



Universität für Bodenkultur Wien

Anwendung der fotografischen Fang-Wiederfangmethode zur Erfassung einer Steinwildpopulation im subalpinen bis alpinen Lebensraum der steirischen Schneealm.

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science

im Rahmen des Studiums Wildtierökologie und
Wildtiermanagement

Eingereicht von: Thomas Gravogl

Matrikelnummer: 0640435

Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft (IWJ)
Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung

Betreuer: Univ.Prof. Dipl.-Biol. Dr.rer.nat. Klaus Hackländer
Mitbetreuer: Robin Sandfort, MSc

Lilienfeld, September 2015





Universität für Bodenkultur Wien

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert und mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

14.09.2015

Datum

Unterschrift

Zusammenfassung

Die Erfassung von Populationsparametern wie Abundanz, Geschlechterverhältnis und Altersaufbau stellt eine grundlegende Voraussetzung für das Management von Wildtieren dar. In dieser Masterarbeit wurden diese Parameter für die Steinwildpopulation (*Capra ibex*) auf der steirischen Schneealpe erhoben. Da sowohl die untersuchte Population, als auch das Steinwild generell immer öfter in unübersichtlichen, bewaldeten Habitaten ihren Lebensraum findet ist die Erhebung dieser Populationsparameter mittels traditioneller Methoden wie der Synchronzählung nur schwer möglich. Klassischer Fang-Wiederfang kam aufgrund der Absturzgefahr bei Immobilisation und wegen des hohen Aufwandes nicht in Frage, deshalb wurde in dieser Masterarbeit von Juli bis Oktober 2013 die Methode des fotografischen Fang-Wiederfangs angewendet. In Anlehnung an eine Studie von Sandfort (2015) in der gezeigt wurde, dass Steinwild aufgrund seiner natürlichen Hornmerkmale individuell identifizierbar ist und es deshalb möglich ist mit dieser Methode zu arbeiten, stellt die vorliegende Arbeit die erste Anwendung in der Vegetationsperiode auf eine nicht auf einem Fütterungsstandort konzentrierte Steinwildpopulation dar. Es konnte gezeigt werden, dass der untersuchte Ausschnitt der Steinwildpopulation auf der Schneealpe aus mindestens 23 ein- oder mehrjährigen Individuen und drei Kitzen, also gesamt mindestens 26 Tieren besteht. Das 95% Konfidenzintervall beträgt 24-31 Tiere (ohne Kitze). Mittels einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) und Sandfort (2015) soll zusätzlich die Identifizierung der einzelnen Individuen methodisch verbessert werden.

Abstract

Availability of population facts like abundance, fecundity and age structure are of major importance for wildlife management. In this master thesis these parameters were estimated for an ibex population (*Capra ibex*) at the styrian Schneealpe (Styria, Austria). As both, the concerned population and ibex populations in general are more often using densely wooded habitats, ground counting methods are not suitable due to reduced visibility.

Usage of traditional capture-mark-recapture methods is not intended in this study because of high costs and mortal risks during immobilisation, so we used the method of photographic capture-recapture during July and October 2013. Referring to a study of Sandfort (2015), in which he showed that ibex can be individually indentified because of natural markings in form of individual horn structures, this thesis is the first application of the photographic capture-recapture method in the vegetation period on an ibex population which is not concentrated at a feeding place. With the present study we were able to show that the ibex population at the Schneealpe consists of at least 23 individuals aged one year or older and three fawns, with a 95% confidence interval of 24-31 individuals (without fawns). In addition an adapted measuring method according to Willisch *et al.* (2013) and Sandfort (2015) shall be used for more precise identification of the individuals.

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Univ.Prof. Dipl.-Biol. Dr.rer.nat. Klaus Hackländer für die Ermöglichung und die Betreuung dieser Masterarbeit bedanken. Besonderer Dank gilt auch Robin Sandfort MSc., der mir neben der fortlaufenden Betreuung der Masterarbeit stets mit gutem Rat und neuen Ideen zur Seite stand.

Außerdem möchte ich mich ganz herzlich beim Forstbetrieb Steiermark der Österreichischen Bundesforste AG und hier vor allem bei DI Richard Höllerer, DI Stefan Friedl und Rainer Gosch für das Vertrauen, die Ermöglichung und für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit bedanken.

Ich danke auch ganz besonders meiner Familie für die Unterstützung während meines Studiums, die vielen motivierenden Worte und letztendlich auch allen Beteiligten für ihre Geduld.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Material und Methoden	10
2.1	Das Untersuchungsgebiet.....	10
2.2	Fotografischer Fang-Wiederfang.....	11
2.2.1	Scouting.....	11
2.2.2	Kamerafallen.....	13
2.2.3	Digiskopie.....	14
2.3	Datenverwaltung und Aufbereitung.....	15
2.3.1	CameraBase.....	15
2.3.2	Vermessung.....	17
2.4	Populationsmodelle.....	19
2.5	Statistische Auswertung.....	21
3	Ergebnisse	22
3.1	Kameras.....	22
3.1.1	Zeitrafferkameras.....	22
3.1.2	Kamerafallen.....	24
3.1.3	Digiskopie.....	27
3.2	Populationsmodelle.....	28
3.3	Populationsstruktur.....	30
3.4	Vermessung.....	31
3.4.1	Scatterplots.....	31
3.4.2	Diskriminanzanalyse.....	36
3.4.3	Regressionsbäume.....	36

4	Diskussion	37
4.1	Populationsgröße	37
4.2	Vermessung.....	41
4.3	Empfehlungen für weitere Studien	43
4.3.1	Untersuchungszeitraum	43
4.3.2	Vermessung	45
5	Literaturverzeichnis	47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Von den Kamerafallen gelieferte Datensätze aufgeschlüsselt nach Kategorie und Kamerastandort. In der Kategorie „Restliche Kategorien“ sind die Datensätze der Kategorien „Mensch“, „Beginn“, „Ende“, „Unbekannt“ und „Sonstiges“ zusammengefasst.....	25
Tab. 2: Anzahl der unabhängigen Datensätze der einzelnen Kategorien, sowie Anzahl der Kamerastandorte an denen Fotos die dieser Kategorien zugeordnet wurden aufgezeichnet werden konnten.....	26
Tab. 3: Übersicht und Erklärung der vom Programm CAPTURE berechneten Populationsmodelle.....	29
Tab. 4: Ergebnis der im Programm CAPTURE durchgeführten Modellselektion.....	29
Tab. 5: Geschätzte Populationsgrößen und Fangwahrscheinlichkeiten von Steinwild auf der Schneevalpe. Ergebnisse der Modelle $M(0)$, $M(t)$ und $M(th)$	30
Tab. 6: Vergleich der Arbeit von Sandfort (2015) und der vorliegenden Arbeit in Bezug auf die Hypothese „Die fotografische Fang-Wiederfangmethode kann auch auf eine Steinwildpopulation mit geringerer Dichte, ohne größerem Arbeitsaufwand, angewandt werden“.....	38
Tab. 7: Eckdaten der Arbeiten von Sandfort (2015) und der vorliegenden Arbeit in Bezug auf die Hypothese „der Anteil der identifizierbaren Individuen in den jungen Altersklassen beider Geschlechter wird durch Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willis <i>et al.</i> (2013) gesteigert“.....	41

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Übersichtskarte mit der Lage des Untersuchungsgebiets in Österreich und einer Detailkarte mit eingezeichneten Steinwildeinstandsgebieten. Die beiden blau umrandeten Bereiche stellen die Steinwildeinstände Jausensteinwand (1) und Lachalm/Wassertal (2) dar. Der rot umrandete Bereich zeigt Kern- und Randzone der Gamswildbewirtschaftung auf der Schneealpe. Datenbasis: GIS Steiermark (2012) Layout: Robin Sandfort (2012) Modifiziert von: Thomas Gravogl 11
- Abb. 2: Positionen der Kamerafallen Jausenstein unten, Jausenstein oben und Schönhaltereck. Datenbasis: GIS Steiermark (2012)..... 13
- Abb. 3: Positionen der Kamerafallen Lachalm, Blastein und Wassertal. Am linken unteren Bildrand ist der Ort Mürzsteg zu sehen. Datenbasis: GIS Steiermark (2012). 14
- Abb. 4: Das Interface der Funktion „Compare Photos“ des Programms „CameraBase“. Am linken Bild kann man sich durch die unidentifizierten Bilder klicken und diese nach und nach individuell zuordnen. Die bereits identifizierten Tiere finden sich auf der rechten Seite..... 16
- Abb. 5: Checkerboard mit bekannter Seitenlänge zur Kalibrierung im Programm „Analyzing Digital Images“. Durch die bekannte Länge der roten Linie können in weitere Folge die verschiedenen Strecken vermessen werden..... 18
- Abb. 6: Beispiel einer Messstrecke vom rechten Ende des Auges bis zur Hornspitze mit Hilfe einer Linie, dem „Line Tool“ im Programm „Analyzing Digital Images“. Aufgenommen werden die Länge in „cm“ und die Anzahl der Pixel..... 19
- Abb. 7: Einzelbild einer Zeitrafferkamera wie sie im Scouting zum Einsatz kam. Rot umrandet erkennt man einen Rothirsch. Die hohe Vegetation erschwert jedoch die Auswertung. 23
- Abb. 8: Einzelbild einer Zeitrafferkamera am Scoutingstandort Jausenstein oben. Interaktion zwischen Steinwild und Gamswild (rot umrandet). 23

- Abb. 9: Beispiel für ein Foto mit zwei Steinböcken. Das Foto wurde dupliziert um für die Auswertung pro Individuum einen Datensatz zu erhalten..... 24
- Abb. 10: Stark fragmentierter, bewaldeter Teil des Steinwildlebensraums auf der Schneealpe im Bereich Jausensteinwand. Außerdem zu sehen ist die verwendete Digiskopieausrüstung. 27
- Abb. 11: Steingeiß mit Kitz, fotografiert mit der Digiskopieausrüstung aus rund 30m Entfernung..... 28
- Abb. 12: Alterspyramide der untersuchten Stichprobe der Steinwildpopulation auf der steirischen Schneealpe, aufgenommen im Sommer 2013..... 31
- Abb. 13: Messstrecken für frontale und seitliche Fotos. Rote Markierungen stellen Messstrecken dar, die mit dem „Line Tool“ gemessen wurden. Blaue Markierungen wurden mit dem „Angle Tool“ (frontal) beziehungsweise mit dem „Path Tool“ (seitlich) gemessen. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt. Legende: 1...Auslage unten, 2...Auslage oben, 3...Auge-Spitze, 4...Horn, 5...Auge-Hornansatz, 6...Winkel Spitze-Hornansatz-Spitze, 7...Winkel Spitze-Nase-Spitze, 8...Pfad Auge-Horn-Auge (Ratti & Meile, 1997, modifiziert von Gravogl)..... 32
- Abb. 14: Messstrecken für Hinteransichten. Rote Markierungen stellen Messstrecken dar, die mit dem „Line Tool“ gemessen wurden. Blaue Markierungen wurden mit dem „Angle Tool“ gemessen. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt. Legende: 1...Auslage oben, 2...Auslage unten, 3...Winkel Spitze-Hornansatz-Spitze.....33
- Abb. 15: Veranschaulichung der Messstrecken Knoten 1-1 (1), Knoten 2-2 (2), Knoten 3-3 (3) und Knoten 4-4 (4). Diese Messungen kamen ausschließlich bei mehrjährigen, männlichen Individuen zur Anwendung. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt..... 34

Abb. 16: Der Scatterplot links oben stellt die Messstrecken „Auslage unten vorne“ und „Auslage oben vorne“ dar, rechts oben sind das Verhältnis „Auslage oben zu Auslage unten vorne“ und die Messwerte der Strecke „Auslage oben vorne“ visualisiert. Links unten sind die Messungen der Strecke „Auge-Spitze links“ und das Verhältnis „Auge-Stange-Auge“ zu „Auge-Spitze“ dargestellt. Der Scatterplot rechts unten zeigt die Strecken „Auge-Stange-Auge links“ und das Verhältnis „Auge-Stange-Auge“ zu „Auge-Spitze“. Die blauen Punkte stellen männliche, die roten Punkte weibliche Individuen dar. 35

Abb. 17: Akkumulationskurve der Fanggeschichte aus der Arbeit von Sandfort (2015). Der graue Bereich stellt das entsprechende Konfidenzintervall dar. 40

Abb. 18: Akkumulationskurve der Fanggeschichte des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ausschnitts der Steinwildpopulation auf der Schneeralpe. Der graue Bereich stellt das entsprechende Konfidenzintervall dar. 40

1 Einleitung

Die Schneealm, synonym auch Schneealpe (Steiermark, Österreich), ist Lebensraum für eine wild lebende Steinwildpopulation (*Capra ibex*). Das Untersuchungsgebiet befindet sich größtenteils im Besitz der Österreichischen Bundesforste AG. Der Forstbetrieb Steiermark und insbesondere der zuständige Revierleiter des Reviers Neuberg beobachtet seit Jahren eine auf niedrigem Niveau stagnierende Populationsgröße. Weder die Abundanz noch Parameter wie die genaue Altersstruktur, Fekundität und das Geschlechterverhältnis sind bekannt. Um eine Beurteilung der demografischen Entwicklung zu ermöglichen, sind diese Kardinalwerte jedoch unerlässlich (Williams *et al.*, 2002). Die Erhebung dieser Populationsparameter stellt die erste Aufgabe dieser Arbeit dar.

