte man sie möglichst am gleichen Standort oder in einem ähnlichen Lebensraum wieder frei lassen.

Die durch die Fallen entstandenen Löcher sollten gewissenhaft mit Bodenmaterial verschlossen werden und die Holzstäbchen bzw. Fähnchen müssen wieder mitgenommen werden.

Wenn man abseits vom Gletschervorfeld arbeitet, kann man zusätzlich noch Handfänge durchführen und diese separat im Protokollbogen eintragen. Im Gletschervorfeld wird davon abgeraten, da es einen zu großen Eingriff in die Landschaft und den Lebensraum der Tiere darstellt. Außerdem sollte man darauf achten die Tiere in den Sammelgefäßen immer im Schatten und nicht in der prallen Sonne zu lagern.

Auswertung

Mit Hilfe der Daten der Gletscherberichte des Österreichischen Alpenvereines kann nun ermittelt werden wie lange die gewählten Standorte bereits eisfrei sind und der Distanz zur Gletscherzunge kann ermittelt werden. In Kombination mit den aufgenommenen Deckungsgraden der Standorte können die Funde dementsprechend interpretiert werden. Außerdem kann man die Daten in der Schule, zum Beispiel durch ein SchülerInnenreferat, aufarbeiten lassen und die Zusammenstellung der vorkommenden Taxa beispielsweise in Tortendiagrammen darstellen lassen und genauer interpretieren. Es kann hier auch auf die Ernährungsweisen der gefundenen Tiere eingegangen werden und das Thema Sukzession kann im Unterricht weiter ausgebaut werden.

10.3 Literatur

10.3.1 Bücher

Coleman, D., Crossley, D., & Hendrix, P., 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*. Burlington: Elsevier Academic Press.

Eisenbeis, G., Wichard, & Wilfried., 2013. *Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden*. Heidelberg: Springer Spektrum.

Koch, E.-M., & Kaufmann, R., 2010. Die tierische Besiedlung von Gletschermoränen. In E. M. Koch, & B. Erschbamer, *Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl* (pp. 165-184). Innsbruck: Innsbruck university press.

Nentwig, W., Bacher, S., & Brandl, R., 2011. *Ökologie kompakt*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Stahr, K., Kandeler, E., Herrmann, L., & Streck, T., 2016. *Bodenkunde und Standortlehre*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.

Topp, W., 1981. *Biologie der Bodenorganismen*. Heidelberg: Quelle & Meyer.

Whalen, J., & Sampedro, L., 2010. *Soil ecology and management*. Cambridge: Cambridge University Press.

11 Botanik

Schülerinnen und Schülern stufen Inhalte der Botanik oft als langweiliger ein als die Beschäftigung mit Tieren. Gerade aber die Pflanzen lassen uns wesentlich leichter Aussagen über die Umweltbedingungen treffen als Tiere. Einzelne Pflanzenarten zeigen oft offensichtlich Anpassungen an den jeweiligen Standort. So finden sich an Orten mit vergleichbaren Bedingungen immer wieder die gleichen Pflanzenarten vergesellschaftet. Botanikerinnen und Botaniker können somit sehr gut **Pflanzengesellschaften** beschreiben und die **Vegetation** eines Gebietes charakterisieren.

11.1 Allgemein

In den Alpen haben etwa 650 Blütenpflanzen ihren Verbreitungsschwerpunkt und rund 4500 Arten sind generell in den Alpen zu finden. Außerdem müssen die Pflanzen mit extremen Bedingungen, wie intensiver UV-Strahlung, häufigen Temperaturschwankungen, kurzer Vegetationszeit, langer Schneebedeckung, extremer Trockenheit, sowie hohen Niederschlägen, starkem Wind und Bodenerosion umgehen und weisen dadurch etliche Anpassungen an ihren Standort auf (Vitek E. , et al., 2007). Je höher man in den Bergen kommt, desto ausgesetzter wird die Vegetation, bis sich zwischen Felsen und Geröll nur noch einige Polsterpflanzen finden (Ellenberg, 1988).

In den Alpen sind nur noch wenige unangetastete, nicht anthropogen beeinflusste Bergwälder zu finden. Seit dem 12. Und 13. Jahrhundert kommt es in den gesamten Alpen zu großzügigen Almrodungen und somit zum Herabdrücken der natürlichen Waldgrenze. Erst 1852 wurde durch das „Reichsforstgesetz“ die schwerwiegende Ausbeutung der Wälder durch massive Misswirtschaft gestoppt (Reisigl & Keller, 1989). Die natürliche obere Waldgrenze fällt normalerweise mit dem Gebiet mit einer mittleren Jahrestemperatur von ca. 1,5° C zusammen und liegt in den Ostalpen bei 1500 bis 2000 m Seehöhe. Etwas höher verläuft die Baumgrenze, zwischen 1800 und 2100 m Seehöhe, oberhalb dieser wachsen dann Krummhölzer und Zwergsträucher (Vitek E. , et al., 2007).

Der Bergwald lässt sich sehr gut mittels charakteristischer Pflanzengesellschaften in den verschiedenen Höhenstufen beschreiben. Diese sind geprägt durch die sich verändernden Klimaverhältnisse. Folgende Faktoren ändern sich entlang des Höhengradienten:

- **Temperatur:** im Durchschnitt nimmt die Temperatur um 0,6° C/ 100 m ab, außerdem nehmen Dauer und Stärke von Frost zu. Zudem sind die Temperaturextreme schärfer und die Temperaturdifferenz kann im Gebirge bei Strahlungswetter 20-25° C betragen.
- **Strahlung:** hierbei geht es nicht nur um die Einstrahlung bei Tag, sondern es kommt auch zu einer stärkeren nächtlichen Ausstrahlung im Hochgebirge (insbesondere bei klarem Himmel), zudem nimmt die UV-Strahlung zu, was wiederum durch eine größere Bewölkungshäufigkeit ausgeglichen wird.

- **Wasserhaushalt:** generell nehmen Niederschläge und Schneeanteil mit der Höhe zu, sind jedoch am Alpenrand sehr viel höher als im Alpeninneren. Außerdem nimmt die allgemeine Verdunstung durch den abnehmenden Wasserdampfgehalt in der Luft und als Folge des Windes zu.
- **Wind:** Die Windstärke und Windhäufigkeit nehmen mit der Höhe zu.
- **Luftdruck:** Die Abnahme des Luftdruckes mit der Meereshöhe wirkt vor allem über die Abnahme des CO₂-Partialdrucks auf die Stoffproduktion der Pflanzen.
- **Exposition:** Ob ein Hang nord- oder südseitig gelegen ist, spielt mit zunehmender Höhe eine immer wichtigere Rolle. Verschiedene Einstrahlungswinkel der Sonne bedingen eine unterschiedliche Wärmebilanz
- **Vegetationszeit:** sie nimmt je 100 Höhenmeter um rund eine Woche ab, sodass auf 3000 m nur noch 2-3 Monate im Jahr für Blüte und Wachstum verbleiben (Reisigl & Keller, 1987).

Der typische Vegetationsverlauf in den inneralpinen Silikatbergen ist in der folgenden Abbildung (Abb. 36) dargestellt. Auf eine montane und subalpine Fichtenstufe folgt Lärchen-Zirbenwald, wobei die Waldgrenze häufig von der Zirbe alleine gebildet wird. Die Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*, L.) bildet bereits im Zirbenwald den Unterwuchs und ist auch über der Waldgrenze Teil der Zwergstrauchheiden. Diese verteilen sich im Geländeerelief je nach Aperzeit und Schutzbedürfnis durch die Schneedecke. Die Rostrote Alpenrose findet man auf schneereichen Nordhängen oder in Mulden, an windexponierten Erhebungen ist mit der Gämsheide (*Kalmia procumbens*/ *Loiseleuria procumbens*, L.) zu rechnen, die Standorte dazwischen werden von Beerenheiden (Vaccinietum) besiedelt und trockenwarme, früh ausapernde Südhänge von Zwergwacholder-Beerentraubenheiden, doch dies wird im Abschnitt „Windkante und Schneetälchen“ noch genauer erläutert (Reisigl & Keller, 1989).

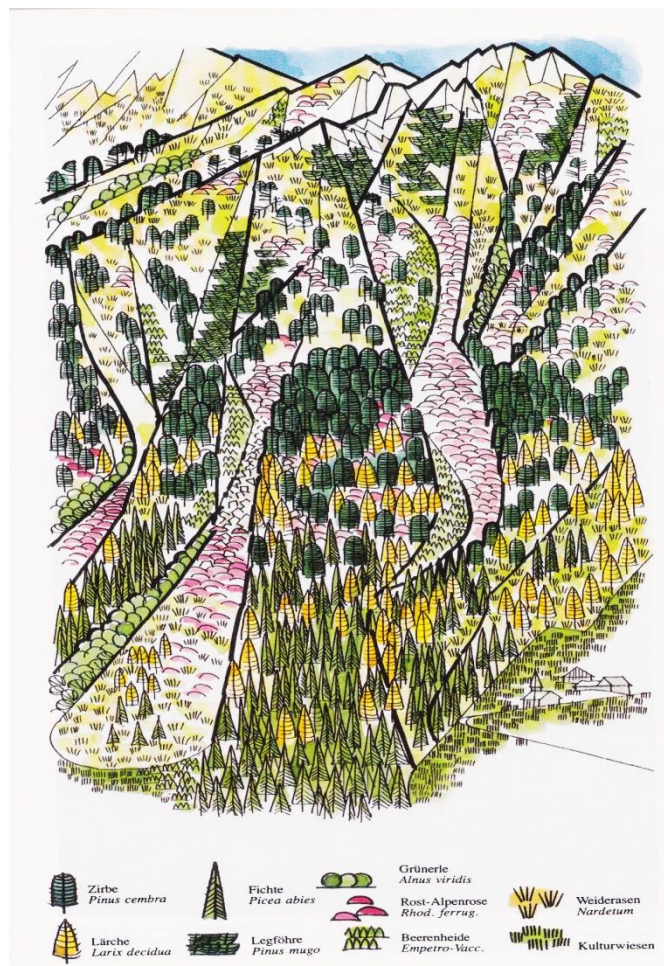


Abbildung 36 - Vegetationsverlauf und Einnischungen der Pflanzengesellschaften entlang des Höhengradienten (verändert aus REISIGL & KELLER (1989))

11.2 Wald

Höhenstufengliederung

Die Veränderung der eben besprochenen Klimafaktoren entlang der Seehöhe und der Dauer der Vegetationsperiode bedingt auch vertikale Veränderungen der Vegetation. Eine Höhenstufe ist gekennzeichnet durch Wuchsformen und Lebensstrategien von Pflanzen, denen ein spezifischer Wasser- und Wärmehaushalt zukommt und die in einem Grenzgürtel (**Ökoton**) von einigen Dutzend Höhenmetern ineinander übergehen.

Nun werden die charakteristischen Pflanzengesellschaften entlang des Höhengradienten kurz erläutert und einige typische Vertreter aufgezählt. (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Mertz, 2000; Mertz, 2008)

1. Planar-Kolline Stufe: Ebenen und Hügelland, die ihre Obergrenze bei ca. 300-500 m hat. Die ursprüngliche Vegetation waren wärmeliebende Eichenmischwälder, Eichen-Hainbuchen – Mischwälder, Kiefernwälder, sowie lokale Trockenrasen und Steppen. In dieser Höhenstufe ist heute überwiegend Kulturlandschaft zu finden.

2. Submontane Stufe: unterste Bergwaldstufe, welche von ca. 500-1000 m geht. Ursprünglich wachsen hier Buchenwälder, aber wenn entsprechende Bedingungen vorherrschen treten auch noch Eichen- und Hainbuchenwälder, gebietsweise auch Tannen auf. In dieser Höhenstufe ist der meiste Wald in Fichtenforste umgewandelt und wird forstwirtschaftlich genutzt.

3. Montane Stufe: Bergwaldstufe, bis ca. 1400 – 1600 (1800) m, wobei sie im Norden bei 500 m, im Süden bei 900 m beginnt. Es dominiert die Buche, mit zunehmender Höhe treten verstärkt Nadelhölzer auf. Ursprünglich sind in ozeanischen Lagen untermontan noch Buchen-, obermontan Buchen-Tannen-Fichten-Bergmischwälder, hochmontan teilweise reine Nadelwälder (mit Fichte), in kontinentalen Lagen auch nur Fichten-Lärchen-Wälder zu finden.

4. Subalpine Höhenstufe: eine umstrittene Höhenstufe, welche oft weggelassen wird und auch unterschiedlich definiert wird: die letzte Waldstufe, gebildet von Nadelbäumen (= Hochmontane Stufe), oder Auflösungszone des Waldes. Häufige Definition (Körner, 1999): jene Zone zwischen den geschlossenen montanen Wäldern und höchststehenden kleinen, einzelnen Bäumen. Der Begriff „subalpin“ wird außerhalb Europas kaum verwendet. Kampfwald- und Krummholzstufe, bis ca. 1900-2200 (2400) m; ursprünglich mit Legföhren- und Grünerlengebüschen aufgelockerte Lärchen-Zirben-Wälder; infolge von Almwirtschaft heute oft Zwergstrauchheiden und Viehweiden.

Tiefsubalpine Fichtenwälder: Diese Pflanzengesellschaft ist zwischen der montanen und subalpinen Stufe vertreten und setzt sich hauptsächlich aus raschwüchsigen Fichten (*Picea abies*) zusammen. Natürliche Fichtenwälder erfüllen wichtige Schutzfunktionen gegenüber Lawinen und Hangrutschungen, vor allem in den steilen Gebirgstälern der Inneralpen, jedoch sind die flachwurzelnden Fichten gegenüber Luftschadstoffen sehr anfällig. Öfter sieht man den Fichtenwald in Österreich als künstlich angelegte Monokultur, beinahe ohne Begleitpflanzen, welche rein der Holzgewinnung dient und ökologisch eher wertlos ist (Mertz, Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen, 2000).

Tabelle 3 - Übersicht häufiger Arten des Fichtenwaldes. **Fett** gedruckte Arten waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig und oder leicht zu erkennen sind.

Artenliste		
Apfelflechte - <i>Peltigera aphthosa</i>	Gelblich-Hainsimse - <i>Luzula luzulina</i>	Rot-Föhre - <i>Pinus sylvestris</i>
Birngrün - <i>Orthilia secunda</i>	Grüner Alpenlattich - <i>Homogynae alpina</i>	Schwarze Heckenkirsche - <i>Lonicera nigra</i>
Eberesche - <i>Sorbus aucuparia</i>	<u>Heidelbeere - <i>Vaccinium myrtillus</i></u>	Sprossender Bärlapp - <i>Lycopodium annotinum</i>
Echte-Berberitze - <i>Berberis vulgaris</i>	Herz-Zweiblatt - <i>Listera cordata</i>	Wald-Habichtskraut - <i>Hieracium murorum</i>
Echt-Ehrenpreis - <i>Veronica officinalis</i>	<u>Lärche - <i>Larix decidua</i></u>	<u>Wald-Sauerklee - <i>Oxalis acetosella</i></u>
Einblütiges Wintergrün - <i>Pyrola uniflora</i>	Moosauge - <i>Moneses uniflora</i>	Wald-Wachtelweizen - <i>Melampyrum sylvaticum</i>
Draht-Schmiele - <i>Deschampsia flexuosa</i>	Moosglöckchen - <i>Linnaea borealis</i>	Weiß-Hainsimse - <i>Luzula luzuloides</i>
Federmos - <i>Ptilium crista-castrensis</i>	Nessel-Ehrenpreis - <i>Veronica urticifolia</i>	Wolliges-Reitgras - <i>Calamagrostis villosa</i>
<u>Fichte - <i>Picea abies</i></u>	Nickendes Wintergrün - <i>Pyrola secunda</i>	
Finger-Segge - <i>Carex digitata</i>	<u>Preiselbeere - <i>Vaccinium vitis-idaea</i></u>	
Hochstauden:		
<u>Alpen-Milchlattich - <i>Cicerbita alpina</i></u>	Großblättrige Schafgarbe - <i>Achillea macrophylla</i>	Wald-Storchschnabel - <i>Geranium sylvaticum</i>
<u>Blauer Eisenhut - <i>Aconitum napellus</i></u>	Großes Springkraut - <i>Impatiens noli-tangere</i>	<u>Weiß Pestwurz - <i>Petasites albus</i></u>
Echter Wurmfarne - <i>Dryopteris filix-mas</i>	Rundblatt-Labkraut - <i>Galium rotundifolium</i>	<u>Wimper-Kälberkropf - <i>Chaerophyllum hirsutum</i></u>
Eichenfarne - <i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Rundblatt-Steinbrech - <i>Saxifraga rotundifolia</i>	
Gewöhnlicher Dornfarne - <i>Dryopteris carthusiana</i>	Wald-Frauenfarne - <i>Athyrium filix-femina</i>	

Hochsubalpiner Lärchen-Zirbenwald: In den Hochlagen der östlichen Innen- und Zwischenalpen bildet der Lärchen-Zirbenwald mit lockeren, parkartigen Beständen die Waldgrenze. Die Zirbe, als am höchsten angesiedelte Baumart, kann tiefe Wintertemperaturen ertragen und die Lärche gilt als Pionierbaum und ist ein hervorragender Schuttsiedler, welcher die Bodenbildung einleitet, wobei mit zunehmender Bodenbildung die Zirbe an Dominanz gewinnt. Hier treten bereits ähnliche Zwergsträucher, wie in der baumfreien Zone auf, vor allem Säurezeiger, wie Moorbeere, Heidelbeere oder Rostrote Alpenrose. Auch diese Wälder besitzen eine hohe Schutzwaldfunktion gegenüber Erosion und Hangrutschungen und bieten einen Lebensraum für zahlreiche Tierarten, vor allem jene, die sich im Winter aus den baumfreien Berggebieten in diesen Wald zurückziehen.

*Tabelle 4 - Übersicht häufiger Arten des Lärchen-Zirbenwaldes. **Fett gedruckte Arten** waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig und oder leicht zu erkennen sind.*

Artenliste		
Arznei-Bärentraube - <u>Arctostaphylos uva-ursi</u>	Herz-Zweiblatt - <i>Listera cordata</i>	Wald-Sauerklee - <u>Oxalis acetosella</u>
Besenheide - <i>Calluna vulgaris</i>	<u>Lärche - Larix decidua</u>	Wald-Wachtelweizen - <i>Melampyrum sylvaticum</i>
Draht-Schmiele - Deschampsia flexuosa	<u>Moorbeere - Vaccinium uliginosum</u>	Wolliges Reitgras - <i>Calamagrostis villosa</i>
Gelblich-Hainsimse - <i>Luzula luzulina</i>	Moosglöckchen - <i>Linnaea borealis</i>	<u>Zirbe - Pinus cembra</u>
Gewöhnlicher Dornfarn - <i>Dryopteris carthusiana</i>	<u>Preiselbeere - Vaccinium vitis-idaea</u>	<u>Zwerg-Wacholder - Juniperus communis spp. alpina</u>
<u>Grüner Alpenlattich - Homogynae alpina</u>	<u>Rostblättrige Alpenrose - Rhododendron ferrugineum</u>	
<u>Heidelbeere - Vaccinium myrtillus</u>	Wald-Hainsimse - <i>Luzula sylvatica</i>	
Flechten und Moose:		
Becherflechte - <i>Cladonia sp.</i>	<u>Isländisches Moos - Cetraria islandica</u>	

5. Alpine Stufe: Die Baum- und Waldgrenze trennt die alpine von der hochmontanen (subalpinen Stufe). Diese Grenze liegt in den Inneralpen zw. 1600-2400 m, in den Randalpen (Kalk) zw. 1500 - 1800 m bis etwa 2500 – 3000 m, sie bildet das obere Ende der geschlossenen Vegetationsflächen. Man unterscheidet jetzt noch eine untere alpine Stufe, die von Zwergsträuchern = Zwergstrauchstufe gebildet wird und eine obere alpine Stufe, die von den alpinen Rasen gebildet wird.

Tabelle 5 - Übersicht häufiger Arten der Zwergstrauchstufe. In dieser Tabelle wurden nur ausgewählte Vertreter aufgelistet. Deshalb handelt es sich nur um leicht erkennbare und häufige Vertreter

Artenliste		
Preiselbeere - <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Heidelbeere - <i>Vaccinium myrtillus</i>	Moorbeere - <i>Vaccinium uliginosum</i>
Rostblättrige Alpenrose - <i>Rhododendron ferrugineum</i>	Zwerg-Wacholder - <i>Juniperus communis</i> spp. <i>alpina</i>	Besenheide - <i>Calluna vulgaris</i>
Gämsheide – <i>Loiseleuria procumbens</i> (<i>Kalmia procumbens</i>)		

6. Subnivale Stufe: keine geschlossene Pflanzendecke mehr, sondern Polstervegetation und frostwechselbeweger Schutt. Rasenfragmentstufe, also sehr stark aufgelockerte Vegetation zwischen 3000 – 3300 m.

7. Nivalstufe (Frostschuttzone): wird durch die klimatische Schneegrenze definiert, also auf einer ebenen Fläche fällt mehr Schnee als abtauen kann (Gletscher). Nur mehr einzelne dikotyle Polsterpflanzen. Obere nivale Stufe: nur Kryptogamen, Algen, Pilze, Moose und Flechten (Fischer & Gottschlich, 2005).

11.2.1 Praktische Erarbeitung - Gradientenanalyse mittels Transekt

Lernziele: - Erkennen der sich verändernden klimatischen Verhältnisse und Vegetation entlang des Höhengradienten - Korrekte Aufnahme von klimatischen Daten und hantieren mit verschiedenen Messgeräten - Kennenlernen einiger typischer Gehölze des Alpenraumes	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 2 Stunden (exkl. Gehzeit)
Mögliche Standorte: - Verpeil Alm	Material: • Protokollbogen (siehe Anhang) & Stifte • Thermometer • Barometer • Höhenmesser (barometrisch oder GPS-basiert) • GPS-Gerät oder Handyapp „alpenvereinaktiv.com“ von Outdooractive GmbH & Co. KG • Maßband (mind. 10 m) • Wasserwaage oder Handyapp - z.B. „Wasserwaage Galaxy“ von Szymon Dyja oder „Wasserwaage, Senklot, Niveau“ von NixGame) • Wanderstock (mind. 1 m) • Bestimmungsliteratur (z.B. Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R., 2015. Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer), Stuttgart: Franckh Kosmos Verlag)

Besonderheiten/ Anpassungen: Für diese Anwendung müssen die Schüler und Schülerinnen mindestens 500 Höhenmeter zurücklegen, man sollte im Vorhinein abschätzen, ob man der Gruppe so etwas zutraut.

In diesem Modul soll mit Hilfe der Transektmethode eine Gradientenanalyse entlang des Höhengradienten durchgeführt werden. Diese Analyse orientiert sich an der Änderung der Vegetation mit sich ändernden Umweltbedingungen, idealerweise bilden die Aufnahmeflächen einen zusammenhängenden Gradienten (Dierschke, 1994).

Durchführung:

Dieses Modul ist mit einer längeren Wanderung über mindestens 500 Höhenmeter verbunden und ist deshalb auch relativ zeitintensiv. Voraussetzung ist ein Weg welcher durch einen Bergwald auf einer Seehöhe von 1300 bis 1800 m führt. Auf dieser Strecke sollen an 4 Standorten, mit mindestens 100 Höhenmetern Abstand zwischen den Standorten, klimatische Messungen und Bestandsaufnahmen der Gehölze, vor allem der Bäume durchgeführt werden. Es sollten für eine Schulklasse nicht mit mehr als etwa 200 Höhenmeter pro Stunde beim Aufstieg und 400 Höhenmeter beim Abstieg gerechnet werden. Alle Daten können in den Protokollbogen eingetragen werden. Hierbei ist zu beachten:

- Temperatur: mittels Thermometer festzustellen, ist jedoch gegebenenfalls nicht aussagekräftig, da sie sich über den Tagesverlauf erhöht und man dadurch die Temperaturabnahme im Höhengradienten nicht erkennt. Es sollte erwähnt werden, dass dafür auf jeder Höhe zur gleichen Tageszeit gemessen werden müsste. Um diesen Faktor miteinzubeziehen wird zusätzlich die Zeit dokumentiert.
- Seehöhe: es ist zu beachten, dass barometrische Höhenmesser richtig geeicht sein müssen, ansonsten kommt es zu fehlerhaften Werten.
- Baumdichte: hierzu sollen in einem Bereich von 10 x 10 m alle Bäume mit einem Durchmesser (auf Brusthöhe gemessen) von mindestens 20 cm gezählt werden. Der Wert wird mit $X/100 \text{ m}^2$ eingetragen (z.B. $20/100 \text{ m}^2$). Zum Beispiel hat ein gut durchforsteter reiner Fichtenhorst eine Baumdichte von etwa 27 Bäumen pro 100 m^2 (Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 2018).
- Hangneigung: Es sollte ein Teil des Hanges gewählt werden, der eine recht gleichmäßige und repräsentative Neigung aufweist. Nun wird ein Wanderstock mit Hilfe der Wasserwaage waagrecht in Fallrichtung mit einem Ende am Hang platziert und

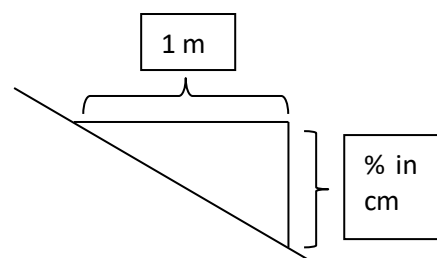


Abbildung 37 - Richtige Ermittlung der Hangneigung

man misst wie weit er an der 1m-Stelle vom Boden entfernt ist (Abb. 37). Ist der Stock zum Beispiel an der 1m-Stelle 20 cm vom Boden entfernt, handelt es sich um eine etwa 20 %ige Hangneigung.

- Strauchförmiger Unterwuchs-Deckungsgrad: In diesem Feld soll der Deckungsgrad des strauchförmigen Unterwuchs eingetragen werden. Hierzu schätzt man den Deckungsgrad mit verholzten, mindestens ½ m hohen Sträuchern (etwa kniehoch) in Prozent ab.
- Die Bäume und sonstigen Gehölze können mit Hilfe passender Literatur (z.B. **Spohn et al. 2015**) bestimmt werden.

Vor der Wanderung könnte man die Schüler und Schülerinnen bereits abschätzen lassen wie sich die klimatischen Verhältnisse und der Baumbestand verändern werden.

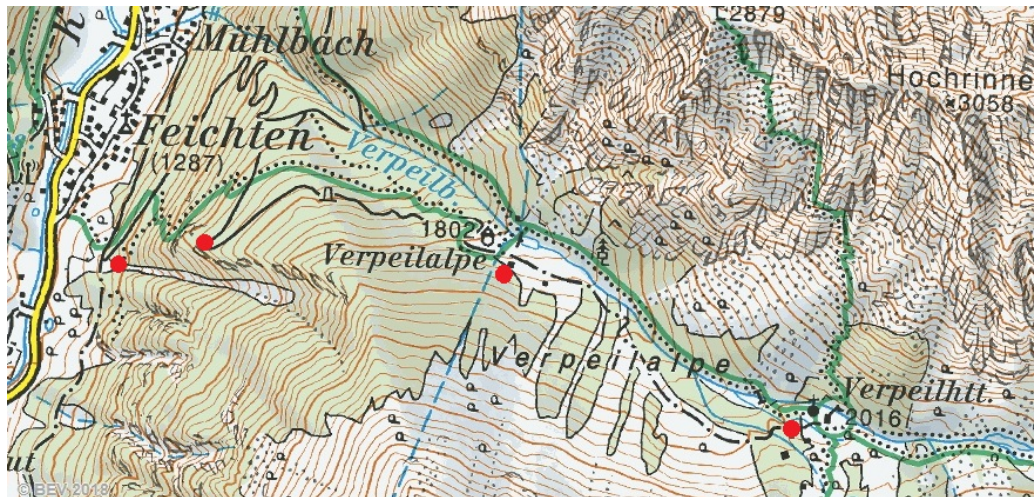


Abbildung 38 - Mögliche Standorte für die Gradientenanalyse auf dem Weg zur Verpeilhütte (Karte von austrianmap.at)

Eine mögliche Route wäre die Forststraße und der anschließende Wanderweg auf die Verpeil Alm (Abb. 38). Es sind auch bereits mögliche Standpunkte für die Datenaufnahme in der Karte eingezeichnet (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 2018). Dieses Programm kann je nach Anforderungen auch gekürzt werden, indem etwa der zweite Aufnahmepunkt ausgelassen wird und auf das Messen der Hangneigung verzichtet wird.

Auswertung

Vermutlich wird es nicht zwischen allen vier Standorten signifikante Unterschiede geben, doch besonders die Standorte 1 und 4 sollten sich auffallend unterscheiden. Diese Daten können nun wieder gemeinsam interpretiert und diskutiert werden. In der Schule kann man mit Hilfe der Daten den Waldverlauf anschaulich in Grafiken darstellen lassen.

11.3 Windkante und Schneetälchen

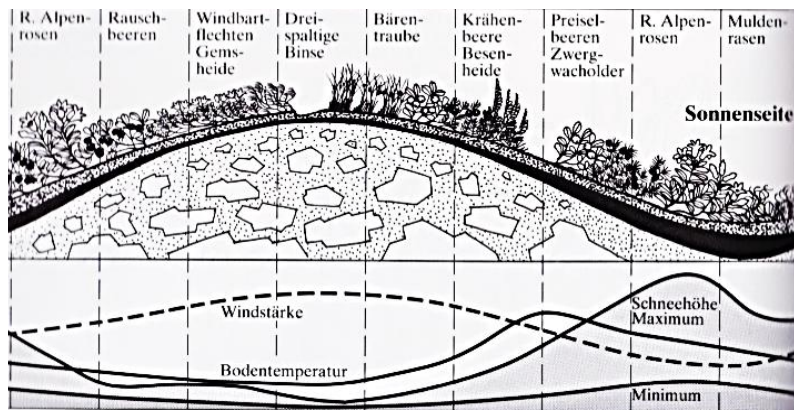


Abbildung 39 - Typische Vertreter und Ökogramm von Windkante und Schneetälchen (adaptiert aus REISIGL & KELLER, 1987)

Windkanten und Schneetälchen sind Pflanzengesellschaften, an denen sehr gut Anpassungen an die Standortbedingungen der Pflanzen aufgezeigt werden können.

Windkanten: Arten der Windheiden sind wohl eines der augenscheinlichsten Beispiele, um Anpassungen an Standortbedingungen zu besprechen/ zu zeigen. Wir finden hier niedrige, flach dem Boden angepasste Spalierteppiche mit einem dicht schließenden Blätterdach. Dies schafft ein günstiges **Mikroklima** (Abb. 40), welches direkt über der Bodenoberfläche eine Übererwärmung von 15 bis 20° C gegenüber der Außenwelt gewährleistet und

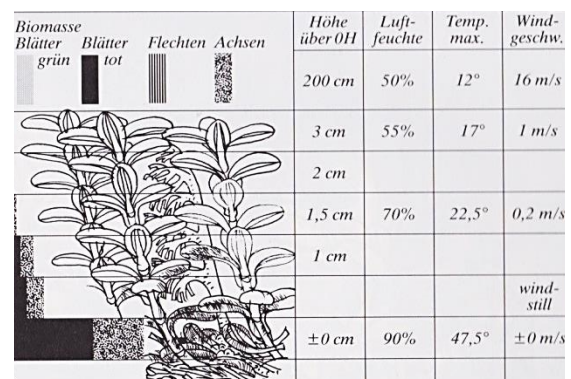


Abbildung 40 - Beispiel für das Mikroklima in einer Gämsheide (verändert aus REISIGL & KELLER, 1987)

ermöglicht diesen Holzgewächsen den Wuchs auf über 2400 m Seehöhe auf besonders exponierten Stellen, den sogenannten **Windkanten** (Reisigl & Keller, 1987). Die Pflanzen müssen mit extremen Wind umgehen können und sind auch im Winter nur kurz von einer isolierenden Schneedecke geschützt und müssen deshalb Temperaturen zwischen -35° C und -60° C aushalten, sowie extremen Wasserentzug durch den Wind. Bei der Gämsheide bilden die zahllosen winzigen Blätter einen dicht schließenden Schutzmantel über dem Boden und im Inneren dieses Spalierteppichs sind selbst starke Winde kein Problem und auch die Luftfeuchtigkeit sinkt dort praktisch nie unter 80 %, was während der kurzen Vegetationszeit ausreichende Wasserversorgung gewährleistet. Im Winter wird die Assimilation fast komplett eingestellt und im Frühjahr nimmt die Gämsheide durch Rillen an der Blattunterseite Schmelzwasser auf, was eine mögliche **Frosttrocknis** verhindert (Mertz, 2000). Da die Stickstoffreserven des Bodens jedoch so gering sind und die Vegetationsperiode im Durchschnitt nur 130 bis 150 Tage lang ist, nimmt die Biomasse jedoch nicht zu und befindet sich in einem Gleichgewichtszustand. Die Gämsheide und auch viele andere Ericaceen speichern in ihren Blättern Fett, bei der Gämsheide macht dies rund 11 % der Trockensubstanz aus, sinkt jedoch in der Blüh- und Wachstumsphase im Frühsommer und steigt anschließend im Herbst erneut an (Reisigl & Keller, 1987).

Tabelle 6 - Übersicht häufiger Arten der Windkante. **Fett** gedruckte Arten waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig oder leicht zu erkennen sind.

Artenliste		
<u>Alpen-Bärentraube - <i>Arctostaphylos alpina</i></u>	Gletscher-Nelke - <i>Dianthus glacialis</i>	Schneeweißes Fingerkraut - <i>Potentilla nivea</i>
Bunt-Hafer - <i>Avena versicolor</i>	<u>Halbkugelige Teufelskralle - <i>Phyteuma hemisphaericum</i></u>	Schwarze Segge - <i>Carex atrata</i>
Draht-Schmiele - <i>Deschampsia flexuosa</i>	Hallers Schwingel - <i>Festuca halleri</i>	Schweizer Löwenzahn - <i>Leontodon helveticus</i>
Dreiblatt-Binse - <i>Juncus trifidus</i>	Karpaten-Katzenpfötchen - <i>Antennaria carpatica</i>	<u>Silberwurz - <i>Dryas octopetala</i></u>
Echte Alpenscharte - <i>Saussurea alpina</i>	Knöllchen-Knöterich - <i>Polygonum viviparum</i>	Tannenbärlapp - <i>Huperzia selago</i>
Einblütiges Berufskraut - <i>Erigeron uniflorus</i>	Krumm-Segge - <i>Carex curvula</i>	Zweizeiliges-Kopfgras - <i>Oreochloa disticha</i>
Felsen-Straußgras - <i>Agrostis rupestris</i>	<u>Moosbeere - <i>Vaccinium uliginosum</i></u>	<u>Zwittrige Krähenbeere - <i>Empetrum hermaphroditum</i></u>
<u>Gämsheide - <i>Loiseleuria procumbens</i> (<i>Kalmia procumbens</i>)</u>	Nacktriet - (<i>Elyna</i>) <i>Carex myosuroides</i>	
Gelbe Hainsimse - <i>Luzula lutea</i>	<u>Preiselbeere - <i>Vaccinium vitis-idaea</i></u>	
Flechten und Moose		
Einseitswendige Rentierflechte - <i>Cladonia arbuscula</i>	Isländisch Moos - <i>Cetraria islandica</i>	<u>Windbartflechte - <i>Alectoria ochroleuca</i></u>
Gesprenkelte Becherflechte - <i>Cladonia rangiformis</i>	<u>Schnee-Moosflechte - <i>Cetraria nivalis</i></u>	<u>Wurmflechte - <i>Thamnolia vermicularis</i></u>
Hüllen-Moosflechte - <i>Cetraria cucullata</i>	Schlanke Rentierflechte - <i>Cladonia gracilis</i>	

Schneeböden: In den sogenannten Schneeböden oder **Schneetälchen** kommt nur eine sehr artenarme Gesellschaft von „Pflanzenzwergen“ vor, welche an die kurze Vegetationszeit von 1-4 Monaten und die ständig nassen Böden angepasst sind. Besonders Initialböden im Vorfeld von Gletschern und an Schneefeldrändern, welche auch während der Vegetationszeit kühl und feucht bleiben, sind typische Standorte (Mertz, 2000). Über Silikat sind zwei Vegetationstypen zu unterscheiden - die Moos-Schnee-Böden und die Blütenpflanzen-Schneetälchen, welche von Krautweiden und anderen Spezialisten dominiert werden. Besonders erwähnenswert ist in den Schneetälchen die Krautweide (*Salix herbaceae*), welche von Linné als „der kleinste Baum der Welt“ bezeichnet wurde und perfekt an die Bedingungen im Hochgebirge angepasst ist. Der Stamm ist nur fingerdick und befindet sich tief im Boden, die Zweigen kriechen knapp an und unter der Bodenoberfläche dahin und nur die rundlichen Blattpaare und die kurzen Blütenkätzchen sind überirdisch erkennbar. Die Kriechzweige verankern sich mit Hilfe von **Adventivwurzeln** und können, falls der Hauptstamm abstirbt wieder eigene Individuen bilden, dass heißt die Pflanze vermehrt sich,

wie die meisten Schneebodenarten, hauptsächlich vegetativ. Außerdem wirft die Krautweide jeden Herbst ihr Laub ab, was für eine Schneebodenpflanze eher ungewöhnlich ist (Reisigl & Keller, 1987). Auch das Kleine Alpenglöckchen (*Soldanella pusilla*) ist erwähnenswert. Dieses kommt auf Schneeböden rasenartig vor und kann sogar noch die letzte dünne Eisdecke bzw. Schneeschicht durchwachsen, um an die Oberfläche zu gelangen. Durch ihre violett-rosarote Blütenfärbung kommt es zu einer größeren Licht- und Wärmeresorption rund um die Pflanze, was dazu führt, dass sich runderherum schneller schneefreie Stellen bilden (Mertz, 2000). Es gibt für das Arbeiten auch noch dünne Bestimmungsbücher, wie von Aichele & Schwegler (2006) - „Blumen der Alpen“. Gerade für Westösterreich ist das sehr gewichtige Bestimmungsbuch Lauber, Wagner & Gyga - „Flora Helvetica“ absolut zu empfehlen. Dieses Buch sollte zumindest für die Vor- und Nachbereitung herangezogen werden.

Tabelle 7 - Übersicht häufiger Arten des Schneetälchens. **Fett** gedruckte Arten waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig und leicht zu erkennen sind

Artenliste		
Alpen-Ehrenpreis - <i>Veronica alpina</i>	Dreigriffliges Hornkraut - <i>Cerastium cerastoides</i>	Schnee-Frauenmantel - <i>Alchemilla pentaphyllea</i>
Alpen-Fetthenne - <i>Sedum alpestre</i>	Gelbling - <i>Sibbaldia procumbens</i>	Schneetälchen-Segge - <i>Carex foetida</i>
Alpen-Löwenzahn - <i>Taraxacum alpinum</i>	Gold-Fingerkraut - <i>Potentilla aurea</i>	Zweiblütiges Sandkraut - <i>Arenaria biflora</i>
<u>Alpenmargerite - <i>Leucanthemopsis alpina</i></u>	<u>Klebrige Primel - <i>Primula glutinosa</i></u>	Zwerg-Hahnenfuß - <i>Ranunculus pygmaeus</i>
Alpen-Mutterwurz - <i>Ligusticum mutellina</i>	<u>Kleines Alpenglöckchen - <i>Soldanella pusilla</i></u>	<u>Zwerg-Primel - <i>Primula minima</i></u>
Alpen-Rispengras - <i>Poa alpina</i>	Knöllchen-Knöterich - <i>Polygonum viviparum</i>	Zwerg-Ruhrkraut - <i>Gnaphalium supinum</i>
Alpenschaumkraut - <i>Cardamine alpina</i>	<u>Krautweide - <i>Salix herbacea</i></u>	
Braune-Hainsimse - <i>Luzula alpinopilosa</i>	Norwegisches Ruhrkraut - <i>Gnaphalium norvegicum</i>	
Typische Flechten und Moose:		
<i>Gymnomitrium varians</i>	<i>Pleuroclada albescens</i>	<u>Safranflechte - <i>Solorina crocea</i></u>
Juratzkas Schneetälchenlebermoos - <i>Anthelia juratzkana</i>	<i>Moerckia blytti</i>	Widertonmoos - <i>Polytrichum sexangularis</i>

11.3.1 Praktische Erarbeitung - Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET

Lernziele: - Kennenlernen charakteristischer Alpenpflanzen - Erkennen, dass die Wuchsform der Pflanzen an den Standort angepasst ist - Verbesserung der Fähigkeit zu Schätzen - Korrekter Umgang mit Bestimmungsliteratur	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 2 Stunden
Mögliche Standorte: - Krummgampental - Seeles Seen - Riffeltal	Material: • 2 Protokollbögen (siehe Anhang) & Stifte • 2x 4 m Schnur • 8 lange Nägel oder Zeltheringe • Maßband oder Lineal • Bestimmungsliteratur (empfohlen: Mertz, Peter, 2008. Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen - Ein Bestimmungsbuch. Bern: Haupt Verlag oder Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R., 2015. Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer), Stuttgart: Franckh Kosmos Verlag)
Besonderheiten/ Anpassungen: Besonders in der Unterstufe können die Schüler und Schülerinnen auch in Gruppen von 4 Personen zusammenarbeiten, oder man kann 8 Schüler und Schülerinnen in zwei Gruppen aufteilen und jede Gruppe entweder das Schneetälchen oder die Windkante untersuchen lassen. Nun können die Ergebnisse anschließend der anderen Gruppe präsentiert und verglichen werden, dies spart Zeit und überfordert die Schüler und Schülerinnen nicht. Außerdem kann alternativ zum Schneetälchen auch der alpine Rasen mit der Windkante verglichen werden. (Nicht überall sind Schneetälchen zu finden)	

Die pflanzensoziologische Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET ist eine vegetationsökologische Monitoringmethode bei welcher die Häufigkeit und die eventuelle Dominanz von vorkommenden Arten mittels einer 7-stufigen Ordinalskala beschrieben wird. Sie ist eine sehr gängige Methode und wird in etwa 39 % aller Dauerflächenerhebungen verwendet (Traxler, 1997).

Dieses Modul kann sehr gut mit der Vegetationsstrukturmessung kombiniert werden, da beide Aufnahmen die Charakteristika von Windkanten und Schneetälchen aufzeigen.

Durchführung

Für diese Vegetationsaufnahme sollen zwei 1 m² große Vegetationsausschnitte untersucht und verglichen werden. Zum einen soll eine Fläche auf einer typischen Windkante ausgewählt werden und zum Vergleich eine Fläche in einem typischen Schneetälchen, dies ist im Protokollbogen unter

„Standort“ zu vermerken. Die Schüler und Schülerinnen sollen nach einer kurzen allgemeinen Einführung zum Thema Windkante und Schneetälchen selbstständig geeignete Flächen auswählen und mit Hilfe der Schnur und den Nägeln/Zeltheringen ein 1 m² großes Quadrat abstecken. Je nach Gruppengröße können diese Quadrate von 2 bis 4 Schüler und Schülerinnen gemeinsam bearbeitet werden. Falls kein Schneetälchen in unmittelbarer Nähe auffindbar ist, kann die Windkante auch mit dem alpinen Rasen verglichen werden. Hierzu müssen natürlich nicht alle Gräser korrekt bestimmt werden, sondern es können Aufzählungen wie „Süßgräser 1“ und „Süßgräser 2“ in den Erhebungsbogen eingetragen werden.

In diesem Quadrat sollen nun möglichst alle vorkommenden Arten mit Hilfe passender Bestimmungsliteratur bestimmt werden. Hier ist das Werk von Peter Mertz „Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen - Ein Bestimmungsbuch“ sehr zu empfehlen, da es ein eigenes Kapitel zum Thema „Extremstandorte“ hat, in welchem typische Arten für „Windkanten-Gämsheide“ und „Schneetälchen und Schneeböden“ zusammengefasst sind, was eine Bestimmung für „botanische AnfängerInnen“ etwas erleichtert. Jedoch sind einige der von Mertz verwendeten deutschen Pflanzennamen nicht gebräuchlich, deshalb sollte darauf hingewiesen werden, dass deutsche Pflanzennamen nicht eindeutig sind. Die bestimmten Arten sind in den Protokollbogen einzutragen und anschließend ist ihr Deckungsgrad zu bewerten.

Deckungsgrad: In diesem Teil wird eigentlich die Artmächtigkeit bestimmt und zwar mit Hilfe einer kombinierten Abundanz-/ Dominanz-Skala, der sogenannten Braun-Blanquet-Skala. Hierbei werden bei Pflanzenarten mit niedriger Deckung die Individuenzahl geschätzt und bei solchen mit einer Deckung ab 5 % wird der Deckungsgrad, die Dominanz, geschätzt.

Tabelle 8 - Bestimmung der Artmächtigkeit nach BRAUN-BLANQUET (Braun-Blanquet, 1964)

Symbol	Individuenzahl	Deckung
r	Einzelvorkommen	Deutlich unter 1%
+	Wenige (2-5) Exemplare	< 1 %
1	Viele (6-50) Exemplare	1 – 5 %
2	Sehr viele (>50) Exemplare	5 – 25 %
3	Beliebig	25 – 50 %
4	Beliebig	50 – 75 %
5	beliebig	75 – 100 %

Um das Schätzen zu erleichtern kann man eine Lineal oder ein Maßband zu Hilfe nehmen und sich einen Bereich von 10 x 10 cm abmessen - dies entspricht nämlich genau einem Prozent und eine Pflanzenart, welche eine solche Fläche einnimmt bekommt die Nummer 1, alles darunter wird mit „+“ oder „r“ protokolliert, wobei mit „r“ nur Arten bezeichnet werden, die einzeln vorkommen.

Auswertung

Nun werden die Ergebnisse von der Windkante und dem Schneetälchen verglichen und gemeinsam interpretiert. Es können nun Schlüsse über die Diversität und verschiedene Anpassungen an den Standort gezogen werden.

In Kombination mit einer Vegetationsstrukturmessung kann man weitere Schlüsse über Anpassungen an Extremstandorte ziehen. Die Daten können in der Schule weiterverwendet und tabellarisch oder grafisch aufgearbeitet und interpretiert werden.

11.3.2 Praktische Erarbeitung - Vegetationsstrukturmessung

Lernziele: - Umgang mit verschiedenen Messgeräten - Kennenlernen einer neuen wissenschaftlichen Methode und korrekte Anwendung - Erkennen von Standortanpassungen der Vegetation und Verständnis des Begriffes Mikroklima	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 60 Minuten
Mögliche Standorte: - Krummgampental - Seeles Seen - Riffeltal	Material • Protokollbogen (siehe Anhang) & Stifte • Maßstab • Thermohygrometer oder Hygrometer & Infrarot-Thermometer • „Vegetationshürde“ ○ Zwei 70 cm lange Holzplatten mit Bohrlöchern auf der Höhe von 20, 30, 40, 50 & 60 cm, sowie einer Markierung auf Höhe von 10 cm ○ Ca 90 cm lange Schnur mit 10 cm voneinander entfernten Markierungen • Hammer • Weißes Tuch (etwa 1 m²)
Besonderheiten/ Anpassungen: Wenn mehrere Kleingruppen gebildet werden sollen, um mehr Daten zu erhalten, sollten auch mehrere Vegetationshürden zur Verfügung stehen. In der Unterstufe muss man den Schüler und Schülerinnen vermutlich noch mehr unter die Arme greifen, deshalb sollten nur zwei Gruppen gebildet werden. Auch hier kann gegebenenfalls der alpine Rasen anstatt eines Schneetälchens mit einer Windkante verglichen werden.	

Vegetationsstrukturmessungen finden bei verschiedenen, meist ökologischen Untersuchung Anwendung. So wurde zum Beispiel der Erfolg von Biotoppflegemaßnahmen auf Bestands- und Artniveau untersucht (Mitchley & Willems, 1995; Buttler, 1992). Außerdem dient sie zur Erfassung der Vegetationsdynamik (Stampfli, 1992) und der Erforschung interspezifischer Konkurrenz (Witte &

Herrmann, 1995), sowie zur Untersuchung von Keimungs- und Etablierungsstandort (Watt & Gibson, 1988; Silvertown & Smith, 1988). Durch Strukturmessungen konnten bei der Untersuchung des Artenrückganges in Kalkmagerrasen bei verschiedenen Düngevarianten festgestellt werden, dass die Artenzahl auch von der Heterogenität der Vegetationsstruktur abhängt (Willems, Peet, & Bik, 1993).

Durchführung

Bei dieser Vegetationsstrukturmessung sollen die Schüler und Schülerinnen lernen mit Messgeräten zu hantieren und die Vertikal- sowie Horizontalstruktur der Vegetation zu ermitteln. Zu diesem Zweck sollen wieder zwei Standorte und zwar eine Windkante und ein Schneetälchen verglichen werden.

Die Schüler und Schülerinnen sollen nun gruppenweise kontinuierlich den Protokollbogen ausfüllen. Hierbei ist zu beachten:

Bodenoberflächentemperatur/ Feuchtigkeit über Oberboden: Diese Werte können entweder mit Hilfe eines Thermohygrometers (z.B.: von Gann, Testo oder Trotec) ermittelt werden oder mittels zweier unterschiedlicher Geräte, wobei für die Temperatur ein Infrarot-Thermometer zu empfehlen ist. Die Funktionsweise der Geräte sollte den Schüler und Schülerinnen im Vorhinein gewissenhaft vorgezeigt werden, um Beschädigungen oder fehlerhafte Messungen zu vermeiden.

Vegetationshöhe: Bei der Vegetationshöhe sollte ein Durchschnittswert ermittelt werden. Hierzu sollen die Schüler und Schülerinnen in einem Umkreis von etwa 5 m² 10 Mal die Höhe der Vegetation mit Hilfe eines Maßstabes bestimmen und anschließend den Durchschnitt berechnen. Es sollte darauf geachtet werden, dass sie für die Messungen den charakteristischen Lebensraum (Windkante, Schneetälchen) nicht verlassen und die Werte nicht dadurch verfälschen.

Vegetationsdichte: Für die Bestimmung der Vegetationsdichte wird nun eine etwas veränderte „Vegetationshürde“ (Abb. 41) nach Mühlenberg (1993) verwendet. Diese muss nun erst konstruiert werden, dazu benötigt man zwei Holzplatten und eine Schnur. Die Holzplatten werden in einem Abstand von 50 cm bis zur 10 cm Markierung mit Hilfe des Hammers in den Boden geschlagen. Nun wird die Schnur durch die zwei obersten Bohrlöcher gefädelt und zwischen den Holzplatten aufgespannt. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass

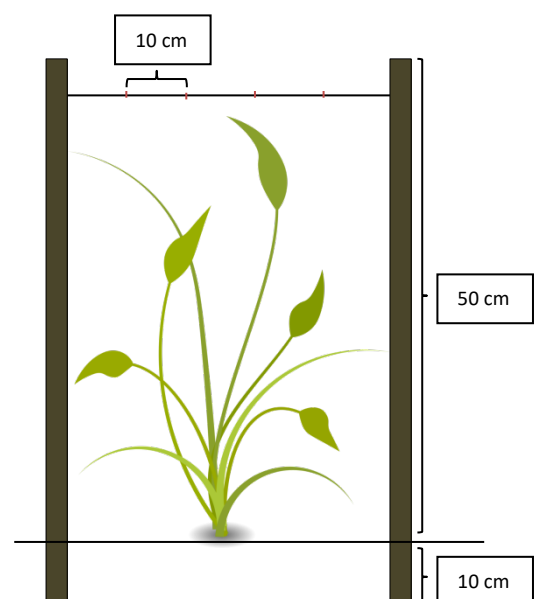


Abbildung 41 - Schematische Darstellung der "Vegetationshürde"

jeweils eine Markierung die Holzlatten berührt, dadurch sollten fünf jeweils 10 cm breite Intervalle der Schnur zwischen den beiden Holzlatten zu sehen sein.

Für die Horizontalstruktur wird nun das weiße Tuch hinter die Vegetation gehalten, um einen besseren Kontrast zu erhalten. Nun wird die Vegetationshürde von der Seite, in einer Entfernung von etwa 15 bis 20 cm betrachtet und für jeden der fünf Intervalle der Schnur wird geschätzt zu wie viel Prozent sie von der Vegetation verdeckt ist. Daraus wird anschließend ein Dichtemittelwert errechnet. Die Unterteilung in Intervalle wurde auch von Barkman (1988) bei seinen Strukturanalysen verwendet und verspricht genauere Werte, da jeder Dichtewert ein Mittelwert aus fünf verschiedenen Schätzungen ist (Barkman, 1988).

Für die Vertikalstruktur wird die Schnur nun von oben betrachtet und es wird erneut intervallweise geschätzt wie viel Prozent der Schnur bereits von Vegetation bedeckt sind.

Anschließend wird die Schnur durch die Löcher auf der Höhe von 40 cm gefädelt und die Bewertung beider Strukturen wird wiederholt. Besonders bei der Vertikalstruktur wird die Schnur somit mehr und mehr in der Vegetation verschwinden, deshalb sollte man darauf achten, beim erneuten Einfädeln die Vegetation möglichst nicht zu manipulieren. Es kann alternativ auch mit einem intervalliertem Rundstab gearbeitet werden.

Dies wird nun insgesamt 5 Mal durchgeführt, bis die Schnur sich nur noch 10 cm über dem Boden befindet.

Auswertung

Es sollen die Daten von Windkante und Schneetälchen verglichen und interpretiert werden. Dieses Modul lässt sich sehr gut mit der Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET kombinieren. Dadurch kann man auf Basis mehrerer Daten Schlüsse über ökologische Anpassungen der Vegetation ziehen. Die Daten der Vegetationsstrukturmessung eignen sich auch sehr gut, um das mathematische Thema „Beschreibende Statistik“ entweder einzuführen oder zu wiederholen. Dies kann auch bereits mündlich im Feld geschehen, sollte jedoch in der Schule, zum Beispiel durch die Erstellung von Box-Plots, nochmals wiederholt werden.

11.3.3 Praktischer Erarbeitung - Pflanzenausstellung

Lernziele: - Wiedererkennen charakteristischer Pflanzen des Hochgebirges - Erkennen verschiedener Anpassungen der Pflanzen an die Gegebenheiten im Hochgebirge - Verbesserung der Artenkenntnis	
Gruppengröße: beliebig	Dauer ca.: 30 Minuten
Mögliche Standorte: - Im Gepatschhaus	Material • Diverse gesammelte Pflanzen • Papierkärtchen • Stift
Besonderheiten/ Anpassungen: Die Schüler und Schülerinnen können die Arten entweder selbstständig wiedererkennen und benennen, oder man gibt ihnen die Namen vor und sie müssen nur noch zuordnen.	

Die Schüler und Schülerinnen sollen mit Hilfe einer Pflanzenausstellung die wichtigsten Vertreter der Windkante und des Schneetälchens nochmals wiederholen. Hierfür sollten die Pflanzen von einem/r NaturparkmitarbeiterIn tagsüber gesammelt werden und am Abend in der Hütte nochmals aufgelegt werden. Idealerweise am Abend nach der Anwendung 13.3.1.

Durchführung

Es sollten nicht mehr als 15 verschiedene Arten ausgewählt werden und jeweils ein Exemplar (möglichst die ganze Pflanze) mit in die Hütte genommen werden. Dort werden die Pflanzen am Abend auf einem Tisch aufgelegt und es werden alle Arten nochmals gemeinsam mit den Schüler und Schülerinnen wiederholt.

Je nach Interesse der Schüler und Schülerinnen können entweder bereits passende Namenskärtchen vorbereitet werden und die Schüler und Schülerinnen müssen diese nur noch in der Gruppe den richtigen Arten zuordnen, oder man lässt den Schüler und Schülerinnen mehr Freiraum und lässt sie die Pflanzen selbstständig bestimmen oder wiedererkennen.

Dies ist eine sehr einfache Methode, um das bereits gelernte zusammen mit den Schüler und Schülerinnen nochmals zu festigen und zu vertiefen. Bei besonders interessierten Schüler und Schülerinnen kann man auch noch auf die Pflanzenfamilien der vorgestellten Arten und deren Merkmale eingehen.

11.4 Alpine Rasen

In der oberen alpinen Stufen finden wir als Klimaxvegetation verschiedenartige alpine Rasen. Auf den eher sauren Böden über Silikat gibt es zwei typische Rasengesellschaften, den Bürstling-Weiderasen (Nardetum) und den Krummseggenrasen (Curvuletum).

Bürstling-Weiderasen: Dieser Magerrasen ist oft mit bunten Blüten durchsetzt und durch den niedrigen Wuchs des Bürstlings (*Nardus stricta*) kommen diese auch sehr gut zur Geltung. Das Vorkommen des Bürstlings in den Alpen ist eigentlich sekundär und durch den Mensch gefördert, da *Nardus stricta* anspruchslos und resistent gegen Viehtritt und Verbiss ist. In Konkurrenz steht der Bürstling mit dem „eigentlichen“ alpinen Rasen, welcher von der Krummsegge (*Carex curvula*) gebildet wird und den Bürstling in höheren Bereichen (ab etwa 2500 m) komplett ablöst. Die toten Blätter des Bürstlings sind schwer zu zersetzen und bilden eine dichte Decke über dem Boden, welche nur wenige Pflanzen durchdringen können (Reisigl & Keller, 1987). Der Bürstling wächst stets in eine Hauptrichtung und abgestorbene Pflanzen werden durch Pilzbefall verrottet (Mertz, 2000).

Tabelle 9 - Übersicht häufiger Arten des Bürstlingsrasens. Fett gedruckte Arten waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig oder leicht zu erkennen sind.

Artenliste:		
Alpen-Anemone - <i>Pulsatilla alpina</i>	Draht-Schmiele - <i>Deschampsia flexuosa</i>	Mondraute - <i>Botrychium lunaria</i>
Alpen-Klee - <i>Trifolium alpinum</i>	Einköpfiges Ferkelkraut - <i>Hypochaeris uniflora</i>	Pyramiden-Günsel - <i>Ajuga pyramidalis</i>
<u>Arnika - <i>Arnica montana</i></u>	Feld-Hainsimse - <i>Luzula campestris</i>	Rauher Löwenzahn - <i>Leontodon hispidus</i>
Bärtige Glockenblume - <i>Campanula barbata</i>	Gewöhnliches Katzenpfötchen - <i>Antennaria dioica</i>	<u>Scheuchzers Glockenblume - <i>Campanula scheuchzeri</i></u>
<u>Berg-Nelkenwurz - <i>Geum montanum</i></u>	Gewöhnliches Ruchgras - <i>Anthoxanthum odoratum</i>	<u>Silikat-Glocken-Enzian - <i>Gentiana acaulis</i></u>
<u>Besenheide - <i>Calluna vulgaris</i></u>	Gold-Fingerkraut - <i>Potentilla aurea</i>	Sudeten-Hainsimse - <i>Luzula sudetica</i>
Betonienblättrige Teufelskrallen - <i>Phyteuma betonicifolium</i>	Gold-Pippau - <i>Crepis aurea</i>	Tüpfel-Enzian - <i>Gentiana punctata</i>
Bleiche Segge - <i>Carex pallescens</i>	Hallers Schwingel - <i>Festuca halleri</i>	Weißer Höswurz - <i>Pseudorchis albida</i>
Blutwurz - <i>Potentilla erecta</i>	Horst-Segge - <i>Carex sempervirens</i>	Weißzüngel - <i>Pseudorchis albida</i>
Bunt-Hafer - <i>Avenula versicolor</i>	Kleines Habichtskraut - <i>Hieracium pilosella</i>	<u>Zwerg-Augentrost - <i>Euphrasia minima</i></u>

Krummseggenrasen: Die Krummsegge (*Carex curvula*) bildet die alpine „Urwiese“ und löst den Bürstling in den Silikatalpen mit zunehmender Höhe ab. Sie bildet fahl ockerfarbene Grasheiden und es entsteht ein mosaikartiges Relief mit einer Mischung aus Schneebödingengesellschaften in den Mulden und Krummseggenrasen auf den Buckeln, jedoch meidet *Carex curvula* zu exponierte

Windkanten, dort findet man den besser angepassten Nacktriet (*Carex (Elyna) myosuroides*), eine wind- und kältehart, asiatische Bergsteppenpflanze. Die Krummsegge bildet dichte Horste aus zahlreichen Triebbündeln, die von mehreren Lagen alter, schwer verwitternder Blattscheiden umhüllt sind. Das Rhizom der Pflanze bildet jedes Jahr nur zwei bis drei grüne Blätter, welche bald von der Spitze her absterben und von einem Pilz (*Clathrospora elyanae*) befallen werden und dadurch ihre lockige Krümmung erhalten. So wächst der Seggent Teppich etwas weniger als 1 mm pro Jahr, was einen Rasenzuwachs von nur 1 m in 1000 Jahren ergibt! Diese alpine Tundra gehört, gleich nach den Halbwüsten zu den am wenigsten produktiven Pflanzengesellschaften der Erde. Außerdem werden nur äußerst selten erfolgreich Samen gebildet, was das Überleben eines Sämlings schnell zu einem Jahrhundertereignis werden lässt. Aufgründessen vermehrt sich die Krummsegge auch hauptsächlich vegetativ und tritt fast ausschließlich mit einem beträchtlichen Anteil (etwa 30 %) von Flechten gemeinsam auf (Reisigl & Keller, 1987).

Tabelle 10 - Übersicht häufiger Arten des Krummseggenrasens. Fett gedruckte Arten waren in zwei oder mehr Literaturquellen aufgelistet (Reisigl & Keller, 1987; Ellenberg, 1988; Merz 2000, 2008). Zusätzlich sind jene Arten unterstrichen, die sehr häufig oder leicht zu erkennen sind.

Artenliste		
(Ähren-Hainsimse) - <i>Luzula spicata</i>	Gelbe Hainsimse - <i>Luzula lutea</i>	Knöllchen-Knöterich - <i>Polygonum viviparum</i>
Alpen-Wucherblume - <i>Chrysanthemum alpinum</i>	Gletscher-Fingerkraut - <i>Potentilla frigida</i>	Maßlieb-Ehrenpreis - <i>Veronica bellidioides</i>
Armblütige Teufelskralle - <i>Phyteuma globulariifolium</i>	Graues Greiskraut - <i>Senecio incanus</i>	<u>Moschus-Schafgarbe - <i>Achillea moschata</i></u>
<u>Berghauswurz - <i>Sempervivum montanum</i></u>	Grauzottiges Habichtskraut - <i>Hieracium piliferum</i>	Pelzprimel - <i>Primula hirsuta</i>
Bunt-Hafer - <i>Avena versicolor</i>	<u>Halbkugelige Teufelskralle - <i>Phyteuma hemisphaericum</i></u>	<u>Scheuchzers Glockenblume - <i>Campanula scheuchzeri</i></u>
Dreispaltige Binse - <i>Juncus trifidus</i>	Hallers Schwingel - <i>Festuca halleri</i>	Schweizer Löwenzahn - <i>Leontodon helveticus</i>
Einblütiges Berufskraut - <i>Erigeron uniflorus</i>	Karpaten-Katzenpfötchen - <i>Antennaria carpatica</i>	Stumpfblättriger Mannsschild - <i>Androsace obtusifolia</i>
Faltenlilie - <i>Lloydia serotina</i>	Kerners Läusekraut - <i>Pedicularis kernerii</i>	Zweizeiliges Kopfgras - <i>Oreochloa disticha</i>
Felsen-Straußgras - <i>Agrostis rupestris</i>	<u>Kiesel-Polsternelke - <i>Silene exscapa</i></u>	<u>Zwerg-Augentrost - <i>Euphrasia minima</i></u>
<u>Frühlings-Küchenschelle - <i>Pulsatilla vernalis</i></u>	Kleines Alpenrispengras - <i>Poa alpina</i> var. <i>Minor</i>	<u>Zwerg-Primel - <i>Primula minima</i></u>
Flechten und Moose		
<u>Ast-Rentierflechte - <i>Cladonia furcata</i></u>	<u>Isländisches Moos - <i>Cetraria islandica</i></u>	<u>Wurmflechte - <i>Thamnolia vermicularis</i></u>
Glashaar-Haarmützenmoos - <i>Polytrichum piliferum</i>	Moosflechte - <i>Cetraria ericetorum</i>	
Hüllen-Moosflechte - <i>Cetraria cucullata</i>	Schnee-Moosflechte - <i>Cetraria nivalis</i>	

11.4.1 Praktische Erarbeitung - Phänologische Aufnahme nach DIERSCHKE (1972, 1989, 1994)

Lernziele: - Unterscheidung generativer und vegetativer Merkmale bei Pflanzen - Erkennen der verschiedenen Phänostufen, vor allem bei Gräsern - Exaktes Arbeiten und Untersuchen von Pflanzen - Richtiger Umgang mit Bestimmungsliteratur	
Gruppengröße: 8-10 SchülerInnen	Dauer ca.: 60 Minuten
Mögliche Standorte: - Riffeltal - Krummgampental - Seeles Seen - Gletschervorfeld - Gepatschhaus Umgebung - Verpeil Alm	Material: • Protokollbogen (siehe Anhang) • Stifte • 4 m Schnur • 4 lange Nägel/ Zeltheringe • Bestimmungsliteratur (z.B.: Mertz, Peter, 2008. <i>Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen - Ein Bestimmungsbuch</i>. Bern: Haupt Verlag oder Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R., 2015. <i>Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer)</i>, Stuttgart: Franckh Kosmos Verlag) • Ggf. Handlupen
Besonderheiten/ Anpassungen: In der Unterstufe sollten gegebenenfalls bei den Gräsern Beispiele für die einzelnen zurzeit vorhandenen Phänestufen präsentiert werden, bevor die Schüler und Schülerinnen mit ihrer Erhebung beginnen.	

Die phänologische Jahresrhythmik bezeichnet die kurzzeitigen und sich gesetzmäßig wiederholenden Veränderungen in einer Pflanzengesellschaft, die vom klimatischen Jahresrhythmus und den genetischen Anpassungen der Pflanzen gesteuert werden. Wörtlich übersetzt bedeutet Phänologie „die Lehre von den Erscheinungen“ und kommt aus dem Griechischen (Frey & Lösch, 2010).

In diesem Modul sollen die Schüler und Schülerinnen lernen Entwicklungsstadien von Gräsern und krautigen Pflanzen richtig zu benennen und erkennen wenn eine Pflanze in der Blüte steht oder bereits Samen bzw. Früchte trägt. Normalerweise sind phänologische Aufnahmen nur bei mehreren Wiederholungen in einem Jahr oder über mehrere Jahre hinweg sinnvoll, doch in diesem Fall sollen weniger auswertbare Daten entstehen, als den Schüler und Schülerinnen vermittelt werden, wie man die Entwicklungsstadien bei krautigen Pflanzen und insbesondere Gräsern richtig erkennt. Die gebräuchlichen Aufnahmeschlüssel von DIERSCHKE wurden für diese Erhebung etwas vereinfacht und ähnliche Phänostufen wurden zusammengefasst.

Durchführung

In diesem Modul ist es am besten wenn die Schüler und Schülerinnen in Gruppen zu zweit arbeiten, um sich während der Aufnahme austauschen und diskutieren zu können. Das Modul kann auch sehr gut mit der Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET kombiniert werden, in diesem Fall können die Artenlisten in den neuen Protokollbogen übertragen werden und es müssen nur noch die Phänostufen geschätzt werden. Es können aber auch durchaus beide Methoden getrennt angewendet werden, da die phänologische Aufnahme eigentlich am alpinen Rasen durchgeführt werden soll, um einen größeren Anteil an Gräsern zu erhalten.

Die Schüler und Schülerinnen sollen sich ein 1 m² großes Quadrat mit Hilfe der Schnur und den langen Nägeln abstecken und möglichst alle dort vorkommenden Arten in den Protokollbogen eintragen, ankreuzen ob es sich um eine krautige Pflanze oder ein Gras handelt und anschließend ihre Phänostufe schätzen. Hierbei sollen sie sich alle Individuen einer Art genauer anschauen und die meist vorkommende Phänostufe eintragen. Besonders bei den Gräsern sollte man den Schüler und Schülerinnen assistieren und darauf hinweisen, dass sie die Pflanzen möglichst genau mustern sollen. Außerdem muss gegebenenfalls bevor die Schüler und Schülerinnen mit der Erhebung beginnen auf die Terme **vegetativ** und **generativ** nochmals eingegangen werden. Es sollen jeweils beide Merkmale erhoben werden. Zudem soll für jede erhobene Phänostufe ein Beispiel für die Nachbesprechung gesammelt werden, dies kann man jedoch auch nur auf die generativen Phänostufen beschränken, da diese für die Schüler und Schülerinnen schwerer zu bestimmen sind.

Folgende Tabellen werden hierbei verwendet:

Tabelle 11 - krautige Pflanzen (verändert aus Dierschke, 1994)

Vegetative Phänostufen		Generative Phänostufen	
1	Frische Triebe ohne entfaltete Blätter	1	Ohne Blütenknospen
2	Erstes Blatt entfaltet	2	Blütenknospen erkennbar
3	Wenige Blätter entfaltet (< 50 %)	3	Kurz vor der Blüte
4	Fast alle Blätter entfaltet (> 50 %)	4	Beginnende Blüte (bis 50 %)
5	Voll entwickelt	5	Vollblüte
6	Vergilbung bis 50 %	6	Verblüht
7	Vergilbung über 50 %	7	fruchtend
8	Oberirdisch abgestorben	8	Ausstreuen der Samen bzw. Abwerfen der Früchte

Tabelle 12 - Gräser und Grasartige (verändert aus Dierschke, 1994)

Vegetative Phänostufen		Generative Phänostufen	
1	Frische Triebe ohne Blätter	1	Ohne Blütenknospen
2	Erstes Blatt entfaltet	2	Blütenstand sichtbar, nicht entfaltet
3	2-3 Blätter entwickelt	3	Blütenstand entfaltet
4	Halme teilweise ausgebildet	4	Bis 50 % stäubend
5	Pflanze voll entwickelt	5	Vollblüte
6	Vergilbung bis 50 %	6	Verblüht
7	Vergilbung über 50 %	7	Fruchtend
8	Oberirdisch abgestorben	8	Ausstreuen der Samen

Wenn bei der Aufnahme grobe Unklarheiten auftreten, sollte man gegebenenfalls vorhandene Beispiele für die jeweiligen Phänostufen herzeigen. Während der Aufnahme sollte man den Schüler und Schülerinnen zwar beratend zur Seite stehen, ihnen jedoch nicht Antworten vorgeben, da es in diesem Modul darum geht sich intensiv mit den Pflanzen auseinander zu setzen. Dies ist je nach Schulstufe entsprechend anzupassen.

Falls das Modul „Bestäuberbeobachtung“ bereits durchgeführt wurde kann man bei den krautigen Pflanzen zusätzlich die Blütentypen bestimmen.

Auswertung

Es erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse und Aufzählung aller gefundenen Stadien. Idealerweise wird jede gefundene Phänostufe nochmals anhand eines Vertreter vorgezeigt und gemeinsam betrachtet.

11.5 Literatur

11.5.1 Bücher

Aichele D., Schwegler R., 2006. *Blumen der Alpen - Kosmos Naturführer*. Franckh-Kosmos Verlag. Stuttgart.

Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie - Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien: Springer-Verlag.

Dierschke, H., 1994. *Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden*. Stuttgart: Ulmer.

Ellenberg, H., 1988. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.

Frey, W., & Lösch, R., 2010. *Geobotanik - Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Lauber K., Wagner G., Gyga A., 2012. *Flora Helvetica*. 5. Auflage. Bern-Stuttgart-Wien: Haupt Verlag

Mertz, P., 2000. *Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen*. Landsberg/ Lech: ecomed.

Mertz, P., 2008. *Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen*. Bern: Haupt Verlag.

Reisigl, H., & Keller, R., 1987. *Alpenpflanzen im Lebensraum - Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

Reisigl, H., & Keller, R., 1989. *Lebensraum Bergwald - Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

Traxler, A., 1997. *Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings-Methoden, Praxis, angewandte Projekte*. Wien: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.

Vitek, E., Mrkvicka, A., Horak, E., Drozdowski, I., Adler, w., & Wimmer, B., 2007. *Die Pflanzenwelt der österreichischen Alpen*. Wien: Verlag des Naturhistorischen Museums.

11.5.2 Wissenschaftliche Artikel

Barkman, J., 1988. *A new method to determine some characters of vegetation structure*. Vegetatio, 78: 81-90.

Buttler, A., 1992. *Permanent plot research in wet meadows and cutting experiment*. Vegetatio, 103: 113-124.

Mitchley, J., & Willems, J. H., 1995. *Vertical canopy structure of Dutch chalk grassland in relation to their management*. Vegetatio, 117: 17-27.

Silvertown, J., & Smith, B., 1988. *Gaps in the canopy: the missing dimension in vegetation dynamics*. Vegetatio, 77: 57-60.

Stampfli, A., 1992. *Year-to-year changes in unfertilized meadows of great species richness detected by point quadrat analysis*. Vegetatio, 103: 125-132.

Watt, T., & Gibson, W., 1988. *The effect of sheep grazing on seedling establishment and survival in grassland*. Vegetatio, 78: 91-98

Willems, J., Peet, R., & Bik, L., 1993. *Changes in chalk grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions*. J. Veget. Science, 4: 203-212.

Witte, A., & Herrmann, S., 1995. *Untersuchung zur oberirdischen Biomassenentwicklung und Rauminanspruchnahme von Pflanzen in einem Halbtrockenrasen unter Nährstoffeinfluß.* Verh. GfÖ, 24: 577-580.

12 Zusammenstellung des Programmes

Bei der Zusammenstellung eines möglichen Wochenprogrammes sollte auf die Jahreszeit und die Witterung und auch auf das Alter der Schüler und Schülerinnen Rücksicht genommen werden. Hier wird nun ein Vorschlag für ein mögliches Wochenprogramm vorgestellt. Es wird hierbei von einer Klasse mit maximal 20 Schüler und Schülerinnen ausgegangen, welche in zwei Kleingruppen eingeteilt werden kann. Außerdem ist die Zeiteinteilung noch nicht erprobt, sondern nur geschätzt. Zusätzlich wurde ein Tag für eine Gletscherbegehung freigehalten, da dieses Erlebnis kein/e SchülerIn, die das Kaunertal besucht missen sollte. Es wird davon ausgegangen, dass den Schüler und Schülerinnen volle 5 Tage zur Verfügung stehen und sie bereits am Abend zuvor anreisen und am fünften Tag nicht mehr abreisen. Dies wird selten der Fall sein, es können aber dadurch fast alle Programmpunkte eingebaut werden. Für dieses Programm muss außerdem, zumindest für den Tag auf der Verpeil Alm, ein Bus oder Autos zur Verfügung stehen. Die anderen Standorte sind mit dem Postbus oder zu Fuß erreichbar.

12.1 Mögliche Wochenplanung für Ende Mai/ Juni/ Juli

Tag 1						
Zeit	Gruppe	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen
07:30	Gesamte Klasse	Frühstück		Gepatschhaus	60'	
08:30	Gesamte Klasse	Begrüßung, Überblick über das Programm		Gepatschhaus	10'	
08:40	Gesamte Klasse	Fahrt nach Feichten			25'	
09:05	Gruppe 1	Aufnahme des 1. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	In der ersten Kurve der Forststraße	45'	Inkl. Kurzer Einführung in das Arbeiten mit den Messgeräten und die Methode und mit zusätzlicher Unterstützung für die Gruppe
09:05	Gruppe 2	Wanderung			5'	
09:10	Gruppe 2	Aufnahme des 1. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	In der zweiten Kurve der Forststraße	45'	Inkl. Kurzer Einführung in das Arbeiten mit den Messgeräten und die Methode und mit zusätzlicher Unterstützung für die Gruppe
09:50	Gruppe 1	Wanderung		Forststraße	45'	In 30 Minuten werden etwa 100 Höhenmeter zurückgelegt
09:55	Gruppe 2	Wanderung		Forststraße	45'	
10:35	Gruppe 1	Aufnahme des 2. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Bei der Aussichtsplattform	30'	
10:40	Gruppe 2	Aufnahme des 2. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Bei der Aussichtsplattform	30'	
11:05	Gruppe 1	Wanderung		Forststraße	60'	
11:10	Gruppe 2	Wanderung		Forststraße	60'	
12:05	Gruppe 1	Aufnahme des 3. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Hinter dem Parkplatz	20'	Die Schüler und Schülerinnen werden vermutlich bei der Datenaufnahme an Geschwindigkeit gewinnen
12:10	Gruppe 2	Aufnahme des 3. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Hinter dem Parkplatz	20'	

12:25	Gruppe 1	Mittagspause			45'	
12:30	Gruppe 2	Mittagspause			45'	
13:10	Gruppe 1	Wanderung		Forststraße	45'	
13:15	Gruppe 2	Wanderung		Forststraße	45'	
13:55	Gruppe 1	Aufnahme des 4. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Rund um die Verpeilhütte	20'	
14:00	Gruppe 2	Aufnahme des 4. Standortes für die Gradientenanalyse	10.1.1	Rund um die Verpeilhütte	20'	
14:25	Gesamte Klasse	Vergleich und gemeinsame Analyse der Daten	10.1.1	Abseits des Weges	20'	
14:45	Gesamte Klasse	Pause			10'	
14:55	Gesamte Klasse	Einführung in die phänologische Aufnahme	10.3.1		10'	
15:05	Gruppe 1	Phänologische Aufnahme	10.3.1	Am alpinen Rasen	60'	Die zwei Gruppen sollten sich etwas voneinander entfernen
15:05	Gruppe 2	Phänologische Aufnahme	10.3.1	Am alpinen Rasen	60'	
16:05	Gesamte Klasse	Abstieg nach Feichten		Wanderweg/ Forststraße	70'	
17:15	Gesamte Klasse	Rückfahrt zum Gepatschhaus			25'	
17:40	Gesamte Klasse	Freizeit			20'	
18:00	Gesamte Klasse	Abendessen		Gepatschhaus	60'	
19:00	Gesamte Klasse	Vogelstimmen kennenlernen	5.5.2	Gepatschhaus	90'	
20:30	Gesamte Klasse	Programmende, evtl. kurze Nachbesprechung				

Tag 2						
Zeit	Gruppe	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen
07:30	Gesamte Klasse	Frühstück		Gepatschhaus	60'	
Gruppe 1						
Zeit	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen	
08:30	Abmarsch Richtung Gletschervorfeld			15'		
08:45	Einführung (Sukzession, Bodenlebewesen)	9.1	Fernergrieß Parkplatz	20'	Die Schüler und Schülerinnen sollen bereits darauf vorbereitet werden, dass sie fünf Standorte für Barberfallen bestenfalls selbstständig auswählen sollen	
09:05	Abmarsch zum 1. Standort	9.1.1	Fernergrieß	15'	Hierbei können die Zeiten stark variieren, je nachdem welche Standorte die Schüler und Schülerinnen auswählen	
09:20	Eingraben der 1. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	20'	Für die erste Falle werden die Schüler und Schülerinnen vermutlich etwas länger brauchen	
09:40	Wanderung zum 2. Standort		Fernergrieß	30'		
10:10	Vogelstimmen erkennen	5.5.3	Fernergrieß	45'		
10:55	Eingraben der 2. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	15'		
11:10	Wanderung zum 3. Standort		Fernergrieß	30'		
11:40	Eingraben der 3. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	15'		
11:55	Mittagspause		Fernergrieß	60'		
12:55	Suchspiel Tannenhäher	5.5.1	Fernergrieß	45'		
13:40	Wanderung zum 4. Standort		Fernergrieß	30'		
14:10	Eingraben der 4. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	15'		
14:25	Wanderung zum letzten Standort		Fernergrieß	30'		
14:55	Eingraben der letzten Falle	9.1.1	Fernergrieß	10'		
15:05	Kurze Nachbesprechung der Standorte	9.1.1	Fernergrieß	10'	Die Schüler und Schülerinnen sollen die wichtigsten Unterschiede der 5 Standorte nochmals kurz wiederholen	
15:15	Abstieg zum Gepatschhaus			90'		
16:45	Freizeit		Gepatschhaus	75'		
18:00	Abendessen		Gepatschhaus	60'		
19:00	Programmende, kurze Nachbesprechung		Gepatschhaus			
Gruppe 2 - Gletscherbegehung						

Tag 3						
Zeit	Gruppe	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen
07:30	Gesamte Klasse	Frühstück		Gepatschhaus	60'	
Gruppe 1 - Gletscherbegehung						
Gruppe 2						
Zeit	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen	

08:30	Abmarsch Richtung Gletschervorfeld			15'	Es müssen die Protokollbögen der Gruppe 1 entweder abgeschrieben, oder weiterverwendet werden
08:45	Einführung (Sukzession, Bodenlebewesen)	9.1	Fernergrieß Parkplatz	20'	Den Schüler und Schülerinnen wird mitgeteilt, dass bereits 5 Standorte gewählt wurden und diese nun ausgewertet werden
09:05	Abmarsch zum 1. Standort	9.1.1	Fernergrieß	15'	Hierbei können die Zeiten stark variieren, je nachdem welche Standorte die Schüler und Schülerinnen auswählen
09:20	Ausgraben und Auswerten der 1. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	30'	Für die erste Falle werden die Schüler und Schülerinnen vermutlich etwas länger brauchen, außerdem werden an diesem Standort vermutlich die meisten Tiere in der Falle sein
09:50	Wanderung zum 2. Standort		Fernergrieß	30'	
10:20	Vogelstimmen erkennen	5.5.3	Fernergrieß	45'	
11:05	Ausgraben und Auswerten der 2. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	25'	
11:30	Wanderung zum 3. Standort		Fernergrieß	30'	
12:00	Ausgraben und Auswerten der 3. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	20'	
12:20	Mittagspause		Fernergrieß	60'	
13:20	Suchspiel Tannenhäher	5.5.1	Fernergrieß	45'	
14:05	Wanderung zum 4. Standort		Fernergrieß	30'	
14:35	Ausgraben und Auswerten der 4. Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	15'	Die Anzahl der auszuwertenden Organismen wird mit zunehmender Höhe abnehmen
14:50	Wanderung zum letzten Standort		Fernergrieß	30'	
15:20	Ausgraben und Auswerten der letzten Fallengruppe	9.1.1	Fernergrieß	10'	
15:30	Kurze Nachbesprechung der Standorte	9.1.1	Fernergrieß	10'	Die Schüler und Schülerinnen sollen die wichtigsten Unterschiede der 5 Standorte nochmals kurz wiederholen
15:40	Abstieg zum Gepatschhaus			90'	
17:10	Freizeit		Gepatschhaus	50'	
18:00	Abendessen		Gepatschhaus	60'	
19:00	Programmende, kurze Nachbesprechung		Gepatschhaus		

Tag 4						
Zeit	Gruppe	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen
07:30	Gesamte Klasse	Frühstück		Gepatschhaus	60'	
08:30	Gesamte Klasse	Einführung Indirekte Nachweise		Gepatschhaus	30'	
09:00	Gesamte Klasse	Freizeit		Gepatschhaus	15'	
09:15	Gesamte Klasse	Abmarsch zum Postbus		Haltestelle Gepatschhaus	15'	
09:30	Gesamte Klasse	Fahrt ins Riffital			15'	
Gruppe 1 - Riffital						
Zeit	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen	
09:45	Einführung - Murmeltiere und Verhaltensbiologie	6.2 6.3	Parkplatz Riffital	30'		
10:15	Abmarsch zu den Murmeltieren			30'		
10:45	Einführung in die Methoden	6.3.1.2	Riffital	15'		
11:00	Scan sampling/ Behaviour sampling	6.3.1.2	Riffital	30'		
11:30	Nachbesprechung und Vergleich	6.3.1.2.	Riffital	30'		
12:00	Mittagspause			60'		
13:00	Einführung - Windkante & Schneetälchen, Braun-Blanquet	10.2. 10.2.1	Riffital	20'		
13:20	Vegetationsaufnahme	10.2.1	Riffital	120'		
15:20	Kurze Nachbesprechung und Interpretation	10.2.1	Riffital	15'		
15:35	Abstieg zur Bushaltestelle			20'		
15:55	Freizeit					
Gruppe 2 - Seeles Seen						
Zeit	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen	
09:45	Abmarsch zu den Seeles Seen		Parkplatz Riffital	30'		
10:15	Einführung - Amphibien und Umgang mit Amphibien	3.2 3.3 3.4	Seeles Seen	30'		

10:45	Rana temporaria Aufsammlung	3.4.1	Seeles Seen	60'		
11:45	Mittagspause		Seeles Seen	60'		
12:45	Einführung - Bestäuber und Bestäuberbeobachtung	7.1 7.4	Seeles Seen	30'		
13:15	Bestäuberbeobachtung	7.4.1	Seeles Seen Umgebung	30'		
13:45	Nachbesprechung und Interpretation	7.4.1	Seeles Seen Umgebung	20'		
14:05	Einführung - Vegetationsstrukturmessung	10.2.2	Seeles Seen Umgebung	15'	Es sollte eine passende Windkante und ein Schneetälchen gesucht werden	
14:20	Vegetationsstrukturmessung	10.2.2	Seeles Seen Umgebung	60'		
15:20	Kurze Nachbesprechung und Interpretation	10.2.2	Seeles Seen Umgebung	15'		
15:35	Abmarsch zur Bushaltestelle			20'		
15:55	Freizeit					
Zeit	Gruppe	Programmpunkt	Nr.	Standort	Dauer	Anmerkungen
16:08	Gesamte Klasse	Rückfahrt mit dem Postbus			15'	
16:23	Gesamte Klasse	Freizeit		Gepatschhaus	97'	
18:00	Gesamte Klasse	Abendessen		Gepatschhaus	60'	
19:00	Gesamte Klasse	Programmende, kurze Nachbesprechung in den Kleingruppen		Gepatschhaus		

Tag 5 - Gruppenwechsel, ansonsten das gleiche Programm wie an Tag 4!

Falls das Programm im Herbst (September) durchgeführt wird, sollte das Amphibien-Modul durch das Heuschrecken-Modul ersetzt werden. Das Heuschrecken-Modul sollte im Frühjahr nicht verwendet werden, da die Tiere zu dieser Jahreszeit für gewöhnlich höchstens als Larven auffindbar sind.

12.2 Übersichtstabelle Praktische Methoden – Orte

[illegible]

12.3 Übersichtstabelle - Praktische Methoden - Material

Methode	Material
4.4.1 Rana temporaria Aufsammlung	- Kescher - Joghurtbecher oder Schraubgläser - Lineal - Ggf. kleine, weiße Plastikwanne
6.5.1 Suchspiel Tannenhäher	- 10 Walnüsse (oder Kastanien oder ähnliches) - 40 m Seil - Unbedrucktes Papier - Stifte - Ggf. weißes Vlies
6.5.2 Vogelstimmen kennenlernen	- Audiodateien der fünf Vogelstimmen - Lautsprecher - Stifte und Papier - 5 Stoffbeutel - Kleine Zettel mit den Namen der 5 Arten, pro art 5x - Bilder der besprochenen Vogelarten
6.5.3 Vogelstimmen erkennen	- Erhebungsbogen - Stifte - Ggf. Feldstecher - Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B.: Svensson, L. 2009. Der Kosmos Vogelführer. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.)
7.4.1.1 Ad libitum Beobachtung	- Papier und Stifte - Uhr/ Handy - Fernglas - Ggf. Datenblatt - Ggf. Klemmbrett
7.4.1.2 Vergleich Scan / Behavioural	- Stifte - Zwei unterschiedliche Protokollbögen - Uhr/Handy - Fernglas - Ggf. Klemmbrett
7.4.2 Indirekte Nachweise	- Bestimmungsblatt (ggf. Gips)
8.4.1 Bestäuberbeobachtung	- Stifte - Protokollbögen - Uhr/ Handy - Maßband - Ggf. Klemmbrett - Ggf. Bestimmungsliteratur für Vegetation
8.4.2 Tagfalter- und Hummelbestimmung	- Fangröhrchen - Bestimmungshilfe - Bestimmungsliteratur für Hummeln: Gokcezade, J.F. et al. 2015. Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz. Linz: Naturschutzbund

	- Ggf. Schmetterlingsnetze - Ggf. Handlupen - Ggf. Bestimmungsliteratur
9.2.1 Richtiger Umgang mit Heuschrecken	/
9.2.2 Heuschrecken bestimmen	- Fangröhrchen - Bestimmungsschlüssel - Handlupen/ Taschenlupen - Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B.: Fischer, J. et al., 2016. Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols-Bestimmen, Beobachten, Schützen. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.)
9.2.3 Quantitative Erfassung Heuschrecken	- Erhebungsbögen - Stifte - Streifnetze - Fangröhrchen - Maßband - 4 x 25 m Schnur - 8 lange Nägel oder Zeltheringe - Verkürzter Bestimmungsschlüssel - Ggf. Handlupen - Ggf. Klemmbrett - Ggf. Bestimmungsliteratur (z.B.: Fischer, J. et al, 2016. Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols - Bestimmen, Beobachten, Schützen. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.)
10.2.1 Barberfallen	Teil 1 - Protokollbögen und Stifte - 5 leere Joghurtbecher/ Marmeladegläser - 5 ca. 30 cm lange Holzstäbe oder Fähnchen - Pflanzenstecher/ Blumenkelle oder ähnliches - GPS-fähiges Gerät oder Handyapp „alpenvereinaktiv.com“ von Outdooractive GmbH & Co. KG - Ggf. Klemmbrett Teil 2 - Protokollbögen und Stifte - Sammelgefäße - Handlupen - Bestimmungsbogen - Ggf. Transportbehälter - Ggf. Klemmbrett
11.2.1 Gradientenanalyse Transekt	- Protokollbogen und Stifte - Thermometer - Barometer - Höhenmesser (barometrisch oder GPS-basiert) - GPS-Gerät oder Handyapp „alpenvereinaktiv.com“ von

	Outdooractive GmbH & Co. KG - Maßband (mind. 10 m) - Wasserwaage oder Handyapp „Wasserwaage Galaxy“ von Szymon Dyja oder „Wasserwaage, Senklot, Niveau“ von NixGame - Wanderstock (mind. 1 m) - Bestimmungsliteratur (z.B.: Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R. 2015. Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer), Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag) - Ggf. Klemmbrett
11.3.1 Vegetationsaufnahme Braun-Blanquet	- 2 Protokollbögen (pro Person) - Stifte - 2 x 4 m Schnur - 8 lange Nägel oder Zeltheringe - Maßband oder Lineal - Bestimmungsliteratur (empfohlen: Mertz, P. 2008. Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen - Ein Bestimmungsbuch. Bern: Haupt Verlag oder Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R. 2015. Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer), Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag) - Ggf. Klemmbrett
11.3.2 Vegetationsstrukturmessung	- Protokollbogen & Stifte - Maßstab - Thermohygrometer oder Hygrometer & Infrarot-Thermometer - „Vegetationshürde“ - o Zwei 70 cm lange Holzlatten mit Bohrlöchern auf der Höhe von 20, 30, 40, 50 & 60 cm, sowie einer Markierung auf Höhe von 10 cm - o Ca. 90 cm Schnur mit Markierungen im 10 cm-Intervall - Hammer - Weißes Tuch (etwa 1 m²) - Ggf. Klemmbrett
11.3.3 Pflanzenausstellung	- Gesammelte Pflanzen - Papierkärtchen - Stift
11.4.1 Phänologische Aufnahme	- Protokollbogen & Stifte - 4 m Schnur - 4 lange Nägel /Zeltheringe - Bestimmungsliteratur (z.B.: Mertz, P. 2008. Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen - Ein Bestimmungsbuch. Bern: Haupt Verlag oder Spohn, M.; Golte-Bechtle, M.; Spohn, R. 2015. Was blüht denn da? (Kosmos-Naturführer), Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag) - Ggf. Handlupen/ Taschenlupen

13 Abstract

In cooperation with the nature park Kaunergrat a program and a handbook for a weeklong fieldtrip for students of secondary school has been designed. It is a modular program which includes flora, fauna and ecological topics concerning the alpine region. There is no central-European habitat which displays the geological and ecological relations as well as high-altitude mountain. In the program the students get to know special adaptations of animals or plants to the alpine circumstances and learn how these creatures survive even in the nival zone. The method of enquiry-based learning is applied, so that the students can become acquainted with scientific research methods and get a glimpse of the scientific work environment. They learn to use simple methods of collecting and evaluating data, such as collecting climatic data measurements to understand hypsometric changes, plant mapping by using advanced field guides, working with pit-fall traps to analyze the epigeic species composition or using the transect method to analyze the biodiversity in butterflies and bumblebees. Working haptically outside in the field and practicing scientific methods are memorable experiences and the learned contents have a higher significance for the students. The handbook is provided for the employees of the nature park Kaunergrat and enables them to use different modules in an independent way and in different constellations.

14 Zusammenfassung

In Zusammenarbeit mit dem Naturpark Kaunergrat wurde ein Programm für eine einwöchige Exkursion für Schüler und Schülerinnen der Sekundarstufe I und II erstellt. Dieses Programm enthält unterschiedliche Module, welche die Flora, Fauna, sowie die Ökologie der Alpen behandeln. In Mitteleuropa gibt es keinen Lebensraum, welcher die Zusammenhänge von geologischen und ökologischen Zusammenhänge besser darstellt als das Hochgebirge. Im Zuge des Programmes lernen die Schüler und Schülerinnen Anpassungen der Pflanzen und Tiere an das Hochgebirgsklima kennen und lernen wie diese Organismen sogar in der nivalen Zone überleben können. Die Schüler und Schülerinnen sollen durch selbstständiges Arbeiten und Ausprobieren wissenschaftlicher Feldmethoden Daten erheben und dadurch einen Einblick in die Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens erhalten. Es werden unter anderem eine Gradientenanalyse zum besseren Verständnis des hypsometrischen Formenwandels, eine Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET, das Arbeiten mit Barberfallen zur Analyse der epigäischen Makrofauna, sowie die Transektmethode zur Erfassung der Bestäubervielfalt und der Heuschreckenvielfalt durchgeführt. Das selbstständige Arbeiten im Feld ist für die Schüler und Schülerinnen eine außergewöhnliche Erfahrung und die erlernten Inhalte haben einen hohen Stellenwert für die Jugendlichen. Das gefertigte Handbuch wird den MitarbeiterInnen des Naturpark Kaunergrat zur Verfügung gestellt und bietet ihnen die Möglichkeit die Module auf unterschiedliche Weise zu kombinieren und anzuwenden.

15 Glossar

Arthropoda - „Gliederfüßer. Segmentierte Ecdysozoen mit hartem Exoskelett und gegliederten Gliedmaßen. Artenreichste Tiergruppe. Umfasst unter anderem die Insekten (Insecta), die Krebse (Crustacea), die Spinnentiere (Arachnida) und die Tausendfüßer (Myriapoda).“ (Campbell & Reece, 2009)

Autogamie - „Selbstbefruchtung [...]: eine Form der Fortpflanzung (Reproduktion) von zwittrigen Tieren (z. B. Bandwürmer, Schnecken) und von Pflanzen, bei der die beiden Gameten, deren Kerne zur Zygote verschmelzen, vom selben Individuum stammen. Bei höheren Pflanzen wird A. durch Selbstbestäubung [...] mit eigenem Pollen eingeleitet, ohne Wasser, Wind oder Tiere als Vermittler. Der Pollen kann von derselben Blüte oder einer anderen Blüte derselben Pflanze stammen [...]. A. tritt besonders bei Pflanzen auf, die unter ungünstigen Klimabedingungen blühen, z. B. im Hochgebirge, in Steppen und Wüsten.“ (Schaefer, 2012)

Biomasse - „die Masse (das Gewicht) einzelner Organismen, Organismengruppen oder der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Lebewesen je Flächen- oder Volumeneinheit einer Lebensstätte. B. wird als Frisch- oder Trockenmasse angegeben. Häufig wird zwischen Phytomasse (der Pflanzen), Zoomasse (der Tiere) und Mikromasse der Mikroorganismen (mikrobielle Biomasse) unterschieden. [...] Im angewandten Sinne ist B. ein nachwachsender Rohstoff und kann der Energiegewinnung dienen.“ (Schaefer, 2012)

Brunstschwielen - Horngebilde an den Fingern, Ober- oder Unterarmen von Froschlurchen, welche in der Paarungszeit anschwellen und zum besseren Umklammern der Weibchen bei der Paarung dienen (Nöllert & Nöllert, 1992).

Dorsal - „Rückenseitig; auf der Rückenseite (eines Tierkörpers) gelegen.“ (Campbell & Reece, 2009)

Edaphon - „Sammelbezeichnung für die im Boden lebenden Organismen, sowohl Bakterien, Algen und Pilze [...] als auch Tiere [...] umfassend. Nach der Ausprägung ihrer Lebensformen lassen sich Euedaphon (Bewohner der tieferen Bodenschicht) und Hemiedaphon (Bewohner der obersten Bodenschicht und der Streuschicht) unterscheiden. Die Bodenorganismen halten sich im luft- oder wassererfüllten Lückensystem auf oder müssen sich durch das feste Substrat hindurchgraben. Der Gewichtsanteil des E.s an der organischen Substanz des Bodens beträgt etwa 1 % bis maximal 10 % des Trockengewichts.“ (Schaefer, 2012)

Euryök - „Bezeichnung für Organismen, die Schwankungen lebenswichtiger Umweltfaktoren innerhalb weiter Grenzen ertragen. Sie können daher an den verschiedenartigsten Lebensstätten vorkommen.“ (Schaefer, 2012)

Epigäisch - „1. die unmittelbar auf der Bodenoberfläche lebenden Organismen. Den epigäischen Arten werden die im Pflanzenbestand sich aufhaltenden als Hypergaion gegenübergestellt. [...] 2. Der Begriff wird von manchen Autoren auf alle über der Erdoberfläche lebenden Organismen ausgedehnt, ist dann synonym mit Atmobios und schließt die hypergäischen Arten mit ein.“ (Schaefer, 2012)

Exuvie - alte Larvenhaut bei sich häutenden Arthropoden (Landmann & Zuna-Kratky, 2016)

Frosttrocknis - „bei höheren Pflanzen Zustand des Wassermangels, bedingt durch Transpiration bei Unterbinden der Wassernachleitung aus dem Boden durch anhaltenden Frost. F. wirkt sich stark lebensfeindlich im Gebirge und in subarktischen Lebensräumen aus.“ (Schaefer, 2012)

Genpool - „Gesamtheit der Gene einer Population zu einem bestimmten Zeitpunkt“ (Schaefer, 2012)

Generativ - geschlechtlich, geschlechtliche Vermehrung

Hemimetabol - „Unvollständige Metamorphose. Entwicklungsgang bei Insekten wie z.B. bei Heuschrecken, bei denen die Juvenilstadien (Nymphen) den Adultformen ähneln, aber kleiner sind und andere Körperproportionen haben. Die Nymphen durchlaufen eine Reihe von Häutungen und nehmen mit jeder Häutung mehr das Aussehen der Adulti an, bis die artspezifische Körpergröße im Adultstadium erreicht ist.“ (Campbell & Reece, 2009)

Jacobson'sches Organ - Vomeronasalorgan bei Schlangen. Dies sind kleine Blindsäcke, die nicht mit den Nasenkammern in Verbindung stehen und Geruchstoffe über die Zunge zugeführt bekommen. Schlangen züngeln sehr viel mit ihrer ausgezogenen Zunge. Nach dem Einziehen werden die Spitzen der Zunge in die im Gaumendach liegenden Öffnungen der Jacobson'schen Organe eingeführt und daran haftende Geruchstoffe übertragen. Dieser Riechmodus spielt beim Lokalisieren von Beutetieren sowie im Sozialverhalten der Tiere eine Rolle. (Glandt, 2016)

Kaulquappe - Larve von Kröten und Fröschen (Glandt, 2016)

Klimax - „das verhältnismäßig stabile Endstadium der Vegetationsentwicklung in einer Landschaft, das unter einem bestimmten Klima möglich ist. Die großen Klimaxgebiete der Erde entsprechen den Biomen, z. B. Steppe, sommergrüner Laubwald. Der Begriff wird aber auch in engerem Sinne gebraucht, z. B. Langgrassteppe, Kurzgrassteppe, Eichen-Hainbuchenwald, Eichen-Birkenwald.“ (Schaefer, 2012)

Koevolution - „Herausbildung von Merkmalen während der Evolution durch länger andauernde Interaktion zwischen zwei Arten oder Artengruppen, wobei evolutionäre Veränderungen bei einer Art die Evolution der anderen Art(en) beeinflussen („reziproke Selektion“[...]). Koevolution kann einen Vorteil nur für eine (Beispiel: Feind-Beute-Beziehung wie Phytophage und sich durch sekundäre Pflanzenstoffe wehrende Pflanzen) oder aber für beide Arten oder Artengruppen bedeuten (Beispiel: Blütenbestäuber-Blütenpflanzen). Bei einer „diffusen K.“ sind viele Arten beteiligt.“ (Schaefer, 2012)

Lateral - seitlich

Lauerjäger - „räuberisches Tier (Prädator), das in Wartestellung ohne Fangeinrichtung auf Beute lauert und diese erst überwältigt, wenn sie sehr nahe gekommen ist. Beispiel: Krabbenspinnen (Thomisidae), Libellenlarven (Odonata).“ (Schaefer, 2012)

Makrofauna - bezeichnet eukaryotische, mehrzellige Organismen, welche größer als 2 mm sind (Whalen & Sampedro, 2010).

Mikroklima - „Kleinklima; das Klima auf kleinstem Raum, z. B. in der bodennahen Luftschicht an der Süd- oder Nordseite eines Baumstammes oder unter lockerer Baumrinde.“ (Schaefer, 2012)

Melanismus - „dunkle oder schwarze Färbung eines Individuums, meist bedingt durch Melanine. Das Auftreten melanistischer Individuen in einer Population kann durch natürliche Selektion bedingt sein, z. B. beim Industriemelanismus.“ (Schaefer, 2012)

Monophagie - „Bezeichnung für Nahrungsspezialisten. Monophage 1. Grades leben nur von einer einzigen Wirtsart, solche 2. Grades von einigen Arten einer Wirtsgattung, solche 3. Grades von allen Arten einer Wirtsgattung. Monophagie kommt vor allem bei Pflanzenfressern und parasitischen Insekten vor.“ (Schaefer, 2012)

Mutualismus - „Form einer interspezifischen Wechselwirkung; mehr oder weniger regelmäßige Beziehungen zwischen zwei Arten, die für beide Teile vorteilhaft und existenz erleichternd, aber nicht lebensnotwendig (wie bei der Symbiose im engeren Sinne) sind. Beispiele: Ausbreitung von Samen, die in schmackhafte Beeren oder Steinfrüchte eingeschlossen sind, durch Vögel und Säugetiere. [...]

In einem weiteren Sinne umfasst M. als übergeordneter Begriff auch die obligatorischen positiven Wechselbeziehungen.“ (Schaefer, 2012)

Neotenie - bedeutet das Erreichen der Geschlechtsreife unter Beibehaltung larvaler Merkmale (von griech. *Neos*-Junges, *teinein*-spannen) (Glandt, 2016)

Ökoton – „Übergangsgebiet [...], Grenzbereich zwischen verschiedenen Landschaften, in denen oft das Angebot an Lebenserfordernissen (Nahrung, Deckung, Mannigfaltigkeit kleinklimatischer Bedingungen) größer ist als in den beiden sich anschließenden einförmigeren Landschaftsräumen (Saumbiotop). Der Übergang kann scharf [...] oder gleitend sein [...]. Ein Ö. ist meist stationär [...], oder es verschiebt sich in eine Richtung [...] oder es verlagert sich hin und zurück [...]. Der Begriff Ö. kann auch auf größere Landschaftsbereiche übertragen werden, z. B. Waldsteppe mit eingestreuten Waldinseln in offener Landschaft zwischen Laubwald und Steppe.“ (Schaefer, 2012)

Opercularfalte - Hautfalte, welche bei Kaulquappen die Außenkiemen überdeckt (Nöllert & Nöllert, 1992).

Ovoviviparie - „Ablage von Eiern mit schlüpfbereiten Larven“ (Schaefer, 2012)

Ovulation - „Eisprung. Freisetzung eines Eies bzw. Eifollikels aus dem Ovar [...]. Die Freisetzung eines noch unbefruchteten Eies aus dem Eierstock.“ (Campbell & Reece, 2009)

Phänologie - „Erscheinungslehre; Wissenschaft, die den Einfluss von Klima und Witterung auf die Wiederkehr des jährlichen Erscheinens pflanzlichen und tierischen Lebens behandelt, denen aber auch endogene Rhythmen und Steuerungsmechanismen zugrunde liegen können. Hierher gehören bei Pflanzen z. B. Daten der Knospung, Blattbildung, Blüte, Frucht, Laubfall, bei Tieren z. B. Ankunft und Wegzug der Zugvögel, Aufhören und Beginn von Winterschlaf (Überwinterung), Kältestarre, Sommerschlaf (Ästivation), Beginn der Paarung und Fortpflanzung. In einem weiteren Sinne Entwicklungszylus eines Organismus im Laufe eines Jahres“ (Schaefer, 2012)

Pflanzengesellschaft - „floristisch definierte Einheit der Vegetationsgliederung; eine Gruppe von an einem Standort zusammen vorkommenden Pflanzen mit ähnlichen ökologischen Ansprüchen. Die P. ist dabei durch eine charakteristische Artenkombination gekennzeichnet. Ein wichtiger biotischer Faktor ist interspezifische Konkurrenz zwischen beteiligten Pflanzenarten.“ (Schaefer, 2012)

Schallblase - dient der Lauterzeugung vieler Frösche und Kröten, wobei die Lauterzeugung im Kehlkopf stattfindet indem der Luftstrom die Stimmbänder passiert, dadurch geraten diese in Schwingungen, wodurch es zur Lauterzeugung kommt. „Die Stimmritze ermöglicht das Entweichen der Luft. Beim anhaltenden Rufen pendelt die Luft zwischen Lunge und Schallblasen hin und her. Die Lauterzeugung selbst erfolgt bei den meisten Froschlurch-Arten nur beim Ausatmen, während beim Zurückführen des Luftstromes in die Lunge kein Laut entsteht.“ (Glandt, 2016)

Schneetälchen - „lange von Schnee bedeckte feuchte Mulde im Hochgebirge mit einer typischen Pflanzengesellschaft. Charakteristisch sind in den Alpen z. B. Kriechweiden (vor allem *Salix herbacea*), *Soldanella*-Arten und Moose.“ (Schaefer, 2012)

Spermatophore - „Samenträger. Eine Kapsel mit Sperma (Spermapaket). Wird von den Männchen verschiedener Wirbelloser und einigen wenigen Wirbeltieren erzeugt. Übertragungseinheit der männlichen Keimzellen bei diesen Arten.“ (Campbell & Reece, 2009)

Stenök - „Bezeichnung für Organismen, die keine große Schwankungsbreite der Umweltfaktoren vertragen, sondern an ganz bestimmte Quantitäten von z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Licht, Bodenchemismus oder Qualitäten, wie Bodenstruktur und Nahrung, angepasst sind und daher nur in

bestimmten Biotopen oder Biotopstellen vorkommen.“ (Schaefer, 2012)

Sukzession - „1. Ablösung einer Organismengemeinschaft durch eine andere, bedingt durch Klima, Boden oder Lebenstätigkeit der Organismen selbst. Das zeitliche Nacheinander darf nicht verwechselt werden mit dem räumlichen Nebeneinander (Zonation), das als Chronosequenz lediglich Hinweise über den möglichen Verlauf der S. geben kann. Im Einzelnen umfasst die S. verschiedene Phänomene: (1) säkulare Veränderungen von Ökosystemen (z. B. S. von Tundra und Laubwald in Mitteleuropa nach der Eiszeit), (2) primäre S. als erstmalige Besiedlung von neu sich bildenden Flächen (z. B. Vulkaninsel, Gesteinsschutt nach Gletscherrückgang), (3) sekundäre S. als Wiederherstellung des ehemaligen Zustandes nach stärkeren Eingriffen von außen (z. B. Kahlschlag, Brand, Überschwemmung, Beweidung, Ackerbau), (4) Abbauvorgänge an Mikrohabitaten (z. B. Dung, Aas, Komposthaufen, totem Holz). Weitere Möglichkeit der Einteilung sind (5) autotrophe S., die auf anorganischen Nährstoffen und photosynthetisierenden Pflanzen basiert (z. B. S. von einem aufgegebenen Feld zu Wald), und heterotrophe S., die ihren Ausgangspunkt von organischer, abbaubarer Substanz nimmt (z. B. S. in sich zersetzendem Holz, in verschmutzten Gewässern); (6) autogene S., die durch Interaktionen und Wirkungen der Organismen des Systems abläuft, und allogene S., die durch Faktoren außerhalb des Systems (z. B. Anstieg des Grundwassers) bedingt wird; (7) S., die als Zyklus abläuft, gegenüber einer S., die mit dem Erreichen der Endphase abgeschlossen ist (Mosaikzyklus); (8) S. in Gewässern (Hydroserie) und S. an Land (Xeroserie). Das Endstadium einer S.folge, das verhältnismäßig stabil und dauerhaft ist, wird als Klimax bezeichnet. [...] 2. Phasen der Bodenentwicklung.“ (Schaefer, 2012)

Symbiose - „Form eines Zwei-Arten-System (interspezifische Wechselwirkung); enges Zusammenleben zweier verschiedener Organismen, das im Allgemeinen für beide Partner bereits lebensnotwendig geworden ist. Die Partner heißen Symbionten; sie können Pflanzen (z. B. Algen und Pilze als Flechten), Tiere (z. B. Flagellaten im Termitendarm) oder Tier und Pflanze (Bakterien und Hefepilze bei Insekten) sein.[...] Unter Symbiose im weiteren Sinne werden auch alle Wechselbeziehungen eingeschlossen, die für beide Partner vorteilhaft, aber nicht obligatorisch sind (Allianz, Mutualismus); die S. im engeren Sinne als obligatorisches Zusammenleben wird dann als Eusymbiose bezeichnet. In einem anderen Sinne bedeutet Symbiose Zusammenleben von Individuen verschiedener Arten mit physischem Kontakt. – In der ursprünglichen Definition von de Bary (1879) bedeutet S. das „Zusammenleben ungleichnamiger Organismen““. (Schaefer, 2012)

Trade off - „Abwägen, gegenseitige Einschränkung, auch evolutionärer Kompromiss [...]; gegenläufiger Vorteil von Eigenschaften eines Organismus im Hinblick auf seine Fitness, indem eine Erhöhung der Fitness durch ein Merkmal ihre Verminderung durch eine andere Eigenschaft zur Folge hat.“ (Schaefer, 2012)

Torpor - „Absenkung der Körpertemperatur („Hypothermie“) und der Stoffwechselrate [...] bei endothermen Organismen als Reaktion auf ungünstige Umweltbedingungen, besonders Kälte. T. kommt saisonal als Anpassung an den Winter (Überwinterung) oder an den Sommer (Ästivation) vor. Der T. im Winter als „Kältestarre“ (in einer ungenauen Terminologie auch als Winterschlaf bezeichnet) kommt bei kleinen Säugetieren (bis 8 kg Gewicht) vor, z. B. einige kleine Beuteltiere, Fledermäuse, Igel-Arten (*Erinaceus*), Ziesel (*Citellus*), Murmeltier (*Marmota*), Hamster (*Cricetus*), Bilche (*Gliridae*), Birkenmaus (*Sicista*). Durch bestimmte Zeitgeber, namentlich die Photoperiode, findet im Herbst eine hormonale Umstellung statt, die zur Reservespeicherung und Bereitschaft zum T. führt. Als sekundärer Faktor wirkt meist eine bestimmte kritische Temperatur der Umgebung (9–10° C beim Hamster, 17° C beim Igel) für den Eintritt des T. Für die Körpertemperatur gibt es eine Minimaltemperatur von wenigen Grad über 0° C. Außerdem gibt es einen tageszeitlichen T. als Anpassung an niedrige Temperaturen in der Nacht („Kältelethargie“), z. B. bei Kolibris oder Fledermäusen oder bei Hungerzuständen – Segler und Schwalben.“ (Schaefer, 2012)

Ubiquist - „sind Arten mit weitem Höhenspektrum, die in vielen Lebensräumen zumindest beigemischt auftreten können, wenn auch Schwerpunkte in einzelnen Habitaten vorhanden sind.“ (Landmann & Zuna-Kratky, 2016)

Univoltin - „Bezeichnung für Tierarten (vor allem Insekten), die im Laufe eines Jahres nur eine Generation durchlaufen können, da die Entwicklung durch obligatorische Diapause unterbrochen wird.“ (Schaefer, 2012)

Vegetation - „Die Pflanzendecke eines Gebietes, also Gesamtheit der Pflanzengesellschaften dieses Gebietes im Gegensatz zur Flora, der Gesamtheit seiner Pflanzenarten.“ (Schaefer, 2012)

Vegetationsschichtung - „die durch Pflanzen gebildete vertikale Strukturierung eines Lebensraums.“ (Schaefer, 2012)

Vegetativ - „ungeschlechtliche Fortpflanzung (z.B. durch Knospung). Hierbei ist nur ein Elternteil beteiligt und es kommt zu keiner Verschmelzung von Gameten. Die entstehenden Nachkommen sind untereinander und mit ihrem Elter genetisch ident (Klon).“ (Campbell & Reece, 2009)

Ventral - „Bauchseitig.“ (Campbell & Reece, 2009)

Viviparie - „Geburt von Nachkommen, die nicht als Ei, sondern erst in einem späteren Entwicklungsstadium zur Welt kommen. Beispiele: Alpensalamander, die meisten Säugetiere. Bei viviparen Pflanzen (z. B. der Mangrove-Gattung Rhizophora) keimen die Samen auf der Elternpflanze und fallen erst als relativ große Jungpflanzen ab“ (Schaefer, 2012)

Wassertracht - Arttypische, optische Veränderungen von Molchen während der Paarungszeit, wie zum Beispiel die Ausbildung eines Kammes, oder Färbungen der Flanken und des Bauches. Auch „Hochzeitskleid“ genannt (Glandt, 2016).

Winterruhe - „längerer Ruheschlaf einiger Säugetiere im Winter (Eichhörnchen, Dachs, Skunk, Bär, Waschbär) ohne oder nur mit geringer Herabsetzung der Körpertemperatur. Der Energiestoffwechsel bleibt auf der Höhe des Grundumsatzes, da jede Aktivität entfällt. Allerdings wachen diese Tiere während des Ruheschlafes des Öfteren auf und fressen versteckte Vorratsstoffe oder gehen sogar auf Jagd.“ (Schaefer, 2012)

Xenogamie - „Fremdbefruchtung [...]: eine Form der Fortpflanzung (Reproduktion), bei der die beiden Gameten, deren Kerne zur Zygote verschmelzen, von verschiedenen Individuen stammen. Bei höheren Pflanzen wird A. durch Fremdbestäubung [...] mit Pollen von Blüten anderer Pflanzen eingeleitet. Überträger sind: Tiere (Zoophilie), Wind (Anemophilie) oder Wasser (Hydrophilie).“ (Schaefer, 2012)

Zoochorie - „Durch Tiere bedingte passive Verschleppung eines Organismus, im engeren Sinne Verfrachtung von Pflanzendiasporen durch Tiere, z. B. Vögel (Ornithochorie) oder Insekten (Entomochorie). Hier gibt es verschiedene Mechanismen des Transportes: äußeres Anhaften (Epizoochorie oder Epichorie [...]), z. B. Klette *Arctium*; im Inneren eines Tieres (Endozoochorie oder Endochorie [...]), z. B. Pflanzensamen, die mit ihrer Fruchthülle gefressen werden, ihre Keimfähigkeit nach Ausscheidung aus dem Darm jedoch behalten, wie bei Mistel, *Viscum*;“ (Schaefer, 2012)

16 Literaturverzeichnis

- Arnold, W. (1990). The evolution of mamot sociality: II costs and benefits of joint hibernation. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27, 239-246.
- Arnold, W. (1993). Energetics of social hibernation. In C. Carey, G. Florant, B. Wunder, & B. Horwitz, *Life in the Cold: Ecological, Physiological, and Molecular Mechanisms* (S. 65-80). Boulder: Westview Press.
- Arnold, W. (1999). Allgemeine Biologie und Lebensweise des Alpenmurmeltieres (*Marmota marmota*). In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 1-20). Linz: Stapfia 63.
- Arnold, W. (1999). Winterschlaf der Alpenmurmeltieres (*Marmota marmota*). In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 43-56). Linz: Stapfia 63.
- Arnold, W., & Frey-Roos, F. (1999). Verzögerte Abwanderung und gemeinschaftliche Jungenfürsorge: Anpassungen des Alpenmurmeltiers (*Marmota marmota*) an eiszeitliche Lebensbedingungen. In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 33-42). Linz: Stapfia 63.
- Bögeholz, S., & Rüter, S. (2004). Wenn Erfahrung weh tut - The dark side of nature experience. In H. Gropengießer, A. Janssen-Bartels, & E. Sander, *Lehren fürs Leben* (S. 80-95). Köln: Aulis-Verlag.
- Bang, P., & Dahlström, P. (2000). *Tierspuren - Fährten, Fraßspuren, Losungen, Gewölle und andere*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Barkman, J. (1988). A new method to determine some characters of vegetation structure. *Vegetatio*, 78, 81-90.
- Barth, F. (1982). *Biologie einer Begegnung - Die Partnerschaft der Insekten und Blumen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Bauer, H., Bezzel, E., & Fiedler, W. (2012). *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas*. Wiebelsheim: Aula-Verlag.
- Baumgartner, P., & Payr, S. (1994). *Lernen mit Software. Reihe Digitales Lernen*. Innsbruck: Österreichischer Studien Verlag.
- Beaman, M., & Madge, S. (1998). *Handbuch der Vogelbestimmung*. Stuttgart: Ulmer.
- Bednekoff, P., & Balda, R. (2014). Clark's nutcracker spatial memory: The importance of large, structural cues. *Behavioural Processes*, 102, S. 12-17.

- Bellmann, H. (1993). *Heuschrecken: beobachten-bestimmen*. Augsburg: Naturbuch Verlag.
- Bibikow, D. (1996). *Die Murmeltiere der Welt*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Blumstein, D., & Arnold, W. (1995). Situational Specificity in Alpine-marmot Alarm Communication. *Ethology*, 100, 1-13.
- Blumstengel, A. (1998). *Entwicklung hypermedialer Lernsysteme*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag.
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie - Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien: Springer-Verlag.
- Bruns, U. (1997). *Untersuchungen zu Grad und Häufigkeit von Inzucht beim Alpenmurmeltier (Marmota m. marmota) mittels DNA-fingerprinting*. Marburg: Diplomarbeit an der Philipps-Universität.
- Bruns, U., Frey-Roos, F., Ruf, T., & Arnold, W. (1999). Nahrungsökologie des Alpenmurmeltieres (Marmota marmota) und die Bedeutung essentieller Fettsäuren. In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 57- 66). Linz: Stapfia 63.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (20. Februar 2018). Von <https://www.bmbwf.gv.at/> abgerufen
- Buttler, A. (1992). Permanent plot research in wet meadows and cutting experiment. *Vegetatio*, 103, 113-124.
- Cabela, A., Grillitsch, H., & Tiedemann, F. (2001). *Atlas zur Verbreitung und Ökologie der Amphibien und Reptilien in Österreich*. Wien: Umweltbundesamt.
- Campbell, N., & Reece, J. (2009). *Biologie*. München: Pearson Deutschland GmbH.
- Chittka, L. (1996). Does bee colour vision predate the evolution of flower color? *Naturwissenschaften*, 83, 136-138.
- Cigliano, M., Braun, H., Eades, D., & Otte, D. (9. April 2018). *Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0*. Von <http://Orthoptera.SpeciesFile.org> abgerufen
- Coleman, D., Crossley, D., & Hendrix, P. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*. Burlington: Elsevier Academic Press.
- Daumer, K. (1958). Blumenfarben, wie sie die Bienen sehen. *Zeitschrift vergleichender Physiologie*, 41, 49- 110.

- Deutz, A., & Greßmann, G. (2001). *Gams- & Steinwild*. Graz: Leopold Stocker Verlag.
- Dierschke, H. (1994). *Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden*. Stuttgart: Ulmer.
- Dupont, P., Pradel, R., Lardy, S., Allainé, D., & Cohas, A. (2015). Litter sex composition influences dominance status of Alpine marmots (*Marmota marmota*). *Oecologia*, 179, 753- 763.
- Eaton, D. (1998). *Cognitive and affective learning in Outdoor education*. Doctoral Disertation. Department of Curriculum, Teaching and Learning. Toronto: University of Toronto.
- Eisenbeis, G., Wichard, & Wilfried. (2013). *Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden*. Heidelberg: Springer Spektrum .
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Faber, H. (8 1996). Saisonale Dynamik der Geschlechterrelation beim Bergmolch, *Triturus alpestris alpestris* (LAURENTI, 1768), im aquatischen Lebensraum. *Herpetozoa*, S. 125- 134.
- Ferretti, G. (2014). *Schmetterlinge der Alpen - Der Bestimmungsführer für alle Arten*. Bern: Haupt.
- Fischer, J., Steinlechner, D., Zehm, A., Poniatowski, D., Fartmann, T., Beckmann, A., & Stettmer, C. (2016). *Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols: Bestimmen-Beobachten-Schützen*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
- Fischer, M., & Gottschlich, G. (2005). *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*. Linz: Land Oberösterreich, OÖ Landesmuseen.
- Frey, W., & Lösch, R. (2010). *Geobotanik-Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Gardiner, T., Hill, J., & Chesmore, D. (2005). Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, 9, 151- 173.
- Gebhard, U. (2005). *Kind und Natur: Die Bedeutung der Natur für die Psychische Entwicklung*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Geiser, E. (1998). Wie viele Tierarten leben in Österreich? Erfassung, Hochrechnung und Abschätzung. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich*, 135, 81-93.
- Gereben-Krenn, B.-A. (10. April 2018). mündliche Mitteilung. (M. Wielscher, Interviewer)

- Glandt, D. (2015). *Die Amphibien und Reptilien Europas: alle Arten im Portrait*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
- Glandt, D. (2016). *Amphibien und Reptilien - Herpetologie für Einsteiger*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. (1985). *Handbuch der Vögel Mitteleuropas - Band 10/II*. Wiesbaden: Aula Verlag.
- Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. (1985). *Handbuch der Vögel Mitteleuropas - Band 11/I*. Wiesbaden: Aula Verlag.
- Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. (1985). *Handbuch der Vögel Mitteleuropas - Band 13/III*. Wiesbaden: Aula Verlag.
- Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. (1985). *Handbuch der Vögel Mitteleuropas - Band 14/I*. Wiesbaden: Aula Verlag.
- Glutz von Blotzheim, U., & Bauer, K. (1985). *Handbuch der Vögel Mitteleuropas- Band 11/I*. Wiesbaden : Aula Verlag.
- Goulson, D. (2003). *Bumblebees - Their Behaviour and Ecology*. New York: Oxford University Press.
- Grüner, T. (2016). *Alpentiere*. München: Bergverlag Rother GmbH.
- Grimaldi, D., & Engel, M. (2005). *Evolution of the Insects*. New York: Cambridge University Press.
- Gutleb, B., Happ, H., & Eisank, M. (2011). *Amphibien und Reptilien Kärntens*. Klagenfurt: Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten.
- Hüttmeir, U., Slotta-Bachmayr, L., & Winding, N. (1999). Habitatwahl des Alpenmurmeltieres *Marmota marmota* (Rodentia, Sciuridae): Ein zwischen dem Dachsteinplateau und den Hohen Tauern. In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 67-76). Linz: Stapfia 63.
- Hackländer, K., Bruns, U., & Arnold, W. (1999). Reproduktion und Paarungssystem bei Alpenmurmeltieren (*Marmota marmota*). In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 21-32). Linz: Stapfia 63.
- Hackländer, K., Möstl, E., & Arnold, W. (2003). Reproductive suppression in female Alpine marmots, *Marmota marmota*. *Animal behaviour*, 65, 1133-1140.
- Halliday, T. (1974). Sexual Behaviour of the Smooth Newt, *Triturus vulgaris* (Urodela, Salamandridae). *Journal of Herpetology*, 8(4), S. 277-292.

- Hamilton-Ekeke, J. (2007). Relative Effectiveness of Expository and Field Trip Methods of Teaching on Students' Achievement in Ecology. *International Journal of Science Education*, 29, 1869-1889.
- Hasselmann, E. M. (1962). Über die relative spektrale Empfindlichkeit von Käfer- und Schmetterlingsaugen bei verschiedenen Helligkeiten. *Zool. Jahr. Physiol.*, 69, 537- 576.
- Heß, D. (1990). *Die Blüte*. Stuttgart: Ulmer.
- Hickl, C., Gereben-Krenn, B.-A., Zweimüller, I., & Krenn, H. (2016). Wetterbedingungen für die Erfassung von Tagfaltern (Lepidoptera: Papilionoidea) in alpinen Lebensräumen in Österreich. *Entomologica Austriaca*, 23, 7-18.
- hikr.org*. (6. Dezember 2017). Von <http://www.hikr.org/gallery/photo880351.html> abgerufen
- Huemer, P. (2013). *Die Schmetterlinge Österreichs (Lepidoptera). Systematische und faunistische Checkliste*. Tiroler Landesmuseum: Studiohefte 12.
- Illich, I. (1993). Heuschreckengemeinschaften (Orthoptera: Saltatoria) in alpinen und subalpinen Habitaten der Hohen Tauern: Quantitative Bestandsaufnahmen im Nationalpark-Sonderschutzgebiet Pifflkar (Salzburg, Austria). *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 1, 84-97.
- Illich, I. (2003). Die Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) des Nationalparks Nockberge (Kärnten, Österreich): Verbreitung und Ökologie. *Carinthia II*, 369-412.
- Illich, I., & Winding, N. (1999). Dynamik von Heuschrecken-Populationen (Orthoptera: Saltatoria) in subalpinen und alpinen Rasen des Nationalparks Hohe Tauern (Österreichische Zentralalpen) von 1990 bis 1997. *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 5, 63-85.
- Körner, C. (1999). *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Berlin: Springer Verlag.
- Kappeler, P. (2017). *Verhaltensbiologie*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Koch, E.-M., & Kaufmann, R. (2010). Die tierische Besiedlung von Gletschermoränen. In E. M. Koch, & B. Erschbamer, *Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl* (S. 165-184). Innsbruck: Innsbruck university press.
- Kratochwil, A., & Schwabe, A. (2001). *Ökologie der Lebensgemeinschaften: Bioökologie*. Stuttgart: Ulmer.

- Kugler, H. (1970). *Blütenökologie*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Landmann, A. (2017). Krumme Sprünge mit geraden Flügeln: Evolution, Biologie, Morphologie & Sexualverhalten der Heuschrecken (Orthoptera) - eine Einführung. In T. Zuna-Kratky, A. Landmann, I. Illich, L. Zechner, F. Essl, K. Lechner, . . . G. Wöss, *Die Heuschrecken Österreichs* (S. 3-26). Linz: Denisia 39.
- Landmann, A. (2017). Sommerfrische in den Bergen: Zum jahreszeitlichen Auftreten der Heuschrecken Österreichs. In T. Zuna-Kratky, A. Landmann, I. Illich, L. Zechner, F. Essl, K. Lechner, . . . G. Wöss, *Die Heuschrecken Österreichs* (S. 111-136). Linz: Denisia 39.
- Landmann, A., & Zuna-Kratky, T. (2016). *Die Heuschrecken Tirols - Verbreitung, Lebensräume, Gefährdung*. Wien: Berenkamp Buch- und Kunstverlag.
- Lenti Boero, D. (1992). Alarm calling in Alpine marmot (*Marmota marmota* L.): evidence for semantic communication. *Ethology Ecology & Evolution*, 4, 125-138.
- Lenti Boero, D. (2003). Long-term dynamics of space and summer resource in the alpine marmot (*Marmota marmota* L.). *Ethology Ecology and Evolution*, 15, 309-327.
- Leraut, P. (2016). *Butterflies of Europe and neighbouring regions*. Paris: N.A.P Editions.
- Lieberman, G., & Hoody, L. (1998). *Closing the achievement gap: Using the environment as an integrating context for learning*. San Diego, CA: Paper presented at the State Education and Environmental Roundtable.
- Limbrunner, A., Bezzel, E., Richarz, K., & Singer, D. (2013). *Enzyklopädie der Brutvögel Europas*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.
- Limbrunner, A., Bezzel, E., Richarz, K., & Singer, D. (2013). *Enzyklopädie der Brutvögel Europas*. Stuttgart: Franckh- Kosmos Verlag.
- Louv, R. (2005). *Last Child in the Woods: Saving our Children from Nature-Deficit Disorder*. Chapel Hill: Algonquin Books.
- Mühlenberg, M. (1993). *Freilandökologie*. Stuttgart: UTB.
- Müller-Using, D., & Müller-Using, R. (1972). *Das Murmeltier in den Alpen (Marmota marmota L.)*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

- Manzanal, F., Barreiro, R., & Jiménez, C. (1999). Relationship between Ecology Fieldwork and Student Attitudes toward Environmental Protection. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 431-453.
- Martin, K., & Allgaier, C. (2011). *Ökologie der Biozöosen*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Mattes, H. (1982). *Die Lebensgemeinschaft von Tannenhäher, "Nucifraga caryocatactes"(L.), und Arve, "Pinus cembra"L., und ihre forstliche Bedeutung in der oberen Gebirgswaldstufe*. Birmensdorf: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen.
- Mertz, P. (2000). *Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen*. Landsberg/ Lech: ecomed.
- Mertz, P. (2008). *Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen*. Bern: Haupt Verlag.
- Mitchley, J., & Willems, J. H. (1995). Vertical canopy structure of Dutch chalk grassland in relation to their management. *Vegetatio*, 117, 17-27.
- Mittelstaedt, R., Sanker, L., & Vanderveer, B. (1999). Impact of a week-long experiential education program on environmental attitude and awareness. *Journal of Experiential Education*, 22(3), 138-148.
- Nöllert, A., & Nöllert, C. (1992). *Die Amphibien Europas: Bestimmung, Gefährdung, Schutz*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.
- Närman, F., Küfmann, C., & Neuschulz, E. (2017). Präferenzen der Tannenhähers Nucifraga caryocatactes beim Anlegen von Samenverstecken. *Ornithologischer Anzeiger*, 8, S. 89-98.
- Naguib, M. (2006). *Methoden der Verhaltensbiologie*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Nentwig, W., Bacher, S., & Brandl, R. (2011). *Ökologie kompakt*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Neumayer, J. (1998). Habitatpräferenzen alpiner Hummelarten (Hymenoptera, Apidae, Bombus, Psithyrus): Meereshöhe und Lage im Gebirgsrelief als Faktoren der Nischentrennung. *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 4, 159-174.
- Neumayer, J. (2007). Hummeln - Wetterfeste Besucher im Supermarkt Bergwiese. *Bergauf*, 3, 44-45.
- Neumayer, J., & Kofler, A. (2005). Zur Hummelfauna des Bezirkes Lienz (Osttirol, Österreich) (Hymenoptera: Apidae, Bombus). *Linzer Biologischer Beitrag*, 37/1, 671-699.
- Niethammer, J., & Krapp, F. (1986). *Handbuch der Säugetiere Europas*. Wiesbaden: Aula Verlag.

- Oberösterreich, L. (14. Februar 2018). *Landwirtschaftskammern Österreich*. Von <https://www.lko.at/mmedia/download/2011.03.17/1300349748.pdf> abgerufen
- Paolucci, P. (2013). *Butterflies and Burnets of the Alps and their larvae, pupae and cocoons*. Verona: WBA Handbooks 4.
- Preleuthner, M. (1999). Die rezente Verbreitung des Alpenmurmeltieres (*Marmota m. marmota*) in Österreich und ihre historischen Hintergründe. In B. d. Landesmuseums, *Murmeltiere* (S. 103-110). Linz: Stapfia 63.
- Prendergast, B., Freeman, D., Zucker, I., & Nelson, R. (2002). Periodic arousal from hibernation is necessary for initiation of immune responses in ground squirrels. *The American Physiological Society*, 282, 1054-1062.
- Prokop, P., Tuncer, G., & Kvasnicák, R. (2007). Short Term Effects of Field Programme on Students' Knowledge and Attitude toward Biology: a Slovak Experience. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 247-255.
- Prys-Jones, O. (1982). *Ecological studies of foraging and life history in bumblebees*. University of Cambridge: PhD thesis.
- Reisigl, H., & Keller, R. (1987). *Alpenpflanzen im Lebensraum - Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Reisigl, H., & Keller, R. (1989). *Lebensraum Bergwald - Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Retzlaff-Fürst, C. (2008). *Das lebende Tier im Schülerurteil - Bodenlebewesen im Biologieunterricht-eine empirische Studie*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Robinson, W. (1979). Influence of 'Delicious' apple blossom morphology on the behavior of nectar-gathering honey bees. *IV International Symposium on Pollination* (S. 393-399). Maryland: Maryland Agricultural Experimental Station Special Miscellaneous Publications.
- Schaefer, M. (2012). *Wörterbuch der Ökologie* (5. Auflage Ausg.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schmidt, S. (1992). *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

- Signorell, N., & Jenny, H. (2003). Wachstum, saisonale Gewichtsveränderungen und Geschlechtsbestimmung bei Alpenmurmeltieren (*Marmota m. marmota*). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 49, 249-260.
- Silvertown, J., & Smith, B. (1988). Gaps in the canopy: the missing dimension in vegetation dynamics. *Vegetatio*, 77, 57-60.
- Stüber, E. (2015). Fauna-Serengeti des Hochgebirges. In J. Hörl, *Die Großglockner Hochalpenstraße* (S. 378-379). Wien: Böhlau Verlag Ges.m.b.H. & Co.KG.
- Stahr, K., Kandeler, E., Herrmann, L., & Streck, T. (2016). *Bodenkunde und Standortlehre*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- Stampfli, A. (1992). Year-to-year changes in unfertilized meadows of great species richness detected by point quadrat analysis. *Vegetatio*, 103, 125-132.
- Stick, R., Felgenhauer, N., Mayr, M., Zobl, S., & Eyer, F. (10 2014). Symptome, Diagnostik und Therapie von Schlangenbissen. *Notfall + Rettungsmedizin*, S. 539- 550.
- Svensson, L. (2017). *Der Kosmos Vogelführer*. Stuttgart: Franckh- Kosmos Verlag.
- Svensson, L. (2017). *Der Kosmos Vogelführer*. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.
- Tampucci, D., Gobbi, M., Boracchi, P., Cabrini, E., Compostella, C., Mangili, F., . . . Caccianiga, M. (2015). Plant and arthropod colonisation of glacier foreland in a peripheral mountain range. *Biodiversity*, 16, 213-223.
- Topp, W. (1981). *Biologie der Bodenorganismen*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Traxler, A. (1997). *Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings - Methoden, Praxis, angewandte Projekte*. Wien: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.
- van Swaay, C., van Strien, A., Harpke, A., Fontaine, B., Stefanescu, C., & Roy, D. e. (2013). *The European grassland butterfly indicator: 1990-2011*. Kopenhagen: EEA Technical Reports.
- Vermessungswesen, B. f.-u. (9. März 2018). *Austrian map online*. Von Austrian map online: <http://www.austrianmap.at> abgerufen
- Vitek, E., Mrkvicka, A., Horak, E., Drozdowski, I., Adler, w., & Wimmer, B. (2007). *Die Pflanzenwelt der österreichischen Alpen*. Wien: Verlag des Naturhistorischen Museums.

- Vitek, E., Mrkvicka, A., Horak, E., Drozdowski, I., Adler, W., & Wimmer, B. (2007). *Die Pflanzenwelt der österreichischen Alpen*. Wien: Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.
- Vitt, L., & Janalee, C. (2014). *Herpetology - An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. San Diego: Elsevier.
- Von Hagen, E., & Aichhorn, A. (2014). *Hummeln - bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen*. Nottuln: Fauna Verlag.
- Walde, K. (1936). *Die Tierwelt der Alpen*. Wien: Julius Springer.
- Watt, T., & Gibson, W. (1988). The effect of sheep grazing on seedling establishment and survival in grassland. *Vegetatio*, 78, 91-98.
- Weiss, M. (2001). Vision and learning in some neglected pollinators: beetles, flies, moths, and butterflies. In L. Chittka, & J. Thomson, *Cognitive Ecology of Pollination* (S. 171-190). Cambridge: Cambridge University Press.
- Whalen, J., & Sampedro, L. (2010). *Soil ecology and management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Willems, J., Peet, R., & Bik, L. (1993). Changes in chalk grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions. *J. Veget. Science*, 4, 203-212.
- Winding, N., Werner, S., Stadler, S., & Slotta-Bachmayr, L. (1993). Die Struktur von Vogelsondengemeinschaften am alpinen Höhengradienten: Quantitative Brutvogel-Bestandsaufnahmen in den Hohen Tauern (Österreichische Zentralalpen). *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, 1, S. 106-124.
- Zuna-Kratky, T., & Landmann, A. (2017). Von der Wiese auf die Karte - Sammlung, Analyse und Bilanz der Verbreitungsdaten österreichischer Heuschrecken. In T. Zuna-Kratky, A. Landmann, I. Illich, L. Zechner, F. Essl, K. Lechner, . . . G. Wöss, *Die Heuschrecken Österreichs* (S. 55-68). Linz: Denisia 39.
- Witte, A., & Herrmann, S. (1995). Untersuchung zur oberirdischen Biomassenentwicklung und Rauminanspruchnahme von Pflanzen in einem Halbtrockenrasen unter Nährstoffeinfluß. *Verh. GfÖ*, 24, 577- 580.

17 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Gelegentlich ertränken männliche Tiere Weibchen beim Paarungsversuch	16
Abbildung 2 - Paarung des Alpensalamanders (adaptiert aus Glandt, 2016).....	19
Abbildung 3 - Ober-und Unterseite des Bergmolchs in der Wassertracht (bereitgestellt von Erich Draganits).....	20
Abbildung 4 - Verbreitung des Bergmolches in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)	20
Abbildung 5 - Alpensalamander (bereitgestellt von Attila Kobori).....	22
Abbildung 6 - Verbreitung des Alpensalamanders in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001).....	23
Abbildung 7 – Grasfrosch - <i>Rana temporaria</i> (bereitgestellt von Paulus Leidinger).....	24
Abbildung 8 - Verbreitung des Grasfrosches in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)	25
Abbildung 9 - Richtige Fixierung eines Froschlurches (bereitgestellt von Andreas Hattenberger).....	27
Abbildung 10 - Aufbau der Reptilienhaut (adaptiert aus Vitt & Caldwell, 2014)	32
Abbildung 11 - Bergeidechse (bereitgestellt von Erich Draganits)	33
Abbildung 12 - Verbreitung der Bergeidechse in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)	34
Abbildung 13 – Kreuzotterpärchen - oben das Männchen und unterhalb das Weibchen (bereitgestellt von Attila Kobori).....	35
Abbildung 14 - Verbreitung der Kreuzotter in Österreich (aus Cabela, Grillitsch & Tiedemann, 2001)	36
Abbildung 15 - Verhalten nach einem Biss (adaptiert nach Stick, Felgenhauer, Mayr, Zobl, & Eyer, 2014).....	39
Abbildung 16 - Tannenhäher (adaptiert aus SVENSSON, 2017)	42
Abbildung 17 - Bergpieper (SK= Sommerkleid & PK= Prachtkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017) ..	45
Abbildung 19 - Hausrotschwanz (ad.= adult; 1er S= erstes Sommerkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017).....	46

Abbildung 18 - Steinschmätzer (ad.= adult) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)	47
Abbildung 20 - Alpenbraunelle (adaptiert aus SVENSSON, 2017)	49
Abbildung 21 - Schneesperling (SK= Sommerkleid; PK= Prachtkleid) (adaptiert aus SVENSSON, 2017)	50
Abbildung 22 - Rezente Alpenmurmeltierverbreitung und pleistozäne Fundorte (adaptiert aus PRELEUTHNER, 1999)	59
Abbildung 23 - Entstehung großer Familiengrößen durch verzögerte Abwanderung (aus ARNOLD, 1999).....	63
Abbildung 24 - Der Verlauf der Körpertemperatur eines männlichen, alleine überwinternden Männchens. Die schwarzen Balken signalisieren, wann das Tier endgültig im Bau verschwand bzw. diesen wieder verließ (aus ARNOLD , 1993)	64
Abbildung 25 - Jungenfürsorge während des Winterschlafes in Form von unsynchronisierten Wachphasen der Elterntiere (aus ARNOLD, 1999).....	65
Abbildung 26 - Aktivität der Murmeltiere außerhalb des Baues in Prozent und nach Tageszeit (von hikr. org)	67
Abbildung 27 - Königin der Art <i>Bombus alpinus</i> - Alpenhummel (bereitgestellt von Paulus Leidinger)	79
Abbildung 28 - Übersicht über den Lebenszyklus der Hummel	81
Abbildung 29 - Ausgerollter Schmetterlingsrüssel bei der Nahrungsaufnahme (bereitgestellt von Paulus Leidinger).....	82
Abbildung 30 - Körperbau einer Kurzfühlerschrecke (links) und einer Langfühlerschrecke (rechts) (bereitgestellt von Markus Sehnal)	90
Abbildung 31 - Heuschreckenlarve (<i>Chorthippus</i> sp.) (bereitgestellt von Markus Sehnal)	94
Abbildung 32 - Saisonaler Verlauf der Artenvielfalt imaginaler Heuschrecken in Österreich. Anzahl der pro Monatsdekade seit 1850 mindestens einmal festgestellten Arten bzw. Angehöriger beider Unterordnungen (aus LANDMANN, 2017)	95
Abbildung 33 - Heuschrecken-Artenvielfalt pro Quadrant in Nord-und Osttirol (alle Daten 1850 bis 2015) (aus LANDMANN & ZUNA-KRATKY, 2016)	96

Abbildung 34 - Handhabung einer Heuschrecke zur Betrachtung von Kopf und Thorax (bereitgestellt von Markus Sehnal).....	97
Abbildung 35 - Körperdurchmesser von Bodenlebewesen im Vergleich zu Poren- und Partikeldurchmesser (aus STAHR, KANDELER, HERRMANN, & STRECK, 2016).....	104
Abbildung 36 - Vegetationsverlauf und Einnischungen der Pflanzengesellschaften entlang des Höhengradienten (verändert aus REISIGL & KELLER (1989).....	111
Abbildung 37 - Richtige Ermittlung der Hangneigung.....	116
Abbildung 38 - Mögliche Standorte für die Gradientenanalyse auf dem Weg zur Verpeilhütte (Karte von austrianmap.at)	117
Abbildung 39 - Typische Vertreter und Ökogramm von Windkante und Schneetälchen (adaptiert aus REISIGL & KELLER, 1987)	118
Abbildung 40 - Beispiel für das Mikroklima in einer Gämsheide (verändert aus REISIGL & KELLER, 1987).....	118
Abbildung 41 - Schematische Darstellung der "Vegetationshürde"	124

18 Anhang

Hier befinden sich sämtliche Protokoll- und Erhebungsbögen, Bestimmungstabellen und anderwertiges Material, welches im Rahmen des Programmes benötigt werden.

Übersicht:

1. Beaufortskala
2. Erhebungsbogen - Vogelkartierung
3. Sammelbogen - Vogelkartierung
4. Protokollbogen - Ad libitum - Registrierung
5. Protokollbogen - Behavioural Sampling
6. Protokollbogen - Scan-Sampling
7. Bestimmungsbogen - Trittsiegel
8. Erhebungsbogen - Quantitative Bestäuberbeobachtung
9. Erhebungsbogen - Qualitative Bestäuberbeobachtung
10. Sammelbogen - Bestäuberbeobachtung
11. Bestimmungsschlüssel - Tagfalter und Widderchen
12. Protokollbogen - Standardisierte Streifnetzfänge
13. Sammelbogen - Standardisierte Streifnetzfänge
14. Bestimmungsschlüssel für häufige Heuschrecken
15. Protokollbogen - Sukzessionsuntersuchung mittels Barber-Fallen
16. Bestimmungsschlüssel für die epigäische Makrofauna 1
17. Bestimmungsschlüssel für die epigäische Makrofauna 2 (Spinnentiere)
18. Bestimmungsschlüssel für die epigäische Makrofauna 3 (Insekten)
19. Protokollbogen - Vegetation entlang des Höhengradienten
20. Protokollbogen - Vegetationsaufnahme
21. Protokollbogen - Vegetationsstrukturmessung
22. Protokollbogen - Phänologische Aufnahme

Beaufortskala zur Bestimmung der Windstärke

Grad	Bezeichnung	Auswirkungen	Km/h
0	Still	Rauch steigt senkrecht empor	1
1	Leiser Zug	Noch fast senkrecht steigender Rauch	2-5
2	Leichte Brise	Hebt ein Taschentuch an, Säuseln von Blättern, Wind im Gesicht spürbar	6-11
3	Schwache Brise	Dünne Zweige bewegen sich bereits, streckt ein Taschentuch	12-20
4	Mäßige Brise	Zweige, dünnere Äste bewegen sich, Papier und Staub wird gehoben, hält Grasnarbe in flatternder Bewegung	21-29
5	Frische Brise	Kleinere Laubbäume schwanken, Wind für Gesicht schon lästig	30-39
6	Starker Wind	Dicke Äste bewegen sich, im Gesicht unangenehm, beginnendes Rauschen der Bergwälder, pfeift schon um Häuser und Hütten	40-49
7	Steifer Wind	Bäume in Bewegung, erschwert das Gehen, Schneefahnen im Hochgebirge	50-61
8	Stürmischer Wind	Zweige brechen, Hemmung beim Gehen, sehr rascher Zug tiefer Wolken, voll entwickelte Schneefahnen aus großer Entfernung sichtbar	62-74

Vgl. **Schneider, Adolf**, 1974 . *Wetter und Bergsteigen*. München: Bergverlag Rudolf Rother

VOGELKARTIERUNG

Datum:

Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Vogelart	Nur gehört	Nur gesehen	Zuerst gehört und dann gesehen	Zuerst gesehen und dann gehört
Bergpieper				
Hausrotschwanz				
Steinschmätzer				
Alpenbraunelle				
Schneesperling				
Unbekannter Vogel				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				

SAMMELBOGEN - VOGELKARTIERUNG

Datum:

Länge der Datenaufnahme:

Anzahl der ErhebungsteilnehmerInnen:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Vogelart	Nur gehört	Nur gesehen	Zuerst gehört und dann gesehen	Zuerst gesehen und dann gehört
Bergpieper				
Hausrotschwanz				
Steinschmätzer				
Alpenbraunelle				
Schneesperling				
Unbekannter Vogel				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				

AD LIBITUM BEOBACHTUNG - MURMELTIER

Datum:

Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:

Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Tier 4	Tier 3	Tier 2	Tier 1	Tier
				Verhalten

BEHAVIOUR SAMPLING - MURMELTIER

Datum:

Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Zeit	Sitzen oder Liegen	Nahrungs- suchend oder fressend	In Bewegung	Markieren	Graben und Arbeiten am Bau
0-2 min					
2-4 min					
4-6 min					
6-8 min					
8-10 min					
10-12 min					
12-14 min					
14-16 min					
16-18 min					
18-20 min					
20-22 min					
22-24 min					
24-26 min					
26-28 min					
28-30 min					

SCAN SAMPLING - MURMELTIER

Datum:

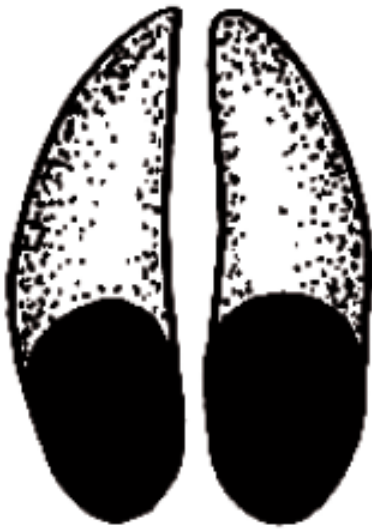
Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Zeit	Sitzen oder Liegen	Nahrungs- suchend oder fressend	In Bewegung	Markieren	Graben und Arbeiten am Bau
0 min					
2 min					
4 min					
6 min					
8 min					
10 min					
12 min					
14 min					
16 min					
18 min					
20 min					
22 min					
24 min					
26 min					
28 min					
30 min					

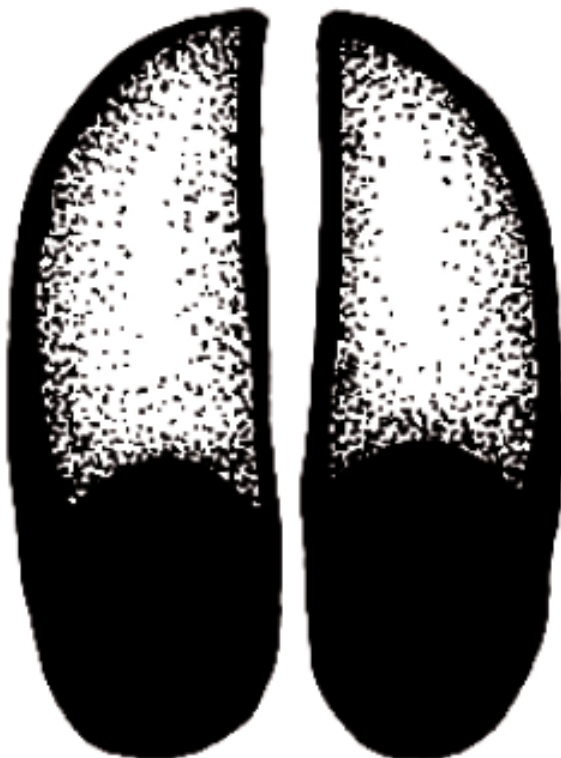
TRITTSIEGEL



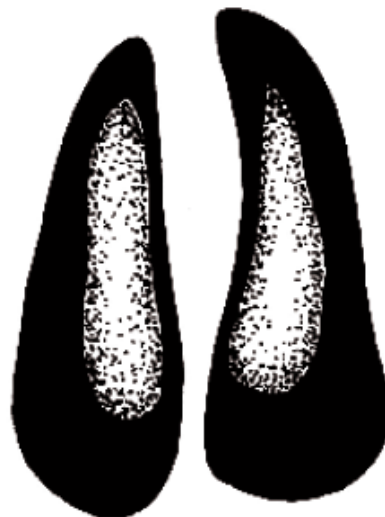
weiblich



Gämse
(*Rupicapra rupicapra*)



männlich
Rothirsch
(*Cervus elaphus*)



Steinbock
(*Capra ibex*)



Murmeltier
(*Marmota marmota*)



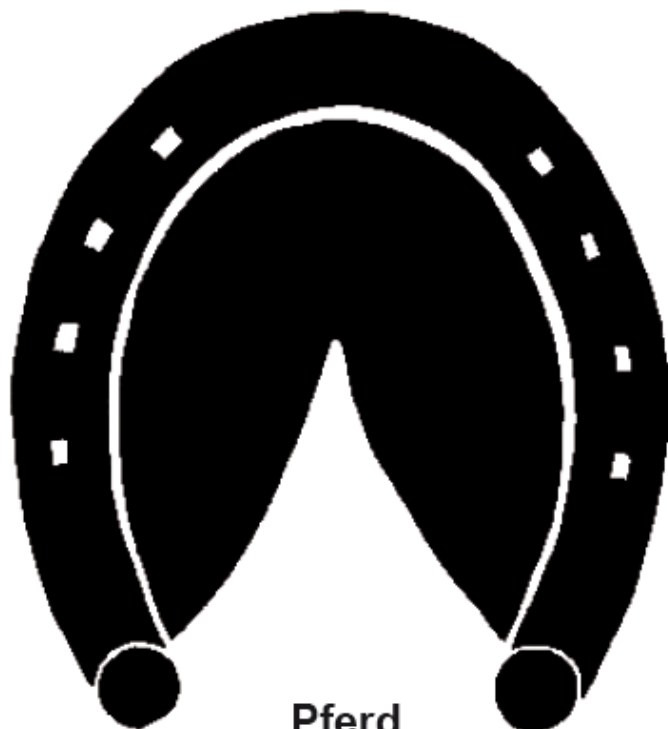
Rind
(*Bos primigenius taurus*)



langsam

schnell

Reh
(*Capreolus capreolus*)



Pferd
(*Equus ferus caballus*)



Rotfuchs
(*Vulpes vulpes*)



Hund (*Canis lupus familiaris*)
Wolf (*Canis lupus*)

QUANTITATIVE BESTÄUBERBEOBACHTUNG

Datum:

Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:

Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Blütentyp	Besucher				
	Hautflügler (z.B. Hummeln)	Schmetterlinge	Fliegen & Mücken	Käfer	Sonstige
Typ 1:					
Typ 2:					
Typ 3:					

QUALITATIVE BESTÄUBERBEOBACHTUNG

Datum:

Beginn der Datenaufnahme:

Ende der Datenaufnahme:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Blütentyp	Besucher				
	Hautflügler (z.B. Hummeln)	Schmetter- linge	Fliegen & Mücken	Käfer	Sonstige
Scheiben- und Schalenblumen					
Glockenblumen					
Röhrenblumen/ Trichterblumen					
Köpfchen- und Körbchentyp					
Lippenblumen					
Schmetterlings- blumen					

SAMMELBOGEN - BESTÄUBERBEOBACHTUNG

Datum:

Länge der Datenaufnahme:

Anzahl der Protokollbögen:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

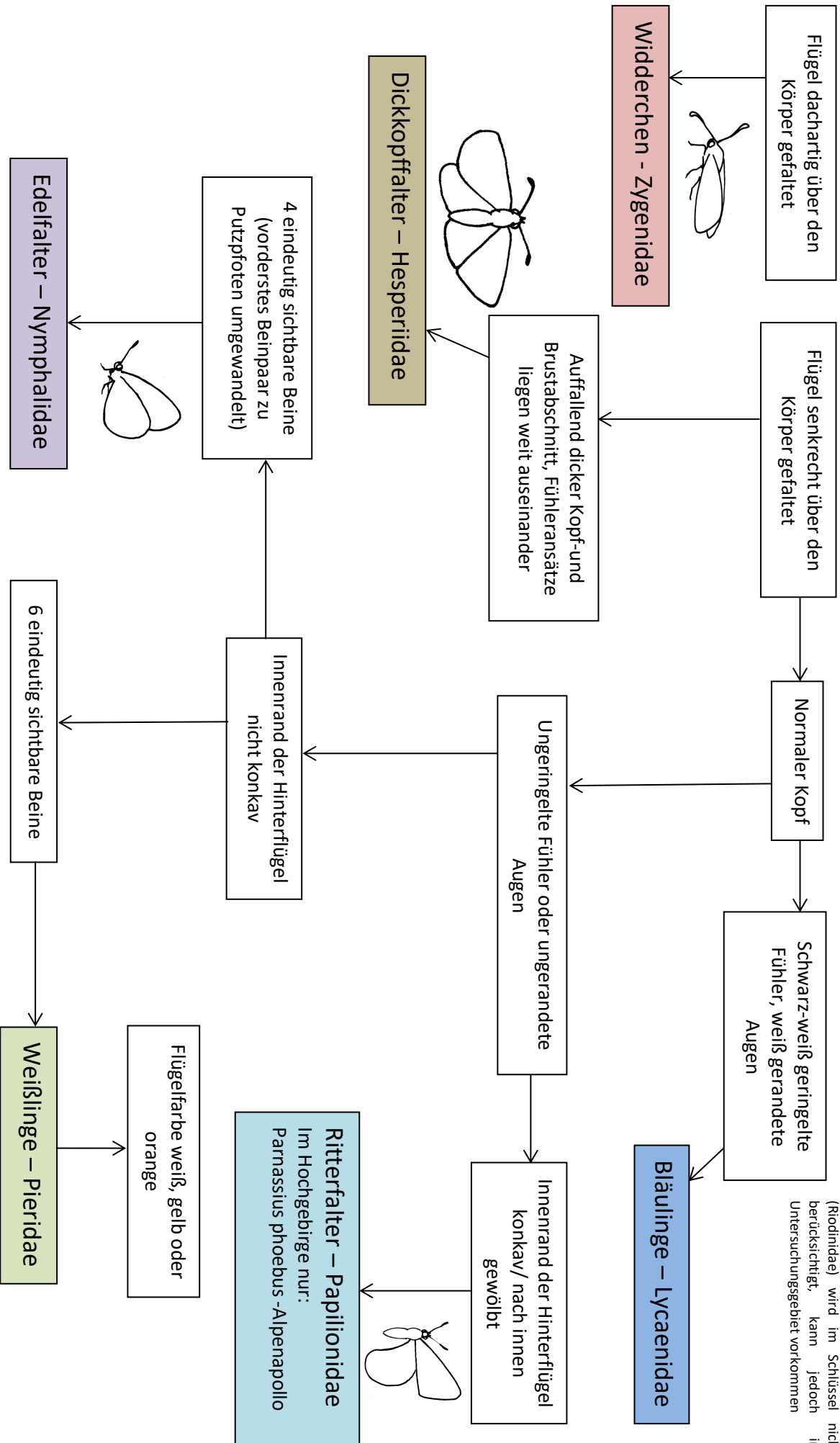
Blütentyp	Besucher				
	Hautflügler (z.B. Hummeln)	Schmetterlinge	Fliegen & Mücken	Käfer	Sonstige
Scheiben- und Schalenblumen					
Glockenblumen					
Röhrenblumen/ Trichterblumen					
Köpfchen- und Körbchentyp					
Lippenblumen					
Schmetterlingsblumen					

Tagfalter- und Widerchenbestimmung

→ Tiere mit gekauten oder spindelförmigen Fühlern



Zeichnungen bereitgestellt von Harald Krenn. Die Familie der Würfelfalter (Riodinidae) wird im Schlüssel nicht berücksichtigt, kann jedoch im Untersuchungsgebiet vorkommen



STANDARDISIERTE STREIFNETZFÄNGE - HEUSCHRECKEN

Datum:

Beginn und Ende der Datenaufnahme:.....

Höhenlage:

Biotoptyp:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Heuschreckenart	Anzahl
1 :	
2 :	
3 :	
4 :	
5 :	
6 :	
7 :	
8 :	
9 :	
10 :	

SAMMELBOGEN - STANDARDISIERTE STREIFNETZFÄNGE

Datum:

Zeit der Datenaufnahme:

Höhenlage/n:

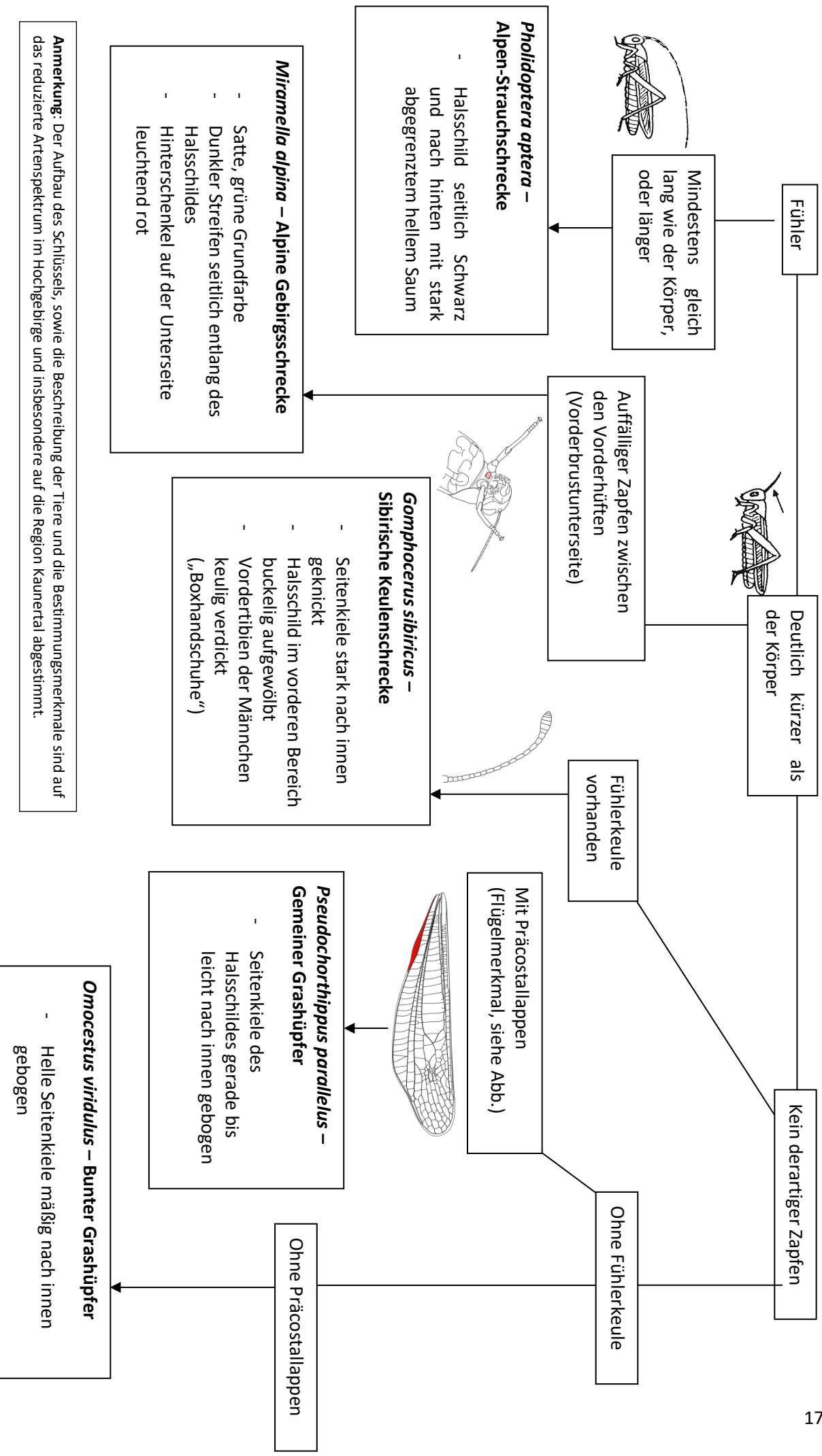
Biotoptyp/en:

Größe der Aufnahme­fläche:

Witterung:	Bewölkungsgrad (%)	Temperatur (°C)	Niederschlag (ja/nein)	Windstärke

Heuschreckenart	Anzahl

Bestimmungsschlüssel für häufige Heuschreckenarten im alpinen Rasen/ Kaunertal



SUKZESSIONSUNTERSUCHUNG MITTELS BARBERFALLEN

STANDORT 1

Ausbringungsdatum/Zeit		Vegetation- Deckungsgrad	
Entleerungsdatum/Zeit		Boden (ungefähre Korngröße, Beschreibung)	
Koordinaten			
Anzahl der Fallen			

Auswertung	
Organismus (Taxa)	Anzahl

SUKZESSIONSUNTERSUCHUNG MITTELS BARBERFALLEN

STANDORT 2

Ausbringungsdatum/Zeit		Vegetation- Deckungsgrad	
Entleerungsdatum/Zeit		Boden (ungefähre Korngröße, Beschreibung)	
Koordinaten			
Anzahl der Fallen			

Auswertung	
Organismus (Taxa)	Anzahl

SUKZESSIONSUNTERSUCHUNG MITTELS BARBERFALLEN

STANDORT 3

Ausbringungsdatum/Zeit		Vegetation- Deckungsgrad	
Entleerungsdatum/Zeit		Boden (ungefähre Korngröße, Beschreibung)	
Koordinaten			
Anzahl der Fallen			

Auswertung	
Organismus (Taxa)	Anzahl

SUKZESSIONSUNTERSUCHUNG MITTELS BARBERFALLEN

STANDORT 4

Ausbringungsdatum/Zeit		Vegetation- Deckungsgrad	
Entleerungsdatum/Zeit		Boden (ungefähre Korngröße, Beschreibung)	
Koordinaten			
Anzahl der Fallen			

Auswertung	
Organismus (Taxa)	Anzahl

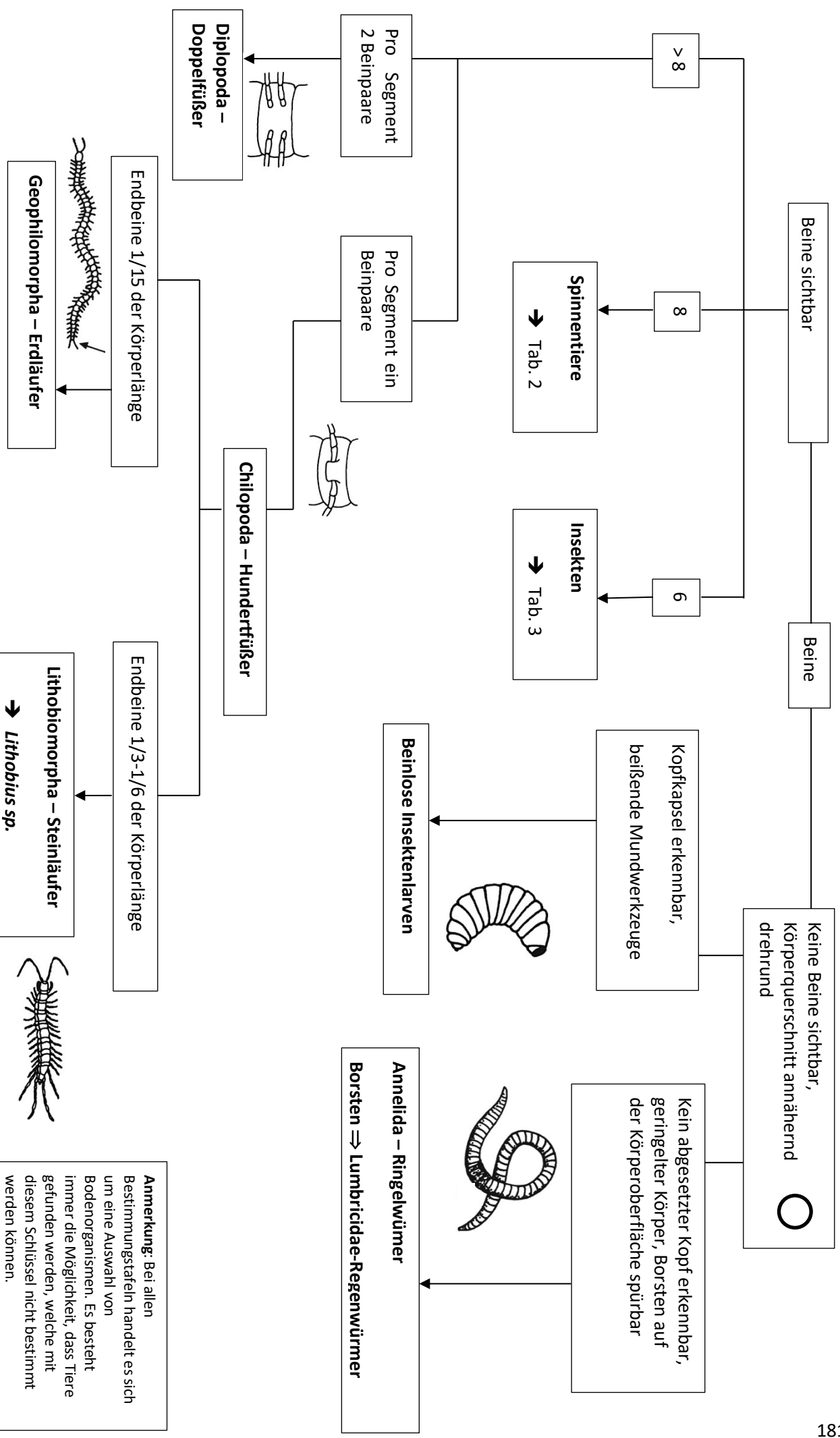
SUKZESSIONSUNTERSUCHUNG MITTELS BARBERFALLEN

STANDORT 5

Ausbringungsdatum/Zeit		Vegetation- Deckungsgrad	
Entleerungsdatum/Zeit		Boden (ungefähre Korngröße, Beschreibung)	
Koordinaten			
Anzahl der Fallen			

Auswertung	
Organismus (Taxa)	Anzahl

Bestimmungsschlüssel für ausgewählte, epigäische Makrofauna



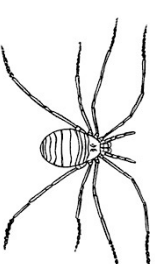
Bestimmungsschlüssel für ausgewählte, epigäische Makrofauna Tab. 2-Spinnentiere



Durch Stiel verbunden

Araneae – Webspinnen

Vordere Beinpaare



ungeteilt

Opiliones – Weberknechte



Deutlich seitwärts gerichtet,
Vordere Beinpaare deutlich
länger als hintere

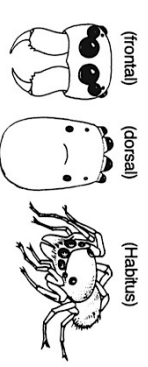
Thomisidae – Krabbenspinnen



Nicht deutlich seitlich

Vordere Augen

Stark vergrößert,
nach vorne
gerichtet

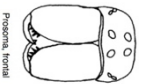


Salticidae – Springspinnen

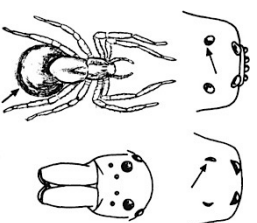
Augen

Nicht stark
vergrößert

Augen in 3 Reihen



Augen in 3 Reihen,
3. Augenpaar nach
hinten gerückt

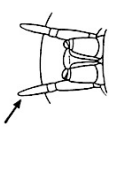


Lycosidae – Wolfsspinnen

Weibchen tragen oft
Eikokon am Hinterleib

Augen in 2 Reihen

Spinnwarzen

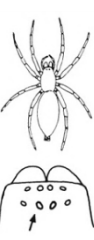


Vordere
Spinnwarzen
deutlich verlängert



zylindrisch

Gnaphosidae – Plattbauchspinnen



Konisch verjüngt, Basis
stark genähert

Clubionidae – Sackspinnen



Agelenidae – Trichterspinnen

Vordere Mittelaugen
nahe am
Chelicerenansatz,
Seitenaugen weit
nach außen gerückt

Araneidae – Radnetzspinnen

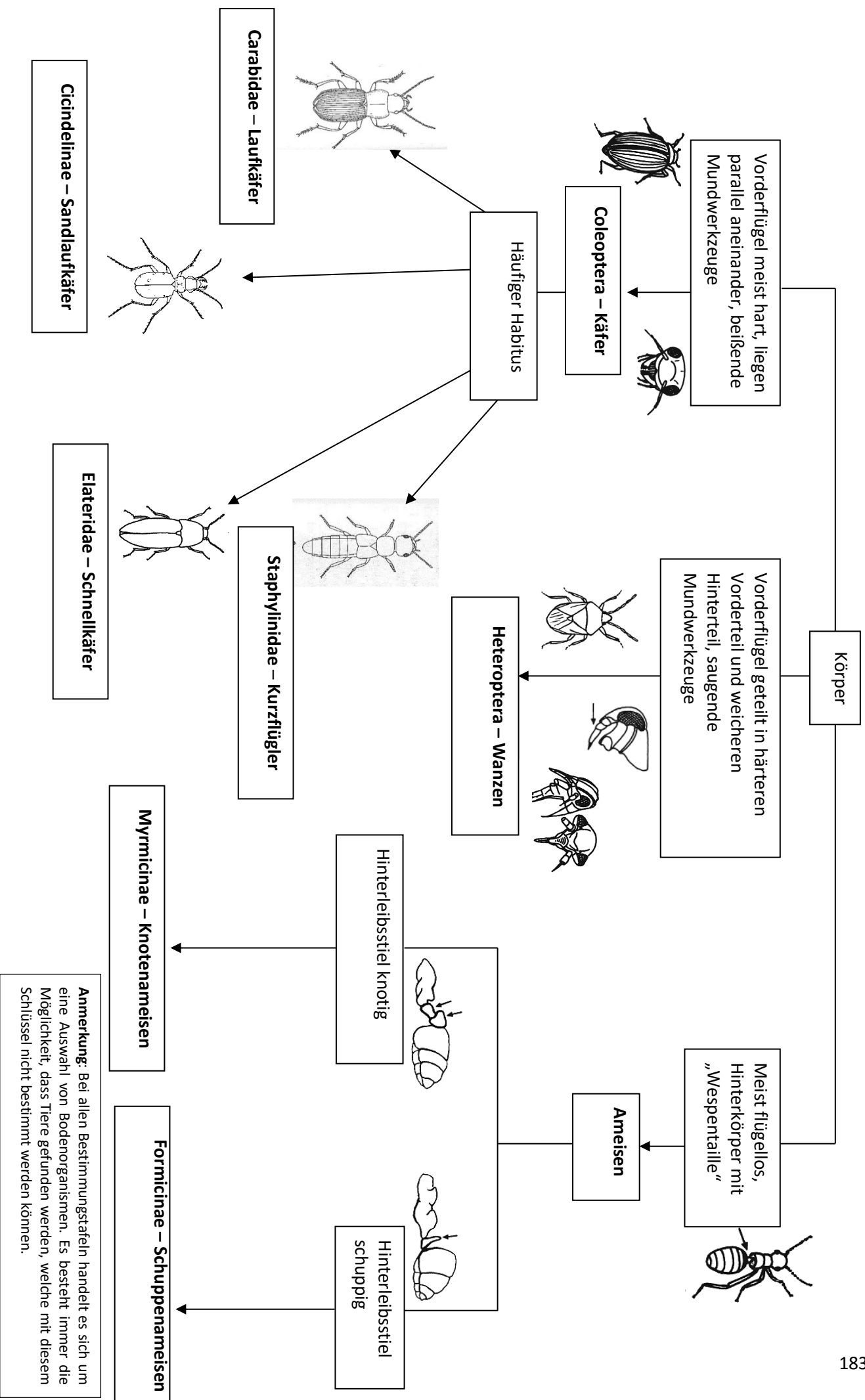
Vordere Mittelaugen
entfernt vom
Chelicerenansatz,
Seitenaugen nicht nach
außen gerückt,
meist < 6mm

**Linyphiidae –
Baldachinspinnen**

Anmerkung: Bei allen Bestimmungstafeln handelt es sich um eine Auswahl von Bodenorganismen. Es besteht immer die Möglichkeit, dass Tiere gefunden werden, welche mit diesem Schlüssel nicht bestimmt werden können.

Bestimmungsschlüssel für ausgewählte, epigäische Makrofauna Tab. 3-Insekten

183



Vegetation entlang des Höhengradienten

Datum:

Standort 1		Seehöhe	
Uhrzeit		Koordinaten	
Temperatur		Baumdichte	
Luftdruck		Dominante Baumart	
Hangneigung		Strauchförmiger Unterwuchs- Deckungsgrad:	
Sonstige vorkommende Gehölze:			
Standort 2		Seehöhe	
Uhrzeit		Koordinaten	
Temperatur		Baumdichte	
Luftdruck		Dominante Baumart	
Hangneigung		Strauchförmiger Unterwuchs- Deckungsgrad:	
Sonstige vorkommende Gehölze:			
Standort 3		Seehöhe	
Uhrzeit		Koordinaten	
Temperatur		Baumdichte	
Luftdruck		Dominante Baumart	
Hangneigung		Strauchförmiger Unterwuchs- Deckungsgrad:	
Sonstige vorkommende Gehölze:			
Standort 4		Seehöhe	
Uhrzeit		Koordinaten	
Temperatur		Baumdichte	
Luftdruck		Dominante Baumart	
Hangneigung		Strauchförmiger Unterwuchs- Deckungsgrad:	
Sonstige vorkommende Gehölze:			

VEGETATIONS-AUFNAHME

Datum:

Standort:

Symbol	Individuenzahl	Deckung
r	Einzelvorkommen	Deutlich unter 1%
+	Wenige (2-5) Exemplare	< 1 %
1	Viele (6-50) Exemplare	1 – 5 %
2	Nicht abzählbar	5 – 25 %
3	Nicht abzählbar	25 – 50 %
4	Nicht abzählbar	50 – 75 %
5	Nicht abzählbar	75 – 100 %

[illegible]

VEGETATIONSSTRUKTURMESSUNG

Datum:

Standort 1:

Bodenoberflächentemperatur											
Feuchtigkeit über Oberboden											
Vegetationshöhe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø
Vegetationsdichte											
Horizontalstruktur	40-50 cm		30-40 cm		20-30 cm		10-20 cm		0-10cm		
	1		1		1		1		1		
	2		2		2		2		2		
	3		3		3		3		3		
	4		4		4		4		4		
	5		5		5		5		5		
	Ø		Ø		Ø		Ø		Ø		
Vertikalstruktur	40-50 cm		30-40 cm		20-30 cm		10-20 cm		0-10 cm		
	1		1		1		1		1		
	2		2		2		2		2		
	3		3		3		3		3		
	4		4		4		4		4		
	5		5		5		5		5		
	Ø		Ø		Ø		Ø		Ø		

Standort 2:

Bodenoberflächentemperatur											
Feuchtigkeit über Oberboden											
Vegetationshöhe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ø
Vegetationsdichte											
Horizontalstruktur	40-50 cm		30-40 cm		20-30 cm		10-20 cm		0-10cm		
	1		1		1		1		1		
	2		2		2		2		2		
	3		3		3		3		3		
	4		4		4		4		4		
	5		5		5		5		5		
	Ø		Ø		Ø		Ø		Ø		
Vertikalstruktur	40-50 cm		30-40 cm		20-30 cm		10-20 cm		0-10 cm		
	1		1		1		1		1		
	2		2		2		2		2		
	3		3		3		3		3		
	4		4		4		4		4		
	5		5		5		5		5		
	Ø		Ø		Ø		Ø		Ø		

PHÄNOLOGISCHE AUFNAHME

Datum:

Standort:

Krautige Pflanzen			
Vegetative Phänostufen		Generative Phänostufen	
1	Frische Triebe ohne entfaltete Blätter	1	Ohne Blütenknospen
2	Erstes Blatt entfaltet	2	Blütenknospen erkennbar
3	Wenige Blätter entfaltet (< 50 %)	3	Kurz vor der Blüte
4	Fast alle Blätter entfaltet (> 50 %)	4	Beginnende Blüte (bis 50 %)
5	Voll entwickelt	5	Vollblüte
6	Vergilbung bis 50 %	6	Verblüht
7	Vergilbung über 50 %	7	fruchtend
8	Oberirdisch abgestorben	8	Ausstreuen der Samen bzw. Abwerfen der Früchte
Gräser			
Vegetative Phänostufen		Generative Phänostufen	
1	Frische Triebe ohne Blätter	1	Ohne Blütenknospen
2	Erstes Blatt entfaltet	2	Blütenstand sichtbar, nicht entfaltet
3	2-3 Blätter entwickelt	3	Blütenstand entfaltet
4	Halme teilweise ausgebildet	4	Bis 50 % stäubend
5	Pflanze voll entwickelt	5	Vollblüte
6	Vergilbung bis 50 %	6	Verblüht
7	Vergilbung über 50 %	7	Fruchtend
8	Oberirdisch abgestorben	8	Ausstreuen der Samen

[illegible]