

Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten

Gesellschaft für Wildtier und Lebensraum
und
HBLFA Raumberg-Gumpenstein



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN



Projektmitarbeiter und Autoren des Berichts:

Univ. Doz Dr. Armin Deutz

Dr. Gunther Greßmann

Mag. Thomas Guggenberger MSC (GIS)

Dr. Albin Blaschka

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Deutz, A., Greßmann, G., Guggenberger, T., Blaschka A. (2015): Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten. Endbericht von StartClim2014.D in StartClim2014: Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich

Wien, im August 2015

StartClim2014.D

Teilprojekt von StartClim2014

Projektleitung von StartClim2014:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: www.startclim.at

StartClim2014 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, der ÖBf und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Abstract	7
D-1 Krankheiten des Gams- und Steinwildes – Entwicklungen und Lösungsansätze	8
D-1.1 Übersicht zur Gams- und Steinwildkrankheiten	8
D-1.2 Parasitäre Erkrankungen	9
<i>D-1.2.1 Ektoparasiten</i>	9
<i>D-1.2.2 Endoparasiten</i>	11
<i>D-1.2.3 Parasiten und Seehöhe</i>	15
<i>D-1.2.4 Parasitosen und Klimawandel</i>	15
D-1.3 Bakterielle Erkrankungen	17
<i>D-1.3.1 Infektiöse Keratokonjunktivitis („Gamsblindheit“)</i>	17
<i>D-1.3.2 Paratuberkulose</i>	18
<i>D-1.3.3 Bakteriell bedingte Lungenentzündungen</i>	19
<i>D-1.3.4 Dermatophilose</i>	20
<i>D-1.3.5 Brucellose</i>	20
<i>D-1.3.6 Lebensmittelhygienisch bedeutsame bakterielle Infektionen</i>	20
<i>D-1.3.7 Moderhinke beim Steinwild</i>	21
D-1.4 Viral bedingte Erkrankungen	21
<i>D-1.4.1 Lippengrind (Ecthyma contagiosum)</i>	21
<i>D-1.4.2 Papillomatose</i>	22
<i>D-1.4.3 Weitere übertragbare virale Erkrankungen und Klimawandel</i>	22
D-1.5 Nicht erregerbedingte Erkrankungen	22
<i>D-1.5.1 Zunahme von Tumoren?</i>	22
D-2 Änderungen in der Vegetation durch Klimaänderungen	24

D-2.1	Pflanzen und Vegetation -----	24
	<i>D-2.1.1 Änderungen am Standort und physiologische Anpassungen</i> -----	<i>24</i>
	<i>D-2.1.2 Änderungen auf Gemeinschaftsebene</i> -----	<i>26</i>
	<i>D-2.1.3 Änderungen in der räumlichen Verteilung - Verschiebungen entlang des Höhengradienten</i> -----	<i>27</i>
	<i>D-2.1.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</i> -----	<i>27</i>
D-2.2	Änderungen der Futterqualität durch Klimaänderungen -----	28
	<i>D-2.2.1 Anlage und Ziele zur Prüfung der Futterqualität</i> -----	<i>29</i>
	<i>D-2.2.2 Erkenntnisse aus den Basisuntersuchungen</i> -----	<i>29</i>
	<i>D-2.2.3 Rohfaservergleich zwischen Basiszeitraum und dem Jahr 2015</i> -----	<i>32</i>
	<i>D-2.2.4 Konsequenzen und Empfehlungen</i> -----	<i>35</i>
D-3	Steinbockhörner als mögliche Bioindikatoren -----	36
D-3.1	Das Horn als Bioindikator -----	37
D-3.2	Hornvermessung -----	37
D-3.3	Steinbockhörner wachsen in jeder Population spezifisch -----	38
D-3.4	„Gute und schlechte“ Hornjahre -----	40
D-3.5	Anzeichen einer Klimaveränderung -----	41
D-3.6	Zusammenfassung und Ausblick -----	42
D-4	Mögliche Strategien -----	43
D-5	Literaturverzeichnis -----	44
D-5.1	Literatur Krankheiten -----	44
D-5.2	Literatur Vegetation -----	47
D-5.3	Literatur Steinbockhorn -----	49
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	51

Kurzfassung

Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten

Wildtiere des Alpenraumes wurden in den letzten Jahrzehnten mit sich wandelnden Lebensraumfaktoren sowie Krankheitserregern konfrontiert. Dieses Projekt beschäftigte sich mit dem Einfluss des Klimawandels auf

- Krankheiten und Parasitosen alpiner Wildtiere,
- die Futter- und Äsungsqualität und Pflanzenphänologie sowie
- das Hornwachstum von Steinböcken

Der erste Projektteil gibt einerseits einen Status quo zu den bei Wildtieren im österreichischen Alpenraum auftretenden Krankheiten, um aktuelle und zukünftige Entwicklungen erkennen und abschätzen zu können. Die Projektdaten belegen eine deutliche Zunahme parasitärer Erkrankungen in Hochlagen bis auf über 2.500 m Seehöhe.

Der zweite Projektteil zeigt auf, dass sich in den letzten Jahrzehnten der Vegetationsbeginn in inneralpinen Tälern um 3 bis 4 Tage pro Dekade verfrüht hat. Damit ergeben sich ernährungsphysiologische Probleme besonders bei Jungtieren, welche Pflanzen mit höherem Rohfasergehalt schlechter verdauen, sich damit körperlich schlechter entwickeln und krankheitsanfälliger werden. Zudem kann erwartet werden, dass sich auch die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften (Artenspektrum) in den einzelnen Höhenstufen ändert.

Im dritten Teil dieser Arbeit wurde versucht, über Vermessungen von Steinbockgehörnern einen Einfluss des Klimawandels auf das Hornwachstum zu erfassen. Nachdem der Beginn des Hornwachstums an den Beginn der Vegetationsperiode gekoppelt ist und der Großteil des jährlichen Zuwachses in den Monaten Mai bis Ende Juli erfolgt, wird das Hornwachstum durch feuchte, milde Frühjahresbedingungen begünstigt und in früh beginnenden Hitzesommern gehemmt. Jedes Wachstumssegment eines Steinbockhorns spiegelt somit bis zu einem gewissen Grad die Witterungsperiode dieses Jahres wider. Langzeitserien von Hornvermessungen könnten so als Indikator für klimatische Veränderungen im Gebirge und die Hörner als Bioindikatoren dienen.

In einem interdisziplinären Workshop zeigte sich, dass es vielfältige Möglichkeiten für Anpassungsstrategien gibt: Aus landwirtschaftlicher Sicht wurden u.a. Auf- und Abtriebszeitpunkte und Entwurmung von Weidevieh, Düngungsmanagement und Förderwesen diskutiert, seitens der Forstwirtschaft das Schwenden, ein Waldgams-Verbisschutz, die Schadensanfälligkeit der Wälder usw. angesprochen und seitens der Jagd ging es u.a. um nachhaltige Abschussplanung bei Gams- und Steinwild, besseren Altersklassenaufbau, frühzeitige Abschusserfüllung und Rotwildregulierung.

Offenkundig ist, dass der Einfluss des Klimawandels auf Wildtiere schon jetzt deutlich ist, und dass dieser sich mit zunehmendem Klimawandel noch weiter verschärfen wird.

Abstract

Significance of climate change for nutrition and diseases of alpine wild game

During the last decades, wild game in the alpine area has been confronted with changing site conditions and pathogenic organisms. The StartClim project studied the significance of climate change on

- Illnesses and parasitic diseases of alpine wild game
- Fodder and pasture quality with phenology
- Horn growth of ibex

The first part of the project shows the status quo of diseases of wild game in the Austrian alpine area, as a basis for the estimation of future developments. Recent project results show already a clear increase of parasitic diseases in high altitudes, at and above 2,500m asl.

In the second part of the project, it is shown that the start of the vegetation period in inner alpine valleys happens three to four days earlier per decade. This results in nutritional and physiological problems for young animals, as they are not able to digest plants with higher raw fibre as efficiently as adults. As a consequence, the physical development is handicapped and they are prone to diseases. Additionally, it can be expected that the composition of plant communities is changing in the different altitudinal belts.

During the third part, it was tried to capture the influence of climatic changes on the growth of horns from ibex. As the start of horn growth is coupled with the begin of the vegetation period and the bigger part of the yearly increase happens between May and June, the development is stimulated by humid, mild conditions in spring and hindered by an early hot summer. In each growth segment of an ibex horn the weather conditions are mirrored. Long time series of horn measurements can possibly act as a bio-indicator for changes in climatic conditions in mountainous areas.

During an interdisciplinary workshop it became evident that many possibilities for adaption exist: From an agricultural point of view most importantly the date of turning out and getting back to/from the alpine pastures, worming of livestock, fertilizer management and the system of subsidies were discussed. From forestry side the most discussed topics were clearing of shrubs and bushes, protection against damage of "forest chamois" and the general susceptibility of forest to damages. Members of the hunting community brought the topic of a sustainable management of hunting/shooting permits for chamois and ibex, an early accomplishment of hunting quota and regulation of red deer as the main concerns.

It is evident, already now climate change has a clear influence on wild game, which will increase with more severe changes.

D-1 Krankheiten des Gams- und Steinwildes – Entwicklungen und Lösungsansätze

In folgender Übersicht zu den bei Gams- und Steinwild im österreichischen Alpenraum auftretenden (Infektions-)Krankheiten wurde im Rahmen des Projektes mittels einer Literatürübersicht unter Einbau eigener Ergebnisse versucht einen Status quo zu erarbeiten, um aktuelle und zukünftige Entwicklungen erkennen und abschätzen zu können.

D-1.1 Übersicht zur Gams- und Steinwildkrankheiten

Gams- und Steinwild sind als gesellig lebende Wildarten für eine rasche Ausbreitung von Infektionskrankheiten und Parasitosen innerhalb der Rudel anfällig. Obwohl der Winter im alpinen Lebensraum alljährlich eine Auslese schwachen Wildes bewirkt, sind Gams- und Steinwildkrankheiten trotz der Anpassung dieser Wildarten an extreme Lebensräume relativ häufig.

Bei Gams- und Steinwild im Ostalpenraum treten häufig Räude und Gamsblindheit auf, weiters sind Gämsen relativ empfänglich für Lungen- und Bandwurmbefall. Einzelne schwere Erkrankungsfälle mit Moderhinke, Lippengrind oder Papillomatose demonstrieren ebenfalls die Krankheitsanfälligkeit dieser Wildarten. Lokal hohe Wilddichten, Unruhe (wie Tourismus oder hoher Jagddruck bes. im Winter bei hohen Schneelagen) und für diese Wildarten ungeeignete oder suboptimale Lebensräume stellen ebenso wie auch der Klimawandel prädisponierende Faktoren für den Ausbruch von Krankheiten dar.

Tab.D-1: Übersicht der wichtigsten Erkrankungen von Gams- und Steinwild im Alpenraum

Einteilung		Krankheit/Erreger
Erregerbedingte Erkrankungen	Parasitäre Erkrankungen	*Räude (<i>Sarcoptes rupicaprae</i>) Haarlings- und Lausfliegenbefall Befall mit Bandwürmern oder Finnen (mehrere Arten) Lungenwurmbefall (mehrere Arten) Befall mit Magen-Darmwürmern (mehrere Arten) Seltener: Kokzidiose (bes. bei Kitzen), Leberegel, Babesiose
	Bakterielle Erkrankungen	Gamsblindheit (<i>Mycoplasma conjunctivae</i>) *Tuberkulose (<i>Mycobacterium</i> spp.) Paratuberkulose (<i>M. avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>) Bakt. Lungenentzündung (<i>Mannheimia</i> spp., <i>Pasteurella</i> spp.) Moderhinke (<i>Fusobacterium necrophorum</i> <i>Dichelobacter nodosus</i>) *Dermatophilose (<i>D. congolensis</i>) *Brucellose (<i>Brucella</i> spp.) *Salmonellose (<i>Salmonella</i> spp.)
	Virusbedingte Erkrankungen	*Lippengrind Papillomatose Seltener: *Tollwut, *Maul- und Klauenseuche, Border disease
	Pilzinfektionen	selten (außer bei Zootieren)
Nichterregerbedingte Erkrankungen	Organerkrankungen	Erkrankungen der Verdauungs-, Atmungs-, Harn-, Geschlechts- und Bewegungsorgane sowie des Herz-Kreislauf- und Immunsystems z.B. Leber-, Gallengangs- oder Hodentumoren
	Tumoren Missbildungen	Schalenmissbildungen, angeborene Missbildungen Hauthörner
	Verletzungen	

* Mögliche Infektionsgefahr für den Menschen

In der überwiegenden Zahl der Fälle sind am Ausbruch schwerer Erkrankungen von Einzeltieren oder bei Massenerkrankungen negative Umweltfaktoren, prädisponierende Faktoren seitens der Wildtiere selbst oder Eigenschaften der Krankheitserreger beteiligt („**Faktorenkrankheiten**“).

In der Folge wird auf einige wesentliche Krankheiten eingegangen und auch versucht zukünftige Zu- oder Abnahmen dieser Erkrankungen nicht zuletzt im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu prognostizieren.

D-1.2 Parasitäre Erkrankungen

Parasiten und Wirte passten sich im Verlaufe einer langen gemeinsamen Entwicklung einander an, was in vielen Fällen zu gewissen Gleichgewichtssituationen führte, in denen Parasiten zwar profitieren, ihre Wirte jedoch nicht mehr als nötig schädigen oder gar töten. Entwicklungsgeschichtlich haben Parasiten sogar wesentlich zur Entwicklung von Abwehrreaktionen (wie Immunität, Resistenz) beigetragen, welche Tier und Menschen in den allermeisten Fällen von Infektionen nicht nur mit Parasiten, sondern auch mit Viren, Bakterien oder Pilzen schützen. Negative Umweltfaktoren, hohe Wilddichten oder weitere Grundkrankheiten können jedoch das „Gleichgewicht“ zwischen Parasiten und Wirten zugunsten der Parasiten verschieben, wonach es dann zu häufigeren klinischen Erscheinungen oder Verendensfällen kommt. Es existiert also eine sensible Beziehung zwischen Wirten, Parasiten und der Umwelt. Im Falle einiger Parasitosen, wie der Gamsräude oder der „Lungenwurmseuche“ beim Gamswild, kann es jedoch auch vermutlich ohne bedeutendere negative Umweltfaktoren zu größeren Ausfällen kommen. Innerhalb der Wirtstiere sind Parasiten auch nicht gleichmäßig verteilt. Ein höherer Befall liegt meist bei jungen und alten sowie aus anderen Ursachen erkrankten Tieren vor.

Übertragungsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Wildarten oder zwischen Haus- und Wildtieren werden häufig überschätzt. Die meisten Parasitenarten sind auf einzelne Wild- oder Haustiere spezialisiert, es gibt aber auch einige wenige „Generalisten“ (wie Großer Leberegel, Gedrehter Magenwurm), die relativ leicht zwischen den Tierarten übertragbar sind.

Parasiten können in Außen- oder Ekto- und Innen- oder Endoparasiten unterschieden werden. Außenparasiten sind Räudemilben, Zecken, Haarlinge, Lausfliegen, Läuse oder Dassel- fliegen. Innenparasitosen, also parasitäre Erkrankungen der inneren Organe, können unter sonstigen ungünstigen Verhältnissen bei Wildtieren ebenfalls seuchenhaften Charakter annehmen. Manche dieser Parasitosen kommen nur regional vor, da einige Parasiten in ihrer Entwicklung Zwischenwirte (Schneckenarten, Ameisen, Moosmilben etc.) benötigen. Folgende Innenparasiten sind für unsere Wildarten von größerer Bedeutung: Lungenwürmer, Labmagen-Dünndarmwürmer, Dickdarmwürmer, Leberegel, Bandwürmer und Bandwurmfinnen.

D-1.2.1 Ektoparasiten

D-1.2.1.1 Gamsräude

Vor etwa hundert Jahren war die Räude auf die Gebirge von Kärnten, Salzburg und der Steiermark beschränkt (BOCH u. NERL, 1960). Ab den 1950er Jahren nahm das Verbreitungsgebiet der Räude ständig zu. In den letzten Jahrzehnten trat die Gamsräude massiv in Italien (Südtirol und Region Tarvis) sowie in Slowenien und Spanien auf, wo sie bei Erstauftreten mit Ausfällen zwischen 82 % und 94 % bestandsgefährdende Züge annahm (ROSSI, 1999; FERNANDEZ-MORAN, 1997). In den letzten beiden Jahren ereignete sich ein schwerer Seuchenzug im Gebiet des Rettensteiner/Tirol, der die dortige Steinwildkolonie nahezu auslöschte.

Den Erreger der Räude bei Gams- und Steinwild, die Grabmilbenart *Sarcoptes rupicaprae*, zeichnet eine hohe Vermehrungsrate aus. Die etwa 0,2 bis 0,4 mm großen Milbenweibchen graben Bohrgänge in die Haut, wo sie Eier ablegen. Die daraus schlüpfenden Larven wandern nach ein bis zwei Häutungen an die Hautoberfläche und paaren sich dort nach Erreichung der Geschlechtsreife, die bereits 18 bis 24 Tage nach dem Schlüpfen aus den Eiern eintritt. Räude beginnt mit vermehrter Schuppenbildung am Haupt und Träger sowie an der Bauchdecke und den Beugeflächen der Läufe, sie befällt später in schweren Fällen den gan-

zen Körper und verläuft mit hochgradigem Juckreiz. In der Folge entstehen starke Hautverdickungen mit schwarzbraunen Krusten und Schuppenbildung, Haarausfall und eitrige Hautentzündungen durch bakterielle Sekundärinfektionen sowie Scheuerstellen und Hautverletzungen durch Kratzen an Felsen, Bäumen und anderen Gegenständen. Die Übertragung erfolgt durch direkten Kontakt, wie Benützung derselben Lager, Geiß-Kitz-Kontakt und Kontakte in der Brunft. Mitunter befallen Milben auch den Menschen, wo sie eine Scheinräude hervorgerufen, die nach spätestens 3 Wochen spontan abheilt, da Gamsräudemilben sich in der menschlichen Haut nicht vermehren. Außerhalb des Wirtstieres sind Räudemilben nur kurzfristig (max. 14 Tage bei 5 °C und hoher Feuchtigkeit, meist höchstens 1 Woche) überlebensfähig und sie entfernen sich auch nur max. 1 m vom toten Wirt, was „Verbrennungsaktionen“ bei Fallwild erübrigt.



Abb. D-1: Hochgradige Gamsräude und Gamsräudemilbe (200-fach vergrößert)

Die Mortalitätsrate bei erstmaligem Auftreten der Räude ist abhängig von der Gamsdichte. Dies konnte auch bei einem Ausbruch im Bezirk Murau beobachtet werden, als die Räude hier überwiegend in Waldgamspopulationen mit hohen Wilddichten Mortalitätsraten von über 80 % verursachte. Erfahrungsgemäß sind die Ausfälle in Gebieten, wo die Räude erstmalig auftritt wesentlich dramatischer als in Gebieten, in denen sie schon längere Zeit vorkommt, was sicherlich auch auf immunologische Faktoren zurückzuführen ist (DEUTZ, 2002).

In zwei italienischen Untersuchungen wurde ein jährliches Fortschreiten der Räude um 3,4 km bis 4.6 km beobachtet (TURCHETTO et al., 2014; ROSSI, 1999). In der Steiermark war bei der Ausbreitung der Räude in Richtung Süden in den Jahren 1980 bis 1984 ein jährliches Fortschreiten um 15 bis 20 km festzustellen. Dies wird von den Autoren mit gleichzeitig auftretenden Fällen bei Steinwild, welches hier z. T. in suboptimalen Lebensräumen lebt, in Zusammenhang gebracht. Steinwild wäre hier als wesentlicher Vektor für Gamsräude zu nennen, weil es durch weiträumige Wanderungen – besonders der Böcke – die Räude in kurzer Zeit relativ weit verschleppen kann (FUCHS et al., 2000).

Seit der Jahrtausendwende traten in der Steiermark nur mehr sehr vereinzelt Räudefälle auf, was mit hoher Sicherheit mit den deutlich gesunkenen Gamsbeständen zusammenhängen dürfte. Auch in Bayern wurde eine Anhängigkeit der Räudeprävalenz von der Gamsdichte festgestellt (GRAUER u. KÖNIG, 2009). Für die Prävalenz und Verbreitung der Räude dürfte der Klimawandel eine nur nachrangige Bedeutung als zusätzlicher Stessfaktor besitzen.

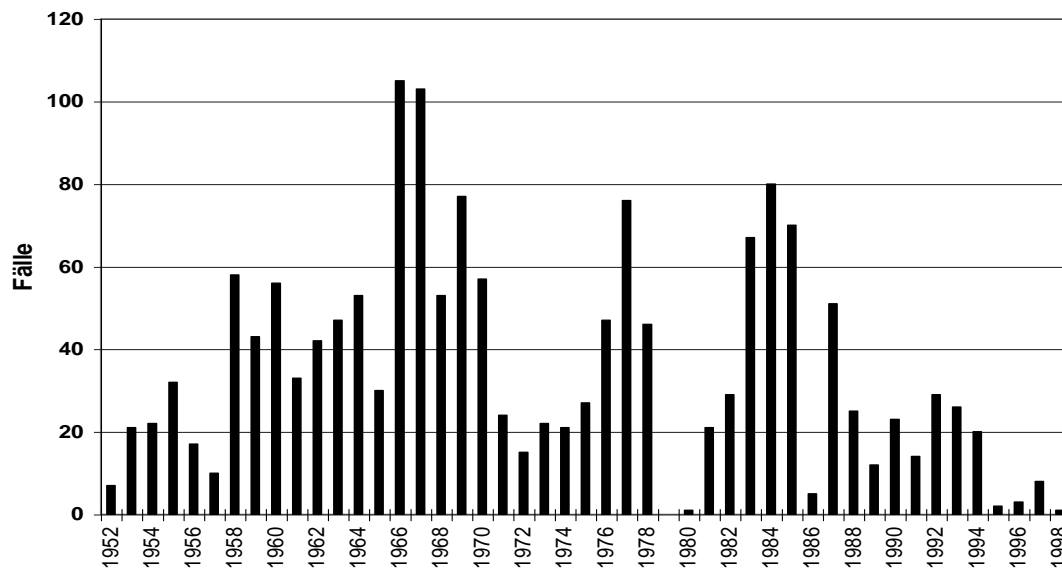


Abb. D-2: Räudefälle bei Gams- und Steinwild mit typischen Krankheitsgipfeln, (Steiermark 1952-1998; GRESSMANN, 2001)

D-1.2.2 Endoparasiten

Unter den Endoparasitosen sind bei Gams- und Steinwild besonders Lungenwürmer, Bandwürmer und Magen-Darmwürmer von größerer Bedeutung. Gleich wie die Ektoparasitosen treten auch Endoparasitosen als Faktorenkrankheiten massiver bei negativen Umweltfaktoren (Stress, Überbesatz, suboptimale Lebensräume usw.) auf. In den letzten Jahren sind hochgradige Parasitosen bereits in immer höheren Lagen feststellbar, was mit hoher Sicherheit auf die steigenden Jahresdurchschnittstemperaturen zurückgeführt wird.

Tab.D-2: Häufige Parasitosen des Schalenwildes und ihre Symptome

Parasiten	Symptome
Labmagen-, Dünndarmwürmer	Durchfall, Kümern, Parasiten im Labmagen und Darm
Lungenwürmer	Husten, Wurm- und Brutknoten in den Lungen, Parasiten in der Luftröhre und den Bronchien
Bandwürmer	Bandwurmglieder im Darm bzw. auf der Losung
Großer und Kleiner Leberegel	verdickte Gallengänge und Leberegel in der Leber
Nasen-Rachendassel	Niesen, Husten, Larven in den Nasengängen und im Rachen
Hautdassel	Larven und ev. Abszesse in der Unterhaut (Rücken)
Filarien	Knoten in der Unterhaut

Ein geringgradiger Magen-Darm-Wurmbefall verläuft klinisch unauffällig, bei stärkerem Befall treten Durchfall, struppige Decke, verzögerter Haarwechsel, Ödembildung im Kehlgang und an der Unterbrust sowie Kümern auf. Kranke Tiere machen oft einen matten, müden Eindruck, schwanken im Ziehen oder stehen mit gekrümmten Rücken.

Beachtenswert ist, dass bei Innenparasiten von der gesamten Biomasse bzw. der Anzahl einer Parasitenpopulation sich nur ein verschwindend kleiner Prozentsatz als parasitierende Stadien in den Wirten aufhält. Mehr als 90 bis 95 % befinden sich als Eier, heranwachsende Stadien oder als Infektionsstadien in der Umwelt. Eine entwicklungsgehemmte Ruhephase (Hypobiose) ist für viele Parasiten zum Überdauern ungünstiger Witterungsbedingungen möglich (PROSL, 2008). Die Larven der Kleinen Lungenwürmer haben beispielsweise eine sehr hohe Kälteresistenz, sie überleben auch längere Frostperioden, was zu einer enormen Anreicherung von infektiösen Larven auf Äsungflächen und in Einständen führen kann. In räumlich eingeschränkten Wintereinständen kann sich für das Gamswild somit ein hoher Infektionsdruck mit Lungenwürmern auch im Winter ergeben.

Einige jüngere parasitologische Untersuchungen zeigen geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Parasitenbelastung von Gamswild. So ergab eine Untersuchungen an 28 im Gehege gehaltenen Pyrenäengämsen (*Rupicapra pyrenaica*) einen Befall mit insgesamt 25 Helminthenspezies, wobei sich in Gamsböcken mehr **Arten** als in Geißen fanden und der Parasitenbefall der Böcke war auch höher. Der Geschlechtsunterschied war unabhängig vom Alter (Martínez-Guijosa et al., 2015). In einer weiteren Untersuchung fanden sich deutlich höhere Ausscheidungen von Parasiteneieren bei brunftaktiven Böcken mit hohen Cortisolspiegeln während der Brunft (CORLATTI et al., 2012). In diesem Zusammenhang wäre jedoch zu berücksichtigen, dass brunftaktive Böcke während der Brunft auch deutlich weniger Äsung aufnehmen und durch das geringere Gesamtvolumen an Losung auch eine höhere Eiauscheidung pro Gramm Losung vorgetauscht werden könnte.



Abb. D-3: Höhere Temperaturen haben negativen Einfluss auf die Äsungsqualität und steigern den Infektionsdruck mit Parasiten – besonders Kitze und Jahrlinge sind betroffen (Foto: A. Deutz)

Eine sichere Diagnosestellung ist nur über eingehende parasitologische Untersuchungen (Losung, Organteile) möglich. Losungsproben zur parasitologischen Untersuchung müssen frisch sein. Der günstigste Zeitraum für eine Untersuchung ist März/April bis September/Oktober, da die Ausscheidung von Parasiten, -eieren und -larven im Winter deutlich geringer ist oder stagniert.

D-1.2.2.1 Aktuelle Untersuchungen

Die Losungsproben aus unseren aktuellen Untersuchungen im Rahmen des Projektes stammten aus der Steiermark, Kärnten und Oberösterreich. Von besonderem Interesse war der erstmalig durchgeführte Bezug der parasitologischen Daten zur Seehöhe.

Zur parasitologischen Untersuchung der Losungsproben wurden die Flotations- und die Auswanderungsmethode angewandt. Die **Flotationsmethode** eignet sich zum Nachweis von Parasiteneiern und von Oozysten (z.B. *Eimeria* sp.). Fünf Gramm der Sammelkotprobe werden dabei in einem Mörser mit 75 g 45%iger Zinksulfatlösung versetzt und mittels Pistills zu einer homogenen Suspension verrührt. Danach siebt man die Suspension durch ein grobmaschiges Sieb (Maschenweite 500-800 µm) in ein Becherglas und anschließend wird sie in ein Zentrifugenröhrchen umgegossen und für 3 Minuten bei 2000U/min zentrifugiert. Vom Überstand werden mit einer Öse einige Tropfen auf die Objektträger getropft. Nach Abdecken mit einem Deckglas erfolgt die mikroskopische Untersuchung.

Zum Nachweis von Larven von Lungenwürmern wurde das **Auswanderungsverfahren**, nach BAERMANN-WETZEL bezeichnet, angewandt. An einem Trichter wird dafür ein schräg angeschnittenes Stück Silikonschlauch als Verlängerung angebracht, dieses Schlauchstück mit einer Klemme verschlossen und dann in ein Becherglas gestellt. 20 g der Sammelkotprobe werden in Gaze eingeschlagen, in ein feinmaschiges Sieb gegeben und in den Trichter gelegt, dieser mit Wasser aufgefüllt, bis sich die Hälfte der Kotprobe im Wasser befindet.

Nach 12 Stunden Auswanderungszeit können durch kurzes Öffnen der Klemme einige Tropfen in eine Petrischale abgelassen und mikroskopisch auf Lungenwurmlarven untersucht werden.

Tab.D-3: Die Beurteilung der Befallsintensität semiquantitativ in Klassen

	Anzahl der Objekte pro Untersuchung	
-	kein Objekt nachweisbar	
+	1 – 5 Objekte	geringgradig
++	6 – 15 Objekte	mittelgradig
+++	>15 Objekte	hochgradig

Aus den Lösungs- bzw. Kotproben nachgewiesen wurden Eimerien, Magen-Darmwürmer sowie Lungenwürmer. **Eimerien** sind einzellige Parasiten, die besonders bei Gamskitzen zu Krankheitserscheinungen führen können. Sie wurden in 20% der Kotproben nachgewiesen. Im Untersuchungsgebiet gab es keine aktuellen Hinweise auf größere Probleme mit diesen Parasiten. An **Magen-Darmwürmern** wurden sowohl solche isoliert, die vorwiegend im Labmagen parasitieren (wie *Haemonchus* sp.), als auch Parasiten, die im Dünndarm (*Nematodirus* sp., *Strongyloides* sp.) oder Dickdarm (*Chabertia* sp., *Oesophagostomum* sp.) leben. Die Nachweisrate lag bei 60%. Problematisch scheint auch der Befall mit **Lungenwürmern** (Protostrongylus, Varae-strongylus), die häufig Wegbereiter für schwere Lungenentzündungen sind. Der Nachweis von Lungenwurmlarven aus Kotproben lag bei 54%. Von 24 im Rahmen dieses Projektes untersuchten Gamslungen aus der Obersteiermark wiesen 22 einen Lungenwurmbefall auf.



Abb. D-4: Eier verschiedener Arten von Labmagen-Darmwürmern und Lungenwurmlarven unter dem Mikroskop

Im Gegensatz zum steirischen und oberösterreichischen Untersuchungsgebiet, wo eine sehr hohe Parasitenbelastung des Gamswildes feststellbar war, konnte im Untersuchungsgebiet in Kärnten ein deutlich geringerer Parasitenbefall nachgewiesen werden, was die Forderung unterstreicht, solche Ergebnisse auch regional zu interpretieren.

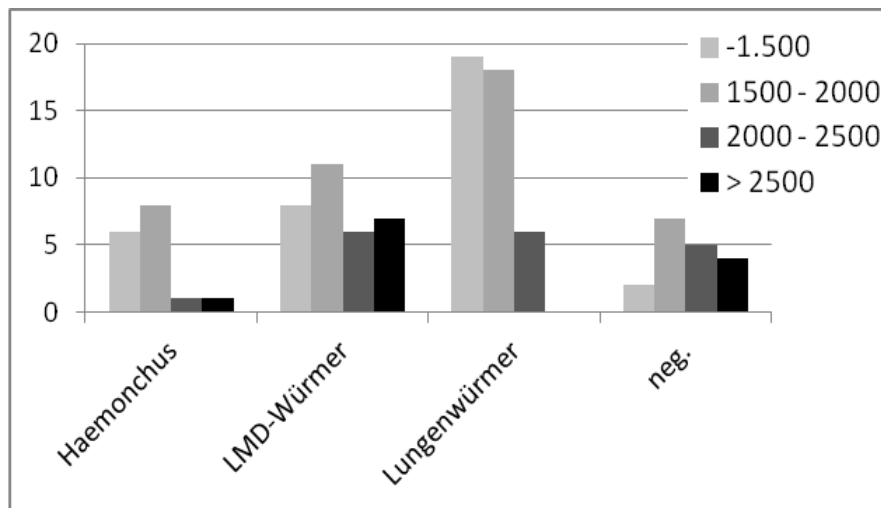


Abb. D-5: Nachweise von Gamsparasiten im Bezug zur Seehöhe des Erlegungs-/Fundortes.

(Haemonchus ... roter Magenwurm; LMD-Würmer ... andere Labmagen-Dünndarmwürmer)

Überraschend an den Untersuchungen der letzten beiden Jahre war der Nachweis des Roten Magenwurmes bis auf über 2.500 m Seehöhe, der in der Außenwelt wärmeliebend ist und beim Gamswild in alpinen Lebensräumen in früheren Jahrzehnten noch keine Bedeutung hatte. Mittlerweile verursacht dieser Parasit erhebliche Ausfälle bei Gamswild, was möglicherweise auch mit der erst kurzen Koevolution zwischen Wirt und Parasit und damit Problemen der Immunabwehr zusammenhängen könnte.

D-1.2.2.2 Roter oder gedrehter Magenwurm (*Haemonchus contortus*)

Ein aktuelles Problem ergibt sich durch einen wärmeliebenden Magen-Darmparasiten (*Haemonchus contortus*), der durch höhere Temperaturen nun massiv auf Gams- und Steinwild selbst in Hochlagen trifft. Dieses Phänomen, verbunden mit den z.T. immunsuppressiv wirkenden Störfaktoren und regional geänderten Düngeverfahren (Gülledüngung), wirken sich deutlich auf die Wildtiergesundheit, Fallwildraten und damit auf die Entwicklung von Populationen aus.

Der rote oder gedrehte Magenwurm (*Haemonchus contortus*) lebt im Labmagen von Wild- und Hauswiederkäuern, ernährt sich von Gewebeteilen und saugt Blut aus der Labmagenschleimhaut und ist der Erreger der Haemonchose, die bei den erkrankten Tieren zu Blutarmut führt und tödlich enden kann. Der Magenwurm ist wärmeliebend und profitiert somit vom Klimawandel. Durch das Saugen von Blut sowie infolge von Nachblutungen kommt es zu großen Blutverlusten. So nehmen 1.000 Würmer rund 50 ml Blut pro Tag auf (ROMMEL et al., 2000). Bei der Sektion zeigen erkrankte Stücke blasse, blutarme Organe, Milzvergrößerung, Flüssigkeitsansammlung in Brust- und Bauchhöhle sowie tiefrotes Knochenmark. Das Knochenmark kann diese hohen Blutverluste nicht längere Zeit ersetzen. In der Labmagenschleimhaut sind bei stärkerem Befall kleine nadelstichtartige, punktförmige Blutungen, vermehrt Schleim und die ca. 2 cm langen anfangs hellroten, bei Luftzutritt rasch braunrot gefärbten Würmer sichtbar. Neben dem Blutverlust kommt es aufgrund einer verminderten Salzsäureproduktion und einem Anstieg des pH-Wertes im Labmagen zu Verdauungsstörungen, wie einer Störung der Eiweißverdauung. Ein Magenwurmbefall führt häufig zu schweren klinischen Erkrankungen und plötzlichen Verendensfällen.

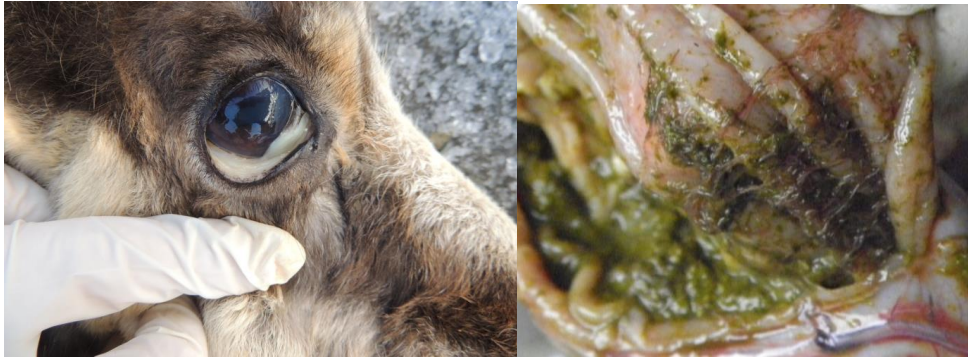


Abb. D-6: Weiße statt rosarote Lidbindehäute zeugen vom Blutverlust (links); starker Befall mit dem Magenwurm im Labmagen, Parasiten 10-30 mm lang (rechts)



Abb. D-7: Auffällige Blutarmut und Flüssigkeitserguss in der Brusthöhle sowie im Herzbeutel (links); Gamskitz mit hochgradiger Parasitose (rechts)

D-1.2.3 Parasiten und Seehöhe

Auf Rinderweiden in Obergurgl/Tirol wurde in den letzten Jahren die durchschnittlich errechnete 7 °C-Isotherme bereits im Mai und die 10 °C Grenze im Juni erreicht, in den Jahren 1950-1960 dagegen erst Mitte Juni respektive im Juli. Früher war dieser Wert gleichzeitig die maximale durchschnittliche Lufttemperatur, während in den letzten 7 Jahren die 10 °C Grenze im Juni, Juli und August überschritten wurde. Eine durchschnittliche Erwärmung um 4 °C kann daher in sensiblen Zonen die Entwicklungsgeschwindigkeit der frei lebenden Larven von Geohelminthen nahezu verdoppeln, in höher gelegenen Regionen erst ermöglichen (PROSL, 2008).

Derzeit gibt es auch noch keine exakten Erkenntnisse über das Vorkommen von Endoparasiten bei Wildtieren abhängig von der Höhenlage. Empirisch wurde jedoch erkannt, dass Parasiten wie der Große Leberegel, Labmagen-Dünndarm-Trichostrongyliden oder Lungenwürmer bei Wildwiederkäuern zunehmend in höheren Lagen vorkommen. Im Rahmen dieses Projektes wurden im Zuge der Probenahmen auch die jeweiligen Seehöhen mit erfasst, um zukünftig bei zunehmender weiterer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur eine Verschiebung der vorkommenden Parasitenspezies sowie ein Ansteigen des Parasitendruckes in höheren Lagen beweisen zu können oder dies schon aktuell zu bestätigen. Von uns wurden im Zusammenhang mit den parasitologischen Untersuchungen folgende Höhenstufen unterschieden: bis 1.500 m, 1.500 bis 2.000 m, 2.000 bis 2.500 m und über 2.500 m.

D-1.2.4 Parasitosen und Klimawandel

Ein wesentlicher Faktor in der Entwicklung von Parasiten ist der Einfluss der Temperatur auf die Stadien außerhalb von warmblütigen Wirten. Für jede Parasitenart gibt es einen Temperaturschwellenwert, unter dem keine Weiterentwicklung mehr erfolgt. Darunter gibt es einen noch tiefer gelegenen Temperaturbereich, der in einer Kältestarre überlebt wird, darunter sterben die Parasiten ab.

Die freilebenden Stadien der wichtigsten Labmagenparasiten stellen jegliche Weiterentwicklung unter 5 °C ein. Steigt die Temperatur im Frühjahr über 5 bis 6 °C (was auch für viele andere Parasiten der Schwellenwert ist) an, werden die Parasitenstadien wieder aktiv. Mit zunehmenden Temperaturen beschleunigt sich die Entwicklung. Der dunkle Kot (Losung) wird durch Sonneneinstrahlung und bakterielle Zersetzung zusätzlich erwärmt. Bei 7 °C dauert es 5 Wochen, bei 19 °C 3 Wochen und bei 15 °C etwa 9 Tage, bis aus einem mit dem Kot ausgeschiedenen Ei eine infektiöse Larve heranwächst (PROSL, 2008).

Auch Parasiteneier und Zwischenwirte von Parasiten sind bereits in größeren Höhen nachweisbar und vermehren sich bei höheren Bodentemperaturen auch rascher. Sie können heute gegenüber vor 3 Jahrzehnten doppelt so viele Generationen im wärmeren und längeren Almsommer hervorbringen, was im Herbst einen enormen Infektionsdruck bedeutet. In diesem Zusammenhang finden wir beispielsweise vermehrt eitrige Lungenentzündungen bei Gamswild in der Folge des Befalles mit Kleinen Lungenwürmern und sich sekundär aufpfropfenden bakteriellen Lungenentzündungen. Neben der Temperatur ist die Feuchtigkeit in der Losung und in deren Umfeld ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung von Parasiten. Auch hier gilt, dass Feuchtigkeit und Nässe in Zusammenhang mit geeigneten Temperaturen das Überleben der Parasiten begünstigen. Trockenheit und hohe Temperaturen töten parasitäre Stadien ab, ebenso wie direkte UV-Bestrahlung. Mit dem Ansteigen der Waldgrenze und zunehmendem Schattenwurf der Bäume kommt es auch dazu, dass weniger UV-Licht auf Parasiten und ihre Entwicklungsstadien in der Losung einwirken kann und diese somit länger infektiös bleiben.

Es wird prognostiziert, dass sich gerade im Alpenraum die Temperaturerhöhung wesentlich drastischer auswirken wird als im Flachland. Für Parasiten bedeutet dies neben einer Ausbreitung Richtung Norden auch eine Ausbreitung in höher gelegene Gebiete. Eine durchschnittliche Erwärmung um 4 °C kann daher in sensiblen Zonen die Entwicklungsgeschwindigkeit der freilebenden Parasitenlarven nahezu verdoppeln und in höher gelegenen Regionen erst ermöglichen. In der Verfolgung der bisherigen Befunde muss davon ausgegangen werden, dass es im Zuge des Klimawandels, besonders in feuchtwarmen Jahren mitzeitigem Frühjahr und verzögertem Winterbeginn und in schattigen Habitaten zu einem deutlich gesteigerten Infektionsrisiko selbst in Höhenlagen von deutlich über 2.000 m Seehöhe kommen wird.

D-1.2.4.1 Babesiose

Babesiose oder Piroplasmose wird durch einzelligen Parasiten (Babesien) verursacht, die durch Zecken übertragen werden und die rote Blutkörperchen befallen und sich darin vermehren. Befallene Blutkörperchen zerfallen, der freiwerdende Blutfarbstoff Hämoglobin wird über den Harn ausgeschieden, was auch zur Bezeichnung der Krankheit als „Blutharnen“ führte. Nach dem Zerfall der Erythrozyten werden weitere Blutkörperchen befallen und in klinischen Fällen entsteht so innerhalb von wenigen Tagen eine Blutarmut. Infizierte Tiere haben zuerst hohes Fieber und nach 2 bis 3 Tagen fällt die Körpertemperatur in den subnormalen Bereich. Babesiosen finden zunehmend als Krankheitserreger bei Tier und Mensch Beachtung.

Zur Babesiose bei Wildwiederkäuern liegen eingehende aktuelle Untersuchungen aus der Schweiz vor. MICHEL et al. (2014) untersuchten die Rolle von Wildwiederkäuern als Wirte dieser zeckenübertragenen Parasitose. In 10,7% von insgesamt 984 untersuchten Blutproben von Reh-, Rot-, Gams- und Steinwild aus der Schweiz konnten verschiedene Babesien (*B. divergens*, *B. capreoli*, *Babesia* sp. EU1, *Babesia* sp. CH1 und *B. motasi*) nachgewiesen werden. Bei 5 Tieren wurden zwei verschiedene Spezies detektiert. Bei Reh- und Rotwild waren die Nachweise signifikant häufiger, ebenso mehr Nachweise gelangen in niedrigeren Lagen und bei Jungtieren.



Abb. D-8: Blutarmer Wildkörper und dunkelroter aus der Harnblase abrinnder Harn bei Babesiose (Fotos: A. Deutz)

Mit dem Ansteigen der Temperaturen und damit verbunden der Häufigkeit von Zecken ist zukünftig auch mit häufigeren Nachweisen bei Gams- und Steinwild zu rechnen, wie auch im Untersuchungsgebiet bei einem Fall in Judenburg/Steiermark auf einer Seehöhe von 1.500 m nachgewiesen (DEUTZ u. DEUTZ, 2011). Dieser Fall, übrigens der erste beschriebene klinische Fall bei Gamswild in Österreich, ist ein deutliches Zeichen des stattfindenden Klimawandels und seiner Auswirkung auf Krankheitserreger und Krankheitsüberträger (hier Zecken). Glaubte man vor wenigen Jahrzehnten noch, dass zeckenübertragene Krankheiten lediglich bis zu einer Seehöhe von rund 1000 m relevant seien, müssen wir heute davon ausgehen, dass diese Krankheiten bereits in deutlich höheren Lagen vorkommen, was infektionsgefährdete Gebiete wesentlich ausdehnt (SCHEBECK et al., 2014). In Bruck a.d. Mur ereignet sich vor zwei Jahren eine Babesiose bei einem Rind auf ca. 1.700 m (KALTENEGGER, pers. Mittl.).

D-1.3 Bakterielle Erkrankungen

D-1.3.1 Infektiöse Keratokonjunktivitis („Gamsblindheit“)

Die infektiöse Keratokonjunktivitis (IKK) ist die häufigste Augenerkrankung der Wiederkäuer. Obwohl das Krankheitsbild seit über 200 Jahren bekannt sein dürfte, gelang der Erregernachweis (*Mycoplasma conjunctivae*) bei Schaf und Ziege erst vor rund 40 Jahren und für Gams- und Steinwild erst in den letzten beiden Jahrzehnten. Die IKK konnte dann wiederholt bei kleinen Hauswiederkäuern experimentell durch die Inokulation von *M. conjunctivae* reproduziert und so die ätiologische Rolle des Erregers bei Schaf und Ziege bewiesen werden. Nach BEHRENS et al. (2001) ist die Ätiologie der IKK beim Schaf nach wie vor nicht vollständig geklärt, *M. conjunctivae* und *Chlamydia pecorum* werden aber als Primärerreger angesehen. *Chlamydia pecorum*, schon länger bekannt als Infektionserreger bei Hauswiederkäuern und Koalas, wurde in den letzten Jahren auch bei Wasserbüffel, Steinbock, Gämsen, Rothirsch, und Vögeln beschrieben. Diskutiert werden wechselseitige Übertragungen zwischen Haus- und Wildtieren. Nach bisher vorliegenden Ergebnissen dürften Stein- und Rotwild jedoch durch eigene Stämme infiziert werden (JELOCNIK et al., 2015). Als prädisponierende Faktoren werden Staub, intensives Sonnenlicht (UV-Strahlung), Trockenheit, Tierdichte und als sekundärer Infektionserreger, der zu schweren klinischen Symptomen führt, *Branhamella (Neisseria) ovis* angeführt (MAVROT et al., 2012, GIACOMETTI et al., 2000).

Die IKK, die meist beidseitig auftritt, wird klinisch in vier Stadien eingeteilt. Im ersten Stadium sind Tränenfluss, verstärktes Blinzeln, Lichtscheu und eine Lidbindehautentzündung, die häufig spontan abheilt, charakteristisch. Das zweite Stadium ist durch eine beginnende Hornhautentzündung und das Einwandern von Blutgefäßen in die Hornhaut gekennzeichnet. Im dritten Stadium sind eine eitrig-schleimige Lidbindehautentzündung, Trübung der Hornhaut und starker Tränenfluss („Sekretrinne“), die Ausbildung gelber Herde auf der Horn-

haut und Vorwölbung der Hornhaut zu erkennen. Das vierte Stadium kann nach dem Aufbrechen von Hornhautgeschwüren und Ausrinnen des Kammerwassers zum Erblinden führen. In frühen Stadien dürfte die Selbstheilungsrate bei rund 80% liegen und danach längere Zeit eine belastbare Immunität vorliegen.



Stadium I: Tränenfluss



Stadium II: Hornhautentzündung



Stadium III: Eitrige Lidbindehautentzündung



Stadium IV: Hornhautgeschwür

Abb. D-9: Fortschreitende Gamsblindheit (Fotos: A. Deutz)

Nach der Erkrankung von zwei Kindern an Lidbindehautentzündung auf einem Bauernhof, an dem die IKK ausgebrochen war und dem Nachweis von *M. conjunctivae* vom selben Stamm wie er bei den Schafen nachgewiesen wurde, muss von einer möglichen Übertragung der IKK auf den Menschen ausgegangen werden (DEUTZ et al., 2004).

Die IKK ist innerhalb von Wildtierrudeln und Schafherden hoch ansteckend. Häufige und enge Kontakte zwischen Tieren scheinen die Voraussetzung für die rasche Ausbreitung zu sein. Der Erreger kann über Aerosole, Augen-besuchende Insekten, aber auch zwischen verschiedenen Tierarten übertragen werden. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist mit einer Zunahme der IKK zu rechnen, da einerseits Fliegen als Krankheitsüberträger (DEGIORGIS et al., 1999) von den höheren Temperaturen in Hochlagen profitieren und andererseits auch die UV-Belastung für die Hornhaut des Auges noch zunehmen dürfte. So waren im Zuge des Gamsblindheits-Seuchenzuges in den Niederen Tauern/Steiermark mit über 80 gemeldeten Fällen im Jahre 2006 noch Ende November Fliegen in Seehöhen von über 2.000 m Seehöhe zu beobachten. Damit war der Zeitraum für mögliche Infektionen witterungsbedingt deutlich verlängert.

D-1.3.2 Paratuberkulose

Aus Österreich lagen bis ins Jahr 2002 Berichte über das Auftreten von Paratuberkulose bei Rindern, Schafen und Ziegen und bei Wildtieren aus Gatterhaltung sowie vereinzelt aus freier Wildbahn bei Rotwild vor. Ab dem Jahr 2002 häuften sich Fälle bei Wild in freier Wildbahn. Paratuberkulose ist eine weltweit verbreitete, ansteckende, chronische Darmerkrankung besonders der Wiederkäuer, die durch *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (Kurz-

form: *M.a.p.*) hervorgerufen wird. Das Wirtsspektrum der Paratuberkulose umfasst außer Haus- und Wildwiederkäuern auch Pferd, Hund, Schwein, Esel, Geflügel, Primaten, Fuchs, Dachs, Großes und Kleines Wiesel, Hasen, Kaninchen, Rabenvogel, Ratten und Waldmäuse, die jedoch i. d. R. nicht klinisch erkranken, sondern vor allem als Ausscheider auftreten. Beim Menschen wurde *M.a.p.* bei Morbus Crohn (chronische Darmentzündung) isoliert, ein Zusammenhang zwischen Paratuberkulose und Morbus Crohn konnte aber bislang noch nicht schlüssig bewiesen werden. Der Erreger wird vorwiegend über Kot (bis 100 Mio. Erreger pro Gramm Kot/Losung!) ausgeschieden, die Infektion erfolgt vor allem durch orale Aufnahme der Erreger meist schon in den ersten Lebenswochen. Die Inkubationszeit beträgt beim Rind mindestens 2 Jahre, kann aber bis zu 10 Jahre dauern. Bei Wildtieren dürfte nach unseren bisherigen Erfahrungen die Inkubationszeit kürzer sein. Bei den von uns untersuchten Wildtieren waren auch Erkrankungsfälle bei 4- bis 6-monatigen Kitzen und Kälbern von Reh-, Gams- und Rotwild zu beobachten (DEUTZ et al., 2005; SARNO et al., 2013).



Abb. D-10: Paratuberkulose bei einem Steinbock (vollkommen abgemagert, Gewicht: 35 kg!) und vergrößerte Darmlymphknoten und Gamswild. Aus den Darmlymphknoten können auch die Erreger nachgewiesen werden (Fotos: A. Deutz)

Folgende Symptome konnten bei erkrankten Tieren festgestellt werden: Abmagerung, vergrößerte Darmlymphknoten, Durchfall, verzögerter Haarwechsel, verspätetes Verfegen, abnormer Geruch bei frisch verendeten oder mittels Fangschuss erlegten Tieren, Lebergranulome (stecknadelkopfgroße Abszesse), Lungenveränderung, Ödeme im Bereich des Darmtraktes sowie Bauchwassersucht. Die für das Rind typische hochgradige („hirnwindungsähnliche“) Verdickung und Faltenbildung der Darmwand ist bei Wildtieren nicht oder nur in geringerer Ausprägung zu beobachten. Erstmals gelang der Nachweis der intrauterinen Übertragung (Infektion der noch ungeborenen Kälber/Kitze) von *M. paratuberculosis* bei Rot- (3 Fälle) und Gamswild (1 Fall) sowie die bei Wildtieren bislang nicht beschriebene Isolierung des Erregers aus Leber, Lunge und Unterhautabszessen (DEUTZ et al., 2005).

Als Ursachen für die Häufung klinischer Fälle ab dem Jahre 2002 werden allgemein Fütterungen (Massierung von Tieren), Mängel in der Fütterungshygiene (wie Bodenvorlage von Futtermitteln), die Rotwildhaltung in Wintergattern und der Zukauf von (Gatter)Wild sowie die starke Zunahme der Mutterkuhhaltung und Rinderimporte mit einer Anreicherung der Erreger in der Umwelt vermutet. Ein nicht zu vernachlässigendes Risiko ergibt sich aus der zunehmenden Ausbringung von Gülle.

Zu untersuchen wäre zukünftig, ob durch milde, feuchte Winter die Überlebensfähigkeit der Erreger auf Weide-/Äsungsflächen erhöht wird und ob Hitzestress und Wassermangel (Sommer 2003, 2013, 2015) oder auch chronische Pansenübersäuerungen durch Fütterungsfehler (Getreideschrot- und Maisfütterung) und schwere Parasitosen bei Wildwiederkäuern zusätzliche prädisponierende Faktoren für das Auftreten von Paratuberkulose sein können.

D-1.3.3 Bakteriell bedingte Lungenentzündungen

Schwere Lungenentzündungen, oft begleitet von Rippen-/Lungenfellentzündungen, sind bei Gamswild immer wieder zu beobachten. Diese lassen sich vermuten, wenn erkrankte Stücke

husten oder hinter dem Rudel zurück bleiben, oder fallen spätestens im Zuge des Aufbrechens/Ausweidens auf. Zusätzlich kann Nasenausfluss auftreten.

Ursache dieser oft hochgradigen Lungenentzündungen ist häufig ein vorausgehender Lungenwurmbefall. Dabei werden Bakterien durch die wandernden Lungenwurmlarven in das Lungengewebe eingebracht und rufen Entzündungen hervor. Als Zusatzbelastung wirkt zumindest bei männlichen Stücken die Brunft. Die häufigsten aus erkrankten Gamslungen isolierten Bakterien waren bisher *Arcanobacterium pyogenes*, *Pasteurella* spp. *Mannheimia* spp. und *Escherichia coli*.

Im Zuge des Klimawandels kann von einer Zunahme des Infektionsdruckes mit Lungenwurmlarven auch in höheren Lagen ausgegangen werden und damit ist auch mit einer Zunahme von Lungenentzündungen bei Gams- und Steinwild zu rechnen. In der vorliegenden Arbeit waren aus 22 von 24 Lungenproben aus der Steiermark sowie aus 54% der Kotproben von Gämsen aus dem gesamten Untersuchungsgebiet Lungenwurmlarven nachweisbar!

D-1.3.4 Dermatophilose

Eine bis jetzt erst selten nachgewiesene, aber sicherlich häufiger vorkommende Hauterkrankung beim Gamswild ist die Dermatophilose. Dabei handelt es sich um eine durch die Bakterienart *Dermatophilus congolensis* verursachte, akut bis chronisch verlaufende, übertragbare Hautkrankheit. Es überwiegen milde Verlaufsformen, bei denen nach Wegfall hautschädigender Einflüsse Selbstheilungen vorkommen. In generalisierten Fällen kann sie jedoch zum Tode führen. Die Dermatophilose kommt vorwiegend in wärmeren Klimazonen, vereinzelt aber auch in Europa, bei über 30 Tierarten, wie z. B. Rindern, Pferden, Ziegen, Schafen, Fleischfressern, Schweinen, Nagetieren, Marderartigen, sowie gelegentlich beim Menschen vor. International wird eine Ausbreitung dieser Erkrankung beobachtet. In Österreich wurde 1997 vom Autor gemeinsam mit der Bundesanstalt für veterinärmedizinische Untersuchungen in Graz das Vorkommen der Dermatophilose bei Rind, Pferd und Gamswild erstmalig nachgewiesen (DEUTZ u. HINTERDORFER, 1997). Bislang war die Dermatophilose bei Gamswild nur in der Schweiz beschrieben worden.

Die Ansteckung erfolgt über Hautverletzungen und Ektoparasiten, während dem direkten Tierkontakt geringere Bedeutung zuzukommen scheint. Begünstigend für das Auftreten sind längere Regenperioden (Aufweichung der oberen Hautschichten), intensive Sonnenbestrahlung, andere Hautinfektionen oder Zeckenbisse. Dermatophilose beginnt mit dem Aufrichten einzelner Haarbüschel und Krustenbildung. Innerhalb einiger Wochen entwickeln sich haarhaltige, schwer entfernbare Borken ohne Juckreiz (Unterschied zur Räude!). Diese Veränderungen können sowohl mit Räude als auch mit Lippengrind verwechselt werden.

Hinsichtlich des Auftretens der Dermatophilose ist im Zuge des Klimawandels ein möglicher Rückgang zu erwarten, falls längere Regenperioden, die ja ein prädisponierender Faktor für das Auftreten der Dermatophilose sind, seltener werden.

D-1.3.5 Brucellose

Weiters von Bedeutung sind serologische Befunde von Brucellose bei freilebendem Gams-, Stein- und Muffelwild in Frankreich (MICK et al., 2014). Es ist durchaus anzunehmen, dass Brucellose auch im Ostalpenraum beim Gams- und Steinwild vorkommt. Gebiete mit einem hohen Anteil sog. „Geltgeißen“ sind verdächtig. An gegenseitige Ansteckungen zwischen Schafen/Ziegen und Gams-/Steinwild muss gedacht werden. Eine ein- oder beidseitige Hodenvergrößerung bei Gamsböcken liefert einen Hinweis auf Brucellose und sollte diagnostisch abgeklärt werden, zumal auch eine Infektionsgefahr für den Menschen besteht.

D-1.3.6 Lebensmittelhygienisch bedeutsame bakterielle Infektionen

Als lebensmittelhygienisch bedeutsame bakterielle Infektionen (Zoonosen) die von Gams- und Steinwild ausgehen können, sind vor allem EHEC-Infektionen, Campylobacteriose, Lep-

tospirose, Q-Fieber und Salmonellose zu nennen (DEUTZ, 2012), wobei diese Erkrankungen auch bei anderen Schalenwildarten auftreten. Bei Schalenwild kommt weiters vereinzelt Tuberkulose und zunehmend Paratuberkulose vor, wobei der Zusammenhang zwischen Paratuberkulose bei Wild- und Haustieren und Morbus Crohn beim Menschen nach wie vor umstritten ist. Von Rindern übertragen wurden auf Almen in Tirol Fälle von Salmonellose auf Gamswild (*S. dublin*) mit hoher Mortalität unter Gämsen (GLAWISCHNIG et al., 2000).

In den letzten Jahren werden zunehmend Wildfleisch und besonders rohe Wildfleischprodukte als Infektionsquelle für Lebensmittelinfektionen mit aggressiven Colikeimen (STEC, VTEC, EHEC) angegeben und vermutet, dass Wild als Reservoir für diese Keime und Wildfleisch als Quelle möglicher Infektionen des Menschen bisher unterschätzt worden ist (BfR, 2007). Im Jahre 2002 waren drei Prozent der in Deutschland gezogenen Proben mit STEC belastet, 2005 bereits 14,8 Prozent. Damit lag der Anteil der belasteten Proben deutlich höher als bei Rindfleisch. Im Winter 2011/12 wurde bei Stichprobenkontrollen in Wildwürsten von vier österreichischen Herstellern Shigatoxin-bildende *Escherichia coli*-Keime nachgewiesen, worauf es Rückrufaktionen gab und in den Medien vor dem Verzehr dieser Produkte gewarnt wurde. In Österreich lag die Inzidenz von VTEC-Infektionen im Jahr 2011 bei 1,43/100.000 Einwohnern (AGES, 2012).

Im Rahmen einer eigenen Untersuchung wurden Wischproben von 61 Gamswild-Schlachtkörpern und 8 Arbeitsmessern gezogen, diese im Labor der Veterinärdirektion vorbereitet und in der AGES IMED Graz mittels PCR untersucht. Dabei konnte eine sehr hohe Prävalenz von VTEC mit 79% und sogar potentiell enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC) in 3,3% der Proben festgestellt werden (DEUTZ et al., 2014). Als EHEC werden VTEC bezeichnet, die zusätzlich den Adhärenzfaktor Intimin tragen, und somit als virulenter einzustufen sind. Sämtliche Wischproben von Messern waren VTEC positiv, 6 davon (75%) auch EHEC-positiv.

D-1.3.7 Moderhinke beim Steinwild

Die Moderhinke oder Klauenfäule ist eine bakterielle Klauenerkrankung, die durch zwei Bakterienarten (*Fusobacterium necrophorum* und *Dichelobacter nodosus*) verursacht wird und vorwiegend nach längeren Regenperioden im Frühjahr und Herbst bei Hausschafen, Ziegen, Mufflons und Steinwild auftritt. Erst das Zusammenwirken der beiden angeführten Bakterienarten in sauerstofffreiem Milieu (Hornklüfte der Schalen, Zwischenklauenspalt) bewirkt schmerzhaftes, tiefgreifende, meist übelriechende Entzündungen der Klauenlederhaut, die bis zum so genannten „Ausshuh“, d.h. der vollständigen Loslösung der Schale (Klauenhorn, Hornschuh) vom Klauenhorn führen kann. Ausbrüche von Moderhinke haben schwere Verluste bei Steinwild in Tirol (Kleiner Rettenstein, Rossgruben), der Schweiz (Appenzell, St. Gallen) und Frankreich (Savoyen) verursacht (SCHAWALDER, 1997).

Die Erstinfektion erfolgt mit *D. nodosus*. Maßgebend sind auch Umweltfaktoren (längere Regenperioden, Feuchtigkeit, Temperaturoptimum). Die Häufigkeit des Auftretens ist im Frühjahr am höchsten, gefolgt von Herbst, Winter und Sommer und steht in direktem Zusammenhang mit der jeweiligen Niederschlagsmenge. Die Erreger überleben in Hornklüften bis zu zwei Jahre und die Infektion ist wechselweise zwischen Haus- und Wildtieren übertragbar.

Ein unmittelbarer Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit des Auftretens von Moderhinke bei Wild- und Haustieren ist nicht zu erwarten. Zukünftige geringere Niederschlagsmengen oder kürzere Regenperioden könnten sogar zu einem Rückgang der Moderhinke führen.

D-1.4 Viral bedingte Erkrankungen

D-1.4.1 Lippengrind (*Ecthyma contagiosum*)

Lippengrind ist eine virusbedingte Infektionskrankheit (Parapockenviren), die bei Wildtieren fast ausschließlich bei Gams- und Steinwild (seltener Rotwild) und darüber hinaus bei Haus-

schafen und -ziegen sowie nach Kontakt mit erkrankten Tieren auch beim Menschen auftritt. Die Erkrankung verläuft meist ohne deutliche Beeinträchtigung der infizierten Tiere, zusätzlich ist die Selbstheilungsrate relativ hoch. Die Erreger dringen über Haut- oder Schleimhautverletzungen ein und verursachen blasenartige Veränderungen und später geschwürige Entzündungen an Äser, Lippen, Gaumen, Lecker und seltener an den Extremitätenenden. Veränderungen im Äserbereich erschweren die Äsungsaufnahme, was Todesfälle infolge Entkräftung und Verhungerns hervorruft. Lippengrind kommt fast nur im Winter und hauptsächlich bei jungen oder schwachen Stücken vor, was auf zusätzliche Faktoren (Harschschnee, extreme Witterung, Äsungsknappheit, Beunruhigung usw.), die zum Angehen dieser Erkrankung führen, hindeutet. Im Frühjahr kommt es durch die verbesserten Lebensbedingungen nicht selten zu Selbstheilungen. In abgefallenen Hautkrusten kann der Erreger mehrere Jahre überleben und infektiös bleiben. Beim Menschen können nach Kontakt mit an Lippengrind erkrankten Tieren Erreger über Hautwunden eindringen, die nach 3 bis 7 Tagen vorwiegend an Händen, Armen, Hals sowie im Gesicht oder Nacken Bläschen, Pusteln und Krusten hervorrufen. Diese Veränderungen heilen i.d.R. innerhalb weniger Wochen komplikationslos ab. Daneben werden vereinzelt Fieber, Lymphknotenschwellungen oder Gelenkschmerzen beobachtet.

D-1.4.2 Papillomatose

Die durch Papovaviren verursachte Papillomatose mit erhabenen, warzenartigen Veränderungen (bei Lippengrind meist eingesenkte Geschwüre) an den Schleimhäuten der Verdauungsorgane oder der Haut wurde bisher bei Gams-, Stein-, seltener bei Rot-, Dam- und Rehwild sowie Hasen und Wildkaninchen nachgewiesen. Die Übertragung erfolgt über kleine Wunden, Insektenstiche, direkten Kontakt oder auch bei Salzlecken. Krankheitserscheinungen treten hauptsächlich im Winter auf, können die Nahrungsaufnahme behindern oder zu Bewegungsstörungen führen. Im Frühjahr heilt die Papillomatose in den überwiegenden Fällen wieder ab. Zukünftige mildere Winter könnten zu einem Rückgang von Lippengrind und Papillomatose führen.

D-1.4.3 Weitere übertragbare virale Erkrankungen und Klimawandel

Im Zuge langer, heißer Sommer ist es auch möglich, dass Vektoren wie Zecken darunter leiden, dafür aber z.B. Mückenarten – auch Arten, die bislang in Mitteleuropa nicht vorgekommen sind – davon profitieren. Ein Beispiel dafür ist die Blauzungkrankheit (Blue-tongue) oder Infektionen mit dem Schmallenberg-Virus, Infektionskrankheiten bei Schafen, Rindern, Ziegen und Wildwiederkäuern (SCHIEFER et al, 2013). Das im Blut infizierter Tiere zirkulierende Virus wird von Stechmücken der Gattung *Culicoides* und Zecken von Tier zu Tier übertragen. Das saisonale Auftreten dieser Erkrankung hängt eng mit der Flugzeit weniger Mückenarten zusammen.

Eine verlustreiche Viruserkrankung für Pyrenäengämsen (*Rupicapra pyrenaica*) ist die Border disease, hervorgerufen durch ein Pestivirus (Genotyp BDV-4). Diese Infektion wirkt immunsuppressiv, sodass infizierte Tiere häufig an Sekundärinfektionen erkranken und auch verenden können. Für solche Sekundärinfektionen spielen Witterungs- und Klimafaktoren eine erhebliche Rolle (MARCO et al., 2015). Bei der Border disease kann es nach intrauteriner Infektion zu einem Dauerausscheiden des Erregers kommen. Pestivirusinfektionen haben im Alpenraum nur eine geringere Bedeutung für das Gamswild.

D-1.5 Nicht erregerbedingte Erkrankungen

D-1.5.1 Zunahme von Tumoren?

Mitte November 2010 wurde bei einer ca. 23 Jahre alten Gamsgeiß ein massives Plattenepithelkarzinom am Haupt diagnostiziert. Der bösartige Tumor in der Stirngegend wucherte auch in den Schädelknochenbereich ein, was zur großflächigen Auflösung von Knochen substanz führte (DEUTZ, 2011). Plattenepithelkarzinome sind bösartige, von der Haut oder

von Schleimhäuten ausgehende Tumore. Sie entwickeln sich in erster Linie auf schwer lichtgeschädigter Haut, oft auf vorgeschädigter Haut und wachsen warzenartig, oft geschwürig zerfallend und teilweise verhornend. Plattenepithelkarzinome sind ein gutes Beispiel für einen durch Sonnenlicht ausgelösten Hauttumor. Da offenbar die kumulative Sonnenexposition („UV-Lebenszeitkonto“) eine entscheidende Rolle spielt, ist ein derartiges Leiden bei einer sehr alten Gamsgeiß nicht verwunderlich. Da regional auch beispielsweise Ohrrendkarzinome bei Hauskatzen, die sich viel im Freien aufhalten, zunehmen, besteht der Verdacht, dass das Sonnenlicht durch die Schädigung der Ozon-Schicht „aggressiver“ wird. Generell scheinen Tumoren bei Wildtieren in den letzten beiden Jahrzehnten zuzunehmen (DEUTZ u. DEUTZ, 2011).



Abb. D-11: Massives Plattenepithelkarzinom (bösartiger Hauttumor) am Haupt einer Gamsgeiß (Fotos: A. Deutz)

D-2 Änderungen in der Vegetation durch Klimaänderungen

Das Klima fasst mehrere miteinander in Wechselwirkung stehende Standortfaktoren zusammen und wirkt sich so unmittelbar auf die Vegetation aus. Die bereits eingetretenen und sich abzeichnenden Änderungen werden in vielfältiger die Eigenschaften der Arten und Verschiebungen in der Artzusammensetzung verursachen. Viele der Mechanismen sind auf einem groben Maßstabniveau bekannt, jedoch für Detailprognosen ist noch ein enormer Forschungsaufwand sowohl bei den Klimamodellen als auch in der Ökologie zu decken, nicht zuletzt durch die zu berücksichtigenden Wechselwirkungen. Die hier vorliegende Arbeit versucht, auf Basis einer einfachen, groben Literaturstudie eine Einsicht in die Faktoren, Parameter und mögliche Wechselbeziehungen in die Dynamik der Vegetation, besonders der der höheren Lagen in Österreich, unter dem Gesichtspunkt der zu erwartenden Klimaänderungen zu geben.

D-2.1 Pflanzen und Vegetation

Organismen können grundsätzlich auf drei Arten auf Änderungen der Umweltbedingungen bzw. dadurch verursachten Stress reagieren: (1) Ausharren unter den geänderten Bedingungen, im Sinne einer Stress-Toleranz, (2) Migration in Gebiete mit besser passenden Bedingungen im Sinne einer Stress-Vermeidung oder (3) aussterben.

Für uns hier interessant sind die Strategien, die ein Ausharren am Standort ermöglichen, da Pflanzen im Gegensatz zu Tieren wenig mobil sind. Auch hier gibt es drei Möglichkeiten, die sich teilweise ergänzen bzw. ineinander übergehen können: (a) ökologische Toleranz einzelner Arten, also die Möglichkeiten von Arten eine bestimmte Schwankungsbreite eines Umweltfaktors zu ertragen, (b) langsam verlaufende genetische Anpassungen der jeweiligen Population, oder (c) dass durch externe Prozesse (z. B. im Boden) die Änderungen für bestimmte Pflanzengemeinschaften abgepuffert werden und so zumindest nicht voll zum Tragen kommen. Als erstes werden die Teile einer Population besser mit den geänderten Bedingungen zu Rande kommen, die die höchste (genetische) Diversität aufweisen und damit verbunden wahrscheinlich auch die höchste ökologische Toleranz besitzen. Eine höhere genetische Diversität erhöht ebenso die Möglichkeit, dass genetische Anpassungen im Sinne einer Selektion erfolgen können. Verkompliziert werden diese Anpassungsstrategien durch weitere Einflüsse von außen, zusätzlich zu klimatischen Änderungen, wie Interaktionen zwischen Individuen bzw. Organismen (z. B. Konkurrenz, Änderungen bei Bestäubern oder Feinden...), da diese Populationen ebenso massiv beeinflussen (vgl. THEURILLAT u. GUIBAN, 2001).

D-2.1.1 Änderungen am Standort und physiologische Anpassungen

Die prognostizierten Änderungen der klimatischen Standortbedingungen beeinflussen die chemische Zusammensetzung der Pflanzen, die sich direkt auf die Futterqualität und auf Zersetzungsprozesse auswirkt und so sowohl ökologische als auch ökonomische Prozesse ändert (ABDELGAWAD et al., 2014).

Phänologie ist die Wissenschaft jährlich periodisch wiederkehrender Ereignisse bei Pflanzen und Tieren, wie Entfalten der Blätter, Blüte, Fruchtreife oder die Ankunft von Zugvögeln. Der Anstieg der globalen Mitteltemperatur macht sich auf dieser Ebene in mittleren und höheren Breiten durch eine Verschiebung des jahreszeitlichen Zyklus von Pflanzen und Tieren zu früheren Beginnzeiten im Frühling und zu einem späteren Ende der aktiven Zeit im Herbst bemerkbar. Seit den frühen 1960iger Jahren hat sich laut Untersuchungen im Rahmen des (europaweiten) Netzwerkes phänologischer Gärten die Länge der Vegetationsperiode durchschnittlich um ca. zehn Tage erhöht, davon sechs im Frühjahr, was einem früheren Beginn entspricht und mit ca. vier Tagen Verlängerung im Herbst. Diese Änderung wird auf eine Erhöhung der Lufttemperatur zurückgeführt (THEURILLAT u. GUIBAN, 2001). FUHRER et al., (2014) diskutieren den Beginn der Vegetationsperiode, die sie mit einer Periode von fünf

Tagen mit mehr als +5 definieren und die Periode zwischen diesem Beginn und dem Termin des letzten Frosts (Temperatur unter -3), um das zukünftige Risiko für Spätfröste abschätzen zu können. Die Datenlage ist nicht vollständig klar, aber durch den früheren Beginn der Vegetationsperiode, steigt unter Umständen das Risiko für Spätfröste, da zu Beginn durch die Variabilität der Temperaturen es immer wieder zur Unterschreitung der Grenze kommen kann. Die Autoren nennen verschiedenen Modellen zufolge für die Schweiz eine mögliche Verlängerung der Vegetationsperiode um bis zu 16 Tage. BLOOR et al. (2010) konnten eine beschleunigte Entwicklung bei Gräsern feststellen, die Blüte setzte pro Grad Erwärmung im Durchschnitt um etwas mehr als drei Tage früher ein. Diese Autoren nennen aber auch andere Quellen, die eine um 1,3 bis 11 Tage frühere Blüte pro Grad Erwärmung angeben.

WALTHER (2010) nennt auf Basis einer weltweiten Studie bei 677 Arten eine Beschleunigung der jahreszeitlichen Entwicklung um 2,3 Tage pro Dekade in den letzten vier Dekaden, gibt aber auch zu bedenken, dass nicht jede Art gleich reagiert und auch davon ausgegangen werden kann, dass dieser Effekt nicht linear auf zukünftige Szenarien zu interpolieren ist, sondern sich bereits früher abschwächen wird. Änderungen in der Phänologie sind ein Zeichen für die oben genannte ökologische Toleranz, hier im Sinne einer ökologischen Plastizität und stellen eine kurzfristige Antwort auf die geänderten Bedingungen dar. (THEURILLAT u. GUISSAN, 2001). Die im Anschluss besprochenen Änderungen im Stoffhaushalt sind bedingt durch die kurzen Zeiträume und den beschriebenen Versuchen bzw. Untersuchungen ebenfalls noch eher Teil der Toleranz und noch nicht im genetischen Code fixiert.

Einer der wichtigsten Ursachen der Klimaänderungen ist die Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Dieses Gas spielt für die Pflanzen bei der Photosynthese eine zentrale Rolle und so hat dieser Parameter auch Auswirkungen auf die Pflanzen. Generell profitieren speziell Gräser von mehr CO₂, es kann aber auch zu Problemen führen, da durch mehr CO₂ der vorhandene und begrenzte Stickstoff (in geringerem Maße auch Phosphor) im Pflanzengewebe sozusagen "verdünnt" werden könnte, die Blätter also weniger Stickstoff (Rohprotein) enthalten (Körner et al. 1997; ABDELGAWAD et al., 2014), was zu einem erhöhten Fraßdruck führen würde, da die Herbivoren dieselbe Menge an Stickstoff (Proteine) aufnehmen müssen. Umgekehrt ist bei manchen Arten eine Erhöhung der Zuckerkonzentration bei erhöhtem CO₂ möglich (KÖRNER et al., 1997). Es kann vermutet werden, dass speziell unter Trockenstress Verluste in der Futterqualität durch die Akkumulation von Fructanen (Fruchtzucker) bei Gräsern weniger stark auftreten als bei Leguminosen. Zusätzlich kann hier auch wahrscheinlich von einer Erhöhung des Rohfaser-Anteils ausgegangen werden (ABDELGAWAD et al., 2014), auch bei Gräsern unter Trockenstress.

Leguminosen wiesen unter erhöhtem CO₂ ein niedrigeres Kohlenstoff:Stickstoff (C:N) aber höheres Kohlenstoff:Phosphor (C:P) und Stickstoff:Phosphor (N:P) Verhältnis auf, im Vergleich zu anderen Pflanzenfamilien. Leguminosen konnten also den vermehrt assimilierten Kohlenstoff mit Stickstoff, den sie fixieren, nutzen (ABDELGAWAD et al., 2014). Ebenso werden auch sekundäre Pflanzenstoffe wie Tannine beeinflusst, deren geänderte Konzentration wiederum die Verdaulichkeit der aufgenommenen Biomasse beeinflussen kann (ABDELGAWAD et al., 2014).

Die erhöhte CO₂-Konzentration, speziell auch in Kombination mit Änderungen in der Phänologie, wird auch das Verhältnis zwischen Pflanzen und ihren Bestäubern beeinflusst werden, da dadurch erstens die Blüte als solche beeinflusst wird (Zeit, Anzahl Blüten) aber auch die Qualität des Nektars. Es gibt jedoch keine einheitlichen Trends, jedoch es scheint, dass auch hier das Verhältnis von verfügbarem Kohlenstoff (über CO₂) und Stickstoff eine Rolle zu spielen scheint, da meist die Leguminosen, die Stickstoff fixieren können, anders als Arten aus anderen Pflanzenfamilien reagierten (ERHARDT u. RUSTERHOLZ, 1997). Die zitierten Untersuchungen sind jedoch nur zum Teil praxisrelevant, da die prognostizierten Änderungen sich nicht auf die Erhöhung von CO₂ beschränken und die Reaktionen der Organismen auch von den anderen Standortfaktoren abhängt und sich die Kombinationen (z. B. Temperatur - Niederschlag und damit mögliche Dürreperioden) sich unterschiedlich auswirken, wie z. B. in der Arbeiten von ABDELGAWAD et al., (2014) und BROOKSHIRE u. WEAVER (2015) am Beispiel Trockenheit beschrieben.

Da die zukünftige Niederschlagsituation für Österreich in den Klimamodellen noch sehr unsicher ist, durch die Lage des Alpenraumes im Übergangsbereich von zwei Zonen wie im Kapitel Klimaszenarien beschrieben, sind hier somit belastbare Aussagen fast nicht zu treffen. Hinzu kommt, dass die Untersuchungen sich mit Arten der klassischen Grünlandwirtschaft beschäftigen, wo die Übertragbarkeit in hochmontane bzw. alpine Gemeinschaften ebenfalls nicht geklärt ist. Für endgültige Prognosen, welche Pflanzen profitieren und welche zurückgehen könnten bzw. wie sich die Produktivität entwickeln wird, sind alle Umweltbedingungen und auch Wechselbeziehungen auf Gemeinschaftsebene (z. B. Konkurrenzphänomene, Bestäuber, Nahrungsnetze) miteinzubeziehen (BROOKSHIRE u. WEAVER, 2015; ABDELGAWAD et al., 2014; BLOOR et al., 2010; WALTHER, 2010), was mit dem bisherigen Wissensstand noch sehr schwierig ist, siehe auch das folgende Kapitel über Änderung auf Gemeinschaftsebene. Auch kann von Anpassungen bzw. Plastizität einer Art aus einer Region nur eingeschränkt und nicht von vorn herein auf das Verhalten anderer Arten in anderen Gebieten geschlossen werden. Zu guter Letzt ist auch der Einfluss des Menschen bzw. der konkreten Nutzung ein Faktor, der in diesem Wechselspiel eine Rolle spielt und Reaktionen von Pflanzen beeinflussen kann (BÜTOF et al., 2012).

D-2.1.2 Änderungen auf Gemeinschaftsebene

Generell werden sich Verschiebungen in der lokalen bzw. regionalen Artengarnitur durch die Klimaänderungen ergeben, Pflanzengemeinschaften werden z. B. nicht einfach ihrem "gewohnten" Temperaturregime folgen (können), es wird durch Prozesse und Wechselwirkungen zwischen Arten und Gruppen auf Gemeinschaftsebene zu Verschiebungen in der Dominanzstruktur und zu zumindest lokalen und regionalen Aussterbe- und Einwanderungsphänomenen kommen. Außerdem werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit Unterschiede zwischen Pflanzengemeinschaften, die durch die klimatischen Verhältnisse geprägt sind (z. B. Vegetation der Höhenstufen wie montan, subalpin, alpin...) und Gemeinschaften, die durch edaphische und extrazonale Bedingungen (z. B. Auwälder) geprägt sind (THEURILLAT et al., 1998). Vor allem bei ersteren werden sich neue Pflanzengemeinschaften ausbilden, die auch existierende vollständig ersetzen können (THEURILLAT et al., 1998). Auch hier ist der Einfluss der menschlichen Nutzung nicht zu vernachlässigen: Eine Untersuchung aus dem Norden Englands zeigte, dass eine künstliche erwärmte, ursprünglich von Gräsern dominierte Pflanzengemeinschaft nach einiger Zeit von Zwergbirken dominiert wurde. Jedoch mit natürlicher Beweidung durch Moschusochsen und Rentiere unterschieden sich die Versuchsfelder nach fünf Jahren nicht von unbehandelten Kontrollflächen (WALTHER, 2010).

Pflanzenarten lassen sich nach speziellen Eigenschaften gruppieren; eine derartige Gruppierung ist die nach ihrer Lebensform, die vereinfacht auf der Lage der Überdauerungsorgane der Pflanze beruht. Jede dieser Lebensformen bietet unter bestimmten Umständen Vorteile, aber auch Nachteile und stellt eine konkrete Anpassung an den Standort dar. Durch klimatische Änderungen ändert sich die Situation. So werden laubwerfende Baumarten Nadelbäume in der subalpinen Zone verdrängen, während Chamaephyten (Diese haben ihre Überdauerungsorgane für den Winter in Bodennähe, maximal 50cm über Grund) die Hemikryptophyten auskonkurrenzieren, die ihre Überdauerungsorgane auf der Bodenoberfläche haben. Zu den Chamaephyten gehören z. B. die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* oder Almrausch (*Rhododendron* sp.)), diese werden gegenüber den Hemikryptophyten in den Zwergstrauchheiden erfolgreicher sein (THEURILLAT u. GUIAN, 2001).

Ein weiteres Phänomen, für das es bereits Hinweise gibt, sind nicht zuletzt verstärkte und geänderte Muster bei Ausbrüchen von Krankheiten bzw. Schädlingen. Beispiele dafür gibt es aus Norditalien bei der Fichte, wo durch wärmere und trockenere Verhältnisse über mehrere Jahre der Zuckergehalt in den Nadeln stieg und gleichzeitig für die Kleine Fichtenspinnblattwespe (*Cephalcia arvenis*) sowohl die Sterblichkeitsrate als auch die Entwicklungszeit sank und die Nahrungsgrundlage verbessert wurde (THEURILLAT u. GUIAN, 2001).

Der generelle Trend nach mehreren Untersuchungen zeigt, dass auf lokalem bzw. regionalem Niveau die Artenvielfalt steigen kann (z. B. GRABHERR et al., (1994), (1994); THEURILLAT u. GUIAN (2001). In den höchsten Lagen (alpin - nival) wird die Artenvielfalt jedoch

langfristig nach Untersuchungen von PAULI et al. (2007) sinken, da den speziell an Kälte angepassten Arten der Lebensraum zukünftig fehlen wird, da für diese eine Wanderung "nach oben" nicht mehr möglich ist. Die Autoren registrierten aber auch in ihrer Untersuchung am Schrankogel in den Stubai Alpen im Übergangsbereich von der alpinen zur nivalen Stufe (ca. 2900 - 3200m Seehöhe) zwischen 1994 und 2004 eine Erhöhung der Artenvielfalt. Jedoch nahm die Deckung von Arten, die einen etwas tiefer gelegenen Verbreitungsschwerpunkt haben stärker zu, als von jenen der höchsten Lagen. Sie postulieren einen fließenden Übergang von nivalen zu subnivalen bzw. von subnivalen zu alpinen Gemeinschaften in den zehn Jahren zwischen den einzelnen Untersuchungen (PAULI et al., 2007). Änderungen in der Artenzusammensetzung, und daraus resultierend in weiterer Folge in den Verbreitungsgebieten resultieren in Neuorganisation der Gemeinschaften und wirken sich auf die Interaktionen zwischen den Arten und damit auf das Funktionieren ganzer Ökosysteme aus (WALTHER, 2010).

D-2.1.3 Änderungen in der räumlichen Verteilung - Verschiebungen entlang des Höhengradienten

Verschiebungen in der Verbreitung von Organismen sowohl entlang der geographischen Breite (Süd-Nord), der geographischen Länge (in Europa meist im Sinne einer West-Ost-Wanderung) und nicht zuletzt entlang des Höhengradienten, die auf Änderungen im Temperaturregime zurückzuführen sind, sind bereits Realität (LENOIR u. SVENNING, 2014). Diese beiden Autoren geben unter den derzeitigen Bedingungen eine Geschwindigkeit für diese Änderungen in der Verbreitung von 1,69km pro Jahr in Richtung Norden bzw. von 1,1m in Richtung höherer Lagen an. Beweise für Änderungen in der vertikalen Verteilung von Pflanzenarten in den höheren Lagen lieferte als einer der ersten die Veröffentlichung von GRABHERR et al. (1994). Seitdem wurden diese Ergebnisse in unterschiedlichen Varianten vielfach bestätigt (eine Untersuchung über ganz Europa bringen GOTTFRIED et al., 2012). Mit den klimatischen Änderungen werden sich Lebensräume nach oben verschieben bzw. stärker von Wärme liebenden Arten als bisher dominiert werden, eine einfache Verschiebung der gesamten Vegetationsgürtel (montan, subalpin...) ist wie an anderer Stelle erwähnt aber unwahrscheinlich. Sichtbarstes Zeichen dieser Verschiebung im Alpenraum wird die Veränderung bei der Waldgrenze sein; bei einem Temperaturanstieg von 1-2 °C wird ein Anstieg von um 100 bis 200 Höhenmeter prognostiziert (THEURILLAT u. GUIBAN, 2001).

Generell ergibt sich durch die Verschiebung der Temperaturzonen nach oben ein Lebensraumverlust, allein schon bedingt durch die Geomorphologie in den höheren Lagen. Die Areale werden kleiner und sind stärker fragmentiert, was innerhalb der Populationen zusätzlich auch eine erhöhte Konkurrenz erwarten lässt (THEURILLAT u. GUIBAN, 2001). Auf jeden Fall ist zu erwarten, dass auf Berggipfeln, die bis jetzt nur kleinere Anteile an der nivalen Stufe besitzen, diese dort vollständig verschwinden wird. Der heutige alpine Gürtel wird aus einem Mosaik aus subalpinen und alpinen Elementen bestehen, also an den begünstigten Lagen aus Zirbenwäldern und Zwergstrauchheiden und Rasen und an den weniger begünstigten, kühleren Standorten alpine Rasengemeinschaften andere alpine Elemente. Damit verbunden sind Verdrängungsprozesse in die subnivale und nivale Stufe, sofern diese am konkreten Standort vorhanden ist (THEURILLAT u. GUIBAN, 2001). ELSEN u. TINGLEY (2015) stellten bei der Arealverschiebung jedoch Unterschiede fest, je nach ursprünglicher Herkunft der wandernden Arten und je nach Gebirge. Arten der tieferen Lagen im Alpengebiet, die in mittlere Lagen wandern haben auch, bedingt durch Unterschiede in der Morphologie Chancen auf ein vergrößertes Areal. Sie schlussfolgern, dass für endgültige Aussagen das jeweilige Gebiet bzw. Gebirge mit seiner charakteristischen Topographie jedenfalls zu berücksichtigen ist. Daraus lässt sich jedoch auch schließen, dass der Konkurrenzdruck für Arten der mittleren Lagen (montane Stufe) höher sein wird als für andere.

D-2.1.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Bei einem mittleren Emissionsszenario (A1B, entsprechend dem IPCC Klimabericht) ist eine Erwärmung des Alpenraumes um etwa 3,5°C bis zum Ende des 21. Jhdts. so gut wie sicher.

Die durch den Klimawandel geänderten Standortbedingungen greifen stark in den Stoffhaushalt der Pflanzen ein und ändern so die Wechselbeziehungen nicht nur zwischen einzelnen Arten, sondern ganzer Lebensgemeinschaften und Ökosysteme. Diese Änderungen lösen zum Teil entgegengesetzte Phänomene in Gang, auch abhängig vom Betrachtungsmaßstab (Art - Gemeinschaft - Landschaft). Die größten Probleme gehen von möglichen Trockenperioden aus. Deren Stärke und Häufigkeit sind jedoch unter den derzeitigen Szenarien schwer vorherzusagen, tendenziell jedoch südlich des Alpenhauptkammes jedoch eher zu erwarten. Kurzfristig sind diese Änderungen als Stressphänomene einzuordnen, die in vielen Fällen die Vitalität und die Futterqualität negativ beeinflussen können. Für belastbare Aussagen ist jedoch noch ein hoher Forschungsbedarf zu decken. Es ist von Wanderbewegungen von Arten entlang des Höhengradienten auszugehen, dadurch werden viele Arten der höheren und höchsten Lagen einen Lebensraumverlust erleiden und es auch so zu Aussterbephänomenen kommen. Umgekehrt könnten Arten der tiefsten Lagen (und damit auch Futterpflanzen) in mittlere Lagen vorstoßen.

D-2.2 Änderungen der Futterqualität durch Klimaänderungen

Die mittel- bis langfristig auftretenden Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation kann in kürzeren Beobachtungszeiträumen an der Veränderung von Pflanzeninhaltsstoffen abgelesen werden. So lange kein langfristiger Wassermangel auftritt, reagieren die Pflanzengemeinschaften mit stärkerer Photosynthese-Leistung. Die generative Wachstumsphase beginnt früher, wird schneller durchschritten und führt in Folge zum früheren Eintritt in die generative Phase der Samenbildung. Dem Projektteam steht mit dem „Höhenprofil Johnsbach“ ein umfassendes untersuchtes Eichprofil zur Verfügung um eine Vergleichsuntersuchung der Futtermittelinhaltsstoffe zwischen dem Basiszeitraum 1993-1996 und dem Jahr 2015 durchzuführen. In den Basisjahren untersuchte die damalige Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft in Gumpenstein und einige Institutionen des Landes Steiermark verschiedene Einflussfaktoren für den Ertrag und die Futterqualität von Almweideflächen. Die Untersuchung wurde systematisch auf einem 16 km langen Transekt zwischen Treglwang/Schoberpass und Hieflau angelegt. Entlang seiner Hauptachse schneidet das Transekt im Norden den Kalkstock des Gesäuses und im Süden das Urgestein der Eisenerzer Alpen. Die Schnittlinien wurden so gelegt, dass jeder Gebirgsstock einmal in seiner Nordexposition und einmal in der Südexposition untersucht werden konnte. Aus der Beziehung von Grundgestein und Ausrichtung ergeben sich 4 Teiltransekte, die entlang ihres Höhengradienten vier Untersuchungsflächen in einer Höhe von 1.100, 1.300, 1.500 und 1.700 Meter Seehöhe beinhalten. Die gesamte Versuchsanlage, bestehend aus 16 Untersuchungsflächen mit einer Größe zwischen 300 und 1.200 m². Sie wurde als Eichprojekt für almwirtschaftliche Fragen angelegt und mit einem breiten Untersuchungsspektrum (Ertragsmessung, Nährstoffgehalt des Futters und Entwicklungsdynamik, sowie botanische Zusammensetzung, Bodenprofile und Bodenproben, Klimadaten, ...) ausgestattet. Die Ernte im Eichprofil wurden im Basiszeitraum von hauseigenen Botanikern mit dem phänologischen Zeitpunkt „Beginn Blüte der Hauptbestandsbildner“ festgelegt.

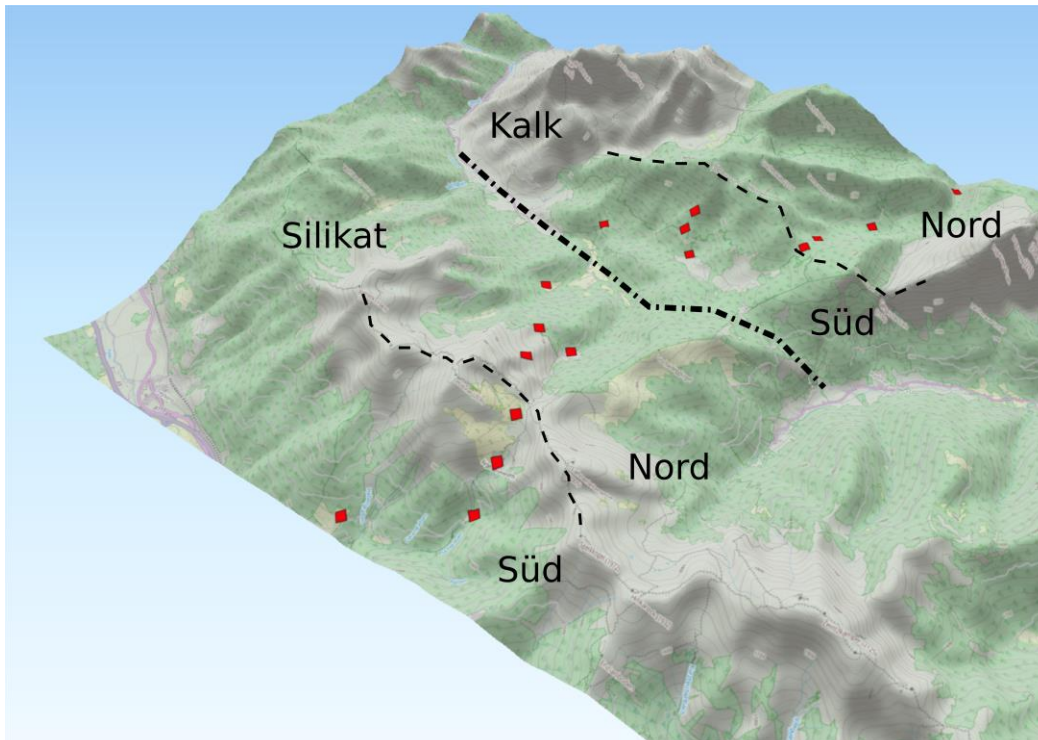


Abb. D-12: 3D-Modell des Höhenprofils (Kartographie: Albin Blaschka, Datengrundlage: Openstreet-map – <http://www.openstreetmap.org>)

D-2.2.1 Anlage und Ziele zur Prüfung der Futterqualität

Die ursprünglichen Flächen wurden im Jahr 2015 im Rahmen des Projektes StartClim2014.D im kleinen Maßstab wieder eingerichtet. Erstes Ziel dieser Arbeit ist die Ableitung des lokalen Temperaturgradienten und seiner Beziehung zur phänologischen Reife von Almfutter - ausgedrückt durch den Rohfasergehalt – in den Basisjahren 1993 - 1996. Das finale Ziel ist der Vergleich des phänologischen Reifeszustandes des Basisintervalls mit den aktuellen Daten von 2015. Die Untersuchung wird aber nicht über die phänologischen Reifestadien geführt, sondern indirekt am Rohfasergehalt der Pflanzen festgemacht. Dieser beschreibt als Summenparameter sehr gut die lokalen Bedingungen für die Entwicklung der Pflanzen. Die Versuchsflächen wurden im April-Mai an den ursprünglichen Standorten eingezäunt (~ 20 m²) und an den mittleren Erntetagen im Basiszeitraum (Maximale Intervallbreite +/- 3 Tage) zwischen 10.06.2015 und 31.07.2015 vollständig geerntet. Die Futterproben wurden an der HBLFA kurz gehäckselt und bis zum gemeinsamen Untersuchungstag am 8.8.2015 im Futtermittellabor Rosenau der Niederösterreichischen Landeslandwirtschaftskammer tiefgefroren. Eine der 16 Versuchsflächen (Bucheck) wurde von Rindern vollständig zerstört und konnte nicht in den Vergleich einbezogen werden.

D-2.2.2 Erkenntnisse aus den Basisuntersuchungen

In den Basisjahren wurden nicht nur das Futter zum vorgegebenen phänologischen Stadium geerntet, sondern zusätzlich rund 14 Tage vor und 14 Tage nach dem angestrebten Erntetermin je eine zusätzliche Proben entnommen. Diese Maßnahme öffnet ein Fenster von rund 1 Monat, in dem die Veränderung der Pflanzen analytisch beobachtet werden kann.

Tab.D-4: Entwicklung des Rohfasergehaltes in den Basisjahren

		Rohfasergehalt g/kg TM			Statistik	
		Erste Probe	Letzte Probe	Delta	p-Wert	R ²
Gestein					0,042	14,00%
	Urgestein	260,8	288,9	28,1		
	Kalk	236,4	273,0	36,6		
Exposition					0,600	
	Süd	248,5	283,0	34,5		
	Nord	248,7	279,0	30,3		
Höhe					0,600	
	1100	241,8	275,9	34,1		
	1300	256,4	285,8	29,4		
	1500	254,2	286,7	32,5		
	1700	241,9	275,4	33,5		

Eine statistische Analyse (GLM, Statgraphics Centurion XV) der Versuchsdaten aus den Jahren 1993 bis 1996 ergab für die ersten Proben auf den Versuchsflächen bei sehr geringer Modellsicherheit einen Modell-Mittelwert von 249 g Rfa/kg TM. Dieser Wert stieg innerhalb eines Monats auf 281 g Rfa (Ende der Blüte), was einer Veränderung von rund 1 g/Tag entspricht. Diese Dynamik ist in den Klassen der Lage und Höhenstufen nicht systematisch beeinflusst und unterscheidet sich in den Gesteinsarten geringfügig. Tabelle D-4 enthält die Ergebnisse des statistischen Modells. Die kaum vorhandenen Unterschiede zeigen, dass den Versuchsleitern die zeitliche Planung der Ernte rund um den Haupttermin gut gelungen ist.

Die konstante Entwicklungsdynamik der Pflanzen an den Standorten verschiebt sich allerdings deutlich entlang der Zeitachse, wobei sich Höhenstufen an unterschiedlichen Expositionen überholen können. Ebenso beeinflusst das einzelne Jahr den Erntetermin. Diese Aussagen werden von der statistischen Auswertung als hoch signifikant bestätigt. Mit Ausnahme des Teilgradienten Urgestein/Süd, dieser wurden im Schnitt zwischen 9. Juni und 2. August (54 Tage) geerntet, benötigen alle Teilgradienten zwischen 30 und 32 Tage, um den Höhenunterschied von 600 Metern zu überwinden. Das entspricht bei konstanter phänologischer Phase einer Entwicklungsdynamik zwischen 11 und 20 Metern Seehöhe/Tag. Unter Annahme der mittleren Entwicklungsdynamik von 17 Metern Seehöhe/Tag werden 100 Meter Seehöhe in 5,9 Tagen überwunden. Dieser Wert liegt in Nähe der Schwankungen der jährlichen Erntetermine, die im Mittel um 5 Tage schwanken.

Tab.D-5: Zeitliche Entwicklungsdynamik in den Teiltransekten

Teiltransekt	Dauer	Abweichung	Entwicklungsdynamik
	Tage		Meter/Tag
Urgestein / Süd	54	4	11
Urgestein / Nord	33	6	18
Kalk / Süd	32	5	19
Kalk / Nord	30	6	20
Mittelwert	37	5	17

Krimberger (1998) hat im Höhenprofil Johnsbach über 4 Jahre mit 4 Sensoren (+2 Meter Luft, -2 cm Boden, -20 cm Boden und -50 cm Boden, Datenlogger Starlog 6004 bzw. Starlog 7000) die Temperatur auf den Versuchsflächen gemessen. Der Sensor +2 Meter Luft wurde auf einem Holzpfahl schattenseitig mit Überdachung montiert. Da nicht alle Stationen permanent besetzt werden konnten bzw. gelegentlich auch keine gültigen Daten aufgezeichnet

wurden, entstand eine nicht ganz systematische Datenstruktur mit folgendem Ergebnis: In den Monaten der Vegetationsperiode (Mai bis September) entsteht eine Temperaturkurve, die sich zunehmend einem Kulminationspunkt nähert und danach wieder weitgehend auf den Ausgangspunkt abfällt. Die Kurve auf 1.100 Meter Seehöhe unterscheidet sich in Lage und Form signifikant von den anderen Kurven. Sie liegt mit einem mittleren Wert von 15,1° C mindestens um 3,8 Grad über der Kurve auf 1.500 Meter (11,3 °C) und erreicht ihren Wendepunkt im August. Alle anderen Kurven erreichen im Juli ihr Maximum. Die Kurve auf 1.700 Meter Seehöhe (9,4 ° C im Mittel der Vegetationsperiode) unterscheidet sich schwach signifikant von der Kurve auf 1.300 Meter Seehöhe bzw. 1.500 Meter Seehöhe. Letztere sind fast identisch. Das Gesamtbild ist plausibel, zeigt es doch die geschützten Tallagen, die insgesamt wärmer sind und die auch im August und September noch gute Wachstumsbedingungen aufweisen. Die Almen bis inklusive 1.500 Meter befinden sich noch unterhalb der Waldgrenze und unterschieden sich deshalb nicht so stark, über der Waldgrenze fällt die Temperatur weiter ab.

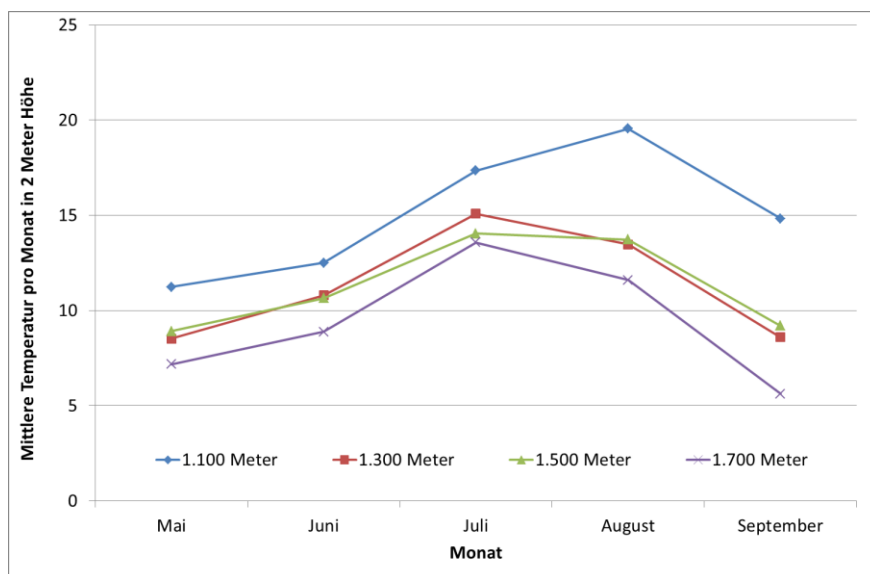


Abb. D-13: Monatsmitteltemperatur in den unterschiedlichen Höhenlagen

Neben der Untersuchung der Mittelwerte in den einzelnen Höhenstufen eignet sich vor allem die Bewertung der Temperaturabnahme pro 100 Meter Seehöhe, um die klimatischen Bedingungen zu beschreiben. Dieser Ansatz berücksichtigt nun auch das Grundgestein bzw. die Exposition. Hier ist zu beobachten, dass im Transekt Kalk/Süd die geringsten Unterschiede gemessen wurden. Dieses Transekt liegt begünstigt an der Sonnenseite im geschützten Johnsbachtal. Die gegenüberliegende Nordseite spreizt deutlicher, da die Flächen auf 1.300 und 1.500 Metern abgeschattet sind. Das Transekt Urgestein/Süd hat mit dem Haberl-Lehen einen begünstigten Standort auf 1.100 Meter Seehöhe. Das Transekt Kalk/Nord liegt im Schnitt. Die stärksten Temperaturunterschiede entlang des Höhengradienten finden sich am Beginn der Vegetationsperiode. Die Gradienten liegen alle im Bereich der feuchtadiabatischen Konstante von $-0,6^{\circ}\text{C}$.

Tab.D-6: Temperaturgradient in den Teiltransekten

Monat	Urgestein/Süd	Urgestein/Nord	Kalk/Süd	Kalk/Nord	Mittel
Juni	-0,94	-0,69	-0,47	-0,62	-0,68
Juli	-0,60	-0,70	-0,38	-0,48	-0,54
August	-0,54	-0,64	-0,26	-0,50	-0,48
September	-0,49	-0,58	-0,34	-0,46	-0,47
Mittel	-0,64	-0,65	-0,36	-0,52	-0,54

D-2.2.2.1 Zusammenfassung

Die BAL Gumpenstein hat zwischen 1993 und 1996 auf 16 Standorten systematisch und bei gleichen phänologischen Stadium, Futter von Almflächen geerntet und chemisch untersucht. 14 Tage vor dem eigentlichen Erntetermin und 14 Tage danach wurden weitere Futterproben entnommen. Die zeitliche Dynamik der Erntetermine zeigt, dass die phänologische Entwicklung der Pflanzenbestände mit einer mittleren Geschwindigkeit von rund 17 Metern Seehöhe pro Tag (5,9 Tage pro 100 Meter Seehöhe) entlang des Höhengradienten stattfindet. Die lokale Entwicklungsgeschwindigkeit lässt sich mit dem Rohfasergehalt beschreiben und beträgt 1 g Rohfaser pro kg TM pro Tag. Aus den Temperaturmessungen konnte zusätzlich ein mittlerer Temperaturgradient von $-0,54^{\circ}\text{C}$ pro 100 Meter Seehöhe abgeleitet werden. Unter der Annahme einer Klimaerwärmung von $1,7^{\circ}\text{C}$ und einer Linearität der beobachteten Größen, würde der Almsommer im Höhenprofil Johnsbach im Mittel um rund 3 Wochen früher beginnen. Dies bedeutet aber auch, dass bei konstantem Datum die Reife der Pflanzenbestände weiter fortgeschritten wäre und der Gehalt an Rohfaser um rund 22 g/kg TM steigen würde. Das entspricht bei alpinem Grünfutter - Almfutter dann nicht mehr dem Nutzungsstadium Ähren/Rispenschieben (228 g Rfa/kg TM), sondern nach Resch et al. 2006 dem Stadium Beginn Blüte (252 g Rfa/kg TM)

D-2.2.3 Rohfaservergleich zwischen Basiszeitraum und dem Jahr 2015

Die Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung aus dem Jahr 2015 wurden in das Datenmaterial der Basiserhebung eingefügt und mit demselben statistischen Modell (GLM, Statgraphics Centurion XV) ausgewertet. Vor der Auswertung wurden eine Prüfung auf Normalverteilung und ein Ausreißer Test mit einem Grenzwert von 2σ durchgeführt. Dieser bestimmt den gültigen Datenbereich zwischen einem Rohfasergehalt von 215,3 bis 326,1 g Rfa/kg T. 5 Messwerte aus unterschiedlichen Jahren lagen zum Teil begründet außerhalb dieses Bereiches und wurden entfernt.

Das Modell wurde so formuliert:

$$y_{ijk} = my + J_i + G_j + L_k + J_iG_j + J_iL_k$$

wobei gilt:

y_{ijk} = Beobachtungswert der abhängigen Variable

my = gemeinsame (Mittlere) Konstante

J_i = fixer Effekt der Untersuchungsjahres (1993,1994,1995,1996,2015)

G_j = fixer Effekt des geologischen Grundgesteins (Kristallin, Kalk)

L_k = fixer Effekt der Exposition (Süd, Nord)

J_iG_j = Wechselwirkung aus Jahr und Grundgestein

J_iL_k = Wechselwirkung aus Jahr und Lage

Die fixen Effekte zeigen alle einen hoch signifikanten Einfluss ($p < 0,005$) auf den Beobachtungswert. Ein möglicher Effekt der Höhe wurde geprüft. Da dieser aber keinen signifikanten Beitrag zur Erklärung der Streuung liefern kann, wurde dieser wieder entfernt. Dieses Erkenntnis beweist, dass die Ernte der einzelnen Flächen im vergleichbaren phänologischen Stadium vorgenommen wurde. Die Wechselwirkungen waren zwar nicht signifikant, allerdings kann an den Ergebnissen abgelesen werden, dass die ursprünglichen Unterschiede zwischen den Grundgesteinen und den Expositionen (Lage) im Jahr 2015 schwächer vorhanden waren. Insgesamt ist die Streuung im Datenmaterial hoch und das Bestimmtheitsmaß erreicht deshalb nur 32,9 %. Dieser Aspekt ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Tab.D-7: Rohfasergehalte von Almfutter nach fixen Effekten

Fixer Effekt	Ausprägung	Rohfasergehalt g/kg T	Statistik	
			p-Wert	R ²
Jahr	1993	262,2	0,017	32,90%
	1994	282,6		
	1995	266,5		
	1996	263,6		
	2015	283,5		
Gestein	Kristallin	277,6	0,024	32,90%
	Kalk	265,8		
Exposition	Süd	279,0	0,006	
	Nord	264,3		

Der Jahreseffekt zeigt zwei Cluster von Ergebnissen, die in einem mehrfachen Mittelwertvergleich (LSD) bestätigt wurden. Die Jahre 1994 und 2015 bilden Cluster I, die Jahre 1993, 1995 und 1996 Cluster II. Ohne dass diese Auswertung bereits Temperaturdaten berücksichtigt, kann der Einfluss des Wetters besprochen werden. Das Jahr 1994 hatte den bis dorthin wärmsten Sommer seit Beginn der Aufzeichnung und ähnliches ist auch vom Jahr 2015 zu erwarten. Cluster I wird als „warme Sommer“, Cluster II als „normale Sommer“ bezeichnet

Mittel und 95.0 Prozent LSD-Intervalle

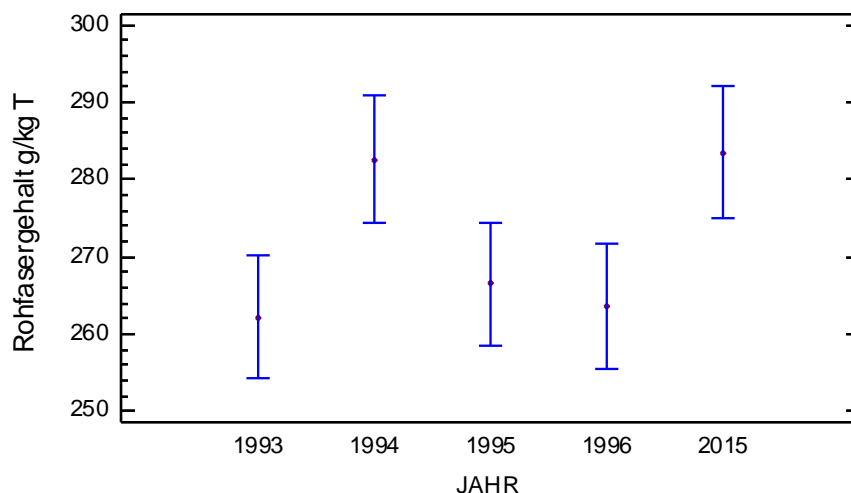


Abb. D-14: Rohfasergehalte in den einzelnen Versuchsjahren

Die ursprünglichen Daten wurden nun nach den beiden Clustern gemittelt und gemeinsam mit ihren Ernteterminen neu bewertet. Liegt der Rohfasergehalt von Almweiden in normalen Sommern bei 262,9 g Rfa/kg T, steigt dieser in den warmen Sommern auf 282,0 g Rfa/kg T. Der Unterschied von 19 g Rfa/kg T entspricht nach den elementaren Zusammenhängen in den Basisjahren (+1 g Rfa = + 1 Tag in der phänologischen Reife = + 5,9 Meter Seehöhe des Temperaturgradienten (-0,54°C/100 Meter)) einen Unterschied von 1,74°C. Dieser Wert liegt nahe an dem von der ZAMG angegebenen wärmsten Sommer 2014, der ebenfalls um 1,7°C über dem langjährigen Mittel (1991-2010) liegt (ZAMG, 2014).

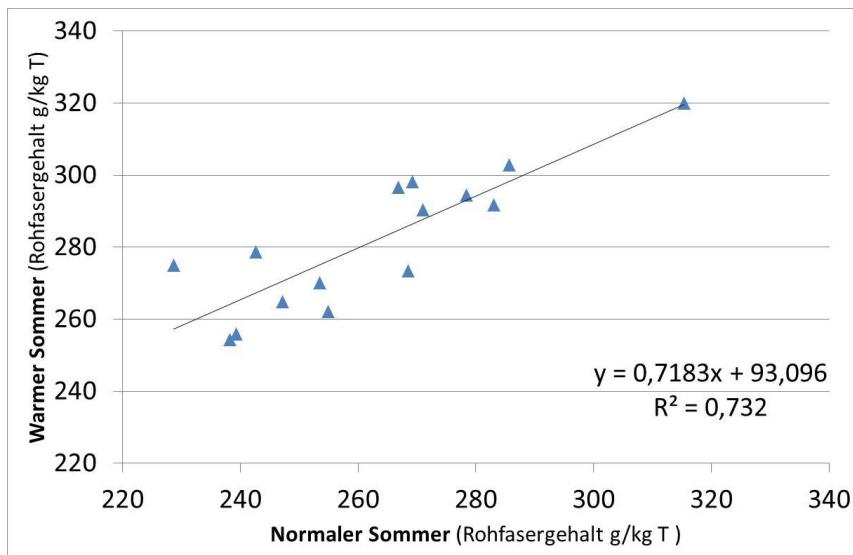


Abb. D-15: Rohfasergehalt von Almweiden in normalen und warmen Sommern

In der Gegenüberstellung der Rohfasergehalte vermischen sich alle Einflussfaktoren der einzelnen Standorte. Für eine Rekonstruktion während des Sommers wird deshalb noch eine zweite Sichtweise – die der temporalen Entwicklung eingebracht. Auf den einzelnen Standorten wird dafür die Differenz des Rohfasergehaltes zwischen warmen und normalen Almsommern berechnet und auf den gemeinsamen Erntetermin aufgetragen. Es zeigt sich nun ein deutlich loserer Zusammenhang, der mit dem Mikroklima der Standorte erklärt werden kann. Eine einfache Trendlinie zeigt uns aber, dass sich die Differenz zwischen normalen und warmen Jahren während des Sommers verstärkt. Die Futterflächen, die Ende Juli in den Lagen um 1.700 Meter Seehöhe geerntet wurden, zeigen eine doppelt so hohe Differenz wie die Tallagen um 1.100 Meter Seehöhe.

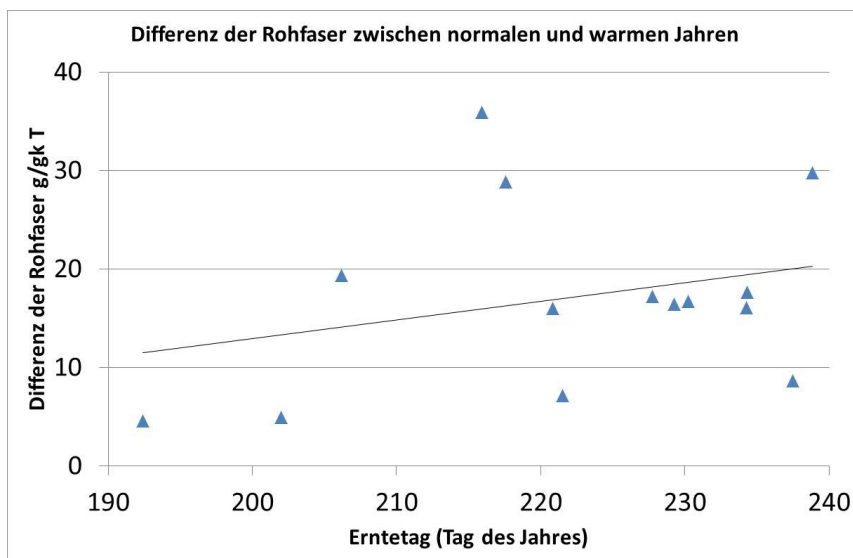


Abb. D-16: Entwicklungsdynamik der Rohfasergehalte von Almweiden

D-2.2.3.1 Zusammenfassung

Die Rohfasergehalte in den Futterproben der warmen Jahres 1994 und 2015 liegen mit + 19 g Rfa/kg T hoch signifikant über den Gehalten in normalen Jahren. Dieser Unterschied bedeutet aus phänologischer Sicht eine deutliche Beschleunigung der Reife um mindestens ein Stadium zum gleichen Zeitpunkt. Aus der Sicht des Temperaturgradienten kann eine Temperatur abgeleitet werden, die um etwa 1,7°C über den Werten normaler Sommer liegt. Die Wachstumsbeschleunigung ist nicht konstant, sondern nimmt im Verlauf des Sommers zu.

Höhere Lagen reifen doppelt so schnell ab wie Tallagen. Empirisch kann diese innerer Reife des Futters schwer erkannt werden.

D-2.2.4 Konsequenzen und Empfehlungen



Abb. D-17: Schlechtes Management kann im warmen Sommern am Ernährungszustand der Tiere abgelesen werden.

Die in diesem Projekt bereits angedeutete negative Entwicklung der Futterqualität die durch wärmere Sommer ausgelöst werden, können bereits durch die vorliegende kleine Messreihe deutlich bestätigt werden. Was 2015 zeigt, hat es aber auch bereits 1994 gegeben, weshalb hier nicht automatisch die „allgemeine Klimaerwärmung“ bestätigt wird. Fest steht: Warme Sommer führen bei Almfutter in vergleichbarer Höhenlage zu einer schnelleren Reife des Futters um zwei bis drei Wochen. Alle Wiederkäuer müssen sich dieser Herausforderung stellen, wobei nicht gesichert ist, dass die Länge der Vegetationsperiode davon profitiert. Sowohl 1994 als auch 2015 war die Temperaturentwicklung im Frühjahr bescheiden. Mit Einsetzen der warmen Phase explodierte das Futterwachstum, weshalb sich die Nettoerntezeit von Qualitätsfutter für die Wiederkäuer reduziert. Für Wild kann aus Sicht der Ernährungsphysiologie keine Empfehlung abgegeben werden.

Für die Almwirtschaft zeigt sich aber zunehmend die Bedeutung von Managementplänen die die jährliche Entwicklung der Vegetation berücksichtigen. Zu geringer Tierbesatz und schlechtes Management hält die wenigen Tiere oft zu lange in den Gunstlagen der Almen. Wenn die Tiere Ende Juli dann doch in die Hochlagen vordringen, finden sie nur mehr wertloses Futter vor. Mit zunehmender Erwärmung unseres Klimas gewinnt ein alter Regelspruch der Almwirtschaft noch mehr Bedeutung: „Das Futter sollt den Tieren in das Maul wachsen!“ Almwirte müssen deshalb die Temperaturentwicklung beobachten und nicht nach Kalenderwochen oder Lostagen handeln. Diese Maßnahme würde zusätzlich dem Wild dienen, dass im Herbst bessere Äsungsflächen vorfinden. So kann als einzige Empfehlung für die Jagdwirtschaft eine Unterstützung der Almwirtschaft empfohlen werden.

D-3 Steinbockhörner als mögliche Bioindikatoren

Das Horn des Alpensteinbocks (*Capra ibex ibex*) stellt ein sekundäres Geschlechtsmerkmal dar. Die Selektion auf sekundäre Geschlechtsmerkmale wie Hörnern oder auch Geweihen kommt bei vielen Arten vor und die Produktion dieser Merkmale ist stark von der Verfügbarkeit von Ressourcen, die die Fitness beeinflussen, abhängig (TOIGO et al., 2007). Im Gegensatz zum Geweih, das alljährlich abgeworfen wird, wächst das Horn stetig weiter und ist unter den männlichen Tieren, in diesem Fall den langsam wachsenden Steinböcken, neben dem Alter und der körperlichen Entwicklung, wesentlich als Indikator für die Stellung in der Rangordnung mitverantwortlich (Abb. D-18).



Abb. D-18: Hörner stellen optische Ranganzeiger unter den Böcken dar.

Abb. D-19: Markante Einschnürungen kennzeichnen Wachstumsstillstand. (Foto: G. Greßmann)

Grundsätzlich folgt das Hornwachstum der Steinböcke gewissen Regeln. Der Großteil des jährlichen Zuwachses erfolgt im Hochgebirge in den Monaten Mai, Juni und Juli, danach wird er geringer, um über die Wintermonate völlig eingestellt zu werden (MEILE et al., 2003). Dies geschieht vorrangig durch die sich veränderte Qualität und Quantität der verfügbaren Äsung aber auch hormonelle Umstellungen, bedingt durch die beginnende Brunft spielen eine Rolle. Ruht das Hornwachstum, entsteht ein markanter Jahresring (siehe Abb. D-19), der selbst am lebenden Tier fast immer klar zu erkennen ist (siehe Abb. D-20).



Abb. D-20: Selbst am lebenden Tier sind die Jahresringe gut erkennbar. (Foto: G. Greßmann)

Während der Phase der Hornbildung wird das Wachstum stark von Umwelteinflüssen beeinflusst (FANDOS, 1995). Unter anderem direkt vom Nahrungsangebot (HOEFS, 1974; BUNNELL, 1978; FESTA-BIANCHET et al., 2004) oder klimatischen Einflüssen, wie Niederschlag oder Schneebedeckung (NIEVERGELT, 1966; HEIMER et al., 1995; FESTA-BIANCHET et al., 2004). Ebenso spielt eine höhere Frühlingstemperatur eine Rolle, da sie ein früheres Abschmelzen der Schneedecke nach sich zieht. Dieses Zusammenspiel bedingt ein früheres

Pflanzenwachstum, dass dem Alpensteinbock die Möglichkeit eröffnet, früher ins Hornwachstum zu investieren (BÜNTGEN et al., 2013). Somit ist das Hornwachstum stark abhängig von klimatischen und witterungsbedingten Einflüssen, welche die Äsungsverfügbarkeit und Äsungsqualität bedingen (GIACOMETTI et al., 2002; BARBOSA et al., 2010). Steinböcke, welche in Gehegen gehalten werden, weisen aufgrund der nicht gegebenen Nahrungsknappheit längere jährliche Schübe und meist kaum eindeutig abgegrenzte Jahresringe auf.

D-3.1 Das Horn als Bioindikator

Obwohl vermutlich lange bekannt, wurde in den 1960er Jahren wissenschaftlich niedergeschrieben, dass die Segment eines Steinbockshorn ein Kalenderjahr repräsentiert (COUTURIER, 1961; HEMMING, 1969). Jedes Wachstumssegment eines Steinbockshorns spiegelt somit bis zu einem gewissen Grad die Witterungsperiode des Jahres, vor allem der Frühlings- und Frühsommerbedingungen wider, da in dieser Zeit das Horn am meisten wächst. Dies ist auch bei den Geißen ebenso, wenngleich in wesentlich geringerem Ausmaß, der Fall. Allerdings ist bei ihnen das Hornwachstum im Falle einer zumindest im Sommerhalbjahr erfolgreichen Jungenaufzucht, stark von der Trächtigkeitsperiode und dem Säugen der Kitze beeinflusst. Aus diesem Grund werden nur die Hörner der Böcke herangezogen. Langzeitserien von Hornvermessungen könnten somit als Indikatoren für klimatische Veränderungen im Gebirge und die Hörner als Bioindikatoren dienen. Leider liegen für Österreich kaum Datenreihen vor, erst in jüngster Zeit wurde beispielsweise im Nationalpark Hohe Tauern damit begonnen, solche Datenreihen aufzubauen. Es wurde bereits mehrfach in der Literatur festgehalten, dass das Hornwachstum männlicher Boviden einen einzigartigen biologischen Indikator für zurückliegende Umweltbedingungen darstellt (VON HARDENBERG et al., 2007; BERGERON et al., 2008). bzw. als einen Indikator für die Frühjahrestemperatur im Gebirge (GIACOMETTI et al. 2002). Da das Steinbockshorn jagdlich eine große Rolle als Trophäe spielt, sind viele Hörner auch nach langen Zeiträumen noch für Vermessungen zugänglich. BARBOSA et al. (2009) bezeichnen das Steinbockshorn nach Analysen zum Carbon- und Nitrogen-Gehalt sogar als „isotopic archives“, zur Ökologie dieser Art und ihrem Lebensraum.

D-3.2 Hornvermessung

Hornvermessungen werden in den Alpen bereits in einigen Population seit Jahrzehnten (beispielsweise in Schweizer Nationalparks oder im Nationalpark Gran Paradiso) stets nach demselben Schema durchgeführt. Es werden die jährlichen Schübe an der Rückseite beider Hörner gemessen und der Mittelwert aus beiden Messungen für Auswertungen herangezogen. Der erste Schub (der Kitzschub während der ersten Monate im Geburtsjahr) findet in Auswertungen keine Berücksichtigung, da das Wachstum während der ersten Monate nicht nur von den zur Verfügung stehenden Nahrungsressourcen abhängig ist, sondern auch von der Muttermilch abhängt (FANDOS, 1991). Zusätzlich sind bei älteren Böcken die Spitzen oft abgenutzt und die tatsächliche Länge des Kitzschubes nicht mehr messbar. Zusätzlich findet der letzte Jahresschub, im Falle, dass der Bock vor Dezember erlegt wurde, nicht in den Auswertungen Berücksichtigung.

Auch bei den in Österreich bis dato wissenschaftlich durchgeführten Vermessungen, welche vorrangig erst in den letzten drei Jahren für die Population in den Hohen Tauern durchgeführt wurden, kam dieselbe Methode zum Einsatz. Daten zu Hornvermessungen aus dem Schweizerischen Nationalpark sowie älteren Vermessungen aus dem Salzburger Blühnbachtal wurden von Flurin Filli (SNP) zur Verfügung gestellt.

Leider liegen für gewisse Jahrgänge bzw. aus den Gründungsjahren bis zu einer gewissen Populationsgröße oft nur sehr wenige Gehörne vor, was statistische Auswertungen erschwert, da die Stichprobenanzahl im Moment für viele Geburtsjahrgänge noch sehr gering ist. Die derzeit bestehenden Auswertungen sind vielmehr als möglicher zukünftiger Ansatz zu sehen.

D-3.3 Steinbockhörner wachsen in jeder Population spezifisch

Der Beginn des Hornwachstums bei freilebenden Alpensteinböcken ist an den Beginn der Vegetationsperiode gekoppelt. In den jährlichen Jahresschüben lassen sich daher äußere Einflüsse während der Wachstumsperiode des Horns auf Populationsebene erkennen (FANDOS, 1995). Da während der Zeit des Wachstumsstillstandes ein markanter Jahresring entsteht, kann das Alter jeden Tieres exakt bestimmt und somit das Geburtsjahr ermittelt werden. Die Schübe wachsen in den ersten Jahren am stärksten, um ab dem meist sechsten Jahr kontinuierlich abzunehmen.

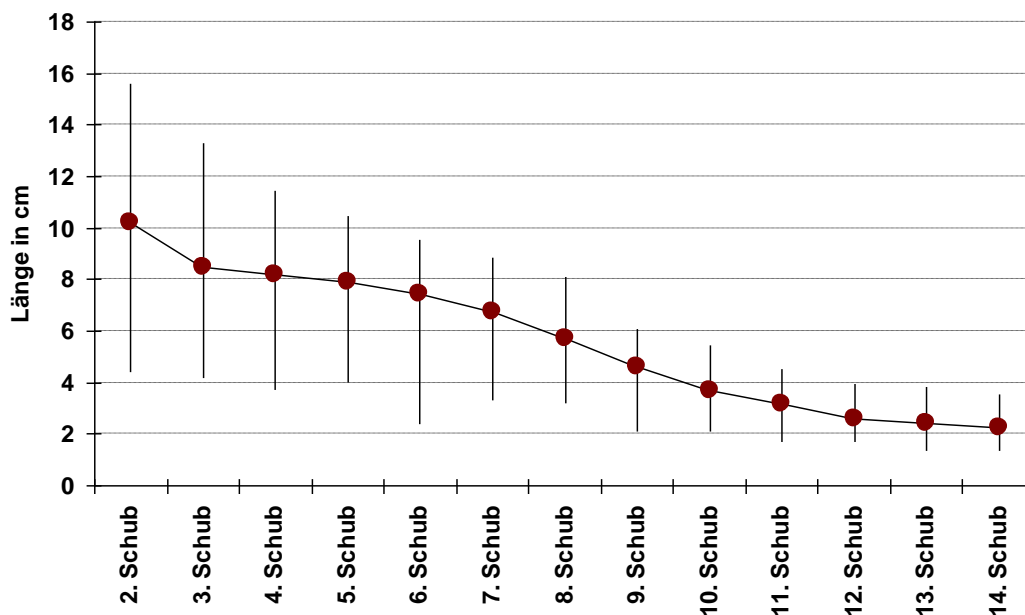


Abb. D-21: Durchschnittliches Gehörnwachstum der Population Hohe Tauern. Die Minimum- und Maximumwerte verdeutlichen, dass die Möglichkeiten ins Horn zu investieren, variabel sind ($n = 353$).

Da klimatische und witterungsbedingte Einflüsse auf das Hornwachstum eine Rolle spielen, entwickeln sich die Hörner jeder Population aufgrund regional abweichender Lebensraumbedingungen unterschiedlich. Für den Spanischen Steinbock (*Capra pyrenaica*) wurde bereits in den 1980er Jahren nachgewiesen, dass die Hornlänge, also die Summe der jährlichen Wachstumsschübe, in unterschiedlichen Populationen variiert (FANDOS et al., 1988). Dies kann auch hier am Beispiel von zwei verschiedenen, räumlich voneinander getrennten Populationen gezeigt werden, wie es auch NIEVERGELT (1966) bereits getan hat.

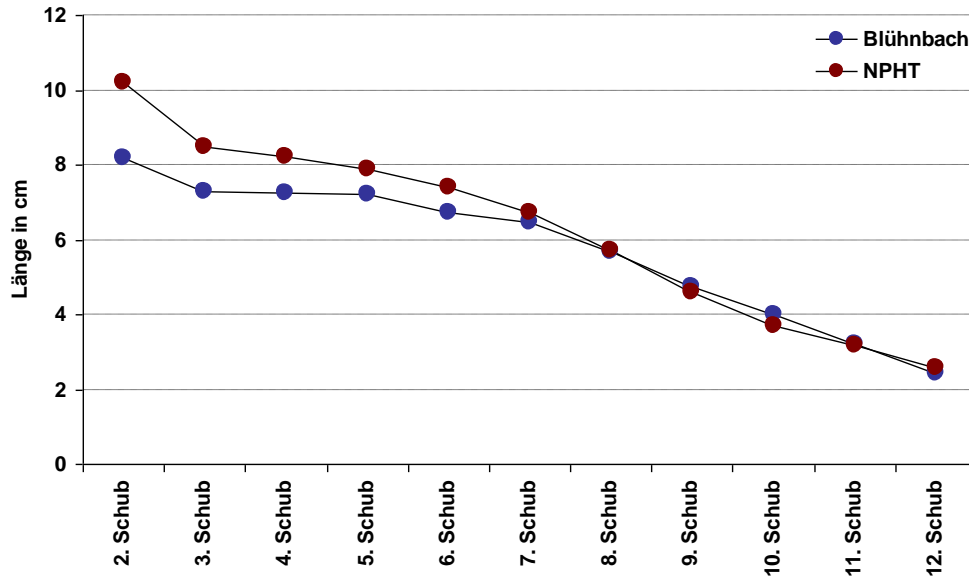


Abb. D-22: Gehörnwachstum in den Populationen Blühnbach (n = 45) und Hohe Tauern (n = 353)

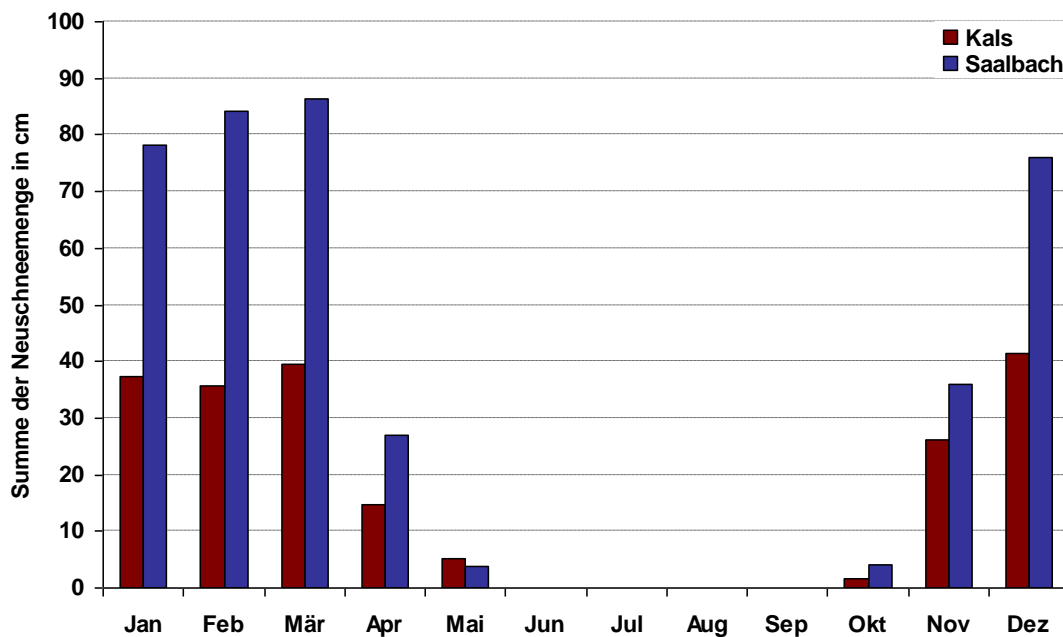


Abb. D-23: Summe der Neuschneemengen in cm nahegelegener Wetterstation in Kals (Population NPHT) und in Saalbach (Population Blühnbach).

Abbildung D-17 zeigt das unterschiedliche Wachstum in zwei regional voneinander entfernten Gebieten und im Vergleich die Summe der Neuschneemengen (siehe Abb. D-23). Junge Böcke müssen im niederschlagsreichen Blühnbachtal, wo eine längere Schneebedeckung gegeben ist, vorrangig in den Körper investieren. Erst bei körperlich weiter entwickelten Tieren beginnt sich der jährliche Hornzuwachs jenem in den Hohen Tauern anzugleichen. Dies ist auch damit begründet, dass ältere Böcke später im Jahr mit der Bildung des jährlichen Hornschubes beginnen.

D-3.4 „Gute und schlechte“ Hornjahre

Aufgrund der Tatsache, dass sich vor allem witterungsbedingte und klimatische Einflüsse im Hornwachstum widerspiegeln, kann der jährliche Zuwachs vom Mittelwert einer Population abweichen. Da von erlegten oder vielen verendeten Stücken das Todesjahr bekannt und damit die Möglichkeit der genauen Altersbeurteilung gegeben ist, kann man das Geburtsjahr eines Tieres bestimmen exakt zu bestimmen. Vergleicht man Jahresschübe einzelner Böcke in Bezug auf deren Alter und die Abweichungen vom Populationsdurchschnitt, lassen sich gute und schlechte Steinbockjahre erkennen. Aufgrund der weiter oben genannten Faktoren, kann davon ausgegangen werden, das „gute“ Steinbockjahre Jahre repräsentieren, welche milde Frühjahrestemperaturen, in Verbindung mit Frühjahresniederschlägen in Form von Regen bei gleichzeitig geringen Winterschneehöhen zeigten, da diese eine frühe Äsungsverfügbarkeit und gute Äsungsqualität bedingen (GIACOMETTI et al., 2002; BARBOSA et al., 2010). „Schlechte“ Steinbockjahre sollten demnach umgekehrte Witterungsbedingungen zeigen. Als Beispiel soll hier das Jahr 2010 dienen, aus welchen für die Population Hohe Tauern genügend Hörner (mind. 10 Stück pro Geburtsjahrgang) für eine statistische Auswertung vorliegen. Abbildung D-24 zeigt die Abweichung von Tieren, egal welchen Alters im Jahr 2010 vom durchschnittlichen Gehörnwachstum in den Tauern. Eine statistische Absicherung wird durch die zum Teil geringe Anzahl an Gehörnen und das abnehmende Wachstum im Alter erschwert, der dritte, vierte und fünfte Schub unterscheidet sich allerdings signifikant vom durchschnittlichen Wachstum im langjährigen Schnitt.

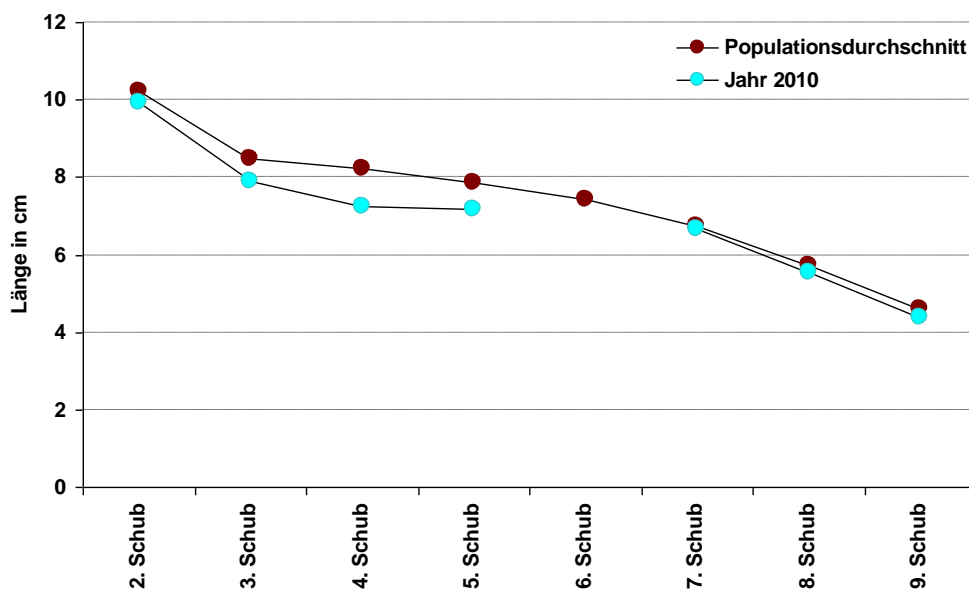


Abb. D-24: Abweichungen vom durchschnittlichen Gehörnwachstum in den Hohen Tauern im Jahr 2010. Für den 6. Schub lagen weniger als 10 Gehörne vor, weshalb dieser nicht berücksichtigt wurde.

Leider existieren noch zu wenige Serien von Geburtsjahrgängen. Langfristig, im Falle von regelmäßig im Rahmen von Trophäenschauen vermessenen Hörnern, könnten solche Studien allerdings interessant werden, da zu erwarten ist, dass im Falle der Klimaerwärmung und milderem Winter immer häufiger „gute“ Steinbockjahre zu beobachten sein sollten, da zumindest die Böcke derzeit von den klimatischen Veränderungen in Bezug auf das Hornwachstum zu profitieren scheinen. Allerdings ist dieser Trend nicht positiv zu werten, da er sich lediglich auf das Hornwachstum, das vor allem im Frühsommer stattfindet bezieht – auf der anderen Seite stehen durch den Klimawandel bedingte Veränderungen wie erhöhter Parasitendruck oder möglicher Hitzestress für das kaum mit Schweißdrüsen ausgestattete Steinwild in den Sommermonaten. Ebenso wird die früher abnehmende Äsungsqualität im Herbst als mögliche Ursache für verminderte Überlebensraten bei Kitzen diskutiert (Von HADENBERG et al., 2013).



Abb. D-25: Ein auffallend kurzer, untypischer Wachstumsschub – was war los in diesem Jahr? (Bild G. Greßmann)

D-3.5 Anzeichen einer Klimaveränderung

Viele Wildtierpopulationen beginnen sich vor oder um das Erreichen der Lebensraumkapazität einzupendeln und schwanken dann um diesen Bