

Winterökologie der Gemse (*Rupicapra rup. rupicapra*)

Raumnutzung und Habitatwahl in einem Gebiet im
Schweizerischen Nationalpark



Diplomarbeit von Seraina Campell

Dezember 2003

Institut für Zoologie, Universität Basel

Leitung:

Prof. Dr. David G. Senn

Dr. Flurin Filli

DANKSAGUNG

Meine Feldarbeit ist mit prägenden Erlebnissen verbunden. Die vielen Stunden, die ich alleine im Wald beim Telemetrieren verbringen durfte und nur ab und zu ein Funkspruch meines Helfers hörte, werden mir in guter Erinnerung bleiben. Des Nachts konnte ich oft den Mond bestaunen und die Stille geniessen. Am Tage die herrliche Natur um mich herum bewundern. Der Winter 2002/2003 war an manchen Tagen klirrend kalt. Aber die Kälte konnte mir nichts anhaben beim Beobachten der Gamsen auf der Brandfläche und auf anderen Flächen im Schweizerischen Nationalpark. Während dieser Zeit, aber auch bereits im Vorfeld und bei der Datenaufnahme durfte ich von zahlreichen Personen grosse Unterstützung erfahren. Bei all diesen Menschen möchte ich mich herzlich bedanken:

- Prof. Dr. David G. Senn gab mir als Betreuer die Möglichkeit, die Arbeit durchzuführen und räumte mir die grösstmöglichen Freiheiten bei Konzeption und Durchführung ein.
- Dr. Flurin Filli ermöglichte mir als Mitbetreuer, meine Diplomarbeit im Rahmen des Forschungsprojektes „Huftiere in einem alpinen Lebensraum“ im Schweizerischen Nationalpark durchzuführen. Er stand mir immer hilfsbereit zur Seite, sei es in fachlicher oder in moralischer Hinsicht.
- Prof. Dr. Heinrich Haller erlaubte mir als Nationalparkdirektor, meine Daten in einem Schutzgebiet der Kategorie I Daten zu erheben.
- Dank an alle Parkwächter, die mir bei der Datenaufnahme zur Hilfe standen. Im Speziellen möchte ich mich bei Dario Clavuot für das Ausharren in der Kälte bedanken, Fadri Bott für die vielen Informationen über die Gamsen im Gebiet II Fuorn und Andri Cuonz für aufbauende Mitteilungen via SMS.
- Ruedi Haller und Urs Gyseler vom GIS-Nationalpark möchte ich ganz herzlich danken für ihre Geduld und Hilfe bei der Auswertung mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) und sonstigen Computerproblemen.
- Gustav Schneiter (WSL) für die meteorologischen Daten für Wald und Freiland. Michael Tamás für die meteorologischen Daten auf Munt Chavagl.

- Einen herzlichen Dank geht an all die Menschen, die im Nationalparkhaus tätig sind. Die Stunden am Kaffeetisch waren immer sehr heiter und lockerten meine müden Zellen auf. Im Speziellen denke ich da an die witzigen Attachments von Claudio Bazzell und die aufmunternden Worte von Stefan Triebs. Ich danke Euch sehr für alles was ihr mir zu Gute kommen liasset.
- Allen Praktikantinnen und Praktikanten des Schweizerischen Nationalparks, die mich ebenfalls bei der Datenaufnahme unterstützen. Dabei denke ich an Jacques Thiébaud, welcher mir immer mit guten Ratschlägen zur Seite stand, an Regula Siegwart, die öfters mit mir zusammen gefroren hat, an Stefan Burch für die guten und aufbauenden Gespräche und an alle Chasa Murtèr Bewohner: Annina Urech, Martin Kistler, Christoph Degen, Lorenz Hübner, Christophe Bonetti, John Dickinson, Michael Baur und Daniel Trüssel. Für einen Spass oder ein Fest wart ihr immer zu haben.
- Bedanken möchte ich mich auch bei Dunja L. Meyer für all die guten und weniger schönen Stunden, die wir zusammen im Container verbringen durften.
- Spezieller Dank geht an Gisbert Schnell, der mir bei der Korrektur, der Formatierung und der graphischen Gestaltung der Diplomarbeit bis in die späten Stunden zur Seite gestanden hat.
- Dora Filli für all die Stunden, die sie beim Durchlesen der Arbeit aufgebracht hat.

Mein grösster Dank gilt meinen Eltern und meinen Schwestern, die mir durch ihre Unterstützung das Biologiestudium überhaupt erst ermöglicht haben. Grazia fich!

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	DIE ÖKOLOGIE DER GEMSE	5
3	DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET	9
3.1	Die geographische Lage.....	9
3.2	Klima, Witterung und Geologie.....	9
3.3	Vegetation	9
3.4	Huftiere im Schweizerischen Nationalpark und ihr Einfluss auf die Vegetation	10
4	MATERIAL UND METHODEN	15
4.1	Die Datenaufnahme.....	15
4.1.1	Markierung der Gemen	15
4.1.2	Datenaufnahme	16
4.1.3	Die Umweltparameter	18
4.2	Die Auswertung	23
4.2.1	Definition eines Winterstreifgebietes	23
4.2.2	Analyse der Streifgebiete	23
4.2.3	Die statistischen Tests.....	25
5	ERGEBNISSE	26
5.1	Lage und Grösse der Winterstreifgebiete.....	26
5.1.1	Räumliche Lage und Form der Winterstreifgebiete	26
5.1.2	Die Grösse der Winterstreifgebiete	26
5.1.3	Räumliche Überlappung der individuellen Winterstreifgebiete	29
5.1.4	Wiederbesetzung der Winterstreifgebiete	29
5.1.5	Diskussion	30
5.2	Räumliche Verteilung innerhalb der Winterstreifgebiete	32
5.2.1	Muster der Raumnutzung innerhalb der Winterstreifgebiete	32
5.2.2	Verschiebungen innerhalb der Winterstreifgebiete.....	32
5.2.3	Diskussion	33
5.3	Die Nutzung der Winterstreifgebiete bezüglich ausgewählter Habitatfaktoren.....	35
5.3.1	Die Höhenlage.....	35
5.3.2	Die Exposition nach Himmelsrichtung	38

5.3.3	Die Hangneigung.....	41
5.3.4	Die Vegetationsbedeckung.....	42
5.3.5	Diskussion	44
5.4	Vergleich der verschiedenen Winter und Regulation der Population	45
5.4.1	Schneehöhe und Standortwahl der Gensen.....	45
5.4.2	Temperatur und Standortwahl der Gensen	47
5.4.3	Diskussion	49
6	GESAMTDISKUSSION	52
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	56
8	LITERATUR.....	58
9	ANHANG	63

1 EINLEITUNG

Jede Population unterliegt einem ständigen Wandel: Individuen werden geboren, immigrieren, emigrieren oder sterben. Dennoch fluktuieren Populationen innerhalb bestimmter Grenzen, zeigen kein grenzenloses Wachstum und Arten sterben nur gelegentlich aus (Begon et al. 1996). Es müssen regulierende Faktoren existieren, welche einerseits für die relative Stabilität bereits etablierter natürlicher Populationen, andererseits aber auch für das sukzessive Herabsetzen der Zuwachsrates expandierender Populationen verantwortlich sind, wenn sich diese der Grenze der Kapazität ihres Habitats nähern. Solche bestandesbeeinflussenden Faktoren sind dichteabhängig: sie wirken sich auf die intrinsischen, das heisst auf demographische Parameter einer Population aus, sobald deren Individuenzahl einen der Spezies und ihrem Lebensraum angepassten Optimalbereich unter- oder überschritten hat. Wichtig ist dabei nicht die absolute, sondern die ökologische Dichte. Statt zum Raum setzt sie die Population in Beziehung zum Ressourcenangebot. Nach Begon et al. (1996) kann Bestandesregulierung nur als Resultat eines oder mehrerer dichteabhängiger Prozesse vorkommen. Diese äussern sich in den Geburten- und Todes- oder Migrationraten.

Die intrinsischen stehen unter dem Einfluss der extrinsischen Faktoren. Zu diesen zählen Klima, Ressourcen wie Nahrung, schutzbietende Geländeformationen oder Raum, konkurrierende Arten und natürliche Feinde wie Prädatoren und Parasiten (Newton 1998). Um zu verstehen, wodurch das Niveau einer Population bestimmt wird und weshalb dieses Niveau weder über Raum noch Zeit konstant bleibt, müssen deshalb die extrinsischen Parameter untersucht werden.

Dichteabhängigkeit - und damit das Potential zur Bestandesregulation - kann unter den extrinsischen Faktoren praktisch nur bei der Ressourcenkonkurrenz gefunden werden (Begon et al. 1996). In seltenen Fällen kommen als dichteabhängige extrinsische Parameter auch Parasitismus oder infektiöse Krankheiten, eventuell Prädation in Frage. Tiere, welche Epidemien oder Räubern zum Opfer fallen, sind jedoch mehrheitlich in derart schlechter Verfassung, dass sie ohnehin kaum je oder nicht mehr zu den aktiven Trägern einer Population gehören. Mangelhafte Konstitution und Kondition der Individuen können durch dichteabhängige Faktoren bedingt sein, sie bilden für Prädation und Parasitismus aber nur den Nährboden und sind nicht darauf zurückzuführen.

Die Diskussion um bestandesbeeinflussende Faktoren stellt ein zentrales Thema in der Ökologie dar (Cappuccino 1995). Zeitreihenanalysen lassen dichteabhängige Regulation erkennen (Royama 1992). Huftierarten eignen sich selten aufgrund ihrer langen

Generationszeiten für populationsdynamische Untersuchungen (Gaillard et al. 1998). Im Schweizerischen Nationalpark sind langfristige Datenreihen vorhanden und Untersuchungen zeigen, dass der Gamsbestand durch Dichteabhängigkeit reguliert wird (Filli 1995; Lande et al. 2002).

Lande et al. (2002) analysierten kleine oder gemässigte Fluktuationen um ein beständiges Gleichgewicht in der Bestandesgrösse für Populationen mit einer dichteabhängigen „*life history*“. Festgestellt wurde, dass durch Verringerung der Populationswachstumsrate und damit auch des alters-spezifischen Überlebens und der alters-spezifischen Reproduktion der Bestand an hoher Dichte limitiert wird.

Die Bedeutung der dichteabhängigen gegenüber den dichteunabhängigen Faktoren für die Populationsfluktuationen steht im zentralen Interesse. Caughley (1980) postuliert anhand von Untersuchungen an Tharpopulationen Pflanzen-Herbivorenmodelle und deren Regulation. Demnach sollte eine Population schnell anwachsen, die Kapazitätsgrenze der Lebensräume überschreiten und den Lebensraum übernutzen. Die Nahrungsgrundlagen werden kleiner, als Folge davon verringern sich die Fettreserven der Tiere. Die Folge ist ein Zusammenbruch der Population, die sich später auf einem tieferen Niveau einpendeln kann. Turchin (2003) stellt fest, dass es eine allgemeine Kategorie von ökologischen Mechanismen gibt, die für die Fluktuationen in einer Population verantwortlich sind: nämlich trophische Interaktionen.

Lack (1966) hingegen formulierte eine Hypothese, aus der hervorgeht, dass die Regulation der Populationsgrösse durch dichteabhängige Mortalität auftritt, verursacht durch Ressourcenlimitation während der nicht reproduzierenden Zeit. Sæther (1997) nimmt gestützt auf Lack's Hypothese an, dass speziell bei den Huftieren die grossen Mortalitätsraten im Winter infolge dichteabhängiger Ressourcenlimitation und klimatischer Einflüsse für die grossen Verluste an den Beständen verantwortlich sind. Gaillard et al. (1998) weisen darauf hin, dass Langzeitstudien in der Populationsökologie von Huftieren gezeigt haben, dass sich das Überleben von Weibchen im besten Alter von Jahr zu Jahr durch die unterschiedlichen Populationen wenig ändert. Die Überlebensrate von Jungtieren aber variiert stark und kann somit grossen Einfluss auf die Populationsentwicklung haben. Die Sterblichkeit in der Jugendphase wird in dieser Übersicht als ein sensibler und limitierender Faktor betrachtet.

Hengeveld & Haack (1982) weisen darauf hin, dass die Verteilung einer Art über ein geographisches Gebiet eine optimale Antwort auf die ökologischen Bedingungen darstellt. Die Verteilung dieses Optimums im Raum spiegelt die beobachtete charakteristische Verteilung wieder. Brown (1984) stellt ein detaillierteres Modell für die geographischen

Verteilungen der Arten vor. Er behauptet, dass eine Autokorrelation zwischen den ökologischen Bedingungen und dem Raum existiert. Brown & Maurer (1989) beobachteten, dass die Abnahme von ökologischen Bedingungen über einen Zeitraum zu einer Abnahme im Gleichgewicht von Populationsdichten führt, weil die ökologischen Bedingungen die Demographie dieser Populationen definieren.

Bei den Huftieren der temperaten Zone und im speziellen bei den Huftieren der Alpen, die einen strengen Winter kennen, ist die Einstandswahl im Winter ein wichtiger Faktor in der Populationsdynamik (Sæther 1997). Die Wahl eines geeigneten Winterhabitates führt zu einer guten Überlebenswahrscheinlichkeit und umgekehrt. Die gewählten Habitate, die Verfügbarkeit von Nahrung als limitierender Faktor und das soziale Umfeld wirken sich auf die physische Kondition der Huftiere aus und könnte auf diese Weise indirekt auf die Bestandesregulation einwirken. Die Raumnutzung ist auf einen optimalen Energiehaushalt ausgerichtet.

Ein optimaler Energiehaushalt im Winter ist besonders für Huftiere im Alpenraum von Bedeutung. Die Nutzung von Ressourcen kann für die Individuen und die Dynamik von Populationen eine wichtige Rolle spielen. Das Zusammenspiel dieser Faktoren kann nur erschwert untersucht werden. Im Schweizerischen Nationalpark sind diese Bedingungen gegeben. Der Gemsbestand ist sich selbst überlassen und wird durch natürliche Faktoren reguliert. Dank langfristiger Datenreihen des Schweizerischen Nationalparks konnten Daten von VHF- und GPS-besenderten Gemen über die Winter 1999/2000 bis 2002/2003 verglichen werden. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Habitatwahl, welche einen Einfluss auf das Überleben im Hochgebirge hat. Die unterschiedliche Nutzung der Habitatfaktoren wie Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetation ist dabei von zentralem Interesse.

Der Winter 2002/2003 war gekennzeichnet durch kalte Temperaturen und wenig Niederschlag. Der frühe Wintereinbruch und die daher gezwungene Einstandswahl könnte die Ursache für ein Massensterben der Gemen im April 2003 gewesen sein. Insgesamt wurden 24 Gemen auf einer Fläche von ca. 100ha tot aufgefunden. Bei allen Gemen wurde eine bakterielle Lungenentzündung diagnostiziert. Als Auslöser dafür könnte der Temperatursturz in der Nacht vom 7. auf den 8. April in Erwägung gezogen werden.

Aufgrund dieser Ausgangslage werden in der vorliegenden Arbeit folgende Hypothesen gestellt:

- Die von den Gemsgeissen gewählten Winterstreifgebiete ändern sich bezüglich ihrer Grösse und ihres Standortes im Verlauf des Winters von Dezember bis April.
- In aufeinander folgenden Jahren werden die gleichen Winterstreifgebiete besetzt.
- Die Nutzung innerhalb des Streifgebietes ist homogen.
- Die Nutzung der Habitatfaktoren wie Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetationsbedeckung ist selektiv in Bezug auf das Angebot im Winterstreifgebiet.
- Die klimatischen Voraussetzungen wie Schnee und Temperatur haben einen Einfluss auf die Standortwahl der Gamsen.

2 DIE ÖKOLOGIE DER GEMSE

Die Verbreitung der Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.) erstreckt sich auf die Hochgebirge und einige Mittelgebirge Europas und Vorderasiens (Schröder et al. 1983). In Neuseeland wurden Gemen erfolgreich eingeführt (Bauer 1982). Es werden zwei Arten (*Rupicapra rupicapra* und *Rupicapra pyrenaica*) sowie zehn Unterarten unterschieden, die in erster Linie durch die Isolation der einzelnen Gebirgsstöcke entstanden sind. In den Alpen handelt es sich in allen Fällen um die Alpengemse (*Rupicapra rupicapra rupicapra*).

Der Lebensraum der Gemen reicht von den Felsregionen über alpine Matten, Krummholzzonen und lichte Bergwälder bis hin zu unterwuchsreichen Wäldern der tieferen Lagen. Bestimmende Faktoren für die Qualität des Lebensraumes sind vor allem das Nebeneinander von Äsungsflächen und Deckungsmöglichkeiten auf engem Raum, die auch den Bedürfnissen grösserer Rudel gerecht werden (Meile 1985). Die Gemse lebt ganzjährig in der alpinen und subalpinen Stufe der Alpen (Höhenstufen von 1600 – 3000m ü. M.), gelegentlich werden montane und nivale Regionen aufgesucht (Hamr 1984). So unterschiedlich diese Lebensräume sind, eines haben sie gemeinsam: sie enthalten alle steile Geländeteile. Steilheit ist ein wichtiger Faktor im Einstandsgebiet der Gemen. Nie finden wir sie in grossräumig flachen Gebieten, wo der nächste schutzbietende Fels oder Abhang weit entfernt ist. Ausschlaggebend für die Einstandswahl ist also nicht die absolute Höhenlage, sondern das Relief. Neben Steilheit braucht die Gemse als mittelgrosser Wiederkäuer qualitativ gute Nahrung. In den offenen Weiden oberhalb der Waldgrenze und der halboffenen Landschaft der montanen und subalpinen Höhenstufe kann die Gemse also am ehesten ihre Nahrungsbedürfnisse decken (Schnidrig & Salm 1998).

Nach einem Modell von Schröder et al. (1988) zur Bewertung eines Gemshabitates wird die Eignung des Geländes als Gemeslebensraum über einen Index bestimmt, der den Anteil der waldfreien Vegetation, den Anteil des Waldes und den Felsanteil berücksichtigt. Von Bedeutung ist dabei die Feststellung, dass dem Anteil alpiner Rasen das grösste Gewicht zufällt. Demnach kann ein Gelände gemischt aus etwa 30 – 50% alpinem Rasen, zwischen 10 und 50% Felsanteil und etwa 10 – 30% Wald als typisches, das heisst optimales Gensebiotop angesprochen werden.

Über die Nutzung innerhalb der Streifgebiete selber ist noch wenig bekannt. In den Ammergauer Bergen (Deutschland) bevorzugen die Gemen im Sommer und Herbst die Ost- und Südhänge, an wärmeren Tagen jedoch die Nordhänge (Elsner 1982, Elsner-Shack 1985). Im Winter bevorzugen die Gemen die sonnigen und windgeschützten Ecken in ihrem Einstandsgebiet, wo sie kleinräumig vorhandene und erreichbare Gras-, Strauch- und

Baumäsung sowie Wärme finden (Schnidrig & Salm 1998). Im Gebirge sind die Mächtigkeit der Schneedecke sowie ihre Beschaffenheit je nach Exposition, Hangneigung und Vegetation sehr unterschiedlich. Im Frühjahr ziehen die Gemen in tiefe Hang- bzw. Tallagen, um sich dort mit beginnender Schneeschmelze frische energie- und nährstoffreiche Nahrung zu erschliessen. Mit dem Ansteigen der Schneegrenze folgen die Gemen der Vegetationsentwicklung wieder bergwärts (Meile 1986).

Diese Standortfaktoren spielen im Winter eine wichtige Rolle – auch für die thermische Behaglichkeit (Schröder 1971). Ende Winter schmilzt der Schnee zuerst in tiefen und südexponierten Lagen. Unmittelbar nach der Schneeschmelze spriesst das erste Grün. Und genau hier finden sich zu dieser Jahreszeit die Gemen ein. Im April steigen auch die in alpinen Hochregionen überwinternden Rudel häufig hinunter ins Tal, um sich an den jungen Gräsern zu stärken. Die im Wald lebenden Gemen treten auf die Weiden aus. Der sich zurückziehenden Schneedecke folgend, steigen die Gemen wiederum in die Höhe (Schnidrig & Salm 1998). Verschiedene Verhaltensweisen, die der Energieeinsparung dienen, sind für das Überleben im Winter unerlässlich. Die Gemen schränken ihre Aktivitäten ein, bewegen sich langsam und vermeiden unnötige Standortwechsel. Aufgrund der schlechten Nahrungssituation ist die Energiebilanz im Winter negativ und Gewichtsverluste von ca. 30% sind unvermeidlich. Die Wintermortalität ist deshalb hoch und variiert mit Schneemenge und Winterlänge. Die Winterhärte ist in diesem Zusammenhang ein entscheidender Faktor bei der natürlichen Regulation der Populationsgrösse. Während die Gemen bei nicht zu grosser Schneehöhe mitunter in windverblasenen Gratlagen verbleiben, ziehen sie sich bei ausgiebigen Schneefällen in tiefere Lagen zurück. Es gibt aber auch Individuen, die ihren Estand ganzjährig überwiegend im Waldbereich haben. Krämer (1967) stellte fest, dass die Geissen grössere Strecken als die Böcke zurücklegen und dass die Verschiebungen innerhalb des Estandgebietes meistens in vertikaler Richtung stattfinden.

Die Aktivitätsrhythmik der Gemen hängt generell von der Tageslänge und den Witterungsbedingungen ab. Im Sommer mit den langen Lichttagen haben die Tiere Zeit genug, zwischen den Äsphasen lange zu ruhen. An den kurzen Wintertagen aber sind die Gemen fast dauernd mit der Nahrungssuche und –aufnahme beschäftigt. Bis zu 75% der Aktivität im Winter verbringen die Gemen mit der Nahrungsaufnahme. Nur über Mittag schalten sie häufig eine kurze Ruhepause ein.

Gemen gelten als ausgesprochen tagaktive Tiere. In der Nacht bleiben sie aber keineswegs still an einem Ruheplatz. Vor allem in den Stunden um Mitternacht sind sie relativ aktiv (Schnidrig & Salm 1998). Im Winter bei Schneelage ist die Aktivität geringer,

damit der mit der Äsungsaufnahme verbundene Energieverlust geringgehalten wird. Dafür ist die Dauer der jeweiligen Äsungsaufnahme länger (Nerl et al. 1995). Ingold et al. (1998) führten Untersuchungen über Aktivitätsmuster und –rhythmus der Gemen im Winter durch und fand heraus, dass ein Aktivitätsmaximum in der Nacht erfolgt - nahezu immer um Mitternacht. In allen Fällen war ein Aktivitätsminimum in der frühen und späten Nacht ersichtlich

Die Anpassungen der Gemse an die Lebensbedingungen des Hochgebirges sind sowohl morphologischer als auch physiologischer Natur. Dabei sind vor allem die weit spreizbaren Klauen („Schalen“) zu erwähnen, die in steilen Felswänden festen Halt bieten und auf Schnee das Einsinken vermindern. Ausserdem bietet das extrem dichte und langhaarige Winterfell mit seiner stark verfilzten Unterwolle einen guten Schutz vor Kälte und ist aufgrund seiner schwarz-braunen Farbe gleichzeitig geeignet, durch Strahlungsabsorption Wärme aufzunehmen. Der saisonale Fellwechsel gewährleistet mit seinem dünneren und rötlich-braunen Sommerfell zudem, dass sich die Erwärmung im Sommer in Grenzen hält. Auch der Fellwechsel, der im Herbst frühzeitig und rasch, im Frühjahr aber erst spät erfolgt, ist an die saisonalen wechselnden Klimabedingungen des Hochgebirges optimal angepasst (Meile 1986).

Zu den physiologischen Anpassungen gehören die Fähigkeit, ausgeprägte Fettdepots anzulegen, morphologische Veränderung der Pansenzysten als Anpassung an saisonale Schwankungen von Nahrungsmenge und –qualität, die damit einhergehende Verlängerung der Darmpassagezeit im Winter sowie verschiedene Mechanismen zur Energieeinsparung in Mangelzeiten. Erst die Verhaltensanpassungen, die der Minimierung des Energieverbrauchs dienen, ermöglichen das Überleben im Hochgebirge (Meile 1986). So finden im Jahresverlauf und in Abhängigkeit vom Wettergeschehen Verschiebungen in der Wahl des Einstandes statt. Neben saisonalen Wanderungen meiden Gemen intensive Sonneneinstrahlung an heissen Sommertagen, indem sie sich auf Schneefelder oder in schattige Lagen zurückziehen; auch wetterexponierte Einstände werden bei entsprechender Witterung gemieden.

Geissen, Kitze, Jährlinge und junge Böcke (bis ca. 3 Jahre) schliessen sich meist zu grösseren Rudelverbänden zusammen. Während Geiss-Kitzrudel mehrere Dutzend Individuen umfassen, bilden immature Böcke kleinere Junggesellenverbände. Ältere Böcke leben dagegen solitär und besetzen ein festes Sommerterritorium, das bevorzugt unterhalb der Waldgrenze oder aber in Felsbereichen oberhalb der Äsungsflächen der Rudel liegt (Meile 1981). Zur Setzzeit (Mai-Juni) isolieren sich die trächtigen Geissen vom Rudel und ziehen sich an windgeschützte Stellen in Legföhrenwälder oder Felswänden zurück. Nach

der Geburt der Kitze schliessen sie sich schnell wieder dem Rudelverband an. Anfang Oktober erreichen die Gemen ihr Maximalgewicht. Dann setzt die Brunftzeit (November-Dezember) ein, in der die Böcke die Geiss-Kitzrudel gezielt aufsuchen und Paarungsterritorien etablieren. Territoriale Auseinandersetzungen mit anderen Böcken sind die Regel und die Nahrungsaufnahme wird fast vollständig eingestellt (Meile 1981, Krämer 1969a).

Meile (1986) untersuchte die Nahrungsverhältnisse im Winter. Dieser Faktor ist entscheidend im Leben einer Gemse. In günstigen Jahren zu stark angewachsene Bestände werden in schneereichen Wintern Opfer der Nahrungsknappheit. Konkurrenzschwache Tiere sterben an Unterernährung oder enden als Fallwild. Auch können auf diese Weise leichter Krankheiten ausbrechen und epidemisch ausbreiten.

3 DAS UNTERSUCHUNGSGBIET

3.1 Die geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt im Osten der Schweiz, im Unterengadin unweit der Ofenpassstrasse und befindet sich im Schweizerischen Nationalpark. Von Mitte Mai bis Mitte Oktober ist dieser 173km² grosse Raum für Besucher zugänglich. Innerhalb der Nationalparkgrenze herrscht ein Weggebot.

Das untersuchte Gebiet (Anhang A: Abb. 3.1) ist etwa 684ha gross und erstreckt sich über einen Höhenbereich von 1755 bis 2906m ü. M. Diese Fläche umfasst die Vallina dal Fuorn mit den Südwest-, Süd- und Südosthängen, die Bergspitze Piz dal Fuorn mit den Süd- und Südosthängen und die westlich exponierten Hänge der Val Ftur.

3.2 Klima, Witterung und Geologie

Im Untersuchungsgebiet herrscht ein kontinentales Trockenklima. Dieses ist charakteristisch für die Zentralalpen und wird geprägt durch wenig Niederschlag, eine geringe Nebelhäufigkeit, eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit, eine intensive Sonneneinstrahlung sowie starke Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf (Landolt 1992, Zoller 1995).

Felsen, Schutt und Kiesalluvionen bedecken grosse Teile des Gebietes, in welchem vor allem die Karbonatgesteine dominieren. Der Dolomit und die auftretenden Lockergesteine weisen einen sehr hohen Karbonatgehalt von meist über 90% auf. Das Untersuchungsgebiet ist geprägt durch Frostspalten- und Lösungsverwitterung, eine gehemmte Bodenbildung und eine sehr geringe Wasserhaltung (Zoller 1995). Der Boden ist neutral bis alkalisch. Der grösste Teil der Hänge ist süd- bis südostexponiert.

3.3 Vegetation

Die Vegetation in der untersuchten Fläche zeigt subalpinen bis subnivalen Charakter (Landolt 1992). Die Baumgrenze liegt zwischen 2150 und 2250m ü. M. Oberhalb der Waldgrenze ist das Gelände zu weniger als 20% mit Vegetation bedeckt (Zoller 1995). Grössere zusammenhängende Rasen findet man nur bis zu einer Höhe von 2600 – 2700m ü. M.

Im höheren Bereich des Untersuchungsgebiets dominieren Felsen, Schutt und Kiesalluvione. In den tieferen Lagen herrschen Bestände der aufrechten Bergföhre (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) vor, bis sie in einer Höhe von etwa 1980m ü. M. durch ausgedehnte Legföhrengebüsche (*Pinus mugo* ssp. *mugo*) abgelöst werden (Zoller 1995). Oberhalb des Legföhrengürtels beginnt die Zone der basophilen Trockenrasenvegetation. Hier dominieren Blaugrashalden (*Seslerieto-Semperviretum*) in ihrer speziellen Erscheinungsform der Treppenrasen. Zwischen 2400 und 2600m ü. M. erfolgt der Übergang zum artenarmen, dafür wind- und frostresistenten Polsterseggenrasen (*Caricetum firmae*).

In den Wäldern des Schweizerischen Nationalparks ist heute vorwiegend die Bergföhre (*Pinus montana*) als bestandesbildende Art anzutreffen (Kurth et al. 1960). Die heutige Dominanz der Bergföhre ist auf die jahrhundertlange intensive Holznutzung zurückzuführen, die erst mit der Gründung des Schweizerischen Nationalparks im Jahre 1914 ein Ende fand (Schlegel 1985, Parolini 1995). Die Wälder des Unterengadins wurden seit dem 16. Jahrhundert mehrmals kahlgeschlagen, worauf sich dann die Bergföhre als typischer Pionierbaum etablieren konnte.

Fichte und insbesondere die Lärche werden von Huftieren wesentlich mehr verbissen als Bergföhre und Arve. Im plenterartigen Gebirgshochwald in der Schweiz werden die Gipfeltriebe von Fichte und Lärche rund 2,5- bzw. 6,2-mal häufiger verbissen als bei der Arve. So scheint der Wildverbiss den Sukzessionsverlauf insgesamt nur wenig zu beeinflussen.

Seit der Gründung des Nationalparks werden auf dem Parkgebiet vegetationskundliche Untersuchungen durchgeführt (Scheurer 2000). Beobachtungen im Gelände, die Analyse von alten Luftbildern und die Ergebnisse von Langzeituntersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen legen sogar den Schluss nahe, dass – trotz des Äsungsdrucks durch Huftiere – die Waldfläche im Park eher zu- als abnimmt (Krüsi et al. 1995).

3.4 Huftiere im Schweizerischen Nationalpark und ihr Einfluss auf die Vegetation

In den Alpen gewinnt mit der fortschreitenden Besiedlung des Waldes durch die Gemse die Frage der Vegetationsnutzung immer mehr an Bedeutung. Wesentlich beeinflussen können die im Gebiet vorhandenen Huftiere das Sukzessionsgeschehen im Wald nur dann, wenn ganz spezielle Bedingungen erfüllt sind. Dies war zum Beispiel im unteren Teil des 1951 abgebrannten Bergföhrenbestandes bei Il Fuorn der Fall. Am Hangfuss verbrannte der Humus nicht; weiter beim Brand freigesetzte Nährstoffe wurden eingeschwemmt und die

unmittelbar unterhalb angrenzende subalpine Weide erlaubte die rasche Einwanderung verbisstoleranter Rasenarten. Zwischen 1952 und 1995 entwickelte sich hier ein vom Rot-Schwingel (*Festuca rubra*) dominierter Kurzrasen, wie er für stark von Huftieren beäste subalpine Weideflächen typisch ist (Achermann et al. 2000, Schütz et al. 2000a,c).

Mehrere Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten zeigen weiter, dass sowohl Nadelbäume (Eiberle 1978, Edenius et al. 1993) als auch Laubbäume (Senn & Haukioja 1994) Verbiss zu einem gewissen Masse überkompensieren können. Dies gilt insbesondere auch für die Lärche, welche zwar sehr stark verbissen wird, aber auch über eine aussergewöhnliche Regenerationsfähigkeit nach Gipfeltriebverbiss verfügt.

Die Arbeiten von Krüsi et al. (1995) und von Brang (1989) im Schweizerischen Nationalpark kommen zum gleichen Schluss, dass die Waldverjüngung langfristig und grossflächig nicht gefährdet ist. Auch wenn die Huftierdichte im Nationalpark hoch ist, kann sich der Wald als Ganzes trotz relativ wenigen Jungpflanzen langfristig auch unter schwierigen Rahmenbedingungen in der subalpinen Stufe durchsetzen. An verschiedenen Stellen im Park haben sich die Wälder erfolgreich auf die subalpinen Rasen hinaus ausgedehnt. Auf den bisher untersuchten Dauerflächen im Wald ist die Verjüngung der Bäume sehr gut. Anscheinend werden Verjüngung und Ausbreitung des Waldes durch die heutige Huftierdichte eher gefördert als behindert.

Beispiele zeigen, dass bei den heutigen Huftierdichten auch sehr intensiv genutzte Weideteile nicht zwangsläufig botanisch verarmen – weder klein- noch grossräumig (Krüsi et al. 1995). Offenbar werden auch die Dauerkurzweiden nicht während des ganzen Jahres oder nicht jedes Jahr so intensiv genutzt, dass nur noch verbiss- und trittfeste Pflanzen mit flach am Boden liegenden Rosetten oder kriechenden Trieben gedeihen könnten. Eine kleinräumige botanische Verarmung ist langfristig viel eher bei zu geringer oder völlig fehlender Nutzung durch Huftiere zu erwarten (Krüsi et al. 1995).

Huftiere und die Dynamik ihrer Bestände standen seit der Gründung des Schweizerischen Nationalparks 1914 immer wieder im Brennpunkt der Aufmerksamkeit. Die Gemse ist die einzige Huftierart, die schon bei der Parkgründung in guten Beständen im Parkgebiet lebte. Innerhalb der Grenze des Schweizerischen Nationalparks ist die Jagd verboten. In Il Fuorn findet seit 1914, als dieses Gebiet dem Schweizerischen Nationalpark angeschlossen wurde, keine Jagd mehr statt. Obwohl die Gemen nicht mehr bejagt werden und die Wälder und Weiden durch den Menschen nicht mehr genutzt werden, sind die Gemen bis heute auf einem auffallend konstanten Bestandesniveau geblieben und gaben somit weder Anlass zu Diskussionen um ihren Schutz noch um hegerische Massnahmen. Lediglich die in

verschiedenen Gebieten der Schweiz sporadisch auftretende Gamsblindheit führt diese Art dann und wann in die Tagespresse.

Die Zahl der Gamsen im Schweizerischen Nationalpark liegt zwischen 1000 und 1500 Tieren (Filli 1995). Seit 1955, als die Gamsen regelmässig in den gleichen Teilgebieten im Schweizerischen Nationalpark gezählt wurden, schwankt die Zahl der Gamsen im Raum II Fuorn zwischen 300 und 500 Tieren. Dieses relativ konstante Bestandesniveau der Gamsen lässt sich nicht nur parkübergreifend erkennen, sondern auch in lokal enger begrenzten Arealen. Dies trifft allerdings einzig bei langfristiger Perspektive zu; rechnet man in kürzeren Zeitabschnitten, zeigen sich Fluktuationen (Abb. 3.2).

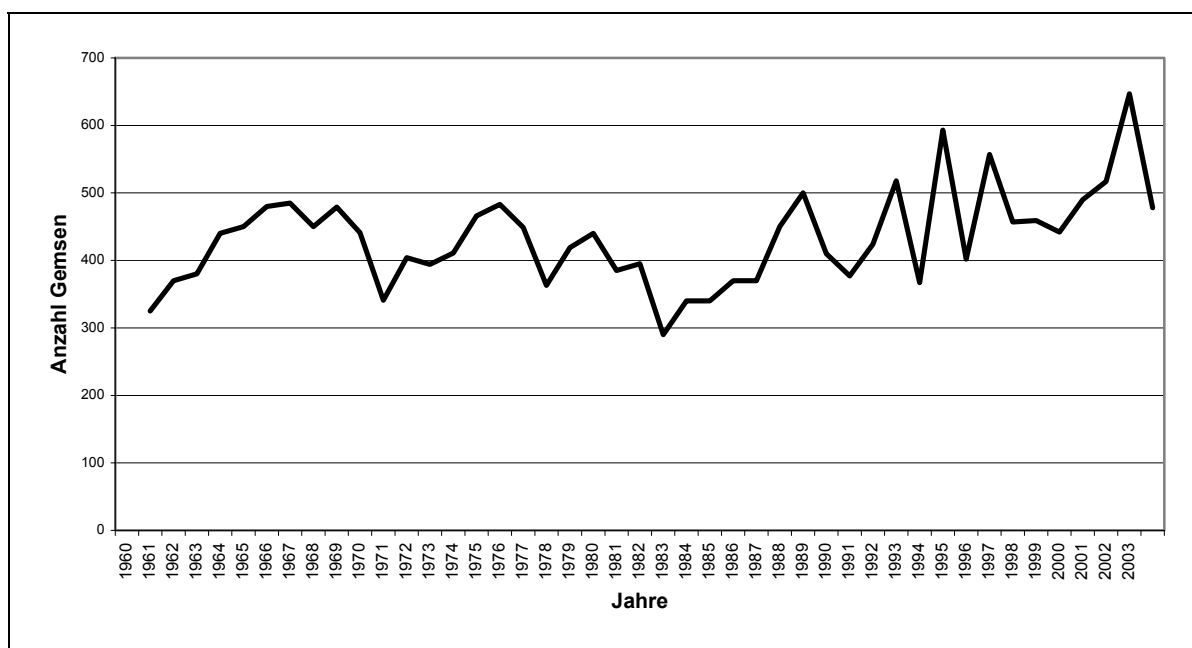


Abb. 3.2: Der Gamsbestand im Gebiet II Fuorn zwischen 1960 und 2003 (Geschäftsberichte des Schweizerischen Nationalparks, ENPK).

Diese Entwicklung des Gamsbestandes ist nicht gleich der Entwicklung der zwei anderen grossen Huftierarten im Gebiet II Fuorn, des Rothirsches (*Cervus e. elaphus*) und des Steinbocks (*Capra i. ibex*). Zum Zeitpunkt der Parkgründung fehlten im Nationalpark der Rothirsch und der Steinbock. Der Rothirsch wanderte 1918 im Nationalpark ein und nahm bis in die 70er Jahre konstant zu (Schloeth 1988). Die Steinböcke wurden im Nationalpark zwischen 1920 und 1934 ausgesetzt. Der Bestand der Steinböcke nahm am Anfang stark zu, blieb dann aber seit den 50er Jahren ungefähr stabil (Schloeth 1988).

Im Untersuchungsgebiet ist die Gemse heute die häufigste Huftierart (Tab. 3.1). Rothirsche sind weniger häufig als die Gamsen. Im Vergleich zu den Gamsen und den Steinböcken bleiben die Rothirsche nicht das ganze Jahr im Untersuchungsgebiet, sondern verlassen das Gebiet zwischen Ende September und der ersten Oktoberhälfte, um ihre Wintereinstände

ausserhalb des Nationalparks zu beziehen. Erst im Mai/Juni kehren sie in ihre Sommereinstände zurück. Die Steinböcke sind im Untersuchungsgebiet nur selten zu beobachten.

Tab. 3.1: Geschätzter Huftierbestand im Raum Il Fuorn und La Schera in den Jahren 1999, 2000, 2001, 2002 und 2003 (Geschäftsberichte des Schweizerischen Nationalparks, ENPK 1999-2003).

Jahr	Tierart	Männliche Adulttiere	Weibliche Adulttiere	Jungtiere	Total
1999	Steinbock	8	12	7	?
	Rothirsch	216	202	95	513
	Gemse	114	233	95	442
2000	Steinbock	10	24	11	45
	Rothirsch	195	180	78	453
	Gemse	133	241	116	490
2001	Steinbock	8	15	3	26
	Rothirsch	217	180	70	467
	Gemse	168	248	101	517
2002	Steinbock	9	16	4	29
	Rothirsch	239	206	87	532
	Gemse	153	324	170	647
2003	Steinbock	6	21	3	30
	Rothirsch	243	185	93	521
	Gemse	159	213	124	496

Als möglicher Prädator der Gemse findet sich im Untersuchungsgebiet nur der Steinadler (*Aquila chrysaëtos*). Der Steinadler ist hauptsächlich eine Gefahr für die Kitze (Haller 1996a).

Wie aus der Abbildung 3.2 und der Tabelle 3.1 ersichtlich ist, fand im April 2003 ein grosser Einschnitt in der Populationsgrösse der Gemen auf Il Fuorn statt. Dieser Einschnitt ist die Folge eines Massensterbens der Gemen. Dieser Vorfall wurde in Zusammenarbeit mit einem Tierarzt untersucht. Dazu wurden Organe der verendeten Gemen entnommen und im Labor analysiert (Institut für Tierpathologie und Institut für Veterinär-Bakteriologie der Universität Bern). Zur Kontrolle wurden zwei Gemen durch einen Wildhüter ausserhalb des

Parks geschossen. Die verendeten Gemen waren allesamt hochgradig abgemagert. Der Pansen war gut gefüllt mit trockenem Inhalt. Die Lungen waren übersät mit Knoten von kleinen Lungenwürmern (Protostrongyliden), auch wiesen die vorderen/unteren Lungenteile eine mittel- bis hochgradig akute Entzündung auf. Bei einigen Tieren wurde zudem noch Brustfellentzündung und Exsudat (Flüssigkeit in Bruthöhle) diagnostiziert. Die Gemen von Il Fuorn waren geschwächt, was sich durch ihre sehr schlechte Kondition (Fett- und Muskelreserven) äusserte, bedingt durch eine karge Ernährung im Verlauf des Winters und die intraspezifische Konkurrenz (sehr hohe Gemdichte). Bei diesem Ereignis, welches als gehäuftes Sterben von Gemen auf kleiner Fläche innerhalb kürzester Zeit anzusehen ist, handelt es sich um ein Faktorengeschehen. Als Todesursache wurde eine akute, bakteriell bedingte Lungenentzündung festgestellt. Die identifizierten Pasteurellen sind aber als fakultativ pathogen aufzufassen. Sie leben als Parasiten der Schleimhäute des Atmungsapparates auch bei klinisch gesunden Tieren und können ihre krankmachende Wirkung erst bei einer Minderung der Infektabwehr der Wirtstiere entfalten. Die Kontrollgemen waren in ähnlich schlechter Kondition und zeigten ebenfalls einen Befall mit Lungenwürmern auf. Sie wiesen aber keine akute, bakteriell bedingte Lungenentzündung auf (schriftliche Mitteilung Dr. med. vet. M. Giacometti).

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Die Datenaufnahme

4.1.1 Markierung der Gemsen

Die in dieser Studie beobachteten Gemsen sind im Rahmen des Projekts „Huftiere in einem alpinen Lebensraum“ (Filli 2000) individuell markiert worden. Ungefähr 10% der Gemsen im Schweizerischen Nationalpark sind markiert. Davon trägt ein Teil der Gemsen zusätzlich einen VHF-Telemetrie- oder GPS-Sender.



Abb. 4.1: Frisch markierte Gemse mit der Ohrmarkennummer 152 und einem VHF-Telemetriesender.

Die Gemsen wurden im Gebiet Il Fuorn in den Jahren 2000 bis 2002 von den Parkwächtern mit Hilfe von Gatterfallen mit zwei Eingängen gefangen. Die Gemsen werden an den Ohren markiert und der Sender wird ihnen um den Hals befestigt. Die Ohren werden auf der einen Seite mit einer grossen gelben Ohrmarke versehen, auf der eine grosse schwarze Zahl aufgedruckt ist (Abb. 4.1).

Im Winter 2002/2003 wurden Daten von insgesamt neun Gemsen erhoben (Tab. 4.1). Alle diese neun Gemsen sind mit Ohrmarken versehen. Davon waren sieben Gemsen zusätzlich mit einem Telemetriesender und zwei Gemsen mit einem GPS-Sender ausgestattet. Bei fünf

Gemsen mit Telemetriesender konnte über die gesamte Zeitperiode von Dezember 2002 bis April 2003 regelmässig telemetriert werden. Bei den anderen zwei Gemsen war dies nicht möglich. Die Gemse mit der Nummer 132 wurde im Februar tot aufgefunden und die Gemse mit der Nummer 162 konnte erst ab Februar telemetrieren werden, da sie vor diesem Zeitpunkt ausserhalb des Untersuchungsgebietes sich aufhielt.

Bei den Gemsen, die einen GPS-Sender tragen, konnte auch nicht über die gesamte Zeitperiode Daten erhoben werden. Bei der Gemse mit der Nummer 30 wurden Daten von Dezember bis anfangs Februar aufgezeichnet. Von Februar bis April hatte der GPS-Sender eine Störung. Bei der Gemse mit der Nummer 47 hatte der GPS-Sender eine technische Panne im Monat März.

Tab. 4.1: Liste der beobachteten Gemsen im Winter 2002/2003.

Tier Nr.	Sex	Kanal Nr.	Senderart	Geburtsjahr	Fangjahr
31	♀	78	VHF	1999	2002
132	♀	92	VHF	1987	2001
140	♀	10	VHF	1994	2002
147	♀	88	VHF	1986	1999
152	♀	76	VHF	1991	2002
162	♀	86	VHF	1991	1999
174	♀	54	VHF	1986	2002
30	♀	72	GPS	1998	2002
47	♀	43	GPS	1994	2000

4.1.2 Datenaufnahme

Die Daten im Winter 2002/2003 und in den vergangenen Wintern wurden allesamt im Zeitraum vom 1. Dezember bis zum 30. April erhoben. Telemetriert wurde vor allem bei gutem Wetter, da bei Niederschlag in Form von Schnee die Lokalisationen sehr ungenau werden. Jede Schneeflocke verhält sich bei Schneefall wie ein Spiegel, wobei sich die Wellen in alle Richtungen ausbreiten. Das Gleiche gilt für jede Art von Niederschlag. Da der Winter 2002/2003 eher niederschlagsarm war, konnte an den meisten vorgesehenen Tagen telemetriert werden. Mit Hilfe der Parkwächter und Praktikantinnen und Praktikanten des Schweizerischen Nationalparks wurde nach der Methode der synchronen Kreuzpeilung (White & Garrott 1990) vorgegangen. Zur Erfassung der Daten wurden die Daten von sieben

VHF-besenderten Gensen und zwei GPS-besenderten Gensen hinzugezogen. Die Daten wurden am Tag und in der Nacht erhoben, so dass am Ende eines jeden Monats für jede besenderte Gemse und Stunde mindestens zwei Lokalisationspunkte vorlagen. Gepeilt wurde meistens vier Stunden am Stück. Insgesamt wurde in der Zeitspanne von Anfang Dezember 2002 bis Ende April 2003 2'564 Lokalisationen erzielt. Davon wurden 1'696 Lokalisationen mittels VHF-Telemetrie und 868 Lokalisationen mittels GPS-Sender erhoben. Um die Vergleiche mit den vorangehenden Winter zu machen, konnten die Telemetriedaten der letzten Winter verwendet werden, die von Parkwächtern und Praktikantinnen und Praktikanten erhoben wurden.

Verwendet wurde das folgende Telemetriematerial:

Sender:	TXE-3 (Televilt)
Empfänger:	B+R 2360 (Reichenbach)
Datenlogger:	RX-900 (Televilt)
Antenne:	Y-4FL, 148-150 MHz, Typ Nr. A11-0200 (Televilt)
Kompasse:	DP-10 Prismenkompass 0,5° (Recta), Externe Beleuchtung für Nachtpeilungen.

Der Aufenthaltsort der Gemse im Gelände wurde am PC mittels der Koordinaten der Peilstandorte und den jeweiligen Peilwinkeln bestimmt. Jede Peilung ist mit einem gewissen Fehler behaftet. Dieser durchschnittliche Abweichungsfehler beim Peilen im Gelände wurde empirisch bestimmt. Der Vorgang der Evaluation lief folgendermassen ab: alle Geländekompartimente des engeren Untersuchungsgebietes wurden von einer Person durchwandert, die mit dem Gelände vertraut und mit einem tragbaren GPS-Sender ausgestattet ist. Sie positionierte sich an willkürlich gewählten Stellen. Die genauen Senderstandorte wurden mittels GPS erfasst. Nach Positionieren des GPS-Senders wurden die Peilenden per Funk avisiert. Den Peilenden war die Position der Sender nicht bekannt. Diese lokalisierten den Sender mittels synchroner Kreuzpeilung, identisch zum Vorgang beim Peilen der Gensen.

Bei der Sichtbeobachtung kann mit einer Messgenauigkeit von 25 – 50m gerechnet werden (mündliche Aussage von Flurin Filli). Beobachtungen mit Telemetrie sind weniger genau. Gerade in gebirgigen Regionen ist die Reflexion der Wellen sehr stark und somit sind Abweichungen von der wahren Richtung häufig. Es gibt keine sichere Methode, um Reflexionen von direkten Signalen zu unterscheiden. Es wird angenommen, dass die Genauigkeit auf die Messungen übertragen werden darf. Der telemetrisch bestimmte Senderstandort sowie die Abweichdistanz zwischen dem effektiven Standort und der Peillokalisation wurden berechnet. Bei der Auswertung des Testes ergab sich ein Fehler von 50 – 100m (mündliche Aussage von Flurin Filli). Nach White & Garrott (1990) spielt eine

Abweichung bis zu 150m normalerweise keine Rolle bei der Berechnung der Streifgebiete. Es kann ein Polygon berechnet werden, in dem sich das Tier mit 90% Wahrscheinlichkeit aufhält (Abb. 4.2).

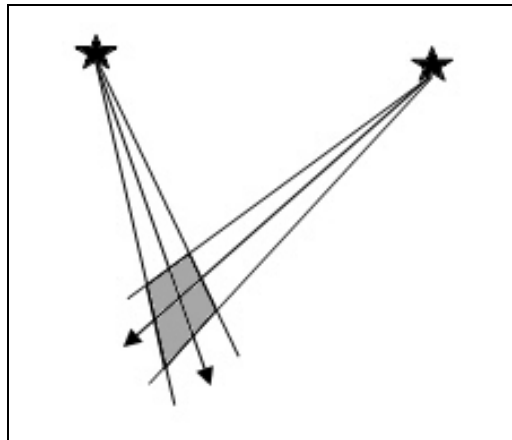


Abb. 4.2: Fehler der Telemetriemethode. Stern: Messpunkt. Linie: Peilungsrichtung. Gestrichelte Linie: 95%-Intervall der Aufenthaltswahrscheinlichkeit. Schattierte Fläche: 90% Wahrscheinlichkeit des Aufenthaltsortes.

Die berechneten Aufenthaltsorte der Gamsen mussten für die Analyse weiter aufbereitet werden. Erfüllten die Daten die Bedingungen nicht, wurden sie aus der weiteren Datenanalyse ausgeschlossen. Vor allem fielen solche Punkte aus, die weit entfernt vom Untersuchungsgebiet waren. Nach dem Ausschluss von Ausreißern ausserhalb der untersuchten Fläche konnte es sein, dass ein Tier sich im Gebiet an einem Ort befand, wo es nicht durch Telemetrie geortet werden konnte. Mit Hilfe der Visibility-Funktion von ArcView wurden diejenigen Punkte, welche sich in Geländekammern, die im Signalschatten von Erhebungen lagen, ausgeschlossen. Um weitere unwahrscheinliche Punkte zu identifizieren, wurde die Geschwindigkeit berechnet, die ein Tier zwischen zwei Punkten zurücklegt. Lag diese über 10km pro Stunde (Höchstgeschwindigkeit nach mündl. Mitteilung von F. Filli) wurden jeweils diejenigen Punkte ausgeschlossen, die die zu hohe Geschwindigkeit verursacht hatten. Dies traf bei keinen Aufenthaltsorten zu (Altherr 1999).

4.1.3 Die Umweltparameter

Berechnungen der Höhe über Meer, der Exposition nach Himmelsrichtung, der Hangneigung und der flächenmässig am meisten genutzten Vegetation für die Kernel-Winterstreifgebiete der regelmässig beobachteten Individuen wurden mit Hilfe eines digitalen Geländemodells des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Die Basis für die Erstellung des Höhen-, Expositions- und Hangneigungslayers bildete das digitale Terrainmodell mit Rasterweite 20m (DTM20) des Schweizerischen Nationalparks. Für die Vegetationsanalyse wurden die Daten der Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks: Beschreibung

der Pflanzengesellschaften (Trepp & Campell 1968) benutzt. Diese lokale Abgrenzung der Vegetation ist genauer als die örtliche Zuordnung der Vegetationskarte von Zoller (1995). Die entsprechenden Flächenanteile im Untersuchungsgebiet bilden das Angebot.

Höhenlage: Die mittlere Höhe über Meer für die Kernel-Winterstreifgebiete der regelmässig beobachteten Individuen wurde nach folgender Einteilung berechnet (Tab. 4.2).

Tab. 4.2: Einteilung der Klassen für den Habitatfaktor Höhenlage.

Klasse	Höhenlage [m ü. M.]	Fläche [ha]	Anteil*
1	1700-1799	44,6	6,5%
2	1800-1899	150,0	22,0%
3	1900-1999	117,6	17,2%
4	2000-2099	85,1	12,5%
5	2100-2199	76,2	11,2%
6	2200-2299	57,7	8,5%
7	2300-2399	46,2	6,8%
8	2400-2499	40,0	5,9%
9	2500-2599	32,4	4,7%
10	2600-2699	18,1	2,7%
11	2700-2799	10,0	1,5%
12	2800-2899	4,2	0,6%

* Anteil an der Gesamtfläche (Angebot)

Exposition und Hangneigung: Die Tabellen 4.3 und 4.4 stellen die Einteilung nach Exposition und Hangneigung für die Berechnung der Kernel-Winterstreifgebiete der regelmässig beobachteten Individuen dar.

Tab. 4.3: Einteilung der Kategorien für den Habitatfaktor Exposition.

Kategorie	Exposition [°]	Fläche [ha]	Anteil* [%]
Flach	-1	0.0	0,0
N	0-22,5; 337,5-360	22.6	3,5
NO	22,5-67,5	37.5	5,9
O	67,5-112,5	19.0	3,0
SO	112,5-157,5	43.5	6,8
S	157,5-202,5	111.2	17,4
SW	202,5-247,5	192.5	30,1
W	247,5-292,5	121.6	19,0
NW	292,5-337,5	91.1	14,3

* Anteil an der Gesamtfläche (Angebot)

Tab. 4.4: Einteilung der Klassen für den Habitatfaktor Hangneigung.

Klasse	Hangneigung [°]	Fläche [ha]	Anteil* [%]
1	0-10	59.9	8,7
2	10-20	110.8	16,1
3	20-30	196.7	28,5
4	30-40	235.0	34,1
5	40-50	73.3	10,6
6	50-60	12.1	1,8
7	60-70	1.7	0,2
8	70-80	0.0	0,0
9	80-90	0.0	0,0
10	90-100	0.0	0,0

* Anteil an der Gesamtfläche (Angebot)

Vegetation: Die Berechnung des Habitatfaktors Vegetation der Kernel-Winterstreifgebiete der regelmässig telemetrierten Gamsen wurde mit Hilfe der Vegetationskarte nach Trepp & Campell (1968) ermittelt (Tab. 4.5).

Tab. 4.5: Einteilung für den Habitatfaktor Vegetation (Trepp & Campell 1968).

Nr.	Gesellschaft (lat.)	Gesellschaft (deutsch)	Fläche [ha]	Anteil [%]*
1	<i>Carici-Pinetum engadinensis</i>	Zwergseggen-Engadinerföhrenwald	0,2	0,0
2	<i>Carici-Pinetum engadinensis</i> mit <i>Pinus mugo</i>	Zwergseggen-Engadinerföhrenwald mit Pinus	19,9	2,9
3V	<i>Erico-Pinetum vaccinietosum</i>	Schneeheide-Föhrenwald vaccinietosum	0,4	0,1
4	<i>Erico-Mugetum hylocomietosum</i>	Schneeheide-Bergföhrenwald hylocomietosum	53,9	7,9
5	<i>Erico-Mugetum caricetosum humilis</i>	Schneeheide-Bergföhrenwald caricetosum humilis	119,2	17,4
6	<i>Erico-Mugetum caricetosum humilis</i> , aufgelöst	Schneeheide-Bergföhrenwald caricetosum humilis, aufgelöst	108,5	15,9
7	<i>Erico-Mugetum cladonietosum</i>	Schneeheide-Bergföhrenwald cladonietosum	1,4	0,2
8	<i>Rhododendro hirsuti-Mugetum hylocomietosum</i>	Steinrosen-Bergföhrenwald hylocomietosum	20,9	3,1
9	<i>Rhododendro hirsuti-Mugetum cladonietosum</i>	Steinrosen-Bergföhrenwald cladonietosum	0,4	0,1
11	<i>Rhododendro-Vaccinietum cembretosum</i>	Alpenrosen-Heidelbeer-Gesellschaft cembretosum	57,2	8,4
12	<i>Rhododendro-Vaccinietum calamagrostietosum</i>	Alpenrosen-Heidelbeer-Gesellschaft calamagrostietosum	4,5	0,7
13	<i>Rhododendro-Vaccinietum mugetosum</i>	Alpenrosen-Heidelbeer-Gesellschaft mugetosum	0,4	0,1
18	<i>Trisetetum flavescens</i>	Goldhaferwiese	8,2	1,2
19	<i>Crepido-Festucetum</i>	Milchkrautweide und Fettweide allgemein	2,4	0,3
20	<i>Koelerio-Poetum xerophilae</i>	Horstrispengras-Trockenrasen	0,7	0,1
21	<i>Caricetum firmae</i> , "Firmetum"	Polsterseggenrasen	55,6	8,1
22	<i>Seslerio-Caricetum sempervirentes</i> "Seslerietum"	Blaugrashalde	10,8	1,6
24	<i>Elynetum</i>	Nacktriedrasen	0,1	0,0
25	<i>Nardetum alpigenum</i>	Borstgrasrasen	0,2	0,0
29	<i>Kobresietum bipartitae</i>	Schuppenried-Gesellschaft	0,4	0,1
30	<i>Caricetum rostratae</i> , verarmt	Blasenseggen-Verlandungsgesellschaft	0,5	0,1
31	<i>Caricetum davallianae</i>	Davallseggenried	0,6	0,1
33	<i>Sphagnetum fuscum</i>	Brauntorfmoos-Hochmoor	0,1	0,0
37	<i>Petasitetum paradoxum</i>	Alpenpestwurz-Schutthalde	69,1	10,1
38	<i>Thlaspietum rotundifolium</i> i.w.S.	Alpine Schuttfuren allgemein	34,8	5,1
41	<i>Hieracio humilis-Potentilletum</i>	Fingerkraut-Felsspaltenflur	13,6	2,0
42	<i>Androsacetum helveticae</i>	Mannsschild-Felsspaltenflur	54,4	7,9
50	<i>Vegetationslos</i>	Vegetationslos	42,8	6,3
51	<i>Wasserfläche</i>	Wasserfläche	2,8	0,4

* Anteil an der Gesamtfläche (Angebot)

Grundlegend für die Habitatpräferenz ist der Vergleich der Kernel-Winterstreifgebiete auf die verschiedenen Klassen der Habitatfaktoren mit der zufälligen Verteilung im Angebot. Dazu wurde ein Nutzungsindex berechnet, der sich aus dem Quotienten von Beobachtungswert und Erwartungswert bilden lässt. Der Nutzungsindex gibt an, in welchem Verhältnis die Fläche der Winterstreifgebiete der Gemen zur tatsächlichen Flächenhäufigkeit eines dieser Habitatfaktoren beobachtet wurde. Der Nutzungsindex berechnet sich folgendermassen (Elsner von der Malsburg 1982):

$$NI = \frac{BW}{EW}$$

mit NI = Nutzungsindex, BW = Beobachtungswert = Fläche der beobachteten Gemenlokalisationen in der Winter-Streifgebietfläche, und

$$EW = \frac{Fa}{Fug \cdot Fhr}$$

mit Fa = Fläche des Habitatfaktorangebotes im Untersuchungsgebiet, Fug = Fläche des Untersuchungsgebietes und Fhr = Fläche des Winterstreifgebietes

Schnee- und Temperaturdaten: Die Schnee- und Temperaturdaten wurden an drei verschiedenen Orten gemessen. Alle drei Standorte befinden sich nicht im Untersuchungsgebiet. Eine meteorologische Station befindet sich im Wald auf einer Höhe von 1892m ü. M. Ein weiteres Gerät befindet sich auf einer offenen Fläche auf einer Höhe von 1910m ü. M. Diese beiden Geräte messen für jede Stunde die Temperatur und die Niederschlagsmenge. Die Daten dieser beiden Messgeräte dienen als Referenz für den Unterschied Wald und Nichtwald. Die dritte meteorologische Station befindet sich auf Munt Chavagl, der gegenüberliegenden Seite des Untersuchungsgebietes auf einer Höhe von 2446m ü. M. Diese Messstation liefert eine Referenz für das Gebiet, welches oberhalb der Waldgrenze bis unterhalb der Bergspitze Piz dal Fuorn bezeichnet. Hier wurden die Temperaturdaten und die absolute Schneehöhe alle drei Stunden gemessen.

4.2 Die Auswertung

4.2.1 Definition eines Winterstreifgebietes

Der Begriff Streifgebiet (engl. Homerange) wurde von Burt (1943) definiert als „das Gebiet, welches ein Tier bei seinen normalen Aktivitäten wie Futtersuche, Paarung, Pflege und Aufzucht der Jungen benutzt“ (White & Garrott 1990). Dabei wird einerseits die Punktwolke, welche die einzelnen Beobachtungen beinhaltet, als Streifgebiet bezeichnet. Der Gebrauch des Wortes Streifgebiet wird andererseits auch für die Beschreibung der Schätzung der vom Tier genutzten Fläche benutzt. In dieser Arbeit wird der Begriff vor allem in diesem Sinne verwendet.

Wichtig ist in Burts Definition der Ausdruck „normale Aktivitäten“. Nicht jeder Punkt, an welchem sich das Tier während seines Lebens aufhält, gehört zum Aktivitätsgebiet und damit zum Streifgebiet. Die Zeitperiode, über die ein Streifgebiet gemessen wird, ist einer der wichtigsten Parameter, den man definieren muss (Morris 1988).

Für Tierarten, die ein bedingt saisonales Verhalten zeigen, sollten Streifgebiete nach Jahreszeit getrennt (Winterstreifgebiete, Sommerstreifgebiete) berechnet werden. Es ist wichtig, eine saisonale Trennung vorzunehmen, die den Aspekten der Ökologie des Tieres entsprechen, auch um Veränderungen im Verhalten nicht zu überdecken. Zeitlich eingegrenzte Streifgebiete sind aussagekräftiger in ihrer Änderung über die Zeit (Harris et al. 1990).

Aufgrund all dieser Ausführungen wurde das Streifgebiet als das Gebiet definiert, in dem sich ein Tier normalerweise bewegt, um seine Routinebewegungen auszuführen. Das untersuchte Winterstreifgebiet ist als das Gebiet anzusehen, welches von Anfang Dezember bis Ende April von einem Individuum genutzt wird.

4.2.2 Analyse der Streifgebiete

Folgende Berechnungen und Analysen wurden mit dem Geographischen Informationssystem GIS (ArcView V 3.2) durchgeführt. Für die statistischen Tests wurde das Statistik Paket SPSS (V 11.5) für Windows angewandt.

Zur Bestimmung der Streifgebiete wurde die Erweiterung Homerange Beta Test Version (1998) für ArcView angewandt und zur Berechnung wurde die Kernel Methode (Worton 1989) hinzugezogen (Abb. 4.3).

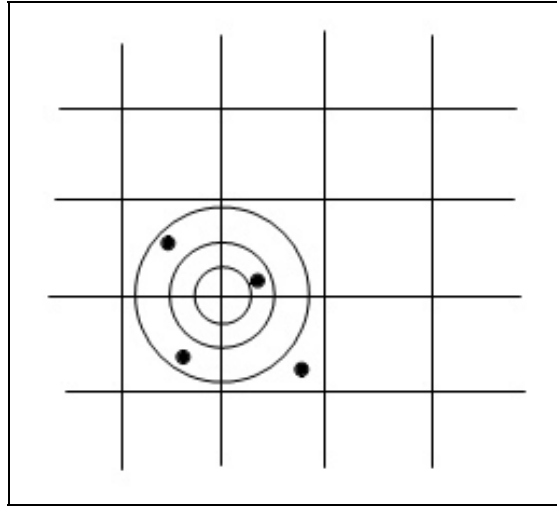


Abb. 4.3: Die Kernel-Methode. Dem Gitternetzpunkt wird ein Dichtewert aufgrund der Anzahl und der Nähe der Beobachtungspunkte zugewiesen. Die Kreise symbolisieren die bivariate Normalverteilung.

Bei dieser Methode wird die Dichteverteilung der Beobachtungspunkte mit Hilfe einer bivariaten Normalverteilung geschätzt. Für die Berechnung wurde die Dichteverteilung mit einer Zellgrösse von 20m x 20m und einer Standardabweichung von 150m gewählt. Darauf aufbauend wurden die Konturlinien des Winterstreifgebietes bestimmt, wobei diese für ein Dichtevolumen von 95% berechnet wurde. Diese Methode hat den Vorteil, dass sie im Gegensatz zur sonst häufig verwendeten Minimum Konvex Polygon Methode (Mohr 1947) die Form der Verteilung und die Konzentration der Beobachtungspunkte berücksichtigt. Damit werden Gebiete, die von den Individuen nicht genutzt werden, ausgelassen. Der Nachteil dieser Methode ist, dass der Anwender subjektiv die geeignete Standardabweichung bestimmen und damit die Dichteverteilung stark beeinflusst werden kann (Haller 1996b).

Um die gemeinsame Fläche der Streifgebiete von den einzelnen Streifgebieten zu bestimmen, wurden die Kernel-Streifgebiete von den sieben regelmässig telemetrierten Gamsen im Winter 2002/2003 jeweils überlagert.

Mit der Kernel Methode bot sich ebenfalls die Möglichkeit an, die Flächen mit unterschiedlichen Aufenthaltsdichten der berechneten Streifgebiete zu bestimmen. So wurden die Isolinien mit einem Dichtevolumen von 10%, 20% und 50% berechnet und die Fläche bestimmt. Die Flächen der 10%-, 20%- bzw. 50%-Isolinien entsprechen der Fläche mit höchster Aufenthaltsdichte ($< 10\%$), mit hoher Aufenthaltsdichte ($< 20\%$) und mit mittlerer Aufenthaltsdichte ($< 50\%$). Die Fläche mit geringer Aufenthaltsdichte ($\geq 50\%$) wurde durch Subtraktion der Fläche 50%-Isolinie vom gesamten Streifgebiet gewonnen.

4.2.3 Die statistischen Tests

Korrelationen zwischen zwei Variablen wurden mit dem Rang-Korrelations-Koeffizienten r_s nach Spearman berechnet. Für Differenzen zwischen Mittelwerten wurde die einfaktorielle ANOVA (Sachs 1997) für eine quantitative abhängige Variable mit einer einzelnen (unabhängigen) Faktorvariablen durchgeführt. Beim Vergleich von unabhängigen Stichproben wurde die Ein-Weg-Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis benutzt. Die Tests wurden alle zweiseitig durchgeführt bei einem Signifikanzniveau von $p < 0.05$.

Bei der Durchführung der Habitatanalyse geht die 0-Hypothese davon aus, dass bei zufälliger Nutzung des Lebensraumes die Verteilung der Lokalisationen den vorhandenen Flächenanteilen der Vegetationstypen sowie Höhen-, Expositions- und Hangneigungs-Klassen entspricht. Die statistische Prüfung der Hypothese beruht auf der Methode des ersten Teils von Neu et al. (1974). Diese besteht aus einem χ^2 -Test mit einer Signifikanzschwelle $p < 0.05$, welcher generell dazu dient, die Verteilung der Nutzung gegen die Verteilung des Angebotes zu testen (goodness-of-fit test). Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen diesen Verteilungen, wird die Hypothese verworfen.

5 ERGEBNISSE

5.1 Lage und Grösse der Winterstreifgebiete

In den Monaten Dezember bis April waren die besenderten Gemen im Gebiet II Fuorn auf der Brandfläche, die sich am Südhang des Berges Piz Il Fuorn befindet, oder dann im Leg- oder Bergföhrenwald anzutreffen. In diesem Kapitel soll erläutert werden, in welchem Ausmass dieser Raum von den verschiedenen besenderten Gemindividuen genutzt wurde. Ausgehend von den Fragestellungen werden für die sieben Gemen mit VHF-Telemetriesender und für zwei Gemen mit dem GPS-Sender die Grösse und der Grad der Überlappung der Winterstreifgebiete sowie die Wiederbesetzung dieser Gebiete im Vergleich zu den vorherigen Wintern analysiert.

5.1.1 Räumliche Lage und Form der Winterstreifgebiete

Wie die Abbildungen 5.1 – 5.4 (Anhang B) zeigen, umfassen die Winterstreifgebiete Räume, die nur innerhalb der Nationalparkgrenze am Hang des Berges Piz Il Fuorn und auf dessen Brandfläche, in der Vallina dal Fuorn und in der Val Ftur zu liegen kommen. Ausnahmen bilden hier die beiden Gemen mit dem GPS-Sender. Diese Gemen suchen auch Gebiete auf, die ausserhalb des Untersuchungsgebietes zu liegen kommen (Anhang B: Abb. 5.4). Aber auch die VHF-Gemen haben das Untersuchungsgebiet des Öfteren verlassen. Nicht immer konnte ein Signal empfangen werden. Eine Gemse wurde im Frühling 2002/2003 tot in der Val dal Botsch aufgefunden.

Die Kernel-Darstellungen der besenderten Gemen zeigen ein zusammenhängendes Winterstreifgebiet. Die Fläche der Winterstreifgebiete ist eine etwas langgestreckte Form. Die beiden Gemen mit dem GPS-Sender zeigen eine andere Tendenz. Hier zeigen die Kernel-Darstellungen oft ein zwei- oder mehrgeteiltes Winterstreifgebiet.

5.1.2 Die Grösse der Winterstreifgebiete

Für alle im Winter 2002/2003 im Untersuchungsgebiet lebenden besenderten Gemen wurde die Grösse ihrer Winterstreifgebiete berechnet (Tab. 5.1). Daraus geht hervor, dass die Winterstreifgebiete der besenderten Gemen und der Gemen mit dem GPS-Sender eine Fläche zwischen 64,4ha und 177,7ha besetzen. Das bedeutet eine Fläche, die im Mittel 114,8ha und eine Standardabweichung von 35,1ha aufweist.

Tab. 5.1: Flächen der Kernelstreifgebiete der besenderten Gensen und der beiden Gensen mit GPS-Sender im Winter 2002/2003, wobei für jedes Individuum noch die Anzahl der Beobachtungspunkte (n), Mittelwert und Standardabweichung der berechneten Flächen angegeben sind.

Tiernr.	n	Fläche [ha]
140	211	87,1
174	165	107,2
152	255	91,0
31	159	144,5
162	107	137,5
147	253	94,8
132	131	64,4
30	259	177,7
47	609	128,9
<i>Mittelwert</i>	-	<i>114,8</i>
<i>Standardabweichung</i>	-	<i>35,1</i>

Aus der Tabelle 5.2 und aus der Abbildung 5.5 (Anhang B) wird ersichtlich, dass sich die Flächengrösse für die Winterstreifgebiete im Verlauf des Winters 2002/2003 von Dezember bis April signifikant verändert (Oneway ANOVA, $n = 37$, $F = 3,301$, $p = 0,017$). In der Abbildung 5.5 (Anhang B) wird die Gensgeiss mit der Nummer 147 als repräsentatives Beispiel für alle telemetrierten Gensen für den Verlauf der Winterstreifgebietsflächen dargestellt.

Tab. 5.2: Flächen der monatlichen Kernel-Streifgebiete der Gamsen im Winter 2002/2003, wobei für jedes Individuum noch die Anzahl der Lokalisationspunkte (n) und für jeden Monat die Mittelwerte und die Standardabweichungen der berechneten Flächen angegeben sind.

Monat	Tiernr.	n	Fläche [ha]
Dezember	140	34	77,0
	174	37	90,3
	152	36	72,5
	31	24	146,2
	162	0	0,0
	147	40	62,6
	132	34	71,8
	47	139	66,6
	30	39	8,5
	<i>Mittelwert</i>		66,2
	<i>Standardabweichung</i>		43,1
	<i>Mittelwert*</i>		73,4
	<i>Standardabweichung*</i>		39,9
Januar	140	52	50,0
	174	48	95,7
	152	55	72,3
	31	15	68,6
	162	0	0,0
	147	47	83,5
	132	55	56,0
	47	176	60,3
	30	177	133,3
	<i>Mittelwert</i>		68,9
	<i>Standardabweichung</i>		36,1
Februar	140	37	80,9
	174	50	91,4
	152	53	71,5
	31	34	79,7
	162	20	47,9
	147	55	60,8
	132	42	54,0
	47	72	36,2
	30	43	28,4
	<i>Mittelwert</i>		61,2
	<i>Standardabweichung</i>		21,4
März	140	44	96,9
	174	29	70,8
	152	55	76,0
	31	50	114,4
	162	48	99,0
	147	59	81,3
	132	0	0,0
	47	0	0,0
	30	0	0,0
	<i>Mittelwert</i>		59,8
	<i>Standardabweichung</i>		46,7
April	140	44	82,3
	174	0	0,0
	152	56	111,2
	31	36	112,7
	162	39	139,9
	147	52	102,9
	132	0	0,0
	47	222	67,7
	30	0	0,0
	<i>Mittelwert</i>		68,5
	<i>Standardabweichung</i>		55,1

* Ohne Gamsgeiss Nr.30, da ein 80%-Kernelstreifgebiet berechnet wurde.

5.1.3 Räumliche Überlappung der individuellen Winterstreifgebiete

Die individuellen Winterstreifgebiete überlappten in verschiedenem Masse. Dies geht aus der Tabelle 5.3 hervor und lässt sich auch in Abbildung 5.6 (Anhang B) erkennen. Die Überlappungsanalyse wurde für alle Gemen, die mit einem VHF-Sender ausgestattet sind und im Winter 2002/2003 telemetriert wurden, durchgeführt.

Tab. 5.3: Mittelwerte der Anteile an Überlappungsflächen der Kernel-Winterstreifgebiete von den telemetrierten Gemen im Winter 2002/2003. Es bedeuten: n = Anzahl der Lokalisationen, $\bar{x}$ = Mittelwert und $\pm s$ = Standardabweichung.

Tiernr.	n	Kernel-Winterstreifgebiete [%]	
		$\bar{x}$	$\pm s$
140	211	66,8	23,3
174	165	59,0	20,9
152	255	57,6	11,0
31	159	15,7	8,6
162	107	35,8	21,0
147	253	71,8	15,7
132	137	70,2	20,1

Die Winterstreifgebiete der besenderten Gemen überlappten im Mittel zwischen 15,7 und 71,8% der Kernel-Winterstreifgebiete. Die Streuung variiert zwischen 8,6 und 23,3%. Diese Zahlen besagen, dass bestimmte Gemen auf sehr engem Raum miteinander leben. Andere hingegen bevorzugten weniger überlappende Winterstreifgebiete. Hierzu gehört die GEME mit der Nummer 31 mit 15,7% Überlappung.

5.1.4 Wiederbesetzung der Winterstreifgebiete

Von sieben besenderten Gemen, die regelmässig telemetriert und beobachtet wurden in den Wintern 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 und 2002/2003 konnten die Daten für die Frage der Wiederbesetzung der Kernel-Winterstreifgebiete verwendet werden. Wie die Tabelle 5.4 darstellt, lagen die Lokalisationspunkte zwischen 31,9 bis zu 99,6% innerhalb der entsprechenden Winterstreifgebiete. Dies zeigt, dass diese sieben Gemen ihre Einstandswahl im Winter in der gleichen Region wie in den Jahren zuvor bezogen (Anhang B: Abb. 5.7).

Tab. 5.4: Konstanz der Winterstreifgebiete der Gemsen, die in den Wintern 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 und 2002/2003 telemetriert und beobachtet wurden. Anteil der Wiederbesetzung in Bezug auf das vorangegangene Jahr, wobei $\bar{\emptyset}$ = Mittelwert und $\pm s$ = Standardabweichung.

Tiernr.	W 99/00-00/01 [%]	W 00/01-01/02 [%]	W 01/02-02/03 [%]	$\bar{\emptyset}$ [%]	$\pm s$ [%]
156	-	56,2	-	-	-
159	-	66,2	-	-	-
162	78,2	53,8	35,4	55,8	21,5
147	62,0	68,8	78,0	69,6	8,0
190	63,9	75,3	-	69,6	8,1
132	50,1	99,6	31,9	60,5	35,0
194	52,8	95,8	-	74,3	30,4
$\bar{\emptyset}$ [%]	61,4	73,7	48,5		
$\pm s$ [%]	11,1	18,0	25,7		

5.1.5 Diskussion

Die Fläche der Kernel-Winterstreifgebiete der untersuchten Gemsen betrug zwischen 64,4 und 177,7ha. Dies ist im Grössenbereich anderer Gemsstudien, wie die folgenden Beispiele zeigen. Hamr (1984) beobachtete bei vier Geissen durchschnittliche Winterstreifgebietsgrössen zwischen 50 und 68ha ($n = 6$ Geissen, eigene 4ha Gridmethode). Bögel et al. (2001) geben durchschnittlich 359,3ha (bezogen auf die tatsächliche Geländeoberfläche) für den Winteraktionsraum an ($n = 4$ Geissen, 95%-Kernelfläche). Boschi (1999) gibt Sommerstreifgebiete von Geissen von 150 – 600ha an, wobei alle führenden Geissen Streifgebiete grösser als 400ha aufwiesen ($n = 13$ Geissen, davon 7 führend, MCP Methode). Pachlatko et al. (1985) berechnete im Aletschwald Sommerstreifgebiete von durchschnittlich 71ha ($n = 7$ Geissen, eigene Gridmethode).

Die angegebenen Streifgebiete sind nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Die Methodik differiert dafür oftmals zu stark (Anzahl Lokalisationen pro Tier, Anzahl Tiere, mathematische Berechnungsmethode, Jahreszeit). Die berechneten Winterstreifgebietsgrössen im Schweizerischen Nationalpark liegen in der Mitte dieses Spektrums. Die beiden Gemsen, die einen GPS-Sender tragen, haben sehr viel grössere Streifgebiete als die Gemsen mit den VHF-Sendern. Der Grund dafür liegt in der unterschiedlichen Beobachtungsart. Rochat (1994) hat in ihrer Arbeit Sichtbeobachtungen mit Senderbeobachtung miteinander verglichen. Mit der Methode der Sichtbeobachtungen wird eine sehr viel kleinere Anzahl Lokalisationen pro Tier erhoben. Mit der Methode der

Telemetrie können auch Tiere geortet werden, die sich im Wald oder hinter anderen Geländeobjekten sich befinden. Vor allem im Winter ist die Methode der Telemetrie sehr praktisch, da sich die Tiere oft im Wald aufhalten.

Anhand der Abbildung 5.4 (Anhang B) wird ersichtlich, dass die GPS-besenderte Gemse mit der Nummer 30 sich eher ausserhalb des Untersuchungsgebietes aufhielt. Auch die Gemse mit der Nummer 47, welche ebenfalls einen GPS-Sender trägt, bewegt sich ausserhalb des Untersuchungsgebietes. Mitten im Winter, und zwar am 15. Januar, wechselte diese Gamsgeiss in ein anderes Gebiet. Die Gemse stiess bis in den hinteren Teil der Val dal Botsch vor, kam aber dort höchstwahrscheinlich wegen der hohen Schneedecke nicht weiter und kehrte wieder um. Ende Winter, also im Monat April, hatte die Gemse mit der Nummer 47 dann den Weg in die Val Plavna, wo sie ihr Sommerstreifgebiet bezogen hat, gefunden.

Aus der Form der dargestellten Kernel-Winterstreifgebiete (Anhang B: Abb. 5.1 – 5.3) wird deutlich, dass sich die Winterstreifgebiete der VHF-besenderten Gamsen offensichtlich mit nur einem einzigen Aktivitätszentrum beschreiben lassen. Die Abbildung 5.4 (Anhang B) zeigt, dass die beiden Winterstreifgebiete der GPS-besenderten Gamsen nicht nur ein einziges Aktivitätszentrum besitzen. Auch hier ist der Vergleich nicht möglich.

Die individuellen Winterstreifgebiete überlappen bis auf zwei Ausnahmen der Gamsen mit den Nummern 31 und 162 meistens bis über 50%. Boschi (1999) untersuchte die Gamsen im selben Gebiet im Sommer und stellte fest, dass die Sommerstreifgebiete der führenden Geissen über 70% und die der nicht führenden Geissen zu ca. 50% überlappen. Bei den männlichen Böcken fand sie keine Überlappung der Sommerstreifgebiete. Hier spielen zusätzlich soziale Faktoren eine Rolle.

Bei der Schneeziege (*Oreamnos americanus*) und beim Dickhornschaf (*Ovis canadensis*) wurde beschrieben, dass über Generationen dieselben Streifgebiete genutzt werden (Rideout 1997, Geist 1971). Eine traditionelle Raumnutzung ist nur möglich, wenn die pflanzliche Nahrungsquelle erneuerbar ist. Gute Kenntnisse über das Gebiet können von grossem Vorteil für die Tiere sein, um die Ressourcen im Gebiet möglichst effizient nutzen zu können. Die Gemse mit der Nummer 47, die die Wanderung in die Val dal Botsch (Sommereinstandsgebiet der Gamsen auf Il Fuorn) gemacht hat, kannte das Gebiet und versuchte so, bessere Nahrungsressourcen zu finden. Die Gamsen im Schweizerischen Nationalpark beziehen im Durchschnitt bis zu 66% das gleiche Gebiet wie im Vorjahr. Krämer (1969b) hatte Abwanderungen von 3-jährigen Gamsen festgestellt. Wenn im Untersuchungsgebiet nur wenige Individuen auswandern, sind die Nahrungsressourcen ein limitierender Faktor. Die intraspezifische Konkurrenz um die Nahrung würde so eine Rolle

bei der Bestandesregulation spielen. Nach Krämer (1969a) beeinflusst eine höhere Bestandesdichte die physische Kondition der Tiere negativ.

5.2 Räumliche Verteilung innerhalb der Winterstreifgebiete

5.2.1 Muster der Raumnutzung innerhalb der Winterstreifgebiete

In diesem Kapitel werden ausgehend von der Lage und Grösse der Winterstreifgebiete Homogenität und zeitliche Variabilität der Raumnutzung innerhalb der Winterstreifgebiete untersucht.

In der Tabelle 5.5 fällt auf, dass die Fläche der Winterstreifgebiete der meisten Individuen bis zu 83,4% eine geringe Aufenthaltsdichte ($\geq 50\%$) aufweisen. Der Anteil an der Gesamtfläche mit höchster Aufenthaltsdichte ($< 10\%$) beträgt nur 2,2 – 3,8%. Die Gamsen nutzen im Winter ihre Streifgebiete nur zu einem geringen Teil. Grosse Translokationen werden aus energetischen Gründen nicht gemacht.

Tab. 5.5: Flächenanteile der Kernel-Winterstreifgebiete mit geringer, mittlerer, hoher und höchster Dichte telemetrierter Gamsen. Es bedeutet n = Anzahl der Lokalisationen.

Tiernr.	n	Fläche mit geringer Dichte ($\geq 50\%$)		Fläche mit mittlerer Dichte ($< 50\%$)		Fläche mit hoher Dichte ($< 20\%$)		Fläche mit höchster Dichte ($< 10\%$)	
		[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
140	211	68,9	79,1	18,2	20,9	5,9	6,8	2,8	3,2
174	165	86,1	80,3	21,1	19,7	6,1	5,7	2,5	2,4
152	255	75,9	83,4	15,1	16,6	4,7	5,1	2,2	2,4
31	159	117,6	81,4	26,9	18,6	7,4	5,1	3,2	2,2
162	107	109,8	79,8	27,7	20,2	9,8	7,1	3,8	2,8
147	253	77,8	82,1	17,0	17,9	5,1	5,3	3,8	4,0
132	137	51,3	77,7	14,7	22,3	4,5	6,9	2,1	3,2

5.2.2 Verschiebungen innerhalb der Winterstreifgebiete

Um die Art der Raumnutzung besser zu verstehen, wurden die berechneten mittleren Höhenlagen der Gamslokalisationen innerhalb der Streifgebiete auf gerichtete Bewegungen untersucht. Aus der Abbildung 5.8 kann man eine Tendenz feststellen. Am Tag findet man die Gamsen in tieferen Lagen. In der Nacht besteht eine Tendenz, sich in höheren Lagen

aufzuhalten (Oneway ANOVA, $n = 1285$, $F = 2,925$, $p = 0,000$). In der Morgendämmerung und in der Abenddämmerung werden die tiefsten Lagen aufgesucht.

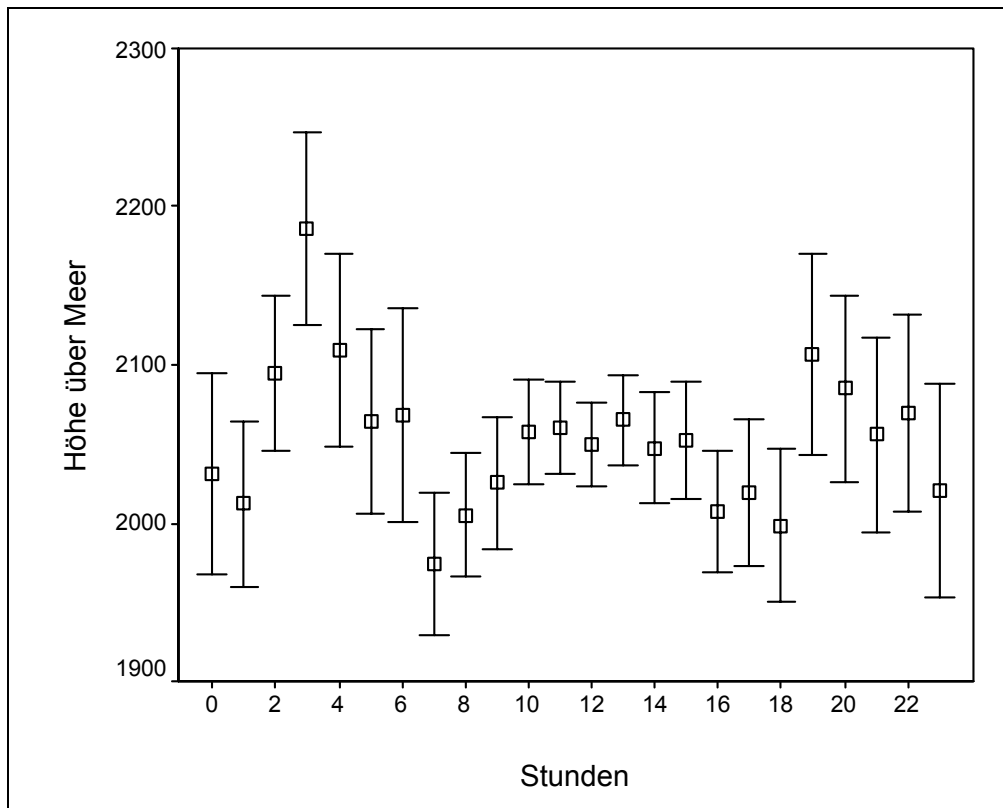


Abb. 5.8: Höhenlagen in Bezug auf 24-Stunden-Tag im Winter 2002/2003.

Die Verschiebungen wurden weiter ins Detail analysiert. Dabei wurde der Tag in vier Zeitperioden aufgeteilt. Und zwar von 0:00-5:59 Uhr, 6:00-11:59 Uhr, 12:00-17:59 Uhr und 18:00-23:59 Uhr. Bei dieser Analyse wurden für eine gerichtete Bewegung keine weiteren signifikanten Unterschiede festgestellt.

5.2.3 Diskussion

Allen VHF-besenderten Tieren gemeinsam war der im Vergleich zur Grösse des gesamten Streifgebietes hohe bis sehr hohe Anteil (77,7 – 83,4%) an Flächen mit sehr geringer Dichte ($\geq 50\%$) sowie der geringe Anteil an Flächen mit höchster Dichte ($< 10\%$). Bei keiner Gemse betrug er mehr als 3,8% der Gesamtfläche. Die Gemse ernährt sich im Winter von der Nahrung, die sie frei scharren kann. Die Nahrung ist deshalb nur in begrenzter Menge verfügbar. Dementsprechend war in den individuellen Winterstreifgebieten der Flächenanteil mit höchster Aufenthaltsdichte sehr klein, der Flächenanteil mit geringer Aufenthaltsdichte hingegen sehr gross. Lotz (1997) konnte die gleichen Aussagen bei den untersuchten Gensen im Nationalpark Berchtesgaden feststellen. Auch Boschi (1999) fand im Sommer den Anteil an Flächen mit höchster Dichte im Vergleich zur Grösse des gesamten Streifgebietes nur 1,6 – 4,4% genutzt.

Die besenderten Gemen zeigten eine tägliche Vertikalbewegung. Vor allem besuchten die Gemen in der Morgendämmerung und in der Abenddämmerung tiefere Lagen auf. In diesen Stunden kommen die Gemen in tiefere Lagen um zu äsen. Daenzer (1978) untersuchte das Aktivitätsmuster von Steinböcken und Gemen und fand drei Aktivitätsgipfel um 8:30 Uhr, 12:30 Uhr und 17 Uhr. Im Winter fressen die Gemen signifikant weniger lang als im Frühling. Ingold et al. (1998) fanden ebenfalls drei Aktivitätsgipfel und zwar in der Morgen- und Abenddämmerung und um Mitternacht. Ein Aktivitätsminimum wurde in den frühen und in den späten Nachtstunden gefunden. Sie fanden einen gut entwickelten 8-Stunden-Rhythmus. Nach einem Schneefall fanden sie die Gemen für ein oder zwei Tage in tieferen Lagen vor. Krämer (1969b) untersuchte sichtmarkierte Gemen beider Geschlechter in den Schweizer Alpen. Die Wanderungen dieser untersuchten Gemen verliefen mehr vertikal als parallel zum Grat. Kurzfristige Verschiebungen waren kleiner als 1km. Clarke & Henderson (1983) führten eine Studie an neuseeländische Gemen durch. Diese zeigten Perioden hoher Wanderaktivität. Einige Tiere wanderten bis zu 50km (Luftlinie) über Berggrate und Flusstäler. Boldt (2003) untersuchte die vertikalen kurzfristigen und mittelfristigen Bewegungen an Gemsgeissen in Bezug auf den Einfluss von Flugbetrieb (z.B. Gleitschirmflieger). Gefunden wurde ein regelmässiges Muster der untersuchten Gemsgeissen in Bezug auf die täglichen Vertikalbewegungen und in der mittleren Höhenlage.

5.3 Die Nutzung der Winterstreifgebiete bezüglich ausgewählter Habitatfaktoren

Um die Ansprüche an den Lebensraum und die Nutzung der Winterstreifgebiete zu analysieren, wurden die Lokalisationen mit den Habitatfaktoren Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetationsbedeckung in Bezug gebracht, analysiert und beschrieben.

Für die Signifikanz in Bezug auf die Verteilung der Habitatfaktoren der Streifgebiete und von der Verteilung der Flächenanteile im Angebot, wurde der χ^2 -Test (Neu et al. 1974) anhand der folgenden Tabelle 5.6 ausgeführt.

Tab. 5.6: Beispiel für den χ^2 -Test nach Neu et al. (1974). Im vorliegenden Fall besteht ein signifikanter Unterschied ($p = 0.05$) zwischen den Verteilungen des Angebotes und jener der Lokalisationen.

Exposition	Flächenanteil	Flächenanteil	BW	EW	$\frac{(BW - EW)^2}{EW}$	NI
Flach	0,0000	0,0%	0,000	0,000	0,0000	0,0
N	0,0000	0,0%	0,000	3,081	3,0805	0,0
NO	0,0000	0,0%	0,000	5,109	5,1088	0,0
O	0,0064	0,6%	0,560	2,584	1,5857	0,2
SO	0,0877	8,8%	7,640	5,932	0,4917	1,3
S	0,1984	19,8%	17,280	15,163	0,2956	1,1
SW	0,5157	51,6%	44,920	26,242	13,2947	1,7
W	0,1571	15,7%	13,680	16,569	0,5039	0,8
NW	0,0294	2,9%	2,560	12,415	7,8227	0,2
Summe	0,9947	99,5%	86,640	87,095	$\chi^2 = 32,1837$	32,1836

n = Anzahl Expositionstypen = 9

$FG = (n-1) = 8$

$p(\chi^2 \geq 15,507) = 0,05$

(Neu et al. 1974)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(BW - EW)^2}{EW}$$

5.3.1 Die Höhenlage

Aus der Tabelle 5.7 geht hervor, dass die Winterstreifgebiete der telemetrierten Tiere in einem mittleren Höhenbereich von 2044m ü. M. lagen. Die Gemsgeiss mit der Nummer 31 sucht mit 1977m die geringste mittlere Höhe über Meer und die Gemsgeiss mit der Nummer 147 sucht die höchste mittlere Höhe über Meer aller Individuen auf.

Tab. 5.7: Mittlere Höhe über Meer und Standardabweichung der Kernel-Winterstreifgebiete der telemetrierten Gamsen, wobei n = Anzahl der Lokalisationen, $\bar{\emptyset}$ = Mittelwert und $\pm s$ = Standardabweichung bedeuten.

Tiernr.	n	Kernel-Winterstreifgebiete	
		$\bar{\emptyset}$ [m ü. M.]	$\pm s$ [m]
140	211	2051,8	166,4
174	165	2010,9	149,3
152	255	2076,4	129,6
31	159	1977,2	178,3
162	107	2101,6	170,3
147	253	2102,9	170,6
132	131	1991,6	166,8
	$\bar{\emptyset}$	2044,6	161,6

Für den Habitatfaktor Höhenlage unterscheidet sich die Verteilung des Streifgebietes für alle sieben besenderten Gamsgeissen im Winter 2002/2003 signifikant von der Verteilung der Flächenanteile im Angebot ($\chi^2 = 23,5829$, $p < 0,05$). Daraus kann abgeleitet werden, dass einzelne Höhen bevorzugt werden. Die Präferenz der Einstandswahl in Bezug auf die Höhe über Meer wird anhand der Nutzungsindizes in der Tabelle 5.8 ersichtlich.

Tab. 5.8: Prozentualer Anteil und Nutzungsindizes der Individuen im Winter 2002/2003. Dabei bedeuten n = Anzahl der Lokalisationen und NI = Nutzungsindex.

Tiernr. n			Höhenlage [m ü. M.]											
			1700-1799	1800-1899	1900-1999	2000-2099	2100-2199	2200-2299	2300-2399	2400-2499	2500-2599	2600-2699	2700-2799	2800-2899
140	211	Nutzung [%]	0,00	18,00	22,00*	17,30	13,20	12,10	12,60	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		NI	0,0	0,8	1,3	1,4	1,2	1,4	1,9**	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
174	165	Nutzung [%]	1,40	18,90	24,80*	23,00	12,10	9,40	6,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00
		NI	0,2	0,9	1,4	1,8**	1,1	1,1	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
152	255	Nutzung [%]	1,10	19,40*	17,30	13,20	9,80	10,50	12,60	11,30	3,50	0,00	0,00	0,00
		NI	0,2	0,9	1,0	1,1	0,9	1,2	1,9**	1,9**	0,7	0,0	0,0	0,0
31	159	Nutzung [%]	13,6	24,2*	13,0	10,0	12,4	12,4	8,9	3,2	0,8	0,0	0,0	0,0
		NI	2,1**	1,1	0,8	0,8	1,1	1,5	1,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0
162	107	Nutzung [%]	0,00	11,00	21,60*	17,20	12,50	9,60	8,20	7,10	6,90	4,10	0,70	0,00
		NI	0,0	0,5	1,3	1,4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4	1,5**	0,5	0,0
147	253	Nutzung [%]	2,00	15,40	19,00*	18,80	13,30	10,40	9,20	5,70	3,80	1,10	0,00	0,00
		NI	0,3	0,7	1,1	1,5**	1,2	1,2	1,4	1,0	0,8	0,4	0,0	0,0
132	131	Nutzung [%]	2,40	29,50*	24,90	21,00	11,80	8,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		NI	0,4	1,3	1,4	1,7**	1,1	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Angebot [%]			6,5	22,0*	17,2	12,5	11,2	8,5	6,8	5,9	4,7	2,7	1,5	0,6

* Der prozentual höchste Anteil, ** Der höchste Nutzungsindex

Die einzelnen Gemen suchen im Winter 2002/2003 signifikant verschiedene Höhen auf (Oneway ANOVA, $n = 1287$, $F = 26,163$, $p = 0,000$). Auch in den Wintern 2000/2001 und 1999/2002 wird eine Signifikanz unter den einzelnen Gemen gefunden. Im Winter 2001/2002 findet sich keine Signifikanz (Oneway ANOVA, $n = 251$, $F = 2,863$, $p = 0,059$).

Die Wahl der Höhenlage verändert sich im Verlauf des Winters 2002/2003. Die Abbildung 5.9 und die Tabelle 5.9 zeigen als repräsentatives Beispiel die Gemse mit der Nummer 140.

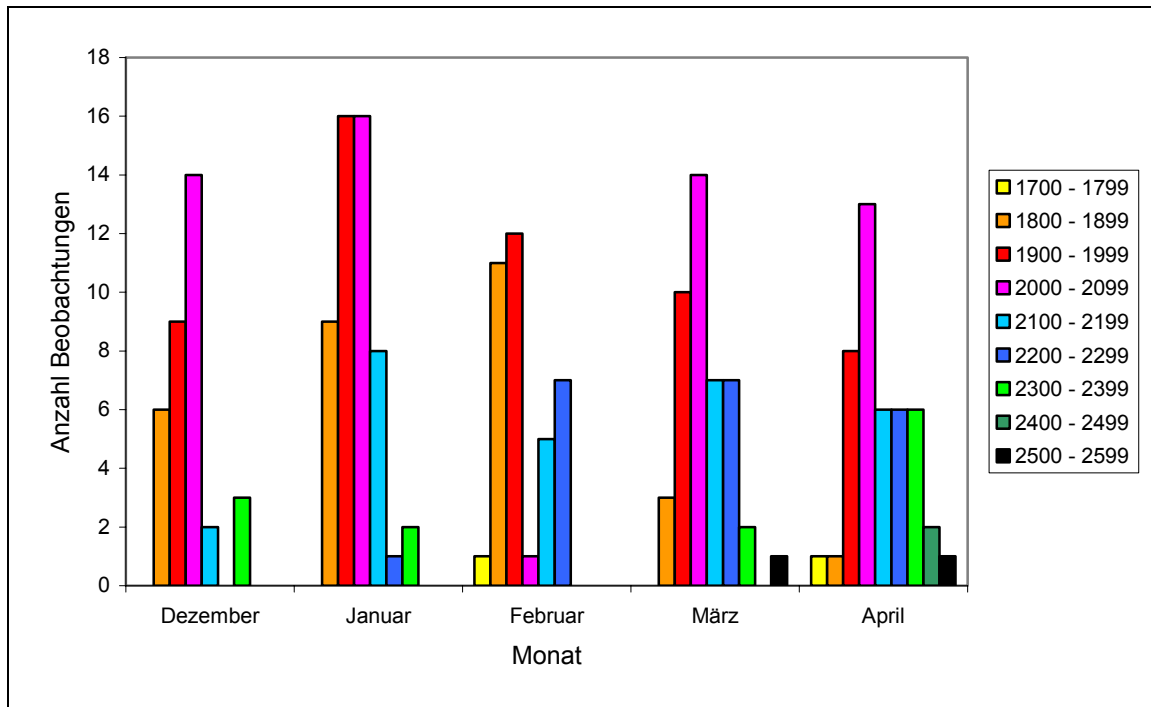


Abb. 5.9: Verlauf der Höhenlage im Winter 2002/2003 der Gemse mit der Nummer 140.

In den Monaten Dezember bis Januar und auch im Monat Februar werden eher tiefere Lagen bevorzugt. Alle Gemen zeigen im Monat April eine Präferenz für die höheren Lagen in ihrer Habitatwahl auf. Der Wechsel der Höhenlage der Winterstreifgebiete spiegelt den Verlauf der Schneedecke und der Ausaperung der Kreten wider (Tab. 5.9).

Tab. 5.9: Nutzungsindizes der Gemse mit der Nummer 140 im Winter 2002/2003.

Tiernr.	Monat	Höhenlage [m ü. M.]											
		1700-1799	1800-1899	1900-1999	2000-2099	2100-2199	2200-2299	2300-2399	2400-2499	2500-2599	2600-2699	2700-2799	2800-2899
140	Dezember	0,0	1,1	1,7*	1,5	0,8	0,8	1,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Januar	0,0	1,2	1,4	1,6*	1,4	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Februar	0,2	0,9	1,6*	1,4	1,2	1,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	März	0,0	0,6	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8*	1,0	0,6	0,4	0,0	0,0
	April	0,0	0,2	0,9	1,3	1,2	1,9	2,3*	1,8	1,4	0,1	0,0	0,0

* Der höchste Nutzungsindex

5.3.2 Die Exposition nach Himmelsrichtung

Die Abbildung 5.10 zeigt, dass sich die Winterstreifgebiete der telemetrierten Gamsgeissen im Winter 2002/2003 meistens auf einer südwestexponierten Lage befinden. Auch die süd-

und südostexponierten Lagen wurden bevorzugt. Die nordexponierten Lagen werden eher gemieden oder gar nicht aufgesucht.

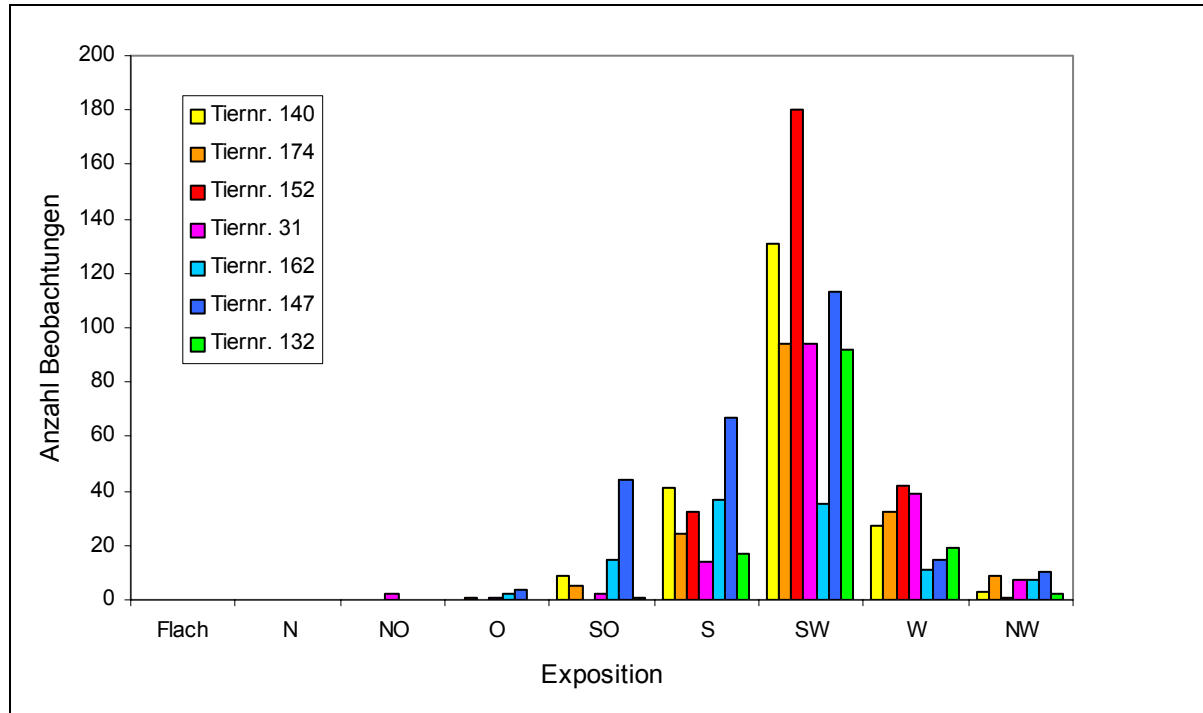


Abb. 5.10: Anzahl Beobachtungen im Winter 2002/2003 für den Habitatfaktor Exposition.

Es gibt signifikante Unterschiede in der Wahl des Habitatfaktors Exposition bezüglich der Verteilung des Streifgebiets im Winter 2002/2003 von der Verteilung der Flächenanteile im Angebot ($\chi^2 = 43,6892$, $p < 0,05$) für alle sieben besenderten Gemsgeissen. Im Vergleich zum Angebot werden einzelne Expositionen bevorzugt. Die Präferenz der Einstandswahl kann anhand der Nutzungsindizes in der Tabelle 5.10 definiert werden.

Tab. 5.10: Prozentualer Anteil und Nutzungsindizes der Individuen im Winter 2002/2003. Dabei bedeuten n = Anzahl der Lokalisationen und NI = Nutzungsindex.

Tiernr. n			Exposition nach Himmelsrichtung								
			Flach	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
140	211	Nutzung [%]	0,00	0,00	0,00	0,60	8,80	19,80	51,60*	15,70	2,90
		NI	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	1,1	1,7**	0,8	0,2
174	165	Nutzung [%]	0,00	0,30	0,30	0,50	7,40	17,80	48,00*	18,20	6,50
		NI	0,0	0,1	0,1	0,2	1,1	1,0	1,6**	1,0	0,5
152	255	Nutzung [%]	0,00	0,00	0,00	0,10	1,70	13,20	61,00*	20,70	2,90
		NI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	2,0**	1,1	0,2
31	159	Nutzung [%]	0,00	1,50	3,20	0,50	0,60	8,90	49,80*	26,10	4,70
		NI	0,0	0,4	0,5	0,2	0,1	0,5	1,7**	1,4	0,3
162	107	Nutzung [%]	0,00	0,00	0,00	1,20	8,50	24,40	41,10*	17,50	7,00
		NI	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	1,4**	1,4**	0,9	0,5
147	253	Nutzung [%]	0,00	0,40	0,50	0,60	8,70	24,10	45,00*	14,00	5,90
		NI	0,0	0,1	0,1	0,2	1,3	1,4	1,5**	0,7	0,4
132	131	Nutzung [%]	0,00	0,00	0,00	2,10	10,00	58,90*	22,40	5,30	0,40
		NI	0,0	0,0	0,0	0,7	1,5	3,4**	0,7	0,3	0,0
Angebot [%]			0,00	3,50	5,90	3,00	6,80	17,40	30,10*	19,00	14,30

* Der prozentual höchste Anteil, ** Der höchste Nutzungsindex

Keine Unterschiede gibt es im Vergleich der einzelnen Winter. Die Gmsen bevorzugten auch in den vergangenen Wintern die südexponierten Lagen.

Die einzelnen Gmsen suchen alle die südwestexponierten Lagen auf. Die Gmsen mit den Nummern 132 und 162 zeigen eine Bevorzugung der südexponierten Lagen.

Im Verlauf des Winters ändert sich die Exposition nach Himmelsrichtung nicht. Das Winterstreifgebiet der Gmsen überdeckt sich fast vollständig mit dem Angebot.

5.3.3 Die Hangneigung

Die Winterstreifgebiete der telemetrierten Tiere lagen meistens auf einer Hangneigung von 30 – 40°! (Abb. 5.11). Auch weniger steile Hänge wurden vermehrt aufgesucht. Die Hänge von < 70° waren im Untersuchungsgebiet gar nicht vorhanden (Tab. 5.11).

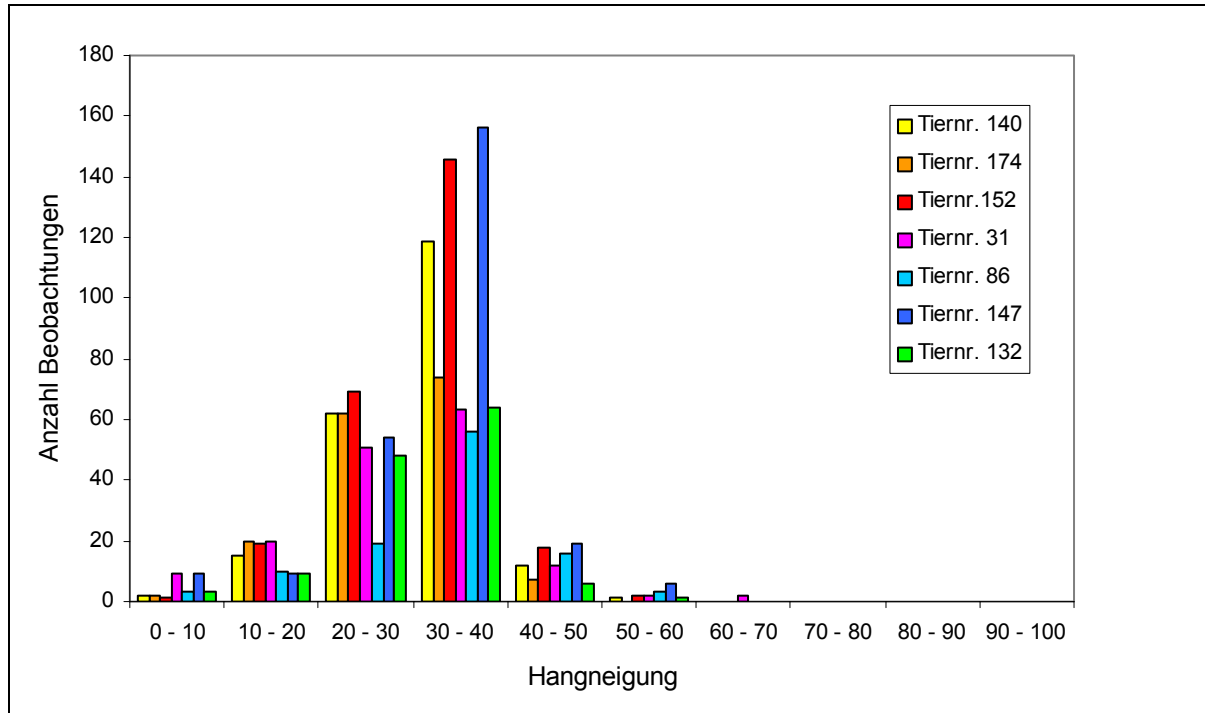


Abb. 5.11: Anzahl Beobachtungen im Winter 2002/2003 für den Habitatfaktor Hangneigung.

Für den Habitatfaktor Hangneigung unterscheidet sich die Verteilung des Streifgebiets im Winter 2002/2003 nicht signifikant von der Verteilung der Flächenanteile im Angebot ($\chi^2 = 6,9786$, $p < 0,05$). Diese Aussage gilt für alle sieben besenderten Gemsgeissen. Die Gemsgeissen bevorzugten demzufolge die Hänge, die innerhalb ihrer Streifgebiete angeboten werden. Die Präferenz der Einstandswahl in Bezug auf die Hangneigung wird anhand der Nutzungsindizes in der Tabelle 5.11 ersichtlich.

Zwischen den einzelnen Wintern wird kein signifikanter Unterschied gefunden. Die Gemsen bevorzugten auch in den vergangenen Wintern die Hänge von 30 – 40° Neigung. Die meisten Gemsen suchen im Winter 2002/2003 Hänge mit einer Neigung von 30 – 40° auf. Die Gemse mit der Nummer 31 bildet hier als einzige Gemsgeiss eine Ausnahme (Tab. 5.11). Dieser hohe Nutzungsindex auf der Hangneigung von 60-70° wird nur durch wenige Lokalisationen belegt, und da das Angebot mit 0,2% sehr gering ist, fällt der Nutzungsindex so hoch aus.

Tab. 5.11: Prozentualer Anteil und Nutzungsindizes der Individuen im Winter 2002/2003. Dabei bedeuten n = Anzahl der Lokalisationen und NI = Nutzungsindex.

Tiernr.	N		Hangneigung [°]									
			0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
140	211	Nutzung [%]	2,7	12,8	25,5	47,1*	10,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
		NI	1,1	0,8	1,1	1,1	0,7	1,1	3,4**	0,0	0,0	0,0
174	165	Nutzung [%]	5,8	15,1	30,0	40,3*	7,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		NI	0,7	0,9	1,1	1,2**	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
152	255	Nutzung [%]	4,1	9,0	29,8	49,2*	6,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		NI	0,3	0,8	0,9	1,4**	0,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
31	159	Nutzung [%]	9,9	12,2	30,8	37,0*	7,3	1,9	0,8	0,0	0,0	0,0
		NI	0,6	0,8	0,8	1,3**	1,3**	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
162	107	Nutzung [%]	6,0	13,7	22,6	40,1*	14,7	2,6	0,3	0,0	0,0	0,0
		NI	0,5	0,6	1,0	1,4**	0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
147	253	Nutzung [%]	5,1	12,2	23,0	44,6*	13,4	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
		NI	0,7	0,9	0,8	1,2	1,4	1,5**	1,2	0,0	0,0	0,0
132	131	Nutzung [%]	8,1	13,6	29,9	39,4*	6,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
		NI	0,7	0,9	1,1	1,2**	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Angebot [%]			8,7	16,1	28,5	34,1*	10,6	1,8	0,2	0,0	0,0	0,0

* Der prozentual höchste Anteil, ** Der höchste Nutzungsindex

Die Wahl des Faktors Hangneigung verändert sich nicht signifikant von Dezember bis April 2002/2003. Die Gamsen richten sich bei der Wahl des Streifgebiets nach dem Angebot). Die bevorzugte Hangneigung liegt dieser Analyse zu Folge zwischen 30 und 40°. Es werden aber auch flachere Hänge aufgesucht.

5.3.4 Die Vegetationsbedeckung

Wie aus der Abbildung 5.12 hervorgeht, lagen die Winterstreifgebiete der telemetrierten Tiere meistens in einem Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* (Trepp & Campell 1968). Auch die vegetationslosen Flächen wurden vermehrt aufgesucht.

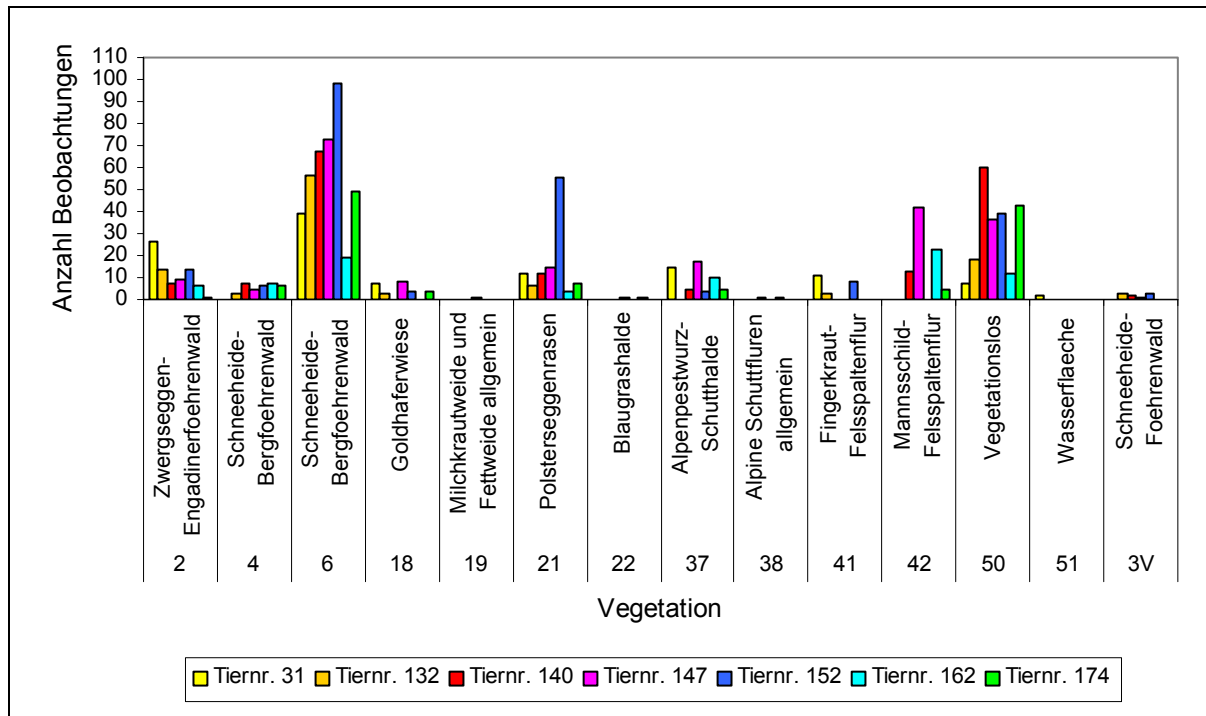


Abb. 5.12: Anzahl Beobachtungen im Winter 2002/2003 für den Habitatfaktor Vegetation.

Für den Habitatfaktor Vegetation ist die Verteilung des Streifgebiets im Winter 2002/2003 für alle sieben besenderten Gemsgeissen verschieden von der Verteilung der Flächenanteile im Angebot ($\chi^2 = 46,3675$, $p < 0,05$). Die Gemsen bevorzugten bestimmte Pflanzengesellschaften, die innerhalb ihrer Streifgebiete angeboten werden. Die Bevorzugung der Streifgebiete auf den Habitatfaktor Vegetationsbedeckung wird anhand der Nutzungsindizes in der Tabelle 5.12 (Anhang B) ersichtlich. Dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass vor allem die Vegetationsgesellschaft Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* bevorzugt wird im Vergleich mit dem Angebot von 0,01%.

Der Vergleich der einzelnen Winter zeigt keine signifikanten Unterschiede in der Bevorzugung einer bestimmten Vegetationsgesellschaft. Auch in den vergangenen Wintern wurde der Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* bevorzugt.

Die einzelnen Gemsen suchten im Verlauf des Winters 2002/2003 vor allem die Vegetationsbedeckung Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* auf. Die Gemse mit der Nummer 31 bildet hier eine Ausnahme (Anhang B: Tab. 5.12). Diese Gemse suchte vermehrt die Zwergseggen-Engadinerföhrenwald- oder die Horstrispengras-Trockengras-Gesellschaft auf. Die Gemse mit der Nummer 162 wurde oft auch auf vegetationslosen Standorten telemetriert.

5.3.5 Diskussion

Nach Elsner-Shack (1985) und Meile (1985) bevorzugt die Gemse steile, topographisch reich strukturierte, alpine Weidegebiete mit genügend Nahrung. Die Habitatwahl der Gemse stellt während des Winters ein Optimierungsproblem zwischen den Faktoren Nahrungsangebot, Erreichbarkeit der Nahrung, Schutzbedürfnis, Wärmehaushalt, Schneehöhe und Schneebeschaffenheit dar. Aus den Habitatanalysen ist ersichtlich, dass die Gamsen tiefere Lagen bevorzugen und mit der Ausaperung der Kreten im Frühling wieder in höhere Lagen hinaufsteigen, nachdem das frische Gras in den tieferen Lagen gefressen wurde. Die bevorzugte Hangneigung liegt zwischen 30 – 40° und die Hänge sind meistens nach Süden oder Südosten exponiert. Die Nordhänge werden gemieden. Ein Grund dafür liegt sicher in der Beschaffenheit und in der Höhe der Schneedecke. Auch in Bezug auf die Nahrung sind südexponierte Hänge günstiger. An diesen Stellen apert die Hänge schneller aus, das frische Gras wird erreichbar und von den Gamsen gefressen. Die bevorzugte Einstandwahl im Winter hinsichtlich der Vegetation ist eindeutig der Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* (Trepp & Campell 1968) im Gebiet Il Fuorn im Schweizerischen Nationalpark. Ein Faktor, der dabei einen grossen Einfluss ausübt, ist die Schneehöhe (Kap. 5.4.1). Jenny (1984) untersuchte Gamsen im Raum Grindel-First im Berner Oberland (Schweiz). Aufgrund seiner Daten konzentrieren sich die Gamsen im Hochwinter auf schnell ausapernde, steile Gebiete mit rauer Oberflächenstruktur. Gegen Frühjahr werden vermehrt flachere, weniger strukturierte sowie weniger sonnenexponierte und später ausapernde Gebiete auch in tieferen Lagen aufgesucht.

Nach Studien im Nationalpark Berchtesgaden (Bögel et al. 2001) verschiebt sich das Nutzungsmaximum der Höhenverteilung vom Sommer zum Winter zu mittleren Höhenlagen (1300 – 1800m ü. M.). Bei der Selektion der verschiedenen Hangneigungsklassen meiden die Gamsen in dieser Studie ebenfalls flache und extrem steile Hangbereiche (< 20° bzw. > 70°). Mittlere Hangneigungen werden wenig selektiv genutzt während steile Hanglagen (50 – 80°) schwach bevorzugt werden. Letzteres lässt sich so erklären, dass durch das Abrutschen von Schnee solche Hanglagen bezüglich der Nahrungsverfügbarkeit Vorteile bieten. Präferiert werden südöstliche Expositionen, während nördlich exponierte Hanglagen gemieden werden. Alpine Matten, der Krummholzgürtel und Almflächen werden im Sinne des Habitatfaktors Vegetation aufgesucht. Aber auch lichter Wald und Laubmischwald haben für die Gamsen eine besondere Bedeutung als Äsungs- bzw. Sicherungseinstände. Die Bedeutung des Waldes wird vermutlich durch das Angebot und die Qualität der dort verfügbaren Nahrung begründet. Hamr (1984) fand ebenfalls eine Präferenz für tiefere Höhenlagen (1500 – 1700m ü. M.) im Winter. Krautige Pflanzen als Vegetationsbedeckung wurden über sämtliche Jahreszeiten bevorzugt. Hangneigungen von 45 – 75° und

südexponierte Lagen waren das Ergebnis der Habitatanalyse. Nach Michallet et al. (1999) sind Schneedecke, Vegetation, Exposition und Relief die wichtigsten Charakteristiken für das Gemshabitat im Winter. Die Höhenlage und die Hangneigung sind weniger bedeutsame Faktoren.

Habitatanalysen von Schneeziegen in alpinen Gebieten in der Nähe des Mount Evans, Colorado (Gross et al. 2002) nutzen Flächen, die eine mittlere Hangneigung und eine südexponierte Lage aufweisen, mehr als erwartet. Die Nähe von Fluchtmöglichkeiten ist auch entscheidend bei der Habitatwahl der Schneeziegen.

Die beobachteten Gemen im Schweizerischen Nationalpark haben ihre Winterstreifgebiete so ausgewählt, dass die beeinflussenden Habitatfaktoren wie Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetation, die Möglichkeit der Überwinterung bei guter Kondition sichert.

5.4 Vergleich der verschiedenen Winter und Regulation der Population

Wie in der Einleitung und im Kapitel 3.4 erwähnt, fand im April 2003 ein Massensterben der Gemen bei Il Fuorn, bedingt durch eine Lungenentzündung, statt. Durch dieses Ereignis ergab sich die Möglichkeit, die Regulation der Gempopulation im Schweizerischen Nationalpark zu prüfen. Dazu wurden weitere Analysen bezüglich der klimatischen Faktoren Schneehöhe und Temperatur unternommen.

5.4.1 Schneehöhe und Standortwahl der Gemen

In der Abbildung 5.13 werden die Standorte der Gemen in Abhängigkeit von der Schneehöhe dargestellt. Es gibt Unterschiede in der Schneehöhe der einzelnen Winter. Der Winter 2000/2001 war sehr schneereich, dagegen war der Winter 2001/2002 schneearm.

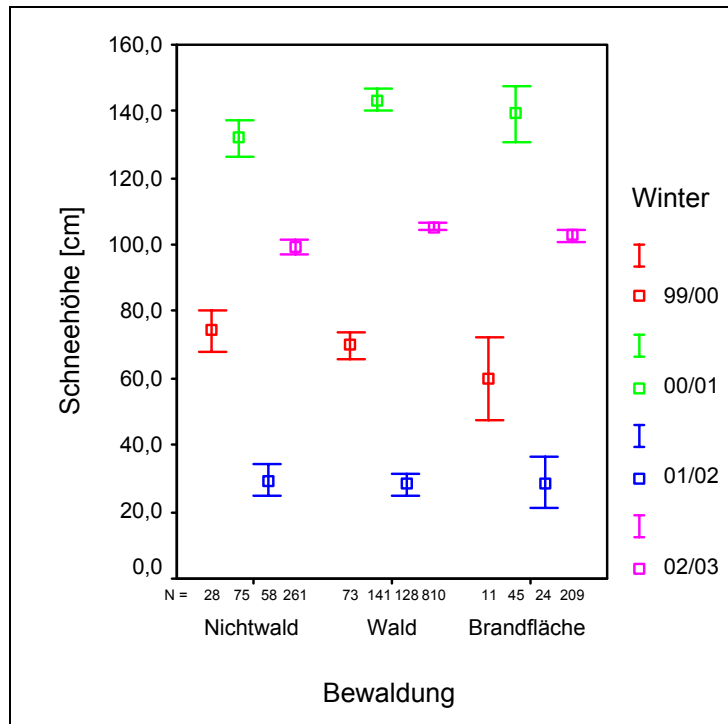


Abb. 5.13: Die Aufenthaltsorte der Gmsen in Bezug auf die Schneehöhe. Alle Winter auf einen Blick.

In der Abbildung 5.14 werden die Winter einzeln dargestellt. In den beiden Wintern 2000/2001 (Oneway ANOVA, $n = 261$, $F = 6,772$, $p = 0,001$) und 2002/2003 (Oneway ANOVA, $n = 1280$, $F = 17,154$, $p = 0,000$) ergibt sich eine Signifikanz. Die Gmsen sind vermehrt im Wald als auf offene Flächen oder auf der Brandfläche anzutreffen. Für den Winter 1999/2000 wurde ein sehr schwacher signifikanter Unterschied von $p = 0,047$ ermittelt. Der Grund hierfür sind die vermehrten Lokalisationen auf der Brandfläche. Im Winter 2001/2002 sind keine Unterschiede ersichtlich in Bezug auf den Standort der telemetrierten Gmsen. In diesem Winter sind die Gmsen im Wald als auch auf offenen Flächen anzutreffen. Die Gmsen sind vermehrt im Wald anzutreffen, wenn viel Schnee liegt.

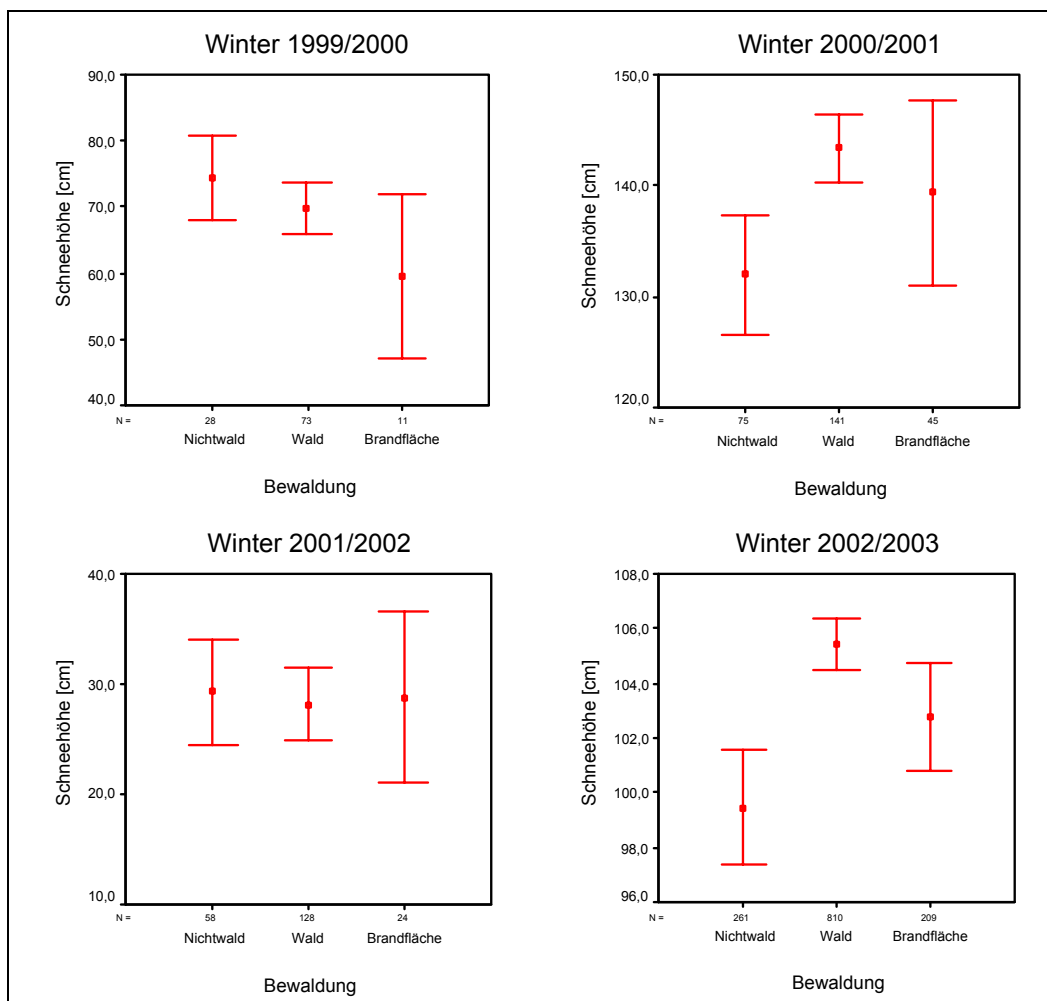


Abb. 5.14: Die Aufenthaltsorte der Gamsen in Bezug auf die Schneehöhe in den einzelnen Wintern.

5.4.2 Temperatur und Standortwahl der Gamsen

Die Temperaturunterschiede zwischen offenen Flächen und Wald auf gleicher Höhenlage sind sehr gering (Abb. 5.15, links), während sie auf unterschiedlicher Höhenlage beträchtlich höher sind (Abb. 5.15, rechts). Die Temperatur spielt eine wichtige Rolle in der Standortwahl der Gamsen.

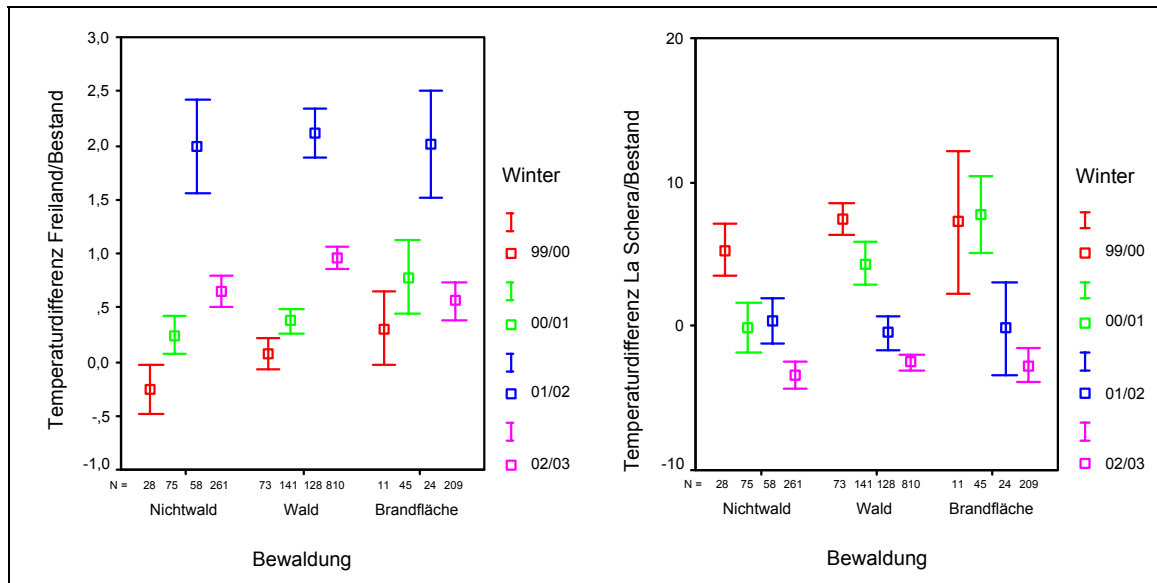


Abb. 5.15: Die Aufenthaltsorte der Gamsen in Bezug auf die Temperatur.

Aus der Abbildung 5.16 wird ersichtlich, dass in den Wintern 1999/2000 und 2000/2001 vor allem der Wald, aber auch die Brandfläche aufgesucht wird. Signifikanzen findet man in allen Wintern. Ausnahme bildet der Winter 2001/2002 (Oneway ANOVA, $n = 210$, $F = 0,179$, $p = 0,836$). Die stärkste Signifikanz wird im Winter 2002/2003 gefunden (Oneway ANOVA, $n = 1280$, $F = 9,123$, $p = 0,000$).

Auch in Bezug auf die Temperatur ist der Wald ein bevorzugter Aufenthaltsort der Gamsen im Winter. Aber auch die Brandfläche wird vermehrt aufgesucht. Grund dafür ist die Lage dieser Fläche. Wie im Kapitel 3 erwähnt, befindet sich die Brandfläche am südostexponierten Hang des Berges Piz Il Fuorn. Der Hang apert schnell aus und die Gamsen finden dort einfacher Nahrung.

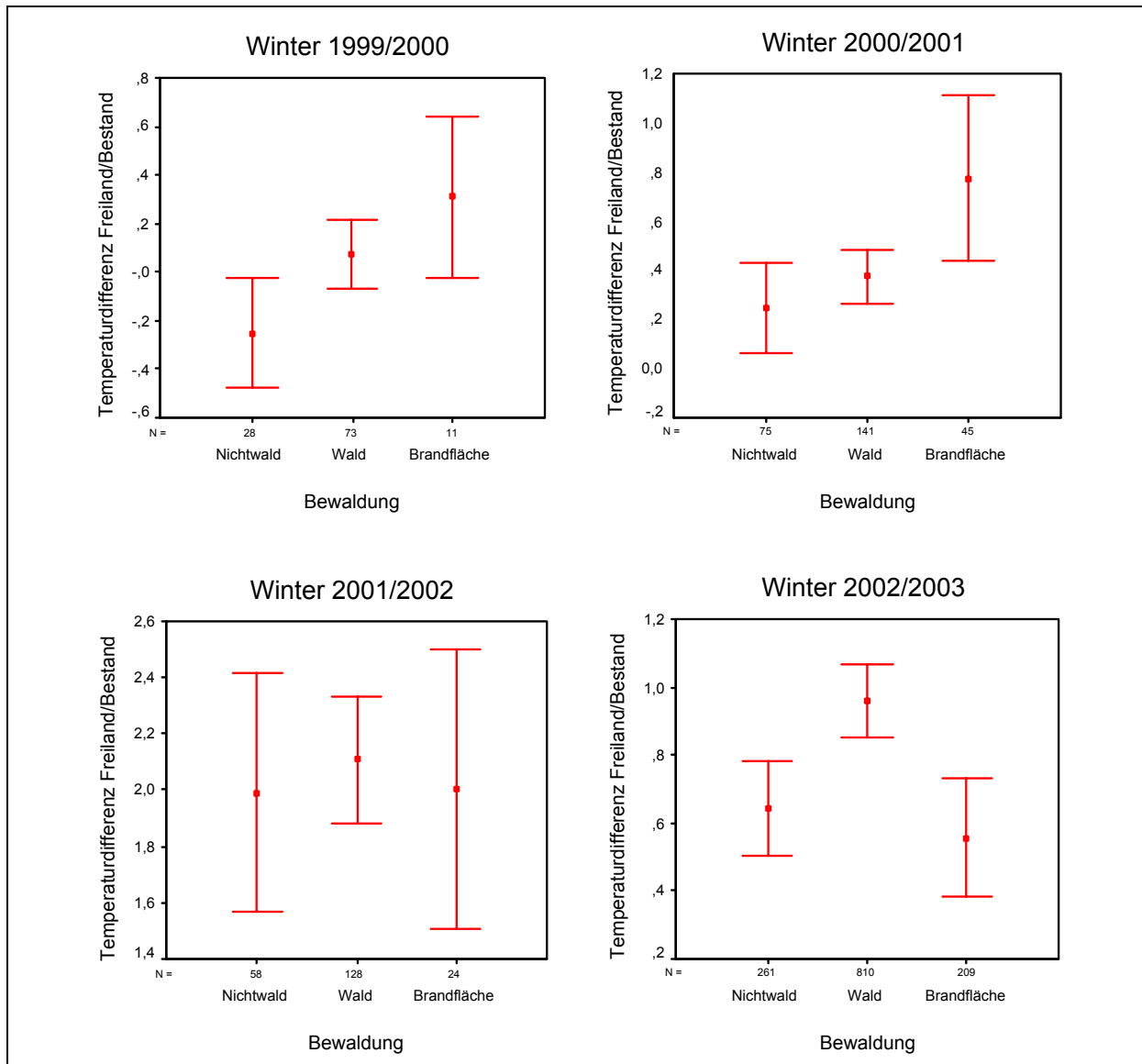


Abb. 5.16: Die Aufenthaltsorte der Gemen in Bezug auf die Temperaturdifferenz in den einzelnen Wintern.

5.4.3 Diskussion

Der Winter 2002/2003 war niederschlagsarm und kalte Temperaturen herrschten vor. Bereits im Spätherbst 2002 fand ein früher Wintereinbruch statt. Dieser Vorfall äusserte sich in einer bereits im Oktober 2002 dicken Schneedecke oberhalb der Waldgrenze. Die Gemen im Gebiet II Fuorn wurden gezwungen, auf tiefere Lagen auszuweichen und dort zu überwintern. Wie aus den Abbildungen 5.14 ersichtlich wird, gab es im Winter 2000/2001 und im Winter 2002/2003 mehr Schnee als in den beiden anderen Winter. Der Winter 2000/2001 war der schneereichste Winter. Im Winter 2001/2002 lag nicht viel Schnee. Die Gemen mussten also nicht zwingend in den Wald ausweichen. Boldt (2003) bezeichnete den Faktor Schneedecke als den wichtigsten Faktor bezüglich der Habitatnutzung. Die Bewegung in tiefem Schnee zwischen den verschiedenen Nahrungsgebieten kostet der Gense sehr viel Energie. So werden die Translokationen auf ein Minimum reduziert. Dies

wurde vor allem in den Waldzonen festgestellt. In tieferen Lagen ist die Schneedecke weniger hoch und es gibt mehr schneefreie Stellen. Die Gamsen scheinen genügend Nahrung im Wald zu finden. Ähnliche Beziehungen zwischen Schneehöhe und Habitatnutzung sind auch in anderen Studien dokumentiert (Hofmann & Nievergelt 1972, Hamr 1985, Bögel et al. 2001, Haller et al. 2002) und bei anderen Huftieren wie Dickhornschafe (Goodson et al. 1991) und Rehe (Mysterud et al. 1997). Die weiblichen Gamsen hielten sich an windigen Tagen vermehrt im Wald auf, da dieser die Windbewegung als natürliches Hindernis einschränkt. Der Wind wird aus thermoregulatorischen Gründen gemieden (Schröder 1971).

Auch die Temperatur spielt eine gewisse Rolle bezüglich der Habitatwahl und -nutzung der Gamsen. Im Waldinneren herrschen wärmere Temperaturen als auf offenen Flächen. Die Bedeutung der Temperatur ist aber weniger entscheidend als der Faktor Schnee. Dies ist in der Abbildung 5.16 ersichtlich. Nach Meile (1986) bereiten der Gams die niedrigen Temperaturen kaum Probleme, wenn nicht gleichzeitig ein starker Wind weht. Vielmehr sieht man die Gamsen selbst an kalten Tagen bei klarem sonnigem Wetter windige Warten aufsuchen oder Schneefelder, auf denen sie sich breit hinlegen. Ein früher Winterbeginn, welcher das Nahrungsangebot ernsthaft einschränken kann, bereitet den Kitzen Schwierigkeiten, da sie weiterwachsen müssten, um den Winter zu überstehen. Den erwachsenen Gamsen dagegen wird ein früher Winterbeginn kaum zum Problem, da sie ihr Maximalgewicht Anfang Oktober erreicht haben und imstande sind, die Nahrung mit den Vorderläufen freizuscharren. Eine lange Winterdauer wirkt sich negativ aus, wenn viel Schnee gefallen ist. Vor allem in Gegenden mit hohem Gamsbestand kann die absolute Schneehöhe zu einem wichtigen Sterbefaktor werden, da sie die Nahrungsquellen zum grössten Teil zudeckt und unzugänglich macht. Das ist die entscheidende Einschränkung der Nahrungsgrundlage und damit – über innerartliche Konkurrenz – auch des Bestandes. Es gibt immer wieder überdurchschnittlich hohe Schneefälle, tiefe Temperaturen, späte Schmelztermine und nasskalte Sommer. Eine Gams kann durch verschiedene Umstände in einen sehr kargen Wintereinstand geraten, durch schwache Kondition und Parasiten belastet sein.

Nach Schröder (1971) hingegen ist die thermische Behaglichkeit von entscheidender Bedeutung für die Wahl des Aufenthaltsortes. Zwar lassen sich kurzfristige Temperaturänderungen durch physiologische Reaktionen kompensieren, aber im Interesse eines effizienten Energiehaushalts empfiehlt es sich für die Gams, jene Standorte mit den idealsten klimatischen Bedingungen aufzusuchen. An stürmischen Tagen ist ein Aufsuchen windgeschützter Standorte, wie zum Beispiel des Waldes, deutlich zu erkennen. Einem zu

grossen Energieverlust durch Abkühlung wird vorgebeugt, wobei die Bedeutung der Nahrung als bestimmender Faktor für die Standortwahl in den Hintergrund tritt.

6 GESAMTDISKUSSION

Definitionsgemäss kann Bestandesregulation nur als das Ergebnis eines oder mehrerer dichteabhängiger Prozesse vorkommen, welche die Geburten- und Todes- oder Migrationraten beeinflussen (Begon et al. 1996). Die Mechanismen, die diesen Prozessen unterliegen, sind oft sehr komplex aus einer Mischung von dichteabhängigen und stochastischen Faktoren. Dichteabhängigkeit und Klimaeinflüsse können zu individuellen Ergebnissen führen, aber auch die Populationsdynamik beeinflussen (Sæther 1997). Zum Beispiel stellt Sæther (1997) fest, dass eine hohe Populationsdichte zu innerartlicher Konkurrenz um Nahrung und Raum führt. Dies äussert sich in leichterem Körpergewicht. Besonders bei den Weibchen kann dies zu einer Reduktion der Fekundität führen. Ähnliches wird auch bezüglich der Mortalitätsrate der Population festgestellt. Strenge Winter bewirken ebenfalls erhöhte Mortalitätsraten oder eine Abnahme der Fekundität im folgenden Sommer. Zusammenfassend stellt Sæther (1997) fest, dass das allgemeine Muster der Populationsdynamik durch verspätete Effekte von schlechten Sommern (Fekundität) und durch direkte Effekte von strengen Wintern (Mortalität) induziert wird. Gaillard et al. (1998) und Sæther (1997) zeigen, dass raue Umweltbedingungen öfters grössere Folgen haben, wenn sie zusammen mit erhöhter Populationsdichte auftreten.

Für die untersuchten Gamsen im Raum Il Fuorn im Schweizerischen Nationalpark lassen sich folgende Aussagen machen: sie besetzen im Winter kleinere Streifgebiete als im Sommer. Dies lässt sich mit den ermittelten Sommerstreifgebietsgrössen von Boschi (1999) vergleichen. Die Fläche der Winterstreifgebiete verändert sich im Verlauf des Winters von Dezember bis April. Dies wurde bei allen sieben Gamsgeissen beobachtet. Die Überlappung der Winterstreifgebiete ist unterschiedlich gross. Das Streifgebiet der Gamsgeiss mit der Nummer 31 beispielsweise überlappt nur zu 15,7%. Dagegen schneidet sich das Streifgebiet der Gemse mit der Nummer 147 bis zu 71,8% mit den Flächen der anderen besenderten Gamsen. Eine Überlappung von Streifgebieten wurde ebenfalls in Untersuchungen an Gamsgeissen in Nordtirol (Österreich) von Hamr (1985) gefunden. Die Gamsen suchen immer wieder die gleichen Wintereinstandsgebiete auf. Die Besetzung des Wintereinstandes kann durchschnittlich bis zu 66,0% dem des Vorjahres entsprechen. Eine traditionelle Raumnutzung ist nur möglich, wenn die Nahrungsressource erneuerbar ist. Gute Kenntnisse über das Gebiet erhöhen die Überlebenswahrscheinlichkeit eines strengen Winters. Die Tiere kennen die Orte, wo sie quantitativ und qualitativ gute Nahrung finden können. Wechsel von Wintereinständen werden dann festgestellt, wenn die Nahrung knapp wird (Krämer 1969a). Dies wurde bei der Gamsgeiss mit der Nummer 47 im Winter 2002/2003 festgestellt. Die Daten zeigen, dass diese Gemse im Januar das Gebiet zu wechseln

versuchte und wahrscheinlich wegen den vorherrschenden Schneeverhältnisse gescheitert ist. Die Streifgebiete werden nicht gleichmässig genutzt. Der grösste Anteil der Streifgebiete wird nur von einer geringen Dichte ($\geq 50\%$) besetzt. Anteile höchster Dichte ($< 10\%$) betrugen jedoch nicht mehr als 3,8% der Gesamtfläche. Lotz (1997) stellte im Nationalpark Berchtesgaden ähnliche Verhältnisse in Bezug auf das ganze Jahr hin gesehen fest. Boschi (1999) beobachtete im gleichen Gebiet im Schweizerischen Nationalpark im Sommer eine vergleichbare Nutzung der Streifgebiete. Im Winter finden die Gamsen nur spärlich Nahrung. Deshalb wählen sie ihre Standorte so aus, dass sie mit möglichst wenig Energieaufwand leicht zu Nahrung gelangen. Dabei spielen die Habitatfaktoren wie Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetationsbedeckung eine bedeutende Rolle. Leichter Zugang zur Nahrungsressource wird dort gefunden, wo die Hänge schneller ausapern als an anderen Standorten. Deshalb suchen die Gamsen im Winter selektiv süd- oder südostexponierte Hänge mit einer Neigung zwischen $30 - 40^\circ$ und mehr auf. Die gewählten Standorte liegen in einem mittleren Höhenbereich von 2044m ü. M. Generell werden tiefere Lagen aufgesucht. Mit dem Ansteigen der Schneeschmelze ziehen die Gamsen mit der Vegetationsentwicklung wieder bergwärts (Meile 1986). Die bevorzugte Vegetationsbedeckung der untersuchten Gamsen im Schweizerischen Nationalpark ist der Schneeheide-Föhrenwald *vaccinietosum* (Trepp & Campell 1968). Die Bevorzugung krautiger Pflanzen kann über alle Jahreszeiten festgestellt werden (Bögel et al. 2001). Im Winter erlangt der Wald eine besondere Bedeutung als Äsungs- bzw. Sicherungseinstand. Die Faktoren Schneehöhe und Temperatur spielen dabei eine entscheidende Rolle. Hohe Schneedecken oberhalb der Waldgrenze zwingen die Gamsen, auf tiefere Lagen auszuweichen. Oft wird dabei der Wald als Standort gewählt. Boldt (2003) bezeichnet den Faktor Schneedecke als den wichtigsten Faktor bezüglich der Habitatnutzung. Haller et al. (2002) beobachteten die räumliche und zeitliche Raumnutzung der Rothirsche im Schweizerischen Nationalpark und Umgebung. Die winterlichen Haupteinstände befinden sich entlang des Haupttales im Engadin, vor allem im Bereich der Sonnenhänge. Das Rotwild hält sich tagsüber bevorzugt in den Hangwäldern auf. Während der nächtlichen Nahrungssuche dringen die Tiere oft in talnahe Gebiete vor. Bei geringer Schneelage sind gelegentlich Hirsche an der Waldgrenze und darüber zu beobachten. Es gibt allerdings einzelne Hochlageneinstände auf einer Höhe von 2600 – 2700m ü. M., die regelmässig benützt werden. In der Regel überwintern gut 10% der Stiere in solchen Hochlageneinständen. Auch die thermische Behaglichkeit (Schröder 1971) übt einen Einfluss auf die Standortwahl der Gamsen aus. Die Habitatwahl im Winter stellt ein energetisches Optimierungsproblem dar. Die Gamsen versuchen, die Energiekosten soweit auf ein Minimum zu bringen, dass sie gute Chancen haben, den Winter zu überleben. Die physische Kondition spielt eine wichtige Rolle. Schwach konditionierte Tiere und eine lange und strenge

Winterdauer erhöhen die Mortalitätsrate und können so auf den Bestand regulierend wirken. Eine höhere Bestandesdichte kann einen negativen Einfluss auf die physische Kondition der Tiere haben (Krämer 1969a).

Aus den starken Fluktuationen in den Individuenzahlen der Gamsen des Schweizerischen Nationalparks lässt sich deshalb folgern, dass diese Tiere Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. Nach Schröder (1971) werden zufällige und periodische Schwankungen der Umweltbedingungen durch unterschiedliche regulatorische Mechanismen der Tiere beantwortet. Bestimmend für die Art der Regulation ist in erster Linie die Dauer der Umweltveränderungen im Verhältnis zum Lebenslauf des Tieres. Kleinere Schwankungen können durch physiologische Reaktionen kompensiert werden und grosse durch evolutive, nämlich durch Änderungen der Genfrequenz in einer Population. Krämer (1969b) stellte fest, dass schwach konditionierte Gamsen im Winter eine erhöhte Mortalitätsrate aufweisen. Der Grund darin liegt in der erschwerten Nahrungssuche infolge hoher Schneemengen. Filli (2001) untersuchte das Hornwachstum bei Steinböcken und stellte fest, dass mehrere Faktoren dabei eine Rolle spielen. Herrscht in einer Population eine zu hohe Dichte vor, so wirkt sich dies auf das Körpergewicht aus. Der Einfluss der Lebensraumheterogenität bei Steinböcken zeigt auch, dass klimatische Störungen eine Rolle spielen. Durch solche Störungen müssen grössere Wege zu den Ressourcen in Kauf genommen werden. Dieser energetische Mehraufwand wirkt sich ebenfalls auf das Körpergewicht aus. Sæther et al. (2002) fanden einen wesentlichen Einfluss der Niederschläge in den Monaten Februar bis April auf das Körperwachstum von Steinböcken. Blankenhorn et al. (1979) beobachteten, dass Rothirsche, welche in einem dem Lebensraum angepassten Bestand leben, im Herbst gute Fettreserven für den Winter aufweisen und relativ schwer sind. Dieser Zustand wird als gute Konstitution bezeichnet. Im Winter werden Wald und die Deckung bietende Vegetation bevorzugt aufgesucht. Das Auffinden einer örtlichen und zeitlich ungleich verteilten Nahrung von bestmöglicher Qualität hat für einen Grossteil des Jahres einen wesentlichen Einfluss auf die Standortwahl. Die Qualität der Nahrung ist je nach Jahreszeit unterschiedlich. Ausschlaggebend für die Erreichbarkeit der Nahrung im Winter sind die Schneeverhältnisse. Die Verteilung der Gamsen entspricht primär der Erreichbarkeit der Nahrung. Der klimatische Faktor Schnee zwingt somit die Gamsen, tiefere Lagen aufzusuchen. Des Öfteren wird der Wald als Standort gewählt. Im Wald findet die Gams mehr Nahrung, da die Schneedecke weniger hoch ist als auf offenen Flächen. Auch die thermische Behaglichkeit bezüglich Temperatur und Wind sind energiegünstiger. Ausserdem findet die Gams im Wald leichter Nahrung. Aufgrund dieser oft im Winter gewählten Einstände wurde im Sommer 2003 im Schweizerischen Nationalpark im Raum Il Fuorn Untersuchungen zum Verbiss durchgeführt. Im Untersuchungsgebiet wurde ein relativ geringer Verbiss vorgefunden (mündl. Mitteilung F. Filli).

Im April 2003 fand im Gebiet II Fuorn ein Massensterben von Gamsen statt. Dies führte zu einem grossen Einschnitt in den Bestand der Gamsen. Caughley (1980) analysierte anhand von Pflanzen-Herbivorenmodellen die Regulation von Populationen und postulierte, dass eine Population bis zu einem gewissen Punkt anwachsen kann, bis die Nahrungsressourcen erschöpft sind, der Bestand in sich zusammenfällt und sich auf ein niedrigeres Niveau einpendelt. Turchin (2003) stellt die Theorie auf, dass trophische Interaktionen Einfluss auf die Populationsdynamik ausüben. Anhand der relativ geringen Verbissbelastung, die im Schweizerischen Nationalpark vorgefunden wurde, können diese Theorien in dieser Untersuchung nicht gehalten werden. Die Vegetation ist an eine hohe Beweidung angepasst und kann Verbiss kompensieren (Krüsi et al. 1995). Der Gamsbestand im Gebiet II Fuorn stieg im Jahr 2001/2002 zu einer sehr hohen Dichte an. Der frühe Wintereinbruch im Herbst 2002, als stochastisches Ereignis zu betrachten, zwang die Gamsen auf engem Raum zu überwintern. Der hohe Gamsbestand wirkte sich auf die Konstitution der Gamsen aus (e.g. Filli 2001, Blankenhorn et al. 1979, Krämer 1969b). Die Gamsen waren Ende des Winters stark abgemagert. Der Temperatursturz kann als möglicher Auslöser der Lungenentzündung betrachtet werden. Der Parasitenbefall breitete sich rasch aus und 24 Gamsen fanden den Tod auf einer Fläche von ca. 100ha. Solche Ereignisse üben einen Einfluss auf den Gamsbestand aus. Nach Sæther (1997) sind grosse Mortalitätsraten im Winter infolge dichteabhängiger Ressourcenlimitation und klimatischer Einflüsse für die grossen Verluste an Beständen verantwortlich. Sukzessive Katastrophen, wie beispielsweise Milzbrand bei Impala Antilopen (*Aepyceros melampus*), wurden von Prins (1996) in Afrika beobachtet. Solche Katastrophen wurden durch klimatische Einflüsse verursacht (z.B. Trockenheit). Durch solche Massensterben, bedingt durch hohe Dichte und klimatische Faktoren, kann der Bestand der Gamsen im Schweizerischen Nationalpark selbstregulierend wirken. Ausserhalb des Nationalparks werden die Bestände durch jagdliche Massnahmen in ihren Beständen reguliert. Die Jagd wirkt eindeutig kompensatorisch in Bezug auf die natürliche Regulation der Bestände im Park. Nach Jenny (mündl. Mitteilung) wurde im bejagten Gebiet des Kantons Graubünden keine Massensterben bei Gamsen in diesem Ausmass beobachtet. Die Kombination von hohem Wildbestand und strengen Witterungsbedingungen führt oft zu Krankheiten. Im Winter 2001/2002 traf dies für die Gamspopulation in Vals (Graubünden, Schweiz) zu, aber nicht im gleichen Ausmass wie im Schweizerischen Nationalpark. Die Gamspopulation des Schweizerischen Nationalparks wird primär durch den dichteunabhängigen, extrinsischen Wetterfaktor und erst sekundär durch dichteabhängige, intrinsische Variablen limitiert.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Gemse ist die einzige Huftierart, die den Schweizerischen Nationalpark seit seiner Gründung im Jahre 1914 in konstant hoher Dichte besiedelt. Kurzfristige Bestandesschwankungen lassen aber auch auf eine gewisse Instabilität schliessen. Die Mechanismen hinter dieser Stabilitätsdynamik werden im Rahmen des Projekts „Huftiere in einem alpinen Lebensraum“ untersucht. Die vorliegende Arbeit, basierend auf Daten aus den Wintern von 1999/2000 bis 2002/2003, ist Teil dieses Forschungsprojektes.

Anhand von VHF- und GPS-besenderten Tieren wurden Daten von Dezember bis April miteinander verglichen und im Kontext mit den verschiedenen Aspekten zur Raumnutzung und zur Habitatwahl gebracht. Empirisch entstandene Hypothesen verschiedener Autoren über Wechselbeziehungen bestandesbeeinflussender Faktoren bei Huftieren wurden in der vorliegenden Arbeit geprüft. Zeitreihenanalysen lassen eine dichteabhängige Regulierung der Gempopulation des Schweizerischen Nationalparks erkennen. Man geht davon aus, dass die Regulierung einer Population in enger Beziehung zur Beeinflussung durch das Habitat steht. Je höher die Bestandesdichte ist, desto kritischer ist die Versorgungslage bezüglich der Nahrungsressourcen. Bei knappen Ressourcen werden Individuen gezwungen, in minderwertiges Habitat auszuweichen. Dies beeinflusst die Kondition der Tiere und äussert sich in der erhöhten Mortalitätsrate im Winter. Dem Einfluss stochastischer Ereignisse wird die meiste Bedeutung zugeschrieben. Diese Annahmen wurden auch durch ein Massensterben der Gemen im April 2003 bestätigt.

Die Grösse und die Lage der Winterstreifgebiete als auch wichtige Habitatfaktoren wie die Höhe über Meer, Exposition nach Himmelsrichtung, Hangneigung und Vegetationsbedeckung wurden beschrieben. Es fanden sich räumliche Überlappungen und Wiederbesetzungen der Flächen der Streifgebiete im Winter, dabei wurde eine homogene Verteilung in der Raumnutzung widerlegt. Die Gemen zeigen nur für einen kleinen Anteil der genutzten Fläche hohe Aufenthaltsdichten. Eine statistische Analyse macht deutlich, dass die Habitatfaktoren Schneebedeckung, Vegetationszusammensetzung und Exposition bestimmende Faktoren des Winterhabitats der Gemse darstellen. Auch in der Wahl der Höhenlage und der Hangneigung wurde eine Selektion festgestellt. Im Winter reduzieren die Tiere ihre Aktivität, um ihren Energieverbrauch zu minimieren. Folglich sind die Winterstreifgebiete signifikant kleiner als jene im Sommer. Das räumliche Verhalten der Gemen variiert mit der Höhe der Schneedecke. Ein Vergleich der Monate mit Schnee zeigt, dass die Habitatwahl von der Schneebedeckung beeinflusst wird. Bei geringen Schneemengen bevorzugen die Gemen häufig offene alpine Wiesen. Der stochastische

Faktor Schnee wirkt sich prägend auf die Standortwahl aus. Die Gamsen wählen vermehrt den Wald als bevorzugtes Winterhabitat aus. Der angenommene Einfluss auf die Waldentwicklung hat sich aufgrund von Verbissaufnahmen, die im Sommer 2003 gemacht wurden, nicht bestätigt.

Die Synthese dieser Beobachtungen lässt darauf schließen, dass im Falle der Gamsen das Nahrungsangebot im Zusammenspiel mit klimatischen Bedingungen der dominierende Abundanzfaktor zu sein scheint, wobei die Wirkungsweise dichteabhängig ist.

8 LITERATUR

- ACHERMANN, G., SCHÜTZ, M., KRÜSI, B.O. 2000: Tall-herb communities in the Swiss National Park: Long-term development of the vegetation. In M. Schütz, B.O. Krüsi, P.J. Edward (ed): Succession research in the Swiss National Park. Nat.park – Forsch. Schweiz: 67-88.
- ALTHERR, W. 1999: Identifikation der Ortswahl bestimmenden Verhaltensparameter des Hirsches *Cervus elaphus* L. mittels Telemetriedaten aus dem Gebiet des Schweizerischen Nationalparks. Diplomarbeit. ETH Zürich.
- BAUER, J.-J. 1982: Untersuchungen zur Dynamik von stabilen und kolonisierenden Gemspopulationen (*Rupicapra rupicapra* L.) Neuseelands. Dissertation. Biologische Fakultät der Albrecht-Ludwigs-Universität zu Freiburg i. Brsg.
- BEGON, M., HARPER, J.L., TOWNSEND, C.R. 1996: Ecology – Individuals, Populations, Communities. Blackwell Science, Oxford.
- BLANKENHORN, H.J., BUCHLI, CH., VOSER, P., BERGER, CHR. 1979: Bericht zum Hirschproblem im Engadin und im Münstertal. Proget d'ecologia, Mai 1979. Anzeiger-Druckerei Verlag AG, St. Gallen: 30-34.
- BÖGEL, R., LOTZ, A., HÄRER, G. 2001: Lebensraumsprüche der Gemse in Wechselwirkung zu Waldentwicklung und Tourismus. Angewandte Landschaftsökologie, Heft 35. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn.
- BOLDT, A. 2003: Habitat use and activity of female Alpine chamois (*Rupicapra rupicapra*) in winter affected by air traffic, snow and weather. Dissertation. Universität Bern.
- BOSCHI, C. 1999: „La bella“, „La pigra“, „Il solitario“, ...: Raumnutzung weiblicher und männlicher Gemen (*Rupicapra rup.* *Rupicapra*) im Gebiet Il Fuorn. Diplomarbeit. Universität Zürich.
- BRANG, P. 1989: Untersuchungen zur Zerfallsdynamik in unberührten Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark. Schweiz. Zeit. Forstw. 140 (2): 155-163.
- BROWN, J.H. 1984: On the relationship between abundance and distribution of species. Am. Nat. 124: 225-279.
- BROWN, J.H., MAURER, B.A. 1989: Macroecology: the division of food and space among species on continents. Science 243: 1145-1150.
- BURT, W.H. 1943: Territoriality and home range concepts as applied to mammals. J. of Mammal 24: 346-352.
- CAPPUCCINO, N. 1995: Novel approaches to the study of population dynamics. In N. Cappuccino, Price, P.W. (ed): Population dynamics, new approaches and synthesis. Academic Press, New York, 3-16.
- CAUGHLEY, G. 1980: Pflanzen-Herbivoren-Systeme. In R. M. May (ed): Theoretische Ökologie. Verlag Chemie, Weinheim: 87-104.
- CLARKE, C.H.H. & HERNDERSON, R.J. 1983: Home Range Size and Utilization by Female Chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) in the Southern Alps, New Zealand. In Proc. III: Internat., Theriological Congress, Helsinki.

- DAENZER, L. 1978: Aktivitätsmuster und Zeitbudget von Steinbock (*Capra ibex* L.) und Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.) im Winter. Diplomarbeit. Universität Zürich.
- EDENIUS, L., DANELL, K., BERGSTRÖM, R. 1993: Impact of herbivory and competition on compensatory growth in woody plants: winter browsing by moose on scots pine. *Oikos* 66: 286-292.
- EIBERLE, K. 1978: Folgewirkungen eines simulierten Wildverbisses auf die Entwicklung junger Waldbäume. *Schweiz. Zeit. Forstwes.* 129: 757-768.
- ELSNER-SHACK, I. 1985: What is a Good Chamois Habitat? In S. Lovari (ed.): *The biology and management of mountain ungulates*. Croom Helm, London: 71-77.
- ELSNER VON DER MALSBURG, I. 1982: Überleben im Hochgebirge: Eine Studie zur Raumnutzung von Gams. *Zeit. für Jagdwiss.* 28: 18-30.
- FILLI, F. 1995: Projekt zur Untersuchung der Populationsbiologie der Gemse *Rupicapra rupicapra* im Schweizerischen Nationalpark. *Ornith. Beob.* 92: 251-252.
- FILLI, F. 2000: Huftiere in einem alpinen Lebensraum. Schwerpunktprogramm Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark.
- FILLI, F. 2001: Die Wiederansiedlung des Steinbocks im Spiegel von Theorie und Management. Dissertation. Universität München.
- GAILLARD, J.-M., FESTA-BIANCHET, M., YOCCHOZ, N.G. 1998: Population dynamics of large herbivores: variable recruitment with constant adult survival. *TREE* 13 (2): 58-63.
- GEIST, V. 1971: *Mountain Goat*. The University of Chicago Press, Chicago-London.
- GOODSON, N.J., STEVENS, D.R., BAILEY, J.A. 1991: Effects of snow on foraging ecology and nutrition of bighorn sheep. *J. Wildl. Manage.* 55: 214-222.
- GROSS, J. E., KNEELAND, M. C., REED, D. F., REICH, R. M. 2002: GIS-based habitat models for mountain goats. *J. of Mammal* 83 (1): 218-228.
- HALLER, H. 1996a: Der Steinadler in Graubünden. Langfristige Untersuchungen zur Populationsökologie von *Aquila chrysaëtos* im Zentrum der Alpen. *Ornith. Beob. Beiheft* 9: 167.
- HALLER, H., KÜHN, R., FISCHLIN, A., HALLER, R. 2002: Der Rothirsch im Schweizerischen Nationalpark und dessen Umgebung. Eine alpine Population von *Cervus elaphus* zeitlich und räumlich dokumentiert. *Nationalpark-Forschung in der Schweiz*, Nr. 91, Zernezh.
- HALLER, R. 1996b: Home-range- und Habitatanalysen. Entwicklung von Methoden zur Nutzung des Geographischen Informationssystems in der Wildforschung. Diplomarbeit. Universität Zürich.
- HAMR, J. 1984: Untersuchungen zur Streifgebietsgrösse sowie der Einflüsse auf die Habitatnutzung und die Aktivität von Gamswild in Nordtirol. Dissertation. Universität Innsbruck.
- HAMR, J. 1985: Seasonal home range size and utilisation by female chamois (*Rupicapra rupicapra* L.) in Northern Tyrol. In S. Lovari (ed): *The biology and management of mountain ungulates*. Croom Helm, London: 106-116.

- HARRIS, S., CRESSWELL, W.J., FORDE, P.G., TREWHELLA, W.J., WOOLLARD, T., WRAY, S., 1990: Home-range analysis using radio-tracking data – review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20 (2/3): 97-123.
- HENGVELD, R., HAECK, J. 1982: The distribution of abundance. I. Measurements. *J. of Biogeography* 9: 303-316.
- HOFMANN, A., NIEVERGELT, B. 1972: Das jahreszeitliche Verteilungsmuster und der Äsungsdruck von Alpensteinbock, Gemse, Rothirsch und Reh in einem begrenzten Gebiet im Oberengadin. *Zeit für Jagdwiss.* 18: 185-212.
- INGOLD, P., PFISTER, U., BAECHLER, E., ENGGIST-DUEBLIN, P. 1998: Pattern and rhythm of activity in alpine chamois (*Rupicapra r. rupicapra*) during winter. *Z. Säugetiere* 63: 183-185.
- JENNY, H. 1984: Zur Winterökologie der Gemse (*Rupicapra rupicapra* L.) in unterschiedlich vom Skitourismus beeinflussten Gebieten im Raume Grindelwald – First. Diplomarbeit. Universität Zürich.
- KRÄMER, A. 1967: Beobachtungen an markierten Gemen. In *Trans. 7th Congress International. Union of Game Biology* 1965: 171-174.
- KRÄMER, A. 1969a: Soziale Organisation und Sozialverhalten einer Gempopulation (*Rupicapra rupicapra* L.) der Alpen. *Zeit. für Tierpsychologie* 26: 889-957.
- KRÄMER, A. 1969b: Lebensbezirke und Ortsveränderungen markierter Gemen (*Rupicapra rupicapra* L.) im Augstmatthornggebiet. *Schweiz. Zeit. für Säugetierkunde* 34 (5): 311-315.
- KRÜSI, B.O., SCHÜTZ, M., WILDI, O., GRÄMIGER, H. 1995: Huftiere, Vegetationsdynamik und botanische Vielfalt im Schweizerischen Nationalpark. Referat vom 8.9.1995 in St. Gallen, Manuskript.
- KURTH, A., WEIDMANN, A., THOMMEN, F. 1960: Beitrag zur Kenntnis der Waldverhältnisse im Schweizerischen Nationalpark. *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes.*, 36 (4): 221-378.
- LACK, D. 1966: *Population studies of birds*. Clarendon Press.
- LANDE, R., ENGEN, S., SÆTHER, B.-E., FILLI, F., MATTHYSEN, E., WEIMERSKIRCH, H. 2002: Estimating density dependence from population time series using demographic theory and life history data. *Am. Nat.* 159: 321-337.
- LANDOLT, E. 1992: *Unsere Alpenflora*. Verlag Schweizer Alpen-Club, Effingerhof AG.
- LOTZ, A. (1997): *Habitatnutzung der Gams im Biosphärenreservat Berchtesgaden*. Diplomarbeit. Universität des Saarlandes.
- MEILE, P. 1981: Sozialklassen beim Wild. *Wildbiologie* 4/8.
- MEILE, P. 1985: Ökologie der Gemse. 1. Teil: Habitat, Nutzung, Konkurrenz. *Wildbiologie* 2/13.
- MEILE, P. 1986: Ökologie der Gemse. 2. Teil: Winterökologie. *Wildbiologie* 2/14.

- MICHALLET, J., GAILLARD, J.-M., TOIGO, C., YOCCOZ, N. G. 1999: Sélection des quartiers d'hivernage par le chamois, *Rupicapra rupicapra*, dans les massifs montagnards de l'Isère (France). *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 54: 351-363.
- MOHR, C.O. 1947: Table of equivalent populations of North American small mammals. *Am. Nat.* 37: 223-249.
- MORRIS, P.A. 1988: A study of homerange and movements in the hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *J. of Zool.* 214: 433-449.
- MYSTERUD, A., BJORNSEN, B.H., OSTBYE, E. 1997: Effects of snow depth on food and habitat selection by roe deer along an altitudinal gradient in south-central Norway. *Wildl. Biology* 3: 27-33.
- NERL, W., MESSNER, L., SCHWAB, P. 1995: Das grosse Gamsbuch. Hubertusverlag, Linz.
- NEU, C.W., BYERS, C.R., PEEK, J.M. 1974: A technique for analysis of utilization-availability data. *J. Wildl. Manage.* 38 (3): 541-545.
- NEWTON, I. 1998: Population limitation in birds. Academic Press, London.
- PACHLATKO, T., NIEVERGELT, B. 1985: Time budgeting, range use pattern and relationship within groups of individually marked chamois. In S. Lovari (ed): *The biology and management of mountain ungulates*. Croom Helm, London: 93-101.
- PAROLINI, J.D. 1995: Zur Geschichte der Waldnutzung im Gebiet des heutigen Schweizerischen Nationalparks. Dissertation. ETH, Zürich.
- PRINS, H.H.T. 1996: Ecology and behaviour of the african buffalo: social inequality and decision making. Chapman & Hall Wildlife ecology and behaviour series, London.
- RIDEOUT, C.B. 1977: Mountain goat home ranges in the Sapphire Mountains of Montana. In: W. Samuel & W.G. Macgregor (ed): *Proceedings of the First International Mountain Goat Symposium*. Kalispell, Montana: 201-211.
- ROCHAT, N. 1994: Bouquetin des alpes (*Capra ibex* L.): Niche spatio-temporelle dans le Parc National Suisse (GR). Diplomarbeit. Universität Zürich.
- ROYAMA, T. 1992: Analytical Population Dynamics. Champmann and Hall, London.
- SACHS, L. 1997: Angewandte Statistik. Anwendungen statistischer Methoden. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- SÆTHER, B.-E. 1997: Environmental stochasticity and population dynamics of large herbivores: a search for mechanisms. *TREE* 12 (4): 143-149.
- SÆTHER, B.-E., ENGEN, S., FILLI, F., AANES, R., SCHRÖDER, W., ANDERSEN, R. 2002: Stochastic population dynamics of an introduced swiss population of the ibex. *Ecology* 83 (12): 3457-3465.
- SCHEURER, T. 2000: Geschichte der botanischen Forschung und Dauerbeobachtung im Schweizerischen Nationalpark. In M. Schütz, B.O. Krüsi, P.J. Edward (ed): *Succession research in the Swiss National Park*. *Nat.park – Forsch. Schweiz* 89: 9-25.
- SCHLEGEL, J. 1985: Allerlei Interessantes und Erstaunliches über die Bergföhre. *Bündnerwald* 38 (4): 58-63.

- SCHLOETH, R. 1988: Nationalpark, Huftierbelastung: Bestandeszahlen von Hirsch, Gemse, Reh und Steinbock seit 1918 (total) und seit 1961 (Teilgebiete): Stand 1987. In K. Bollmann, B. Nievergelt (ed): Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung: Methodisches Vorgehen zur Forschungsfrage. Reaktionen alpiner Ökosysteme auf hohe Huftierdichten. Wissenschaftliche Nationalparkkommission, Anhang 2: 1-9.
- SCHNIDRIG-PETRIG, R., SALM, U.P. 1998: Die Gemse. Salm Verlag, Bern.
- SCHRÖDER, W. 1971: Untersuchungen zur Ökologie des Gamswildes (*Rupicapra rupicapra* L.) in einem Vorkommen der Alpen. Zeit. für Jagdwiss. 17 (3-4): 114-168 und 197-235.
- SCHRÖDER, W., ELSNER-SHACK, I., SCHRÖDER, J. 1983: Die Gemse. Verein zum Schutz der Bergwelt e. V. München. Auszug aus dem Jahrbuch 1983: 33-70.
- SCHRÖDER, W., GEORGI, B., KNAB, C. 1988: Bewertung der Bayerischen Alpen als Lebensraum für Gamswild. Mitteilungen aus der Wildforschung. Wildbiologische Gesellschaft, München.
- SCHÜTZ, M., WILDI, O., KRÜSI, B.O., MÄRKI, K., NIEVERGELT, B. 2000a: From tall-herb communities to pine forests: distribution patterns of 121 plant species during a 585 year regeneration process. In M. Schütz, B.O. Krüsi, P.J. Edward (ed): Succession research in the Swiss National Park. Nat.park – Forsch. Schweiz 89: 237-255.
- SCHÜTZ, M., WOHLGEMUTH, T., KRÜSI, B.O., ACHERMANN, G., GRÄMIGER, H. 2000c: Influence of increasing grazing pressure on species richness in subalpine grassland in the Swiss National Park. In M. Schütz, B.O. Krüsi, P.J. Edward (ed): Succession research in the Swiss National Park. Nat.park – Forsch. Schweiz 89: 39-66.
- SENN, J., HAUKIOJA, E. 1994: Reaction of the mountain birch to bud removal: effects of severity and timing, and implications for herbivores. Functional Ecology 8: 494-501.
- TREPP, W., CAMPBELL, E. 1968: Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks mit einer Beschreibung der Pflanzengesellschaften. Kommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften SANW zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks (WNPK), Nr. 58, Zerne.
- TURCHIN, P. 2003: Complex population dynamics. A theoretical/empirical synthesis. Monographs in population biology 35. Princetown University Press.
- WHITE, G.C., GARROTT, R.A. 1990: Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, London.
- WORTON, B.J. 1989: Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home range studies. Ecology 70 (1): 164-168.
- ZOLLER, H. 1995: Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks. Kommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften SANW zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks (WNPK), Nr. 85, Zerne.

9 ANHANG

Anhang A: Das Untersuchungsgebiet

Abb. 3.1: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (PK25© 1997, Swisstopo).

Anhang B: Ergebnisse

Abb. 5.1: Winterstreifgebiete von drei VHF-besenderten Gamsen mit den Nummern 162, 31 und 152 gerechnet nach der Kernel Methode.

Abb. 5.2: Winterstreifgebiete von zwei VHF-besenderten Gamsen mit den Nummern 140 und 174 gerechnet nach der Kernel Methode.

Abb. 5.3: Winterstreifgebiete von zwei VHF-besenderten Gamsen mit den Nummern 147 und 132 gerechnet nach der Kernel Methode.

Abb. 5.4: Winterstreifgebiete von zwei GPS-besenderten Gamsen mit den Nummern 30 und 47 gerechnet nach der Kernel Methode.

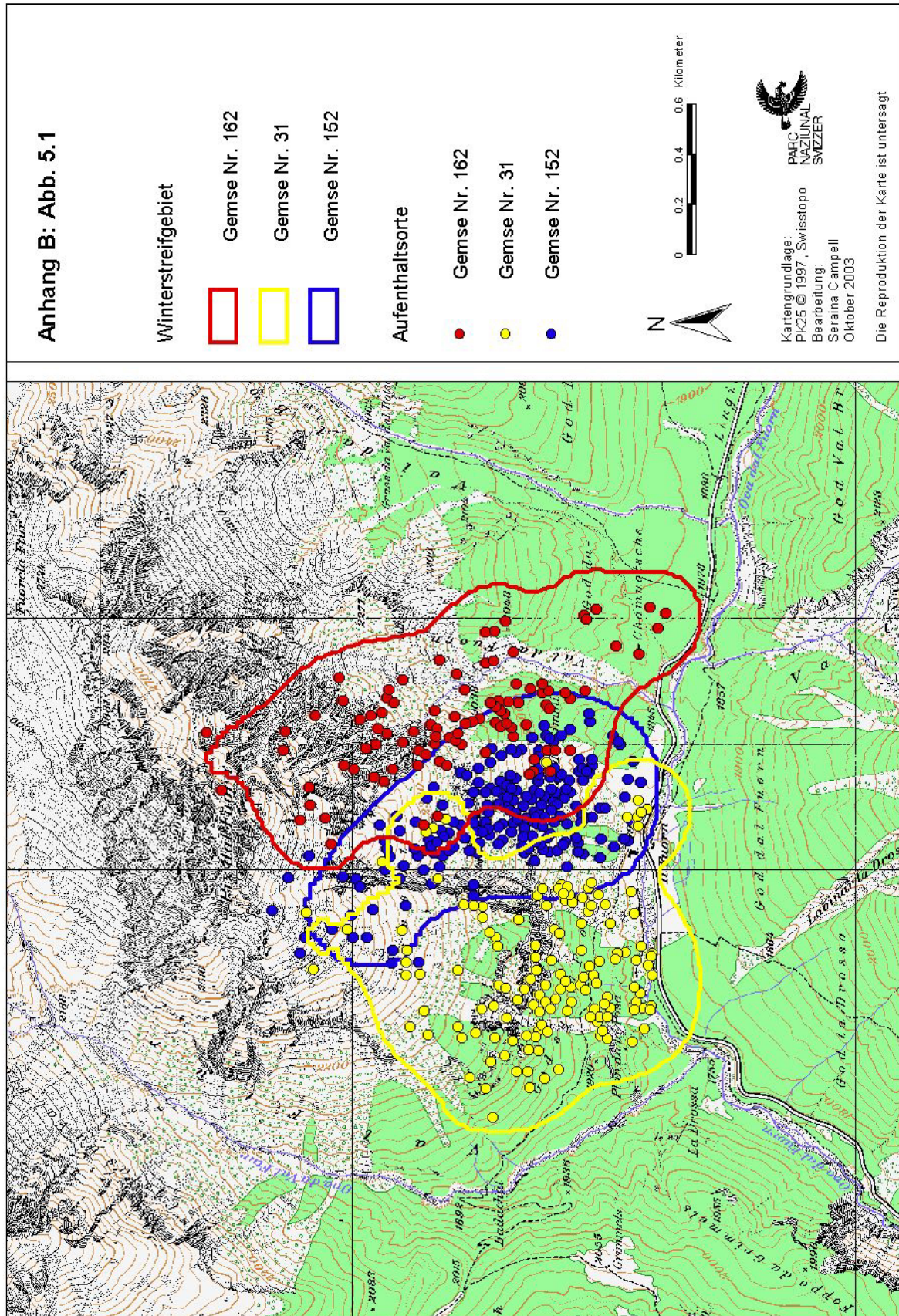
Abb. 5.5: Winterstreifgebietsänderung im Verlauf des Winter von Dezember bis April am Beispiel der VHF-besenderten Gamsgeiss mit der Nummer 147 gerechnet nach der Kernel Methode.

Abb. 5.6: Überlappung der Winterstreifgebiete der VHF-besenderten Gamsgeissen im Winter 2002/2003.

Abb. 5.7: Wiederbesetzung der Winterstreifgebiete in den Wintern 1999 bis 2003 am Beispiel der VHF-besenderten Gamsgeiss mit der Nummer 147 gerechnet nach der Kernel Methode.

Tab. 5.12: Prozentualer Anteil und Nutzungsindizes der Individuen im Winter 2002/2003.

Dabei bedeutet NI = Nutzungsindex. Erläuterungen zu den Vegetationsnummern siehe Kap. 4.1.3.



Anhang B: Abb. 5.2

Winterstreifgebiet



Gemse Nr. 140



Gemse Nr. 174

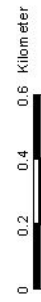
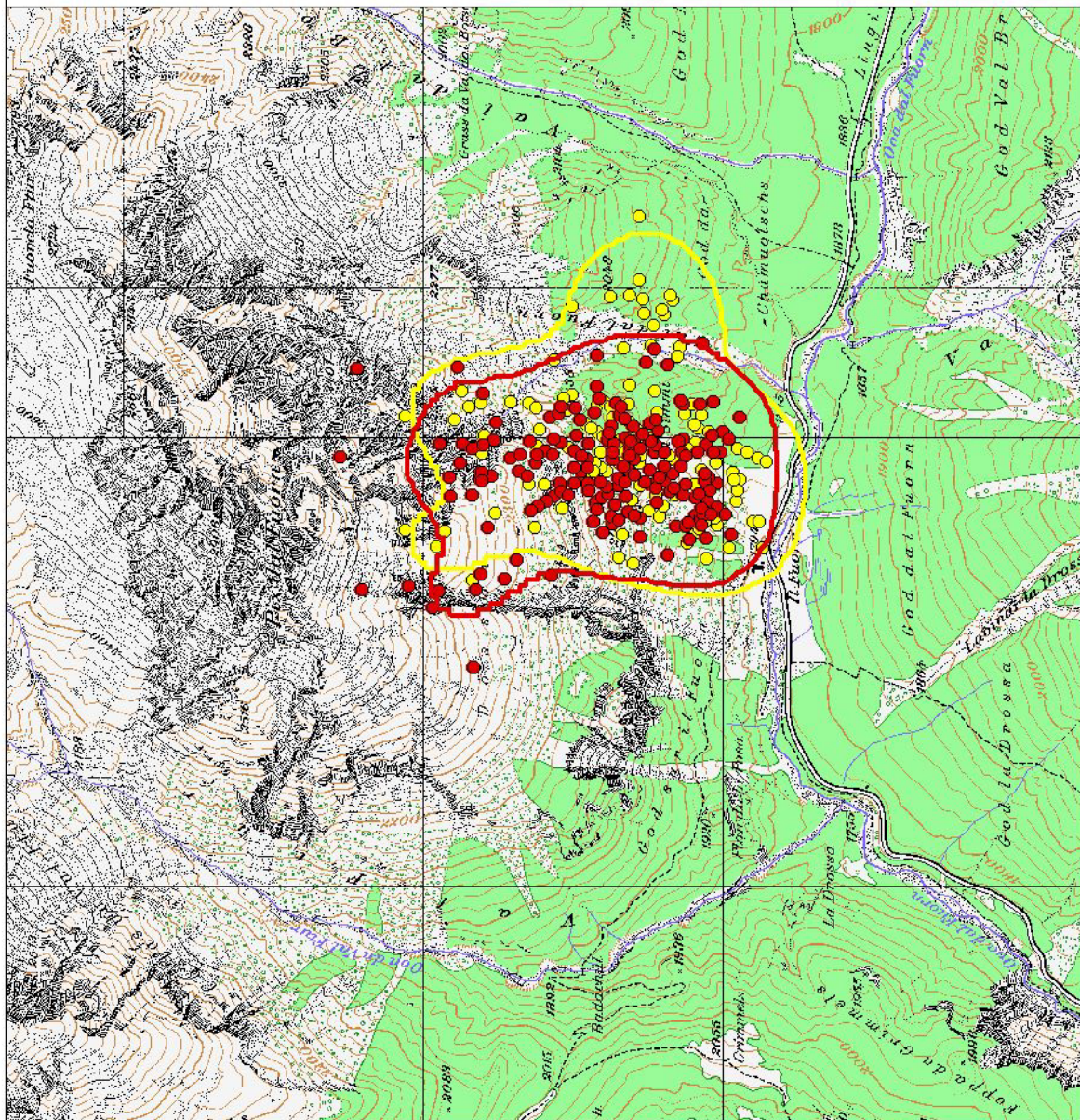
Aufenthaltsorte



Gemse Nr. 140

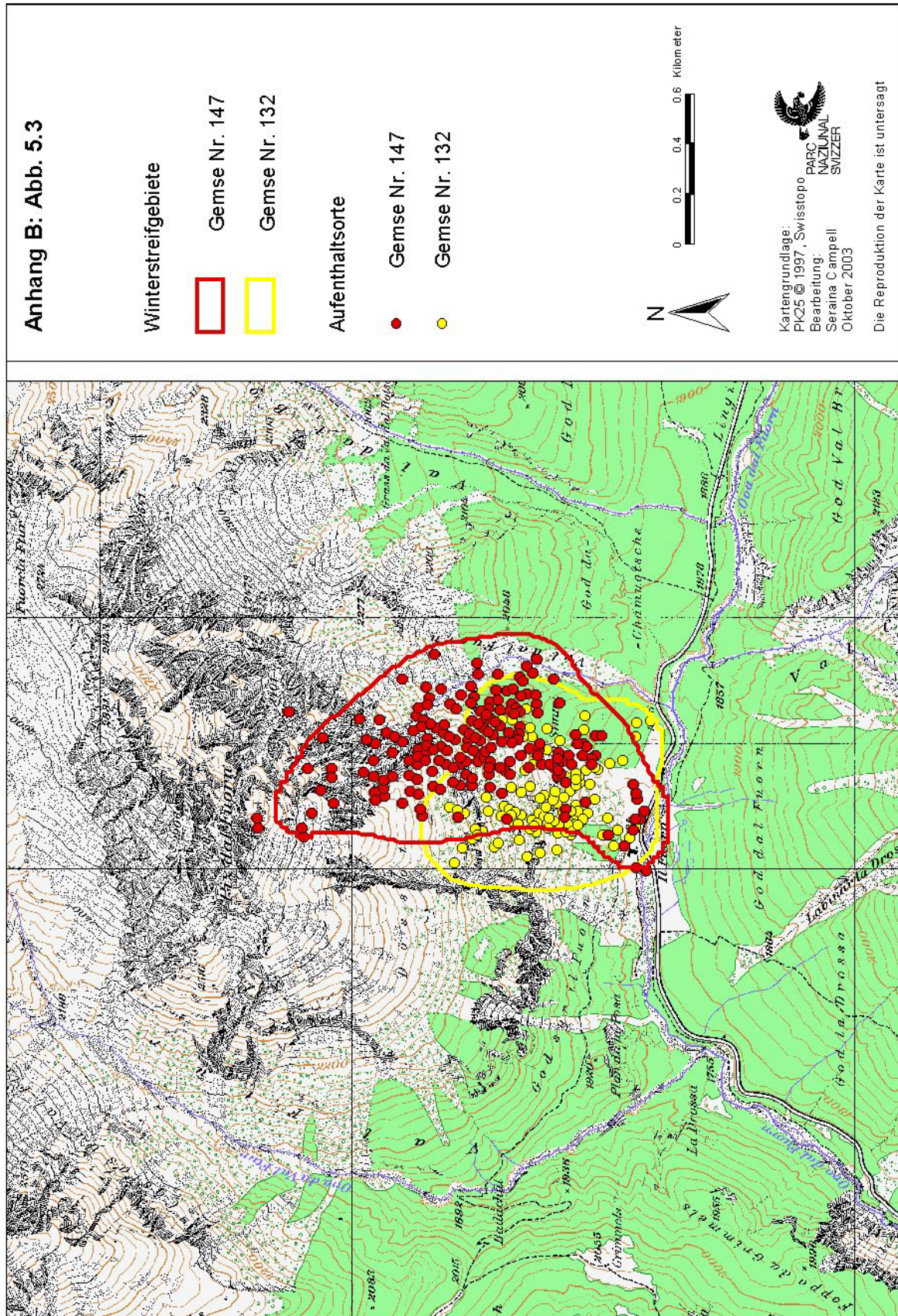


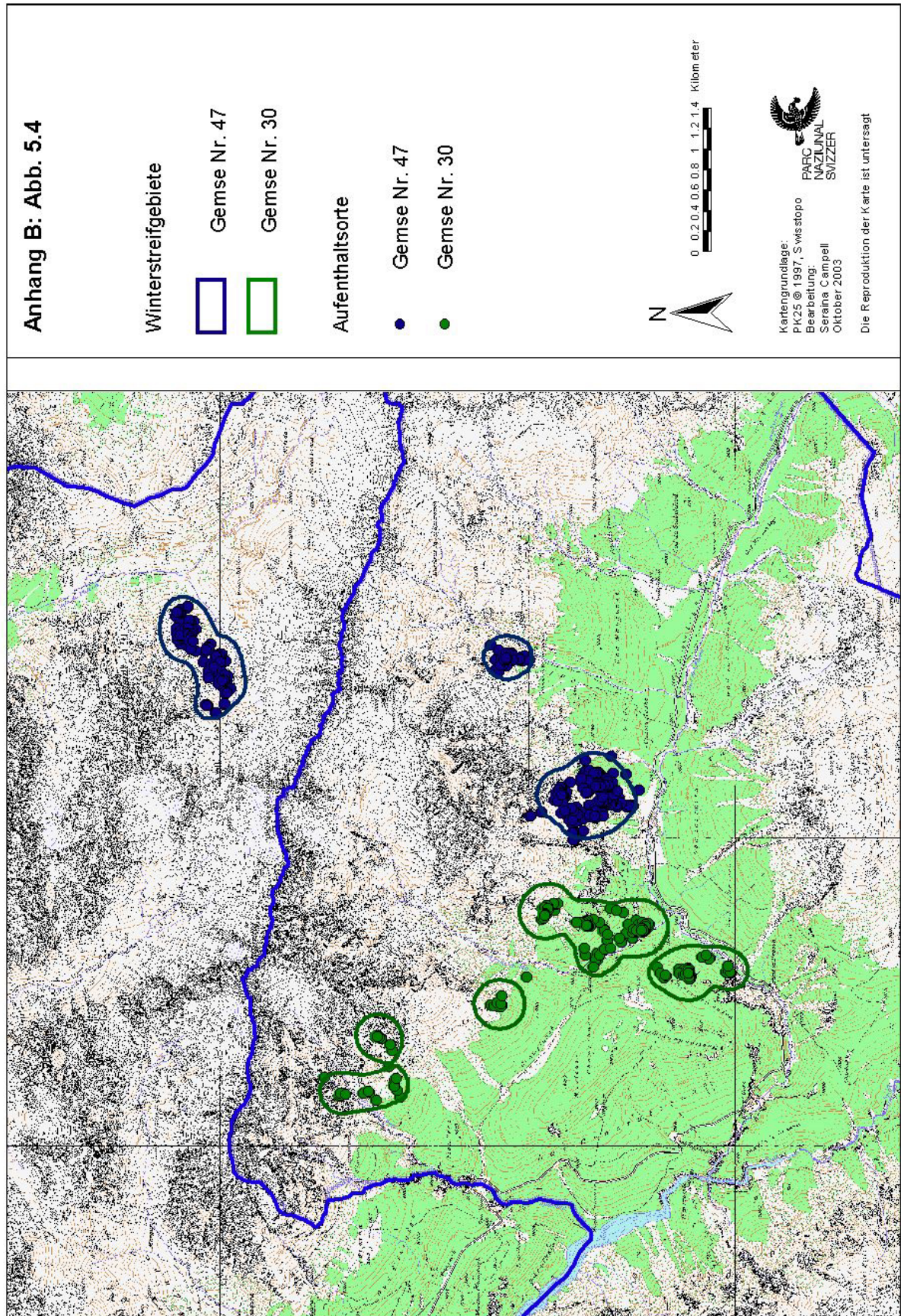
Gemse Nr. 174



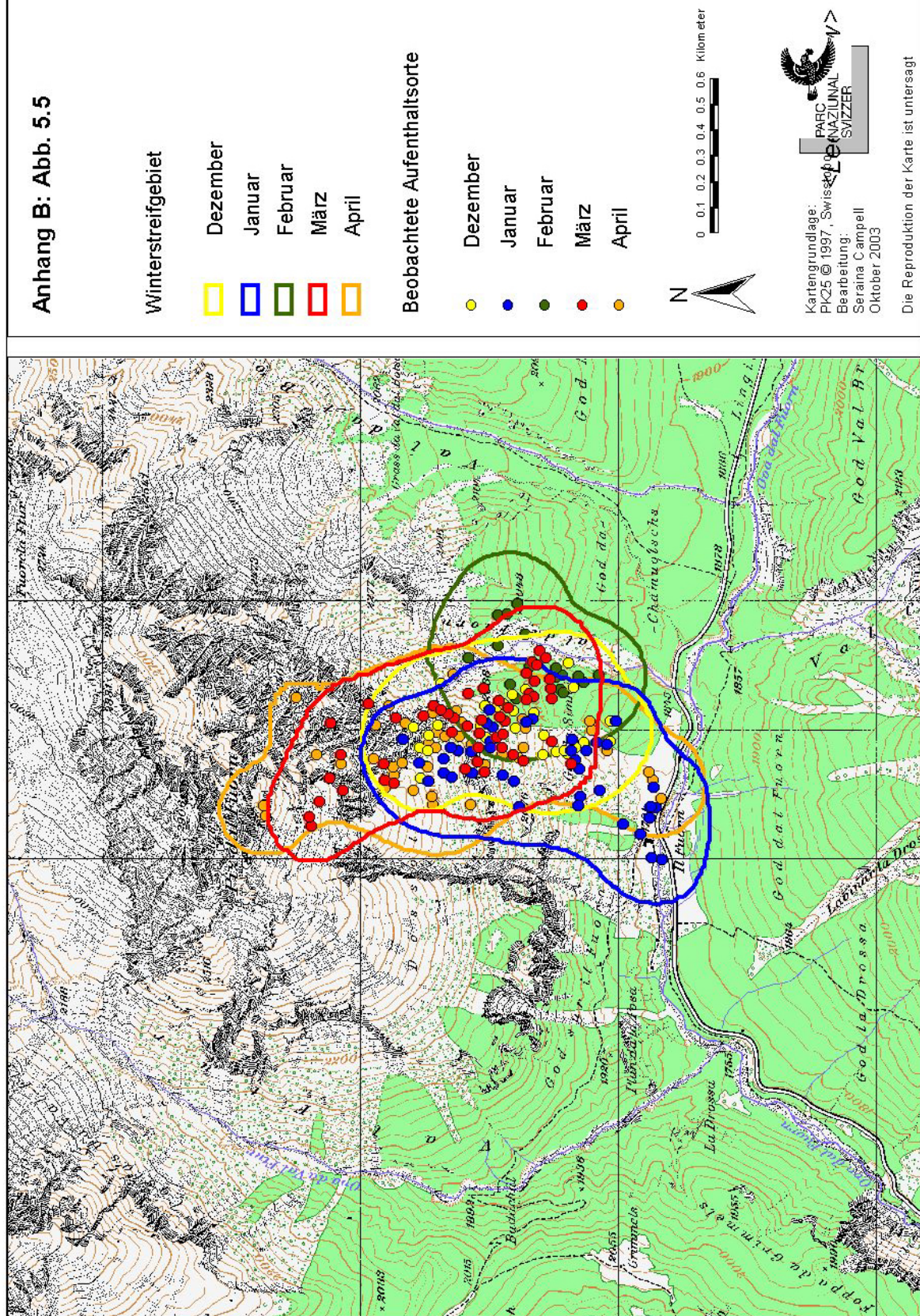
Kartengrundlage:
PK25 © 1997, Swisstopo
Bearbeitung:
Seraina Campell
Oktober 2003

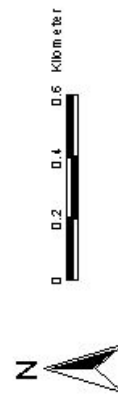
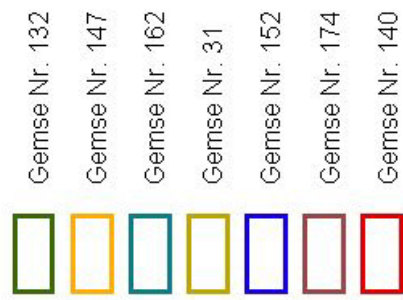
Die Reproduktion der Karte ist untersagt





Anhang B: Abb. 5.5

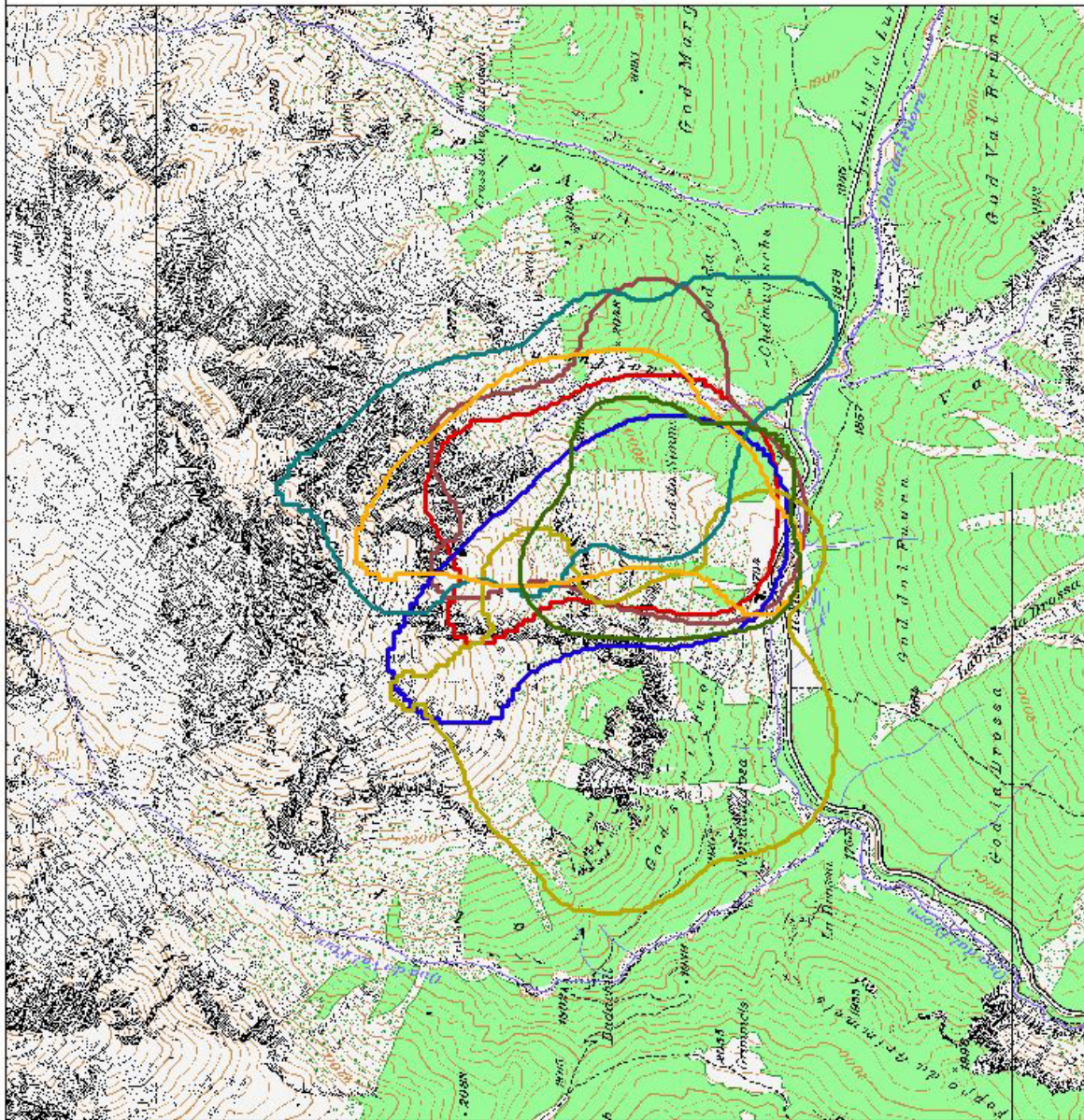


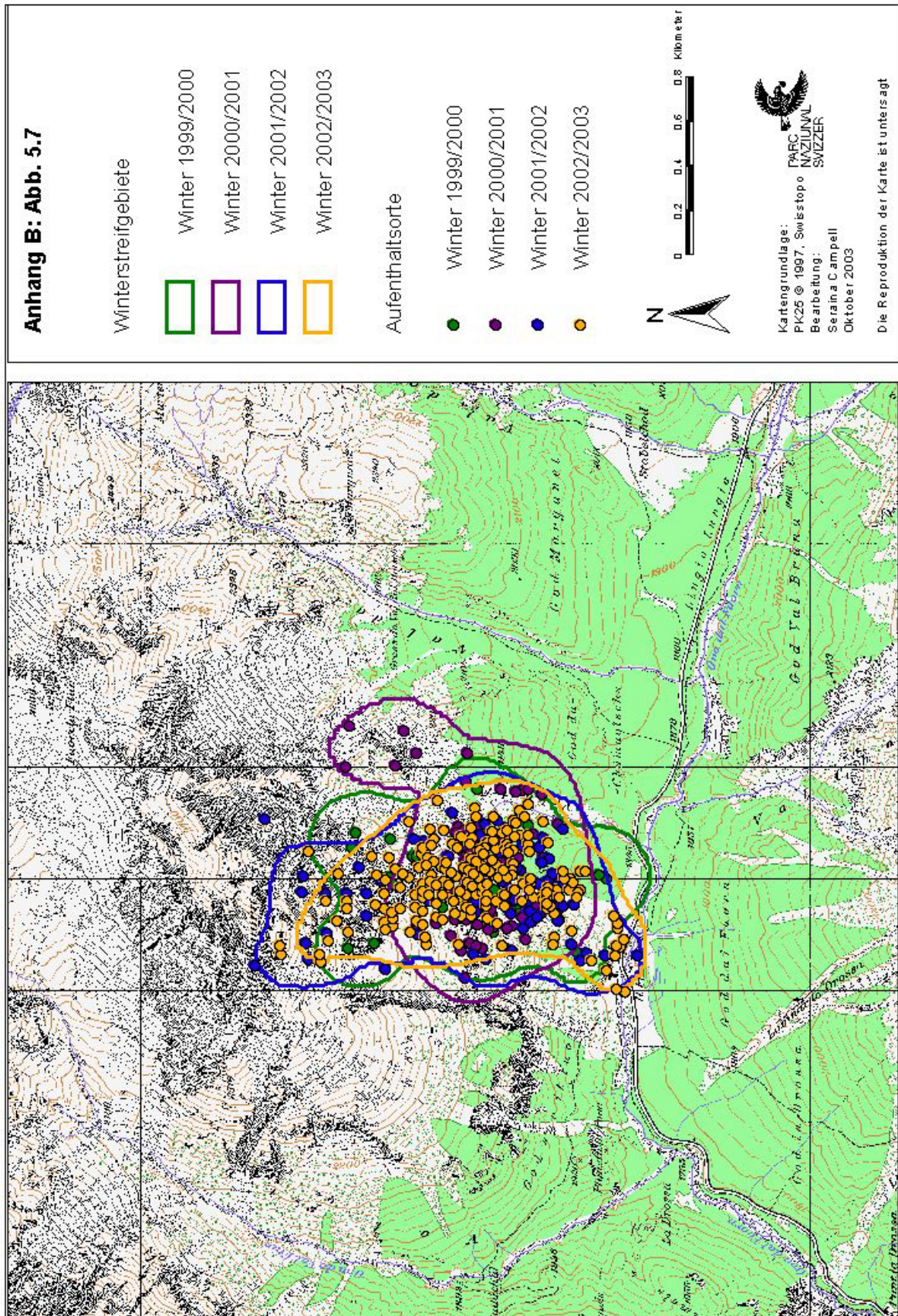
Anhang B: Abb. 5.6**Winterstreifengebiet**

Kartengrundlage:
PK25 © 1997, Swisstopo
Bearbeitung:
Seraina Campelli
Oktober 2003


PARC
NAZIONAL
SVIZZER

Die Reproduktion der Karte ist untersagt





Anhang B: Tab. 5.12: Prozentualer Anteil und Nutzungsindizes der Individuen im Winter 2002/2003. Dabei bedeutet NI = Nutzungsindex. Erläuterungen zu den Vegetationsnummern siehe Kapitel 4.1.3.

Tiernr.		Vegetationsnummer																								
		2	3V	4	5	6	7	8	9	11	12	13	18	19	20	21	22	29	30	31	37	38	41	42	50	51
31	Nutzung [%]	8,9	0,0	5,4	21,6	23,8*	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	4,5	1,2	0,4	15,3	0,7	0,2	0,0	0,2	5,3	0,0	7,1	0,0	4,0	0,6
	NI	3,1	0,0	0,7	1,2	1,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	3,7	3,5	4,5**	1,9	0,4	3,4	0,0	2,4	0,5	0,0	3,6	0,0	0,6	1,5
132	Nutzung [%]	7,1	0,7	6,4	25,5	29,0*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	1,2	0,2	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	3,4	0,0	12,7	0,2
	NI	2,4	11,6**	0,8	1,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	3,6	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,7	0,0	2,0	0,5
140	Nutzung [%]	2,6	0,4	5,0	21,1	27,5*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,1	13,3	0,3	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,9	9,7	9,8	0,0
	NI	0,9	6,4**	0,6	1,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,3	0,0	1,4	1,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,5	1,2	1,6	0,0
147	Nutzung [%]	1,9	0,3	4,1	16,9	23,2*	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,7	0,2	9,4	0,8	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,3	15,6	11,3	0,3
	NI	0,7	4,6**	0,5	1,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	2,0	1,7	1,2	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,2	2,0	1,8	0,6
152	Nutzung [%]	5,0	0,4	3,9	13,8	24,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,4	0,2	26,2*	1,8	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	3,1	0,5	13,9	0,0
	NI	1,7	6,8**	0,5	0,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	1,3	1,8	3,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,5	0,1	2,2	0,1
162	Nutzung [%]	1,2	0,0	8,6	20,3*	16,7	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	1,8	0,0	0,0	0,0	10,4	2,2	0,1	18,6	11,2	0,0
	NI	0,4	0,0	1,1	1,2	1,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4	0,0	2,3	1,8**	0,0
174	Nutzung [%]	2,9	0,4	5,3	26,5*	24,9	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,7	0,1	8,1	0,4	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,7	7,9	7,7	0,3
	NI	1,0	5,8**	0,7	1,5	1,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	2,2	1,5	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,3	1,0	1,2	0,7
Angebot [%]		2,9	0,1	7,9	17,4*	15,9	0,2	3,1	0,1	8,4	0,7	0,1	1,2	0,3	0,1	8,1	1,6	0,1	0,1	0,1	10,1	5,1	2,0	7,9	6,3	0,4

* Der prozentual höchste Anteil, ** Der höchste Nutzungsindex