Nachdem das Steinwild im Alpenraum zu Beginn des 19. Jahrhunderts beinahe vollständig ausgerottet worden war, wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts in der Schweiz mit Tieren aus dem heutigen Gran Paradiso Nationalpark (Italien) mit der Wiederansiedelung begonnen. Das königliche Jagdrevier des Gran Paradiso war zu diesem Zeitpunkt Lebensraum der letzten, nicht mit Hausziegen hybridisierten Steinwildpopulation (Egger-Batliner, 2011). Ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde Steinwild daraufhin wieder im gesamten Alpenraum angesiedelt. Heute bieten die Alpen Lebensraum für einen Bestand von rund 40000 Tieren, wobei davon rund 4800 Individuen in Österreich ihren Lebensraum finden (Egger-Batliner, 2011).

Zu einer ersten Ansiedelung von Steinwild auf der Schneealpe kam es im Jahr 1959. Insgesamt wurden zwischen den Jahren 1959 und 1963 acht Stück Steinwild, jeweils vier einjährige Böcke und vier einjährige Geißen ausgesetzt. Schon damals war die Gründung dieser Kolonie nicht unumstritten. Der durch den Plateaucharakter und die ringsum steil

abfallenden Felswände geprägte Lebensraum Schneealpe und die aus diesen Fakten hervorgehenden fehlenden Wintereinstände warfen die Frage nach der biologischen Sinnhaftigkeit einer solchen Ansiedelung auf (Gressmann, 1997). Dafür, dass es sich bei dieser Kolonie um keine Wiederansiedelung, sondern um eine Neuansiedelung von Steinwild handelte spricht ein Artikel von Amon (1956), laut welchem nach der letzten Eiszeit nichts auf ein Steinwildvorkommen östlich einer durch das Bundesland Salzburg verlaufenden Nord-Süd Linie hindeutet. Die sich nur langsam entwickelnde Population auf der Schneealpe erreichte im Jahr 1972 eine Größe von etwa 20 bis 25 Stück (Gressmann, 1997). Ein im Jahr 2000 veröffentlichter Artikel spricht von einem seither auf diesem Niveau stagnierenden Bestand (Gressmann *et al.*, 2000). Gressmann vermutet in Verbindung mit den bereits erwähnten unpassenden Winterlebensräumen auch eine potentielle Abwanderung von einzelnen Individuen auf das benachbarte Hochschwabmassiv als möglichen Grund für die schlechte Entwicklung der Schneealpenpopulation (Gressmann, 1997).

Die Steinwildpopulation auf dem Hochschwab entwickelt sich im Vergleich zu jener auf der Schneealpe sehr gut. Sie zählt mittlerweile über 400 Individuen. Dies kann in den Winterlebensräumen, die auf dem Hochschwab nur rund 16% der Sommerlebensraumfläche ausmachen und sich mit den Winterlebensräumen des Gamswildes überschneiden, zu einer Nahrungskonkurrenz dieser beiden Arten führen. Das im Vergleich zum Gamswild größere Steinwild ist konkurrenzstärker, das Gamswild muss also bei derart hohen Dichten wie sie auf dem Hochschwab vorherrschen in schlechtere Lebensräume ausweichen oder weniger Nahrung aufnehmen. Beides kann zu schlechterer Kondition der Tiere und in Folge zu höherer Fallwildanzahl führen (Winkelmayr, 2013). Entwicklungen wie diese erfordern nähere Betrachtung der einzelnen Populationen. Nur mit

genauen Informationen über bereits erwähnte Populationsparameter und Raumnutzung kann man solche Interaktionen besser verstehen und etwaige Managementmaßnahmen setzen.

Die traditionelle Methode um Abundanz und andere Populationsparameter bei Steinwild zu erlangen, ist die Synchronzählung (Jacobson *et al.*, 2004). Auch eine Arbeit von Largo *et al.* (2008) kommt zu dem Schluss, dass wiederholte Zählungen in offenen Habitaten ein gutes Monitoringinstrument für Steinwildpopulationen darstellen können. Da das Steinwild auf der Schneealpe jedoch nicht die für diese Art üblichen offenen Flächen oberhalb der Waldgrenze (Meile *et al.*, 2003), sondern größtenteils bewaldete, unübersichtliche Habitate nutzt, wäre eine Synchronzählung für die zu untersuchende Population nur bedingt zielführend. Eine weitere Möglichkeit um Steinwildpopulationen zu erheben, stellt die Methode des Fang-Wiederfangs dar. Hierfür werden die Tiere immobilisiert und mit Hilfe von Ohrmarken oder Halsbändern gekennzeichnet um sie bei einem Wiederfang identifizieren zu können (Abderhalden & Buchli, 1998). Diese Methode ist jedoch mit einem invasiven Eingriff und vergleichsweise mit höherem Aufwand und hohen Kosten verbunden (Karanth & Nichols, 2002; McClintock *et al.*, 2013). Auch die Gefahr eines Absturzes des Tieres nach der Immobilisation mittels Narkosegewehr ist groß (Abderhalden *et al.*, 1998).

Bei dieser Arbeit soll deshalb die Methode des fotografischen Fang-Wiederfangs zur Anwendung kommen. Hierfür werden die Tiere mit Hilfe von Kamerafallen fotografiert und anhand von individuellen Merkmalen identifiziert, um im Anschluss entsprechende Populationsmodelle berechnen zu können. Diese Methode wurde ursprünglich für Raubkatzen entwickelt (Karanth, 1995), wurde jedoch auch bereits bei Steinwild erfolgreich angewandt (Sandfort, 2015). Während bei Raubkatzen

verschiedene Fellmuster für die Identifizierung ausschlaggebend sind (Henschel & Ray, 2003; Karanth, 1995), können bei Steinwild die einzelnen Individuen mittels Vergleich der Hornstrukturen voneinander unterschieden werden. Jedes Horn kann wie ein individueller Strichcode gesehen werden, anhand dessen man die Identifikation der Individuen durchführen kann (Sandfort, 2015). Um die Identifizierung der fotografierten Individuen methodisch zu optimieren, kommt eine adaptierte Vermessungsmethode (Willisch *et al.*, 2013; Sandfort, 2015) zur Anwendung.

Es existiert eine Reihe von Arbeiten, welche sich mit der Vermessung von Hörnern beschäftigt. So sollten beispielsweise über Hornlänge- und Umfang, sowie über jährliche Zuwachsraten Unterschiede in der Konstitution von verschiedenen Steinwild Populationen bestätigt werden (Buchli & Abderhalden, 1998). Luzón *et al.* (2008) zeigten einen Zusammenhang zwischen der durch Vermessung festgestellten Hornqualität und Parasitismus bei spanischen Steinwildpopulationen. Eine Arbeit von Büntgen *et al.* (2014) beschäftigt sich mit dem Einfluss von Klima und im speziellen der Temperatur auf den jährlichen Hornzuwachs bei Steinwild. Alle diese Arbeiten basieren jedoch auf Messungen direkt am Horn von zuvor erlegten Tieren und dienen nicht der Identifizierung von Individuen.

Willisch *et al.* (2013) zeigten, dass es möglich ist, mit Hilfe von Referenzobjekten mit bekannter Größe jährliche Zuwächse von Steinwildhörnern nur mit Hilfe von Fotos zu vermessen und es in diesem Fall nicht notwendig ist, diese zu immobilisieren. Diese Methode soll auch in dieser Arbeit in adaptierter Form angewandt werden. Sandfort (2015) führte die Messungen der Hornmerkmale mittels der Auszählung von Bildpunkten (Pixeln) und referenzierten Positionsmarken durch. Die

Vermessung wurde erstmals zum Zweck der individuellen Identifizierung der Tiere durchgeführt.

Durch die in dieser Arbeit verwendete Vermessungsmethode wird eine Verbesserung in der individuellen Identifizierbarkeit und in weiterer Folge auch in der Genauigkeit der Abundanzschätzung erwartet. Daraus ergeben sich folgende Hypothesen:

1. Der Anteil der identifizierbaren Individuen in den jungen Altersklassen beider Geschlechter wird durch Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) gesteigert.
2. Durch die Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) verkleinert sich das Konfidenzintervall der Abundanzschätzung.

Die von Sandfort untersuchte Steinwildpopulation auf der Hohen Wand (Niederösterreich, Österreich) nutzte im Winter eine Fütterungsstelle und konnte dort gezielt dokumentiert werden. Die vorliegende Arbeit stellt den ersten Versuch dar, die Methode des fotografischen Fang-Wiederfangs auf Steinwild in der Vegetationsperiode und ohne Konzentration an einer Fütterungsstelle, anzuwenden. Da dies potentiell mit stark erhöhtem Arbeitsaufwand verbunden ist, lautet die dritte zu prüfende Hypothese:

3. Die fotografische Fang-Wiederfangmethode kann auch auf eine Steinwildpopulation mit geringerer Dichte, ohne größeren Arbeitsaufwand, angewandt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für diese Masterarbeit befindet sich im Gemeindegebiet von Neuberg an der Mürz, im österreichischen Bundesland Steiermark (47° 42' N, 15° 83' O). Es ist Teil des Schneealpenmassivs und befindet sich im Besitz der Österreichische Bundesforste AG.

Die Schneealpe ist ein Karstmassiv und ebenso, wie beispielsweise der Schneeberg und die Rax, ein Teil der steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. Die Gesamtfläche des Massivs beträgt 113 km². Die 30 km² große Hochfläche verleiht der Schneealpe den für die nordöstlichen Kalkalpen typischen Plateaucharakter. Die höchsten Erhebungen stellen der Windberg mit 1903 m, die kleine Mitterbergwand mit 1863 m und das Schönhaltereck mit 1860 m dar. Klimatisch ist das Gebiet vom angrenzenden Wiener Becken, welches dem pannonischen Klimaraum zuzuordnen ist, dahingehend beeinflusst, dass mit 1500 mm bis 2000 mm der mittlere Jahresniederschlag für die Kalkalpen vergleichsweise gering ausfällt und in der Vegetationsperiode relativ hohe Temperaturen vorherrschen (Dullinger *et al.*, 2001).

Die Einstände des Steinwildes sind in der Abbildung 1 ersichtlich und befinden sich in den südlich und westlich an das Plateau angrenzenden steilen, von Fels und Schotter geprägten Hängen der Griesgräben und den darüber liegenden Almflächen (1), sowie in den fichtendominierten Wirtschaftswäldern rund um die Lachalm (2).

Die bei dieser Arbeit untersuchten Sommerlebensräume befinden sich zwischen 1096 m und 1733 m Seehöhe.

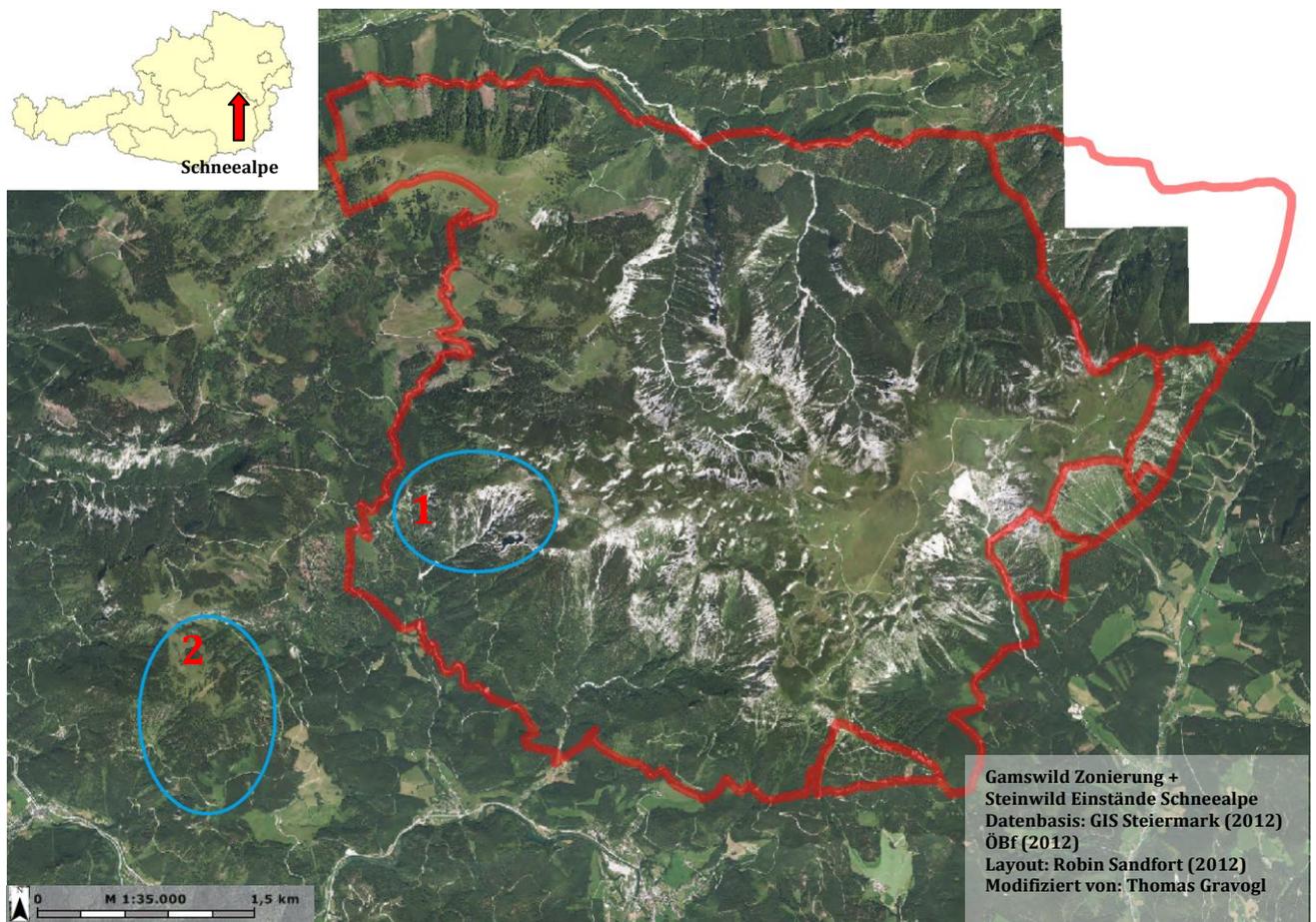


Abb. 1: Übersichtskarte mit der Lage des Untersuchungsgebiets in Österreich und einer Detailkarte mit eingezeichneten Steinwildeinstandsgebieten. Die beiden blau umrandeten Bereiche stellen die Steinwildeinstände Jausensteinwand (1) und Lachalm/Wassertal (2) dar. Der rot umrandete Bereich zeigt Kern- und Randzone der Gamswildbewirtschaftung auf der Schneealpe. Datenbasis: GIS Steiermark (2012) Layout: Robin Sandfort (2012) Modifiziert von: Thomas Gravogl

2.2 Fotografischer Fang-Wiederfang

2.2.1 Scouting

Um die Fangrate für den fotografischen Fang-Wiederfang zu maximieren müssen vor Beginn der ersten Fangperiode optimale Kamerapositionen lokalisiert werden. Um dies zu erreichen, wurden in einem ersten Schritt Erfahrungsberichte der im betreffenden Revier tätigen Personen (Revierleiter und Berufsjäger) eingeholt. Auf den empfohlenen Flächen kamen in weiterer Folge zwei Zeitrafferkameras (Plotwatcher PRO, day6outdoors, Georgia, USA) zum Einsatz. Im Gegensatz zu Kamerafallen speichern diese Zeitrafferkameras je nach Einstellung entweder alle fünf oder alle zehn Sekunden ein Foto. Während bei Kamerafallen auch die

Möglichkeit besteht, Nachtaufnahmen zu erhalten, beginnt die Aufnahme bei den Zeitrafferkameras ab einer gewissen Lichtintensität am Morgen und endet bei einer gewissen Intensität am Abend. Beim Auslesen der Zeitrafferkameras erhält man für jeden aufgezeichneten Tag ein rund zehnminütiges „GameFinder Videofile“ mit der Dateiendung „TLV“, welches aus den aufgenommenen Einzelbildern besteht. Mittels der Software Gamefinder (day6outdoors, Georgia, USA) können diese Videos abgespielt werden.

Die Verwendung von Zeitrafferkameras für den Zweck des Scoutings bietet sich auch daher an, da die Entfernung der Tiere von der Kamera nicht für das Auslösen der Kamera ausschlaggebend ist. So können größere Flächen ausgewertet werden. Steinwild konnte auf den Scouting Videos auf eine Entfernung von bis zu rund 70m als solches erkannt werden. Eine Entfernung, bei der eine Kamerafalle nicht mehr auslösen würde.

Für die Zwecke dieser Arbeit wurden die Auslöseintervalle der Zeitrafferkameras auf zehn Sekunden festgelegt. Zur Auswertung der Videos kam die Software Gamefinder in der Version 1.5 (day6outdoors, Georgia, USA) zum Einsatz.

Die Kameras wurden einmal wöchentlich ausgelesen und in Folge je nach Erfolg und Einschätzung der Fläche an einem neuen Standort angebracht oder für eine weitere Woche am entsprechenden Ort belassen. Nach und nach wurden aufgrund von indirekten Nachweisen (Losung oder Trittsiegel), auf Basis von Berichten über Sichtungen, oder auch standörtlicher Gegebenheiten wie Salzlecken weitere Flächen für das Scouting ausgewählt. Von 29.05. bis 12.08.2013 wurden auf diese Art und Weise acht Flächen und zusammen 85 Kameratage aufgezeichnet. Auf Grund dieser Ergebnisse wurden die fünf Standorte für die erste Fangperiode der Kamerafallen festgelegt. Während den ersten Perioden

wurde das Scouting fortgesetzt, da sich die Einstände des Steinwildes, vor allem des Scharwildrudels, mit Beginn des Sommers und der Setzzeit räumlich verschoben. So kam mit Beginn der dritten Fangperiode dann letztendlich der sechste Kamerastandort hinzu.

2.2.2 Kamerafallen

Für den fotografischen Fang-Wiederfang kamen insgesamt vier Wildkameras der Firma Cuddeback (Cuddeback Attack, Non Typical, Inc. Green Bay, Wisconsin, USA) und zwei Stück der Marke Doerr (Doerr Snapshot, DÖRR GmbH Foto Marketing, Neu-Ulm, Deutschland) zum Einsatz. Die Kamerafallen wurden allesamt in bestmögliche Positionen gebracht. Als zentraler Punkt dienten bei fünf von sechs Standorten bereits vorhandene Salzlecken, welche zum Teil im Zuge des Scoutings neu bestückt worden waren.



Abb. 2: Positionen der Kamerafallen Jausenstein unten, Jausenstein oben und Schönhalteck. Datenbasis: GIS Steiermark (2012).

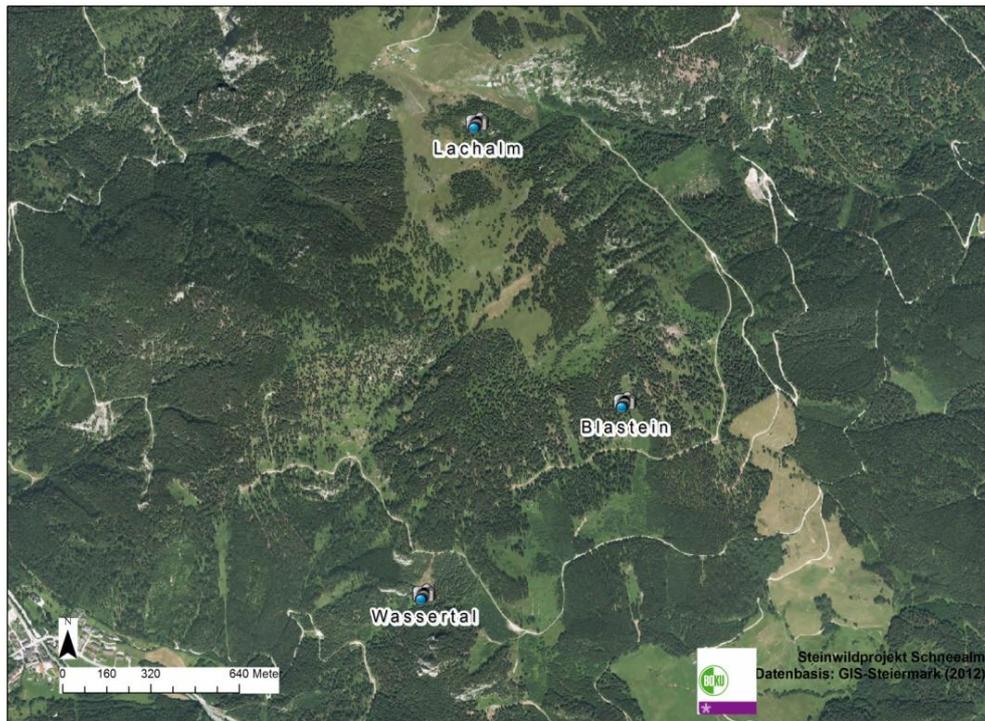


Abb. 3: Positionen der Kamerafallen Lachalm, Blastein und Wassertal. Am linken unteren Bildrand ist der Ort Mürzsteg zu sehen. Datenbasis: GIS Steiermark (2012).

Die Montage der Kameras erfolgte mit Hilfe von Gurten an umliegenden Bäumen. Die maximale Entfernung der Kamera zur Salzlecke betrug rund fünf Meter. Die Kameras wurden weitgehend wöchentlich kontrolliert und ausgelesen. Insgesamt waren die sechs Fotofallen von 01.07. bis 08.10.2013 für 523 Kameratage im Einsatz.

2.2.3 Digiskopie

Da der Lebensraum der bei dieser Arbeit untersuchten Steinwildpopulation von Wald geprägt ist und es auf solch stark fragmentierten Flächen ohne Zwangspässe und Salzlecken schwierig ist, mit Kamerafallen erfolgreich Fänge zu erzielen, kam in diesen Teilen des Steinwild-Lebensraumes zusätzlich die Methode der Digiskopie zur Anwendung. Diese Methode sollte es außerdem ermöglichen, zeitnah aktuellen Sichtungen

nachzugehen, um weitere Fänge abseits der fixen Kamerastandorte zu erzielen.

Verwendet wurden ein Stativ, ein entsprechender Kameraaufsatz (Swarovski DCB II Schwenkadapter, Swarovski Optik KG, Absam, Österreich), sowie ein Spektiv (Swarovski ATS 65, Okular 20-60 x, Swarovski Optik KG, Absam, Österreich) und eine Kompaktkamera der Marke Casio (Casio Exilim, EX-Z85, Casio Europe GmbH, Schleswig Holstein, Deutschland).

Vom 18.07. bis 24.09.2013 wurden zehn Stunden pro Monat für Digiskopie aufgewendet, aufgeteilt in jeweils mehrere zwei- bis dreistündige Rundgänge. Als Informationsquellen dienten aktuelle Sichtungen von Forst- und Almpersonal, sowie Berichte von Wanderern in Gipfelbüchern.

2.3 Datenverwaltung und Aufbereitung

2.3.1 CameraBase

Für die Verwaltung und Aufbereitung der aufgenommenen Daten kam das Programm CameraBase (Tobler, 2005-2013) in der Version 1.6 zur Anwendung. Dieses Programm basiert auf Microsoft Access (Microsoft Corporation, Redmont, Washington, USA) und wurde von Mathias Tobler eigens für Problemstellungen mit Kamerafallen entwickelt.

Sämtliche Fotos wurden in einem ersten Schritt in die Datenbank eingespeist. Alle Bilder wurden begutachtet und je nach den darauf befindlichen Tieren in 13 Kategorien eingeteilt. Steinwild wurde den Kategorien „Kitz“, „Einjährig“ und „Mehrjährig“ zugeordnet. Daraufhin wurden die Fotos mit Steinwild je nach Individuenanzahl dupliziert, so dass beispielsweise ein Foto mit drei Individuen auch dreimal in der Datenbank vorhanden war.

Das Programm CameraBase (Tobler, 2005-2013) ermöglicht es, durch sein Interface je zwei Bilder gegenüber zu stellen, um dann die einzelnen Kategorien auf Individuenbasis zu bestimmen. Abbildung 4 zeigt das entsprechende Interface der Funktion „Compare Fotos“. Mit Hilfe dieser Funktion war es möglich, die „Unidentified Animals“ nach und nach einzelnen Individuen zuzuordnen. Bei den identifizierten Tieren wurden außerdem noch Geschlecht, besondere Merkmale und nach Möglichkeit Alter vermerkt.

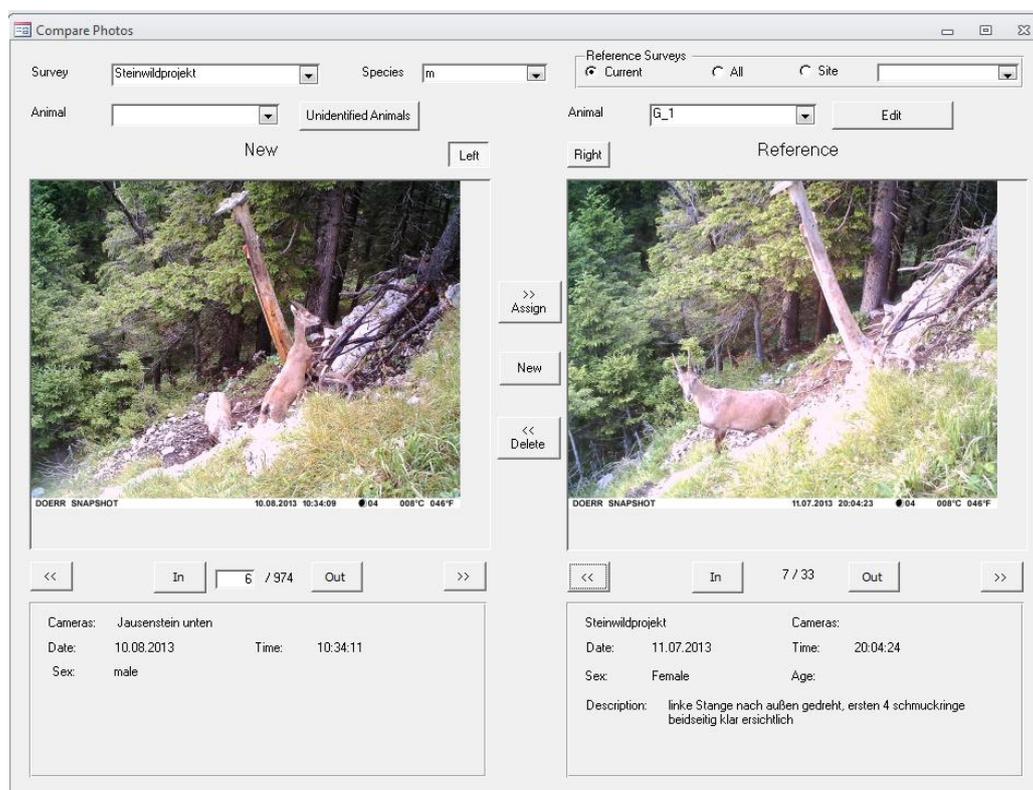


Abb. 4: Das Interface der Funktion „Compare Photos“ des Programms „CameraBase“. Am linken Bild kann man sich durch die unidentifizierten Bilder klicken und diese nach und nach individuell zuordnen. Die bereits identifizierten Tiere finden sich auf der rechten Seite.

2.3.2 Vermessung

Für die Vermessung der Hörner wurden die Vermessungsmethoden nach Willisch *et al.* (2013) und Sandfort (2015) für den Zweck dieser Arbeit adaptiert. Bei jeder Kamerastation wurden von der Kamera ausgehend geradlinig in 0,5 m Abständen Fotos mit einem Referenzobjekt gemacht um im Nachhinein die Entfernung der Tiere zur Kamera bestimmen zu können und gleichzeitig eine Bezugsgröße zu erhalten. Das für diesen Zweck angefertigte Checkerboard bestand aus einer Holztafel auf welchem ein Schachbrettmuster zu sehen war. Die Seitenlänge der abgebildeten Quadrate wurde mit 3 cm gewählt.

Mittels des Programms „Analyzing Digital Images“ Version 1.0 (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) konnten in weiterer Folge die Fotos auf die jeweilige Entfernung kalibriert und anschließend die Hörner der einzelnen Individuen vermessen werden.

Es wurden je nach Winkel des Tieres zur Kamera und Geschlecht desselben, insgesamt 24 verschiedene Strecken vermessen und jeweils die Pixel- und Zentimeterwerte aufgenommen. Rein geradlinige Strecken wurden dabei ebenso berücksichtigt, wie auch Winkel, Pfade und Verhältnisse aus mehreren Messstrecken. Für die Datenverwaltung wurde das Programm Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmont, Washington, USA) verwendet.

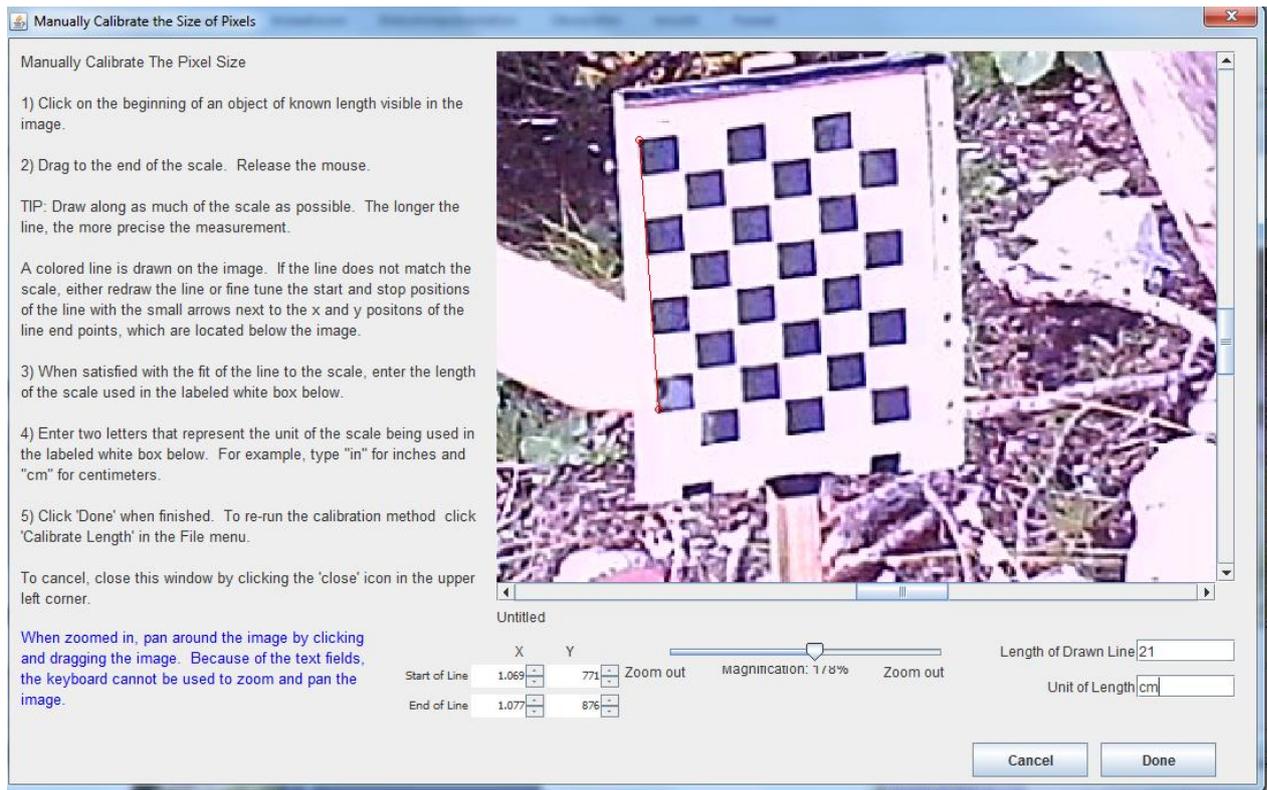


Abb. 5: Checkerboard mit bekannter Seitenlänge zur Kalibrierung im Programm „Analyzing Digital Images“. Durch die bekannte Länge der roten Linie können in weitere Folge die verschiedenen Strecken vermessen werden.

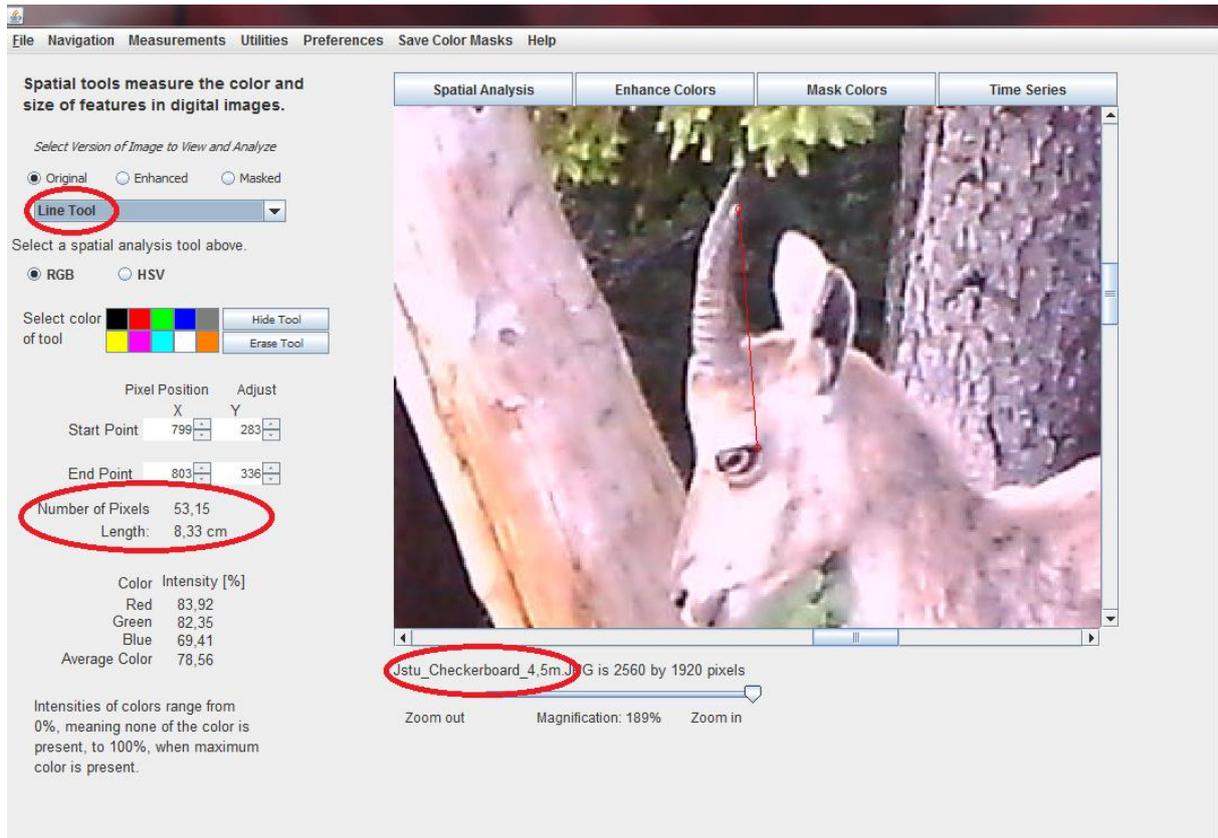


Abb. 6: Beispiel einer Messstrecke vom rechten Ende des Auges bis zur Hornspitze mit Hilfe einer Linie, dem „Line Tool“ im Programm „Analyzing Digital Images“. Aufgenommen werden die Länge in „cm“ und die Anzahl der Pixel.

Beim in Abbildung 6 ersichtlichen Beispiel wurde die Pixelgröße mit dem Checkerboardfoto in 4,5 m Entfernung von der Kamera kalibriert, danach das Foto der Steingeiß geladen um mit Hilfe des „Line Tools“ die gewünschte Strecke „Auge-Spitze“ zu vermessen.

2.4 Populationsmodelle

Für die Populationsmodelle wurde nach der Identifizierung aller Individuen, bei denen dies die Qualität der Fotos zuließ, direkt mit dem Programm CameraBase ein „Capture Command File“ für die Kategorien „Einjährig“ und „Mehrjährig“ erstellt. Diese Files enthalten Informationen über die Fanggeschichte der zuvor identifizierten Individuen, aufgelistet für

die einzelnen Fangperioden. Jedes Tier erhält so einen Code aus den Ziffern „0“, wenn es nicht gefangen wurde und „1“ bei einem oder mehreren Fängen in der entsprechenden Periode.

Um die Wiederfangrate zu maximieren, aber gleichzeitig die Voraussetzung einer geschlossenen Population nicht zu verletzen, wurden für diese Arbeit Fangperioden mit der Dauer von jeweils 14 Tagen gewählt.

Die beiden Command Files wurden zusammengefügt und online auf der Homepage des Patuxent Wildlife Research Center (Hines, 1996) die Parameter für die untersuchte Population mittels des Programms Capture (White *et al*, 1982) berechnet. Das „Capture Command File“ mit der binär codierten Fanggeschichte der einzelnen Individuen wird dafür in einem ersten Schritt vom Programm analysiert um die Voraussetzung einer geschlossenen Population zu überprüfen. In der anschließenden Modellselektion werden die Datensätze mittels einer Reihe von Tests auf die Faktoren Zeit, Verhalten und Heterogenität geprüft und mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse im Anschluss das passendste Modell ausgewiesen (Rexstad & Burnham, 1991). Jedes der insgesamt sieben geprüften Modelle erhält einen Wert zwischen „0“ und „1“, wobei ein höherer Wert für eine bessere Anpassung steht. Generell wird empfohlen Modelle mit Werten > 0.90 auszuwählen. Bei Werten > 0.95 weist das Programm nicht mehr ein Modell als bestes aus, sondern zählt diejenigen auf, die den Wert 0.95 übersteigen. Dies lässt einigen Interpretationsspielraum offen, was wichtig ist, um etwaige natürliche Gegebenheiten zu berücksichtigen (Otis *et al*, 1978). Für jedes Modell wird die Populationsgröße geschätzt und entsprechende Konfidenzintervalle, sowie die Fangwahrscheinlichkeiten berechnet.

2.5 Statistische Auswertung

Alle statistischen Berechnungen für diese Arbeit wurden mit dem Programm R Studio, Version 3.0.3. (R DevelopmentCore Team, 2014) durchgeführt. Die Daten wurden mittels dem Package „stats“, Version 3.0.3 (R DevelopmentCore Team, 2014) und dem darin enthaltenen Shapiro Wilk Test auf Normalverteilung getestet. Mit dem Paket „ggplot2“, Version 1.0.0 wurden Scatterplots erzeugt um einen Eindruck davon zu bekommen, ob es möglich ist, auf Grund der Messwerte die Individuen voneinander klar zu trennen (Wickham,2009).

Um konkrete Messstrecken herauszufiltern, welche die Trennung der Individuen am klarsten darstellen, wurden Regressionsbäume („Conditional Inference Trees“) berechnet und eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Für die Regressionsbäume wurde das Package „Party“, Version 1.0-13 mit der Funktion „Ctree“ verwendet (Hothorn *et al.*, 2006). Für die Diskriminanzanalyse wurde die Funktion „lda“ aus dem Paket „MASS“, Version 7.3-29 genutzt (Venables & Ripley, 2002). Um die Diskriminanzanalyse durchführen zu können musste die ursprüngliche Datenstruktur verändert werden um die Anzahl der fehlenden Werte zu minimieren. Es konnten daher nur die Messungen aus jeweils einer Perspektive, beispielsweise alle frontalen Messungen, gemeinsam analysiert werden. Jeder Datensatz mit den entsprechenden Messwerten sollte am Ende dieser Analyse mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit einem Individuum zugeordnet werden.

3 Ergebnisse

3.1 Kameras

3.1.1 Zeitrafferkameras

Insgesamt lieferten die zwei für das Scouting eingesetzten Zeitrafferkameras von 29.05. bis 12.08.2013 85 Kameratage mit rund 465.000 Einzelbildern. Der Aufnahmezeitraum an einem durchschnittlichen Tag dauerte von 4:30 bis 21:00 Uhr. Ein solcher Kameratag lieferte rund 6.000 Einzelbilder.

An insgesamt fünf Tagen konnten die Videos nicht ausgewertet werden, da aufgrund von starkem Wind oder dichtem Nebel eine Auswertung der Videos unmöglich war. Zieht man weitere sieben Kameratage für die Montage und Demontage der Kameras ab, da an diesen Tagen die Kameras meist höchstens einen halben Tag im Einsatz waren, waren es effektiv 73 vollständige Kameratage die für das Scouting ausgewertet werden konnten. Mindestens ein Alpensteinbock Individuum war an 18 Tagen auf drei der acht Standorte auf einem Video zu sehen. Vor allem in den Einstandsgebieten der Steinwildböcke gestaltete sich die Auswertung aufgrund von teils hoher Vegetation auf den aufgenommen Standorten sehr schwierig (Abbildung 7). An Insgesamt zehn Tagen war auf einem Video mindestens ein Tier einer Schalenwildart zu sehen, welche jedoch nicht näher bestimmt werden konnte. Im Zuge des Scoutings konnten auch Interaktionen zwischen Steinwild und Gamswild, beziehungsweise zwischen Steinwild und Rotwild beobachtet werden (Abbildung 8).



Abb. 7: Einzelbild einer Zeitrafferkamera wie sie im Scouting zum Einsatz kam. Rot umrandet erkennt man einen Rothirsch. Die hohe Vegetation erschwert jedoch die Auswertung.



Abb. 8: Einzelbild einer Zeitrafferkamera am Scoutingstandort Jausenstein oben. Interaktion zwischen Steinwild und Gamswild (rot umrandet).

Drei der sechs Kamerafallenstandorte wurden aufgrund von Steinwilder-sichtungen in Zuge des Scoutings ausgewählt. Jausenstein oben, Jausenstein unten sowie Lachalm waren die Standorte auf denen das Vorkommen von Steinwild mittels der Zeitrafferkameras nachgewiesen

werden konnte. An den Standorten Wassertal und Blastein konnten viele der auf den Videos gesichteten Tiere nicht bestimmt werden. Es wurde jedoch aufgrund von persönlichen Sichtungen die Entscheidung getroffen, diese Standorte als Kamerafallenstandorte auszuwählen. Der sechste Standort, Schönhaltereck, wurde später zusätzlich installiert. Dies geschah auf Basis von indirekten Nachweisen und der Auswertung des Scoutings des Standorts Jausenstein oben.

3.1.2 Kamerafallen

In der Einsatzzeit von 01.07. bis 08.10.2013 lieferten die sechs verwendeten Kamerafallen insgesamt 12.999 Fotos. Zusammen mit den je nach Anzahl der Steinwild-Individuen duplizierten Fotos ergab dies 14.069 Datensätze.



Abb. 9: Beispiel für ein Foto mit zwei Steinböcken. Das Foto wurde dupliziert um für die Auswertung pro Individuum einen Datensatz zu erhalten.

Dem Steinwild wurden insgesamt 2.993 Datensätze zugeordnet. Eine Aufschlüsselung unterteilt in die einzelnen Standorte und Kategorien ist in Tabelle 1 zu sehen.

Tab. 1: Von den Kamerafallen gelieferte Datensätze aufgeschlüsselt nach Kategorie und Kamerastandort. In der Kategorie „Restliche Kategorien“ sind die Datensätze der Kategorien „Mensch“, „Beginn“, „Ende“ „Unbekannt“ und „Sonstiges“ zusammengefasst.

Standort Kategorie	Lachalm	Jausenstein- unten	Jausenstein- oben	Wassertal	Blastein	Schönhalter- eck	Gesamt
Anzahl Datensätze	2541	3944	78	108	6822	576	14069
blank	26	105	3	1	1142	5	1282
Kitz	0	288	1	0	0	0	289
Einjährig	0	276	0	0	0	0	276
Mehrjährig	456	1917	4	44	7	0	2428
Gamswild	1933	1118	44	13	4225	534	7867
Rotwild	0	120	18	0	186	0	324
Rehwild	106	17	0	38	1238	0	1399
Restliche Kategorien	20	103	8	12	24	37	204

Auffällig ist der hohe Anteil an Datensätzen der Kategorie „blank“ an den Standorten „Jausenstein unten“ und „Blastein“. Der Kategorie „blank“ wurden Bilder zugewiesen auf denen kein Tier abgebildet war. Der hohe Anteil an solchen Bildern kommt daher, dass an diesen beiden Kamerastandorten die beiden Kamerafallen der Marke Doerr (Doerr Snapshot, DÖRR GmbH Foto Marketing, Neu-Ulm, Deutschland) eingesetzt wurden und diese sich in der Sensitivität des Auslösers und in der

Reaktionszeit von den Kameras der Marke Cuddeback (Cuddeback Attack, Non Typical, Inc. Green Bay, Wisconsin, USA), welche an den restlichen vier Standorten zum Einsatz kamen, unterscheiden.

Die Software Camera Base (Tobler, 2005-2013) ermöglicht zusätzlich zu den absoluten Zahlen auch die differenzierte Betrachtung der unabhängigen Datensätze. Ein Datensatz gilt hier als unabhängig wenn der vorherige Datensatz, beziehungsweise das vorherige Foto, zumindest drei Minuten zurück liegt. Ist der zeitliche Abstand geringer geht man davon aus, dass es sich um eine wiederholte Aufnahme desselben Individuums handelt. Betrachtet man die Ergebnisse auf Basis der unabhängigen Datensätze, sieht man, dass Steinwild zusammen auf 1185 unabhängige Datensätze kommt (Tabelle 2).

Tab. 2: Anzahl der unabhängigen Datensätze der einzelnen Kategorien, sowie Anzahl der Kamerastandorte an denen Fotos die dieser Kategorien zugeordnet wurden aufgezeichnet werden konnten.

Kategorie	Anzahl unabhängiger Datensätze	Anzahl Kamerastandorte
Blank	334	6
Kitz	27	2
Einjährig	140	1
Mehrjährig	1018	5
Gamswild	686	6
Rotwild	45	3
Rehwild	101	4
Restliche Kategorien	151	6

3.1.3 Digiskopie

Die Methode der Digiskopie kam im Zeitraum vom 18.07. bis 24.09.2013 zum Einsatz. Im Juli 2013 wurden zwei verschiedene Gebiete, aufgeteilt in zwei dreistündige- und einen vierstündigen Rundgang, abgesucht. Im August wurden zwei jeweils fünfstündige Digiskopie-Sessions durchgeführt, wobei hier zweimal auf der gleichen Route nach Steinwild gesucht wurde. Im September wurden in den für Digiskopie aufgewendeten zehn Stunden drei Gebiete abgedeckt.

Die erfolgreiche Anwendung dieser Methode stellte sich in den stark fragmentierten, bewaldeten Teilgebieten des Steinwildlebensraumes als sehr schwierig heraus.



Abb. 10: Stark fragmentierter, bewaldeter Teil des Steinwildlebensraumes auf der Schneealpe im Bereich Jausensteinwand. Außerdem zu sehen ist die verwendete Digiskopieausrüstung.

Nur in einer der insgesamt acht Sessions konnte Steinwild ausfindig gemacht werden. In den felsigen Bereichen unterhalb des Kamerastandortes „Jausenstein unten“ gelang es am 24.09.2013 zwei mehrjährige Geißen, zwei mehrjährige Böcke und ein Geißkitz mit Hilfe der Digiskopieausrüstung zu fotografieren.



Abb. 11: Steingeiß mit Kitz, fotografiert mit der Digiskopieausrüstung aus rund 30m Entfernung.

3.2 Populationsmodelle

Mit Hilfe des Programms Capture (White *et al*, 1982) wurden auf Basis der Fang-Wiederfangraten unter Verwendung von 14-tägigen Fangperioden Populationsmodelle berechnet. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der berechneten Modelle.

Tab. 3: Übersicht und Erklärung der vom Programm CAPTURE berechneten Populationsmodelle.

Modell	Erklärung
M(0)	Nullmodell; Gleiche bzw. konstante Fangwahrscheinlichkeit. Zu einfach für freilebende Populationen.
M(h)	Heterogenität; Jedes Individuum hat eine eigene Fangwahrscheinlichkeit, welche über den Untersuchungszeitraum konstant ist.
M(b)	Verhalten; 2 verschiedene Gruppen. Bereits gefangene Tiere und noch nicht gefangene Tiere haben eine in der Gruppe konstante Fangwahrscheinlichkeit, die sich jedoch von der Fangwahrscheinlichkeit der jeweils anderen Gruppe unterscheidet.
M(t)	Zeit; Fangwahrscheinlichkeit variiert über die Zeit hinweg.
M(bh)	Interaktion von Verhalten und Heterogenität.
M(th)	Interaktion von Zeit und Heterogenität.
M(tb)	Interaktion von Zeit und Verhalten.
M(tbh)	Interaktion von Zeit, Verhalten und Heterogenität.

Tab. 4: Ergebnis der im Programm CAPTURE durchgeführten Modellselektion.

Model	M (0)	M (h)	M (b)	M (bh)	M (t)	M (th)	M (tb)	M (tbh)
Criteria	0.14	0.05	0.00	0.10	1.00	0.96	0.22	0.24

Das in Tabelle 4 ersichtliche Ergebnis der Modellselektion versieht das beste Modell mit dem Wert 1.00 und die Werte der restlichen Modelle stehen zu diesem im Verhältnis. Im vorliegenden Fall weist die Modellselektion die beiden Modelle M(t) mit dem Wert 1.00 und M(th) mit dem Wert 0.96 als gleichwertig beste Modelle aus. In Tabelle 5 sind jeweils die Fangwahrscheinlichkeiten und die geschätzte Abundanz mit dem Standardfehler, sowie das 95% Konfidenzintervall für die Modelle M(0),

M(t) und M(th) aufgelistet. Die Fangwahrscheinlichkeiten bei den Modellen M(t) und M(th) beziehen sich auf die einzelnen Fangperioden.

Tab. 5: Geschätzte Populationsgrößen und Fangwahrscheinlichkeiten von Steinwild auf der Schneeralpe. Ergebnisse der Modelle M(0), M(t) und M(th).

Modell	M(0)	M(t)	M(th)
Fangwahrscheinlichkeit	0,4094	0,57 0,09 0,13 0,83 0,61 0,39 0,26	0.54 0.08 0.13 0.79 0.58 0.38 0.25
Geschätzte Abundanz ± Standardfehler	23 ± 0,8224	23 ± 0.0081	24 ± 1,5251
95% Konfidenzintervall	23 - 27	23 - 23	24 - 31

3.3 Populationsstruktur

Im Zuge dieser Kamerafallenstudie konnten im Untersuchungsgebiet insgesamt 23 Alpensteinbock-Individuen identifiziert werden. Bei den drei mittels Fotofallen gefangenen Kitzen war die individuelle Bestimmung anhand von Vermessung oder anhand von visuellen Merkmalen nicht möglich. Bei Kitzen lässt sich das Geschlecht durch die Begutachtung der Hörner generell nicht so einfach bestimmen wie bei älteren Individuen. Bei Geißkitzen ist eine leichte Krümmung der Hornspitzen nach innen zu erkennen (Abbildung 11), bei Bockkitzen verläuft diese Krümmung nach außen. Anhand dieses Unterscheidungsmerkmals konnte festgestellt werden, dass es sich bei den im Zuge dieser Arbeit fotografierten Kitzen höchstwahrscheinlich um ein Bockkitz und zwei Geißkitze handelt. Weiters wurden zwei männliche und drei weibliche, einjährige Tiere identifiziert. Die mehrjährigen Tiere wurden für die Beschreibung der Populationsstruktur klassifiziert. In der Kategorie „2-4 jährig“ fanden sich

sieben männliche und 4 weibliche Individuen. Diese Klasse stellte die Klasse mit der größten Anzahl an Individuen dar. Sowohl in der Kategorie „5-7 jährig“, als auch in der Kategorie „8-10 jährig“ wurden jeweils ein männliches und zwei weibliche Tiere identifiziert. In die Kategorie „>10 Jahre“ wurde ein Bock eingeordnet. Die Abbildung 10 zeigt die Alterspyramide der untersuchten Stichprobe der Steinwildpopulation auf der steirischen Schneeealpe, Stand Sommer 2013.

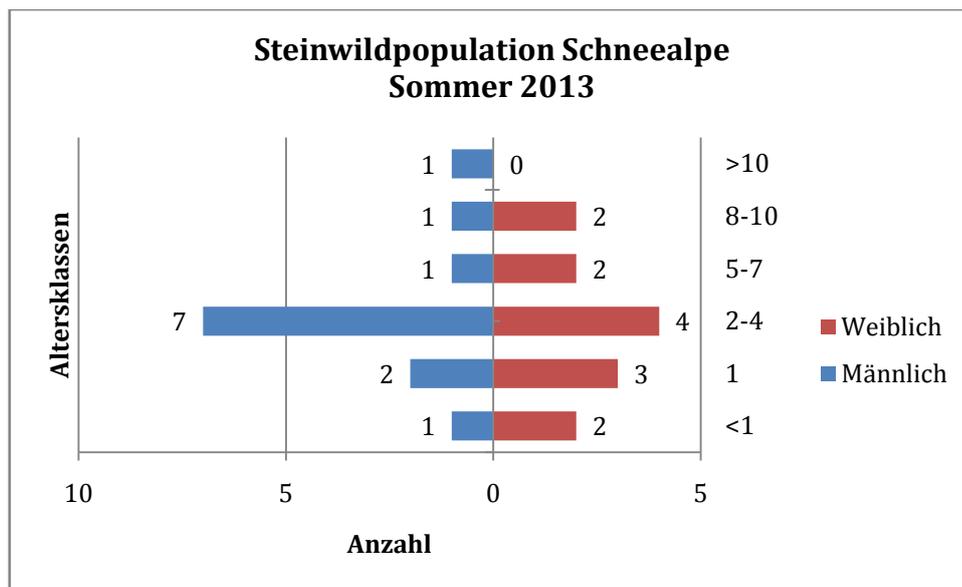


Abb. 12: Alterspyramide der untersuchten Stichprobe der Steinwildpopulation auf der steirischen Schneeealpe, aufgenommen im Sommer 2013.

3.4 Vermessung

3.4.1 Scatterplots

Insgesamt wurden im Zuge dieser Arbeit 215 Fotos vermessen. Die Vermessungsdaten wurden in „R-Studio“ (R Development Core Team, 2014) mit Hilfe von Scatterplots visualisiert. Insgesamt wurden 49 Scatterplots angefertigt um die 24 verschiedenen Messstrecken zu vergleichen. Diese Messstrecken sind in den Abbildungen 13 bis 15 dargestellt.

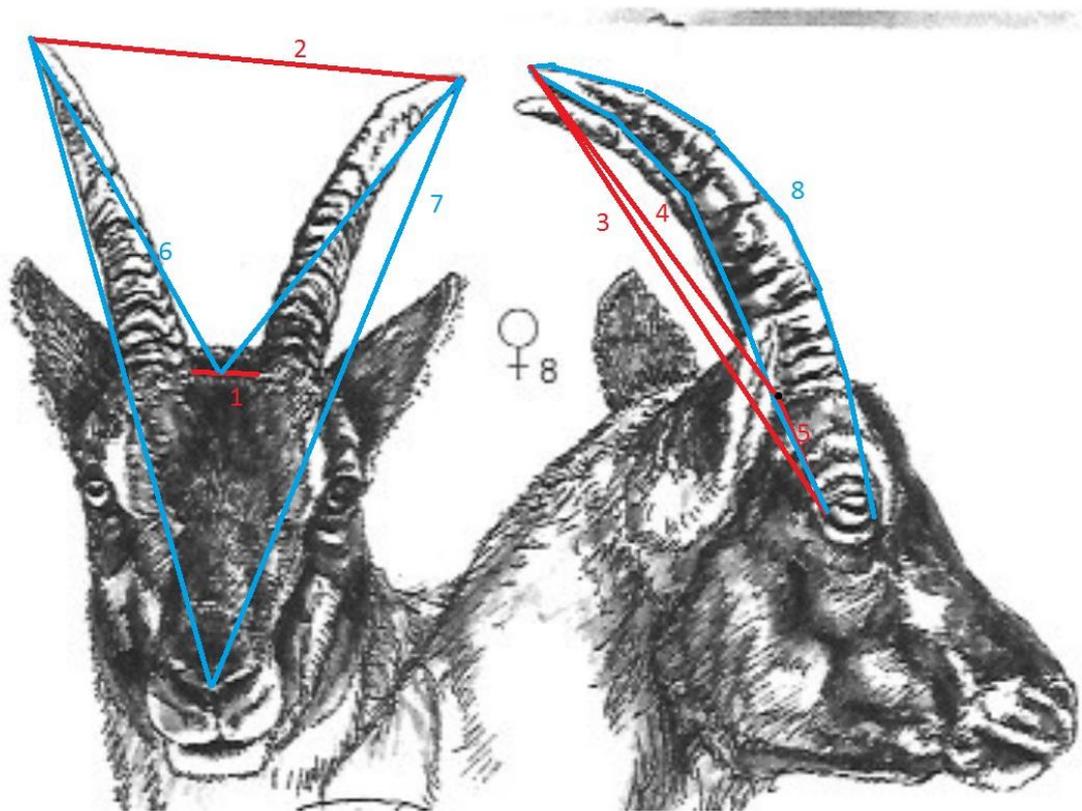


Abb. 13: Messstrecken für frontale und seitliche Fotos. Rote Markierungen stellen Messstrecken dar, die mit dem „Line Tool“ gemessen wurden. Blaue Markierungen wurden mit dem „Angle Tool“ (frontal) beziehungsweise mit dem „Path Tool“ (seitlich) gemessen. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt. Legende: 1...Auslage unten, 2...Auslage oben, 3...Auge-Spitze, 4...Horn, 5...Auge-Hornansatz, 6...Winkel Spitze-Hornansatz-Spitze, 7...Winkel Spitze-Nase-Spitze, 8...Pfad Auge-Horn-Auge (Ratti & Meile, 1997, modifiziert von Gravogl).



Abb. 14: Messstrecken für Hinteransichten. Rote Markierungen stellen Messstrecken dar, die mit dem „Line Tool“ gemessen wurden. Blaue Markierungen wurden mit dem „Angle Tool“ gemessen. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt. Legende: 1...Auslage oben, 2...Auslage unten, 3...Winkel Spitze-Hornansatz-Spitze.

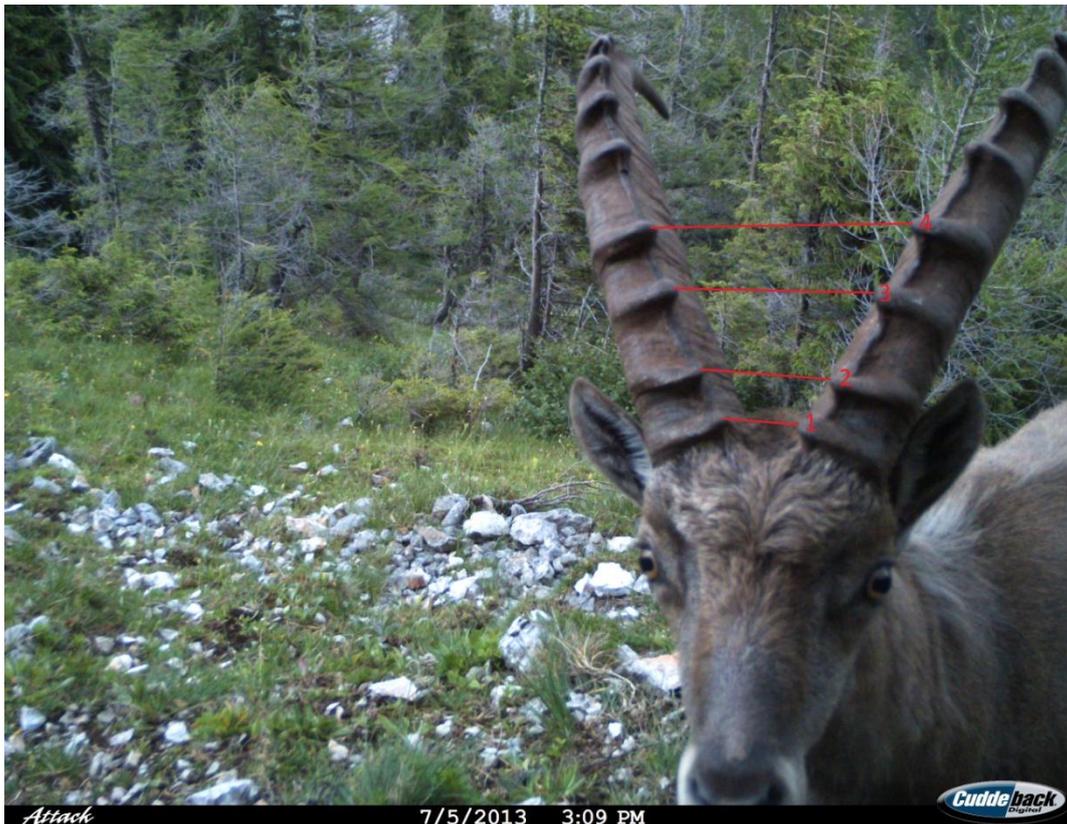


Abb. 15: Veranschaulichung der Messstrecken Knoten 1-1 (1), Knoten 2-2 (2), Knoten 3-3 (3) und Knoten 4-4 (4). Diese Messungen kamen ausschließlich bei mehrjährigen, männlichen Individuen zur Anwendung. Sämtliche Messungen wurden mit dem Programm „Analyzing Digital Images“ (The Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley) durchgeführt.

Zusätzlich zu den in den Abbildungen 13 bis 15 ersichtlichen Messstrecken wurden noch die Verhältnisse aus „Auslage oben“ zur „Auslage unten“, aus dem Pfad „Auge-Stange-Auge“ zu der Strecke „Auge-Spitze“ und „Knoten 1-1“ zu „Knoten 4-4“ berechnet und in die Auswertung mit einbezogen. Anhand der in Abbildung 16 gezeigten Scatterplots ist es möglich, aufgrund der visualisierten Messwerte eine Geschlechtertrennung durchzuführen. Für eine klare Trennung auf Individuenbasis war die Streuung der Werte jedoch zu groß.

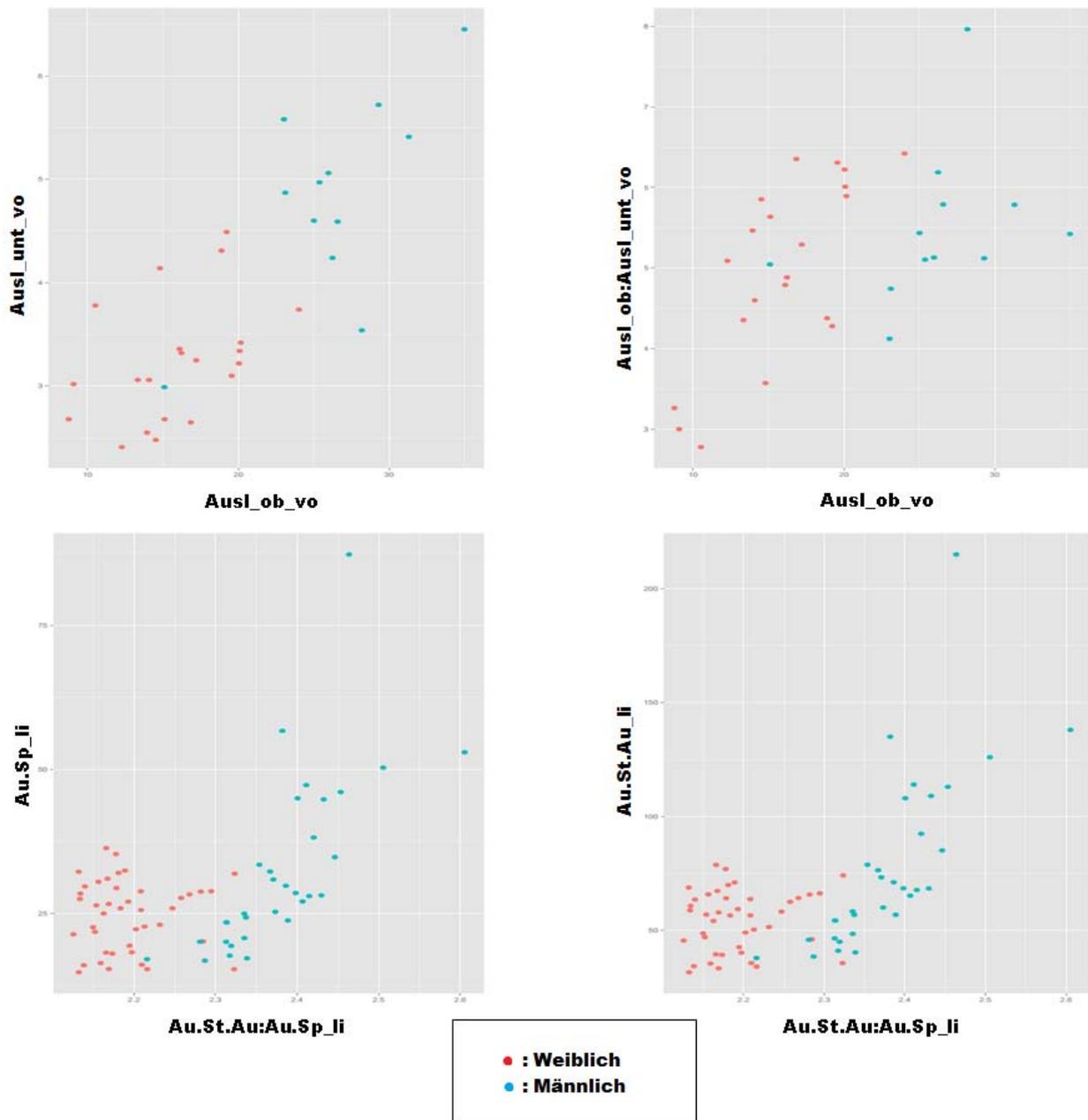


Abb. 16: Der Scatterplot links oben stellt die Messstrecken „Auslage unten vorne“ und „Auslage oben vorne“ dar, rechts oben sind das Verhältnis „Auslage oben zu Auslage unten vorne“ und die Messwerte der Strecke „Auslage oben vorne“ visualisiert. Links unten sind die Messungen der Strecke „Auge-Spitze links“ und das Verhältnis „Auge-Stange-Auge“ zu „Auge-Spitze“ dargestellt. Der Scatterplot rechts unten zeigt die Strecken „Auge-Stange-Auge links“ und das Verhältnis „Auge-Stange-Auge“ zu „Auge-Spitze“. Die blauen Punkte stellen männliche, die roten Punkte weibliche Individuen dar.

3.4.2 Diskriminanzanalyse

Um die Ergebnisse der Vermessung zu analysieren, wurde eine Diskriminanzanalyse in „R-Studio“ (R Development Core Team, 2014) durchgeführt. Die Notwendigkeit die Daten zu splitten führte jedoch dazu, dass die Diskriminanzanalyse auf Grund der letztendlich zu kleinen Stichprobe zu keinem klaren Ergebnis kam (Leisch, persönliche Mitteilung). Viele Datensätze konnten gar nicht zugeordnet werden, ein Teil wurde falsch und nur ein kleiner Anteil richtig zugeordnet.

3.4.3 Regressionsbäume

Um ersichtlich zu machen, anhand welcher Messstrecken und Grenzwerte die einzelnen Individuen unterschieden werden können, wurden in „R-Studio“ (R Development Core Team, 2014) Regressionsbäume berechnet. In einem ersten Schritt gingen sämtliche Messwerte aller Individuen in die Berechnung mit ein. Diese Variante des Regressionsbaumes ließ jedoch keine klare Trennung auf Individuenbasis zu. Zu viele Ausreißer verfälschten das Ergebnis. In weiterer Folge wurden geschlechterspezifische Regressionsbäume berechnet. Diese hatten jedoch jeweils nur noch einen, höchstens zwei Knoten als Ergebnis, da durch die Trennung ein zu kleiner Datensatz entstanden war (Leisch, persönliche Mitteilung).

4 Diskussion

4.1 Populationsgröße

Durch die Anwendung der fotografischen Fang-Wiederfangmethode, konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass der im Zuge der vorliegenden Studie erfasste Ausschnitt der Steinwildpopulation auf der Schneelalpe derzeit aus mindestens 23 ein- oder mehrjährigen Individuen und drei Kitzen, also gesamt mindestens 26 Tieren besteht. Das 95%-Konfidenzintervall des ausgewählten Modells $M(th)$ beträgt 24-31 Tiere (ohne Kitze).

Das Modell $M(th)$ wurde aus biologischen Gründen ausgewählt, da der Faktor Heterogenität, also die Annahme, dass jedes Individuum eine eigene Fangwahrscheinlichkeit besitzt, bei Kamerafallenstudien oft eine Rolle spielt. Aufgrund der Gegebenheit, dass die Kameras größtenteils bei Salzlecken angebracht waren konnte beobachtet werden, dass der Salzbedarf der Tiere variierte, also einzelne Individuen die Standorte öfter aufsuchten um Salz aufzunehmen als andere. Die Tiere können sich auch unterschiedlich stark von den Kameras gestört oder auch angezogen fühlen. Aus diesem Grund wurde dieser Faktor schon bei zahlreichen ähnlichen Studien miteinbezogen (Sandfort, 2015; Jackson *et al.*, 2005). Weiters erschien es nicht sinnvoll in das Modell nur den Faktor Zeit, welcher in diesem Fall wahrscheinlich auch vom Wetter beeinflusst wurde, einfließen zu lassen.

Die errechnete Populationsgröße zeigt, dass der seit den 1970er Jahren auf niedrigem Niveau stagnierende Bestand (Gressmann, 1997; Gressmann *et al.*, 2000) nicht vergrößert werden konnte. Gressmann vermutet die fehlenden Wintereinstände als Ursache für eine potentielle Abwanderung einzelner Individuen in Richtung Hochschwab, wo sich die Population weitaus besser entwickelt. Für diese Theorie spricht auch die Tatsache,

dass gelegentlich Steinwild auf der benachbarten hohen Veitsch gesichtet wurde (Gressmann, 1997).

Generell decken sich viele, der im Zuge dieser Arbeit gemachten Beobachtungen mit denjenigen von Gressmann (Gressmann, 1997; Gressmann *et al.*, 2000). Auch die Tatsache, dass trotz der stagnierenden Populationsgröße nie größere Mengen an Fallwild gefunden werden, wurde sowohl von Gressmann (1997) beobachtet als auch durch eigene Beobachtung und Informationen von im entsprechenden Revier tätigen Personen bestätigt. Die Geißen nutzen hauptsächlich den Bereich der Gießgräben als Sommerstand, während die Böcke in den bewaldeten Gebieten rund um die Lachalm weit umherziehen. Dies erschwerte die Standortauswahl für die Kamerafallen und vor allem die Methode der Digiskopie immens. In Bezug auf den Arbeitsaufwand wird folgende Hypothese überprüft: „Die fotografische Fang-Wiederfangmethode kann auch auf eine Steinwildpopulation mit geringerer Dichte, ohne größerem Arbeitsaufwand, angewandt werden. Tabelle 6 zeigt die Eckdaten der Arbeit von Sandfort (2015) und der vorliegenden Arbeit in Bezug auf diese Hypothese.

Tab. 6: Vergleich der Arbeit von Sandfort (2015) und der vorliegenden Arbeit in Bezug auf die Hypothese „Die fotografische Fang-Wiederfangmethode kann auch auf eine Steinwildpopulation mit geringerer Dichte, ohne größerem Arbeitsaufwand, angewandt werden“.

	Sandfort (2015)	Gravogl
Untersuchungszeitraum	10.2008 - 02.2009	07.2013 - 10.2013
Anzahl Kamerafallen	1	6
Kameratage	70	523
Digiskopie-Sessions (Tage)	30	8

Es wäre nicht möglich gewesen die vorliegende Arbeit mit nur einer Kamerafalle durchzuführen, wie dies in der Arbeit von Sandfort (2015) der Fall war. Die Anzahl der Tage, die bei der Arbeit von Sandfort (2015) für Digiskopie aufgewendet wurden, übersteigen die entsprechende Anzahl der vorliegenden Arbeit. Dass in den unübersichtlichen, bewaldeten und teils sehr steilen Einständen des Steinwilds auf der Schneealpe die Methode der Digiskopie nur bedingt zielführend sein kann, wurde schnell klar und deshalb wurde verhältnismäßig mehr Zeit in die Kamerafallen investiert.

Unter Betrachtung dieser Vergleichswerte kann diese Hypothese angenommen werden. Der Aufwand für die Studien verteilte sich zwar unterschiedlich auf die Methoden Fang mittels Kamerafallen und Fang mittels Digiskopie, jedoch überstieg der Aufwand bei dieser Arbeit denjenigen von Sandfort (2015) nicht maßgeblich.

Die Akkumulationskurve der Fanggeschichte in Abbildung 17 zeigt, dass bei der Arbeit von Sandfort (2015) nach in etwa sechs Wochen Kameraeinsatz eine Asymptote erreicht wird. Das bedeutet, dass ab diesem Zeitpunkt in der Studie keine neuen Individuen mehr gefangen wurden. Der in der betreffenden Studie gewählte Zeitaufwand reichte also aus, um den von Sandfort untersuchten Ausschnitt der Population abzudecken.

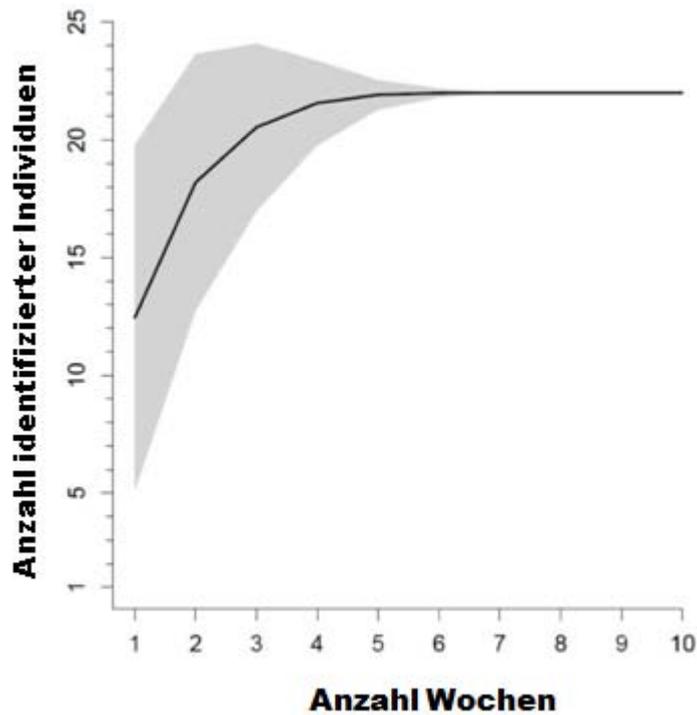


Abb. 17: Akkumulationskurve der Fanggeschichte aus der Arbeit von Sandfort (2015). Der graue Bereich stellt das entsprechende Konfidenzintervall dar.

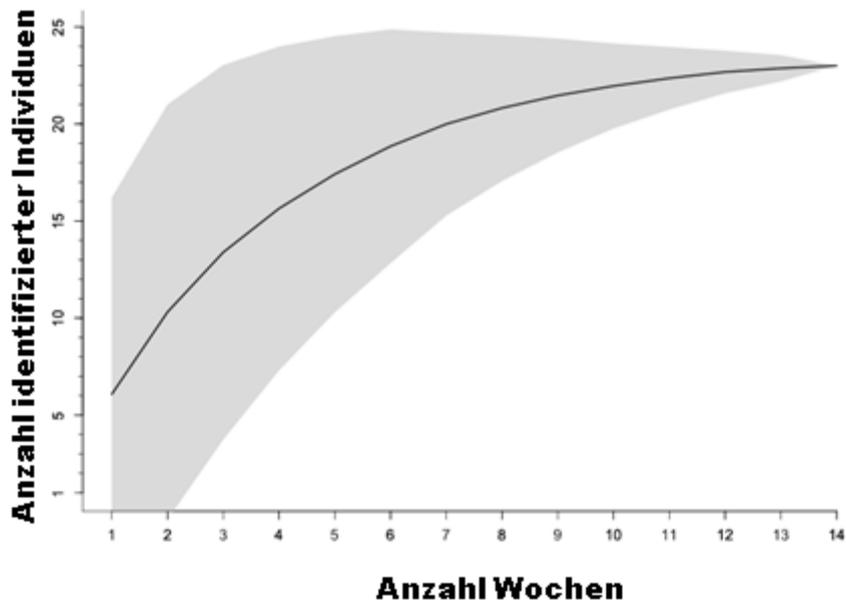


Abb. 18: Akkumulationskurve der Fanggeschichte des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ausschnitts der Steinwildpopulation auf der Schnealpe. Der graue Bereich stellt das entsprechende Konfidenzintervall dar.

Betrachtet man im Vergleich dazu die Abbildung 18 sieht man, dass die Akkumulationskurve der Fanggeschichte des untersuchten Ausschnitts der Steinwildpopulation auf der Schneevalpe erst nach in etwa 13 Wochen eine Asymptote erreicht. Dies bedeutet, dass zwar auch in dieser Arbeit der Zeitaufwand ausreichte, um den Ausschnitt der Population zu erheben, dass es jedoch nicht möglich gewesen wäre, den Untersuchungszeitraum zu verkürzen.

4.2 Vermessung

Die Hypothese „der Anteil der identifizierbaren Individuen in den jungen Altersklassen beider Geschlechter wird durch Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) gesteigert“ bezieht sich ebenfalls auf die Arbeit von Sandfort (2015). Die diesbezüglichen Eckdaten sind in Tabelle 7 zu sehen.

Tab. 7: Eckdaten der Arbeiten von Sandfort (2015) und der vorliegenden Arbeit in Bezug auf die Hypothese „der Anteil der identifizierbaren Individuen in den jungen Altersklassen beider Geschlechter wird durch Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) gesteigert“.

	Sandfort (2015)	Gravogl
Anzahl der Fotos mit Steinwild	1291	2993
Anzahl der Fotos mit erfolgter Identifikation	371	2655
Anteil der Fotos mit erfolgter Identifikation	0.287	0.887

Der Anteil der identifizierbaren Individuen betrug bei der Arbeit von Sandfort (2015) 28.7%. Dieser Anteil liegt bei der vorliegenden Studie bei 88.7%. Trotzdem kann die Hypothese nicht angenommen werden, da die Identifizierung der Individuen anhand der adaptierten Vermessungsmethode nach Willisich *et al.* (2013) nicht in der geplanten Form möglich war und folglich die Identifizierung rein über optische Merkmale durch Begutachtung der Fotos durchgeführt wurde. Es wurden insgesamt 215 Fotos von 23 Individuen für die Vermessung verwendet. In den Kategorien „einjährig“ und „mehrjährig“ wurden für sämtliche Individuen Vermessungen durchgeführt. Bei den Kitzen lieferten die Kamerafallen nicht genügend geeignete Fotos für eine der Identifikation dienende Vermessung der Hörner. Die unzureichenden Ergebnisse der Vermessung sind wohl hauptsächlich auf die verzerrte Darstellung der Tiere auf den Fotos zurückzuführen. Der Fehler, der durch die unterschiedlichen Winkel in denen die Tiere zur Kamera stehen entstand, war für eine Identifikation zu groß. Sämtliche Versuche Ausreißerwerte zu lokalisieren und aus den statistischen Berechnungen heraus zu nehmen, scheiterten an den dadurch entstandenen zu kleinen Stichproben. Eine zweite Fehlerquelle war die Qualität der Fotos an sich. Um die Vermessung durchzuführen, ist es notwendig, einen relativ hohen Zoomfaktor anzuwenden. Dies führte zu einer teils starken Verpixelung der Bilder. Dadurch, dass die Referenzbilder mit dem Checkerboard nur geradlinig von der Kamera in 0.5m Abständen verfügbar waren und nur in den wenigsten Fällen ein Individuum exakt an einer referenzierten Stelle vor der Kamera fotografiert werden konnte, führte auch dies zu einem gewissen Fehler, da die Entfernung bei den restlichen Bildern geschätzt werden musste. Alles in allem, summierten sich diese Fehler und machten es unmöglich die einzelnen Individuen aufgrund der Vermessungswerte klar voneinander zu trennen.

Für die Hypothese „Durch die Anwendung einer adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) verkleinert sich das Konfidenzintervall der Abundanzschätzung“, werden zuerst wieder die entsprechenden Vergleichsdaten von Sandfort (2015) angeführt.

Bei Sandfort (2015) wurde in der Modellselektion des Programms CAPTURE das Modell $M(h)$, also das Heterogenitätsmodell als passendstes Modell ausgewiesen. Die durchschnittliche Fangwahrscheinlichkeit pro Standort und Individuum betrug 0.442 und die geschätzte Abundanz lag bei 38 Individuen, mit einem 95% Konfidenzintervall von 34-51 Individuen exklusive Kitzen und Jahrlingen.

Bei der vorliegenden Arbeit liegt beim als gleichwertig bestes Modell ausgewiesenen Modell $M(th)$, also mit Einfluss der Faktoren Zeit und Heterogenität, die durchschnittliche Fangwahrscheinlichkeit bei 0.393 und das 95% Konfidenzintervall bei 24-31 inklusive Jahrlingen, exklusive Kitzen. Die Fangwahrscheinlichkeit in der vorliegenden Studie ist also etwas niedriger als bei Sandfort (2015), gleichzeitig ist auch das 95% Konfidenzintervall kleiner.

Für die oben angeführte Hypothese gilt jedoch selbiges wie für die Vorherige. Da die Vermessungsmethode nicht im geplanten Maße umzusetzen war, muss auch diese Hypothese abgelehnt werden.

4.3 Empfehlungen für weitere Studien

4.3.1 Untersuchungszeitraum

Dass in der Modellselektion das Modell $M(t)$ und das schlussendlich ausgewählte Modell $M(th)$ als gleichwertig beste Modelle ausgewiesen wurden, könnte durchaus mit dem Wetterverlauf im beobachteten Zeitraum zusammenhängen. In den beiden letzten Juli-, sowie den beiden

ersten Augustwochen herrschte im Untersuchungsgebiet starke Hitze und Trockenheit. In diesen beiden Fangperioden lagen die Fangwahrscheinlichkeiten des Modells $M(th)$ bei nur 0.08 und 0.13. Beide Werte liegen klar unter der durchschnittlichen Fangwahrscheinlichkeit von 0.393.

Hohe Sommertemperaturen führen bei Steinwild zu einer Reduktion der für die Futteraufnahme genutzten Zeit und zur Verlegung der Einstände auf höhere Flächen (Aublet *et al.*, 2009). Dies dürfte den Grund für die geringe Anzahl an Fängen in diesem Zeitraum darstellen. Die in dieser Zeit genutzten Flächen konnten im Zuge dieser Arbeit nicht lokalisiert werden. Eine Verlegung des Untersuchungszeitraums, wie beispielsweise bei Sandfort (2015), der die Untersuchung in den Wintermonaten durchführte, wäre jedoch aufgrund der hohen Schneelagen im Untersuchungsgebiet keine Möglichkeit. Aufgrund der in Abbildung 18 gezeigten Akkumulationkurve der Fangwahrscheinlichkeiten, kommt auch die Möglichkeit den Untersuchungszeitraum zu verkürzen und beispielsweise die Untersuchung von Mitte August bis Ende September durchzuführen, um so möglichen Hitzeperioden auszuweichen, nicht in Frage. Die Studie bereits mit Anfang Mai zu beginnen, würde den Aufwand für das Scouting stark erhöhen, da im Zuge dieser Arbeit beobachtet werden konnte, dass vor allem das Scharwildrudel ab Mitte Juni in die Sommereinstände zieht und somit die Kamerafallenstandorte im Untersuchungszeitraum geändert werden müssten. Einzig die Variante die Kamerafallen von Mitte August für zehn Wochen bis Ende Oktober aufzustellen wäre eine Möglichkeit, wenn man davon ausgeht, dass bei Vermeidung der Hitzeperiode im Sommer die Durchführung der Studie auch in zehn Wochen möglich ist.

4.3.2 Vermessung

Bei der in dieser Arbeit adaptierten Vermessungsmethode nach Willisch *et al.* (2013) bestanden zwei Hauptprobleme. Einerseits der durch die nicht ausreichende Qualität der Fotos, die Verzerrungen durch Winkel und die unzulängliche Möglichkeit der Entfernungsbestimmung entstandene Fehler in den Messergebnissen und andererseits die unter anderem durch die Populationsgröße bedingte kleine Stichprobe der Vermessungsdaten.

Aufgrund des technischen Fortschritts wird die Qualität der Fotos und damit auch die Genauigkeit der Messwerte zukünftig kein Problem mehr darstellen. Kamerafallen und deren Auflösung werden von Jahr zu Jahr besser.

Auch die Vermessung mittels Laserstrahlen, wie sie beispielsweise bereits von Shrader *et al.* (2006) zur Ermittlung der Schulterhöhe von Elefanten angewandt wurde, wäre denkbar.

Für die Probleme mit den unterschiedlichen Winkeln der Hörner zur Kamera und den dadurch entstehenden Verzerrungen, bedarf es einer mathematischen Lösung. Möglicherweise wäre auch hier eine adaptierte Methode zur Korrektur nach Willisch *et al.* (2013) ein Lösungsansatz, dies hätte jedoch den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Generell wäre es zielführend jeden Kamerastandort mit zwei Kameras auszustatten um einerseits die individuelle Identifizierung auf optischem Wege zu erleichtern und um gleichzeitig eine größere Anzahl an potentiellen Fotos für die Vermessung zu erlangen. Je mehr Fotos man zur Verfügung hat umso leichter fällt es auch nicht optimale Fotos auszusortieren und im Endeffekt trotzdem eine genügend große Stichprobe für Diskriminanzanalyse und Regressionsbäume zu erhalten.

Da bei Anwendung der fotografischen Fang-Wiederfangmethode auch nach bis zu fünf Jahren noch die Möglichkeit besteht, bereits gefangene Tiere

wiederzuerkennen (Sandfort, 2015), wäre es auch interessant, die vorliegende Studie zu wiederholen, um die Entwicklung der Population zu betrachten und auch, um mögliche Abwanderungen zu lokalisieren.

5 Literaturverzeichnis

- Abderhalden, W., & Buchli, C. (1998). Erfahrungen mit der Markierung von Alpensteinböcken (*Capra i. ibex*). Zeitschrift für Jagdwissenschaft 44, 184–189.
- Abderhalden, W., Buchli, C., Ratti, P., & Godli, D. (1998). Einfang und Immobilisation von Alpensteinböcken (*Capra i. ibex*). Zeitschrift für Jagdwissenschaft 44, 123–132.
- Amon, R. (1956). Klimatische Grenzen einer Wiederansiedlung des Alpensteinbockes, *Capra i. ibex*, Linne 1758, in den Ostalpen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 5, 132–137.
- Aublet, J.-F., Festa-Bianchet, M., Bergero, D., & Bassano, B. (2009). Temperature constraints on foraging behaviour of male Alpine ibex (*Capra ibex*) in summer. Oecologia 159, 237–247.
- Buchli, C., & Abderhalden, W. (1998). Untersuchungen zur Konstitution von Steinböcken anhand von Hornmaßen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 44, 244–250.
- Büntgen, U., Liebhold, A., Jenny, H., Mysterud, A., Egli, S., Nievergelt, D., Stenseth, N.C., & Bollmann, K. (2014). European springtime temperature synchronises ibex horn growth across the eastern Swiss Alps. Ecology Letters 17, 303–313.
- Dullinger, S., Dirnböck, T., & Grabherr, G. (2001). Die subalpine und alpine Vegetation der Schneealpe, Steiermark. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins der Steiermark 131, 83–127.
- Egger-Batliner, C. (2011). Steinwild einst und jetzt in Vorarlberg. Abschlussarbeit Universitätslehrgang Jagdwirt/in II. Universität für Bodenkultur Wien.
- Gressmann, G. (1997). Populationsentwicklung von ausgesetzten Alpensteinböcken (*Capra ibex L.*) am Ostalpenrand. Diplomarbeit. Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Graz.
- Gressmann, G., Deutz, A., Aste, C., & Schröder, W. (2000). Die Bedeutung der Topographie für das Populationswachstum von Steinwildkolonien am Ostalpenrand. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 46, 14–22.

- Henschel, P., & Ray, J. (2003). *Leopards in African rainforests: survey and monitoring techniques*. Wildlife Conservation Society, Global Carnivore Program, New York.
- Hothorn, T., Hornik, K., & Zeileis, A. (2006). Unbiased Recursive Partitioning: A Conditional Inference Framework. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 15(3), 651-674.
- Jackson, R.M., Roe, J.D., Wangchuk, R., & Hunter, D.O. (2005). *Surveying Snow Leopard Populations with Emphasis on Camera Trapping: A Handbook*. The Snow Leopard Conservancy. Sonoma, California.
- Jacobson, A.R., Provenzale, A., von Hardenberg, A., Bassano, B., & Festa-Bianchet, M. (2004). Climate forcing and density dependence in a mountain ungulate population. *Ecology* 85, 1598–1610.
- Karanth, K.U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture—recapture models. *Biological Conservation* 71, 333–338.
- Karanth, K.U., & Nichols, J.D. (2002). *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers, and conservationists in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore
- Largo, E., Gaillard, J.-M., Festa-Bianchet, M., Toïgo, C., Bassano, B., Cortot, H., Farny, G., Lequette, B., Gauthier, D., & Martinot, J.-P. (2008). Can ground counts reliably monitor ibex *Capra ibex* populations. *Wildlife Biology* 14, 489–499.
- Luzón, M., Santiago-Moreno, J., Meana, A., Toledano-Díaz, A., Pulido-Pastor, A., Gómez-Brunet, A., & López-Sebastián, A. (2008). Parasitism and horn quality in male Spanish ibex (*Capra pyrenaica hispanica*) from Andalucía based on coprological analysis and muscle biopsy. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6, 353–361.
- McClintock, B.T., Conn, P.B., Alonso, R.S., & Crooks, K.R. (2013). Integrated modeling of bilateral photo-identification data in mark-recapture analyses. *Ecology* 94, 1464–1471.
- Meile, P., Giacometti, M., & Ratti, P. (2003). *Der Steinbock: Biologie und Jagd*. Salm Verlag, Bern.
- Otis, D.L., Burnham, K.P., White, G.C., & Anderson, D.R. (1978). Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* 62, 3–135.

Ratti, P., & Meile, P. (1997). Steinwild: Ratschläge für die Jagd. Jagd- und Fischereiinspektorat des Kantons Graubündens.

R Development Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna.

Rexstad, E., & Burnham, K.P. (1991). User's guide for interactive program CAPTURE. Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit. Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

Sandfort, R. (2015). Estimating Alpine ibex *Capra ibex* abundance from photographic sampling. *Mammal Review* 45(3), 191-195.

Shrader, A.M., Ferreira, S.M., & Van Aarde, R.J. (2006). Digital photogrammetry and laser rangefinder techniques to measure African elephants. *South African Journal of Wildlife Research* 36(1), 1-7.

Venables, W.N. & Ripley, B.D. (2002). Modern applied statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York.

Wickham, H. (2009). Ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer, New York.

Williams, B.K., Nichols, J.D., & Conroy, M.J. (2002). Analysis and management of animal populations. Academic Press. San Diego, California.

Willisch, C.S., Marreros, N., & Neuhaus, P. (2013). Long-distance photogrammetric trait estimation in free-ranging animals: A new approach. *Mammalian Biology* 78, 351–355.

Winkelmayr, P. (2013). Lebensraumkonkurrenz zwischen Gams- und Steinwild am Hochschwab. Abschlussarbeit Universitätslehrgang Jagdwirt/in IV. Universität für Bodenkultur Wien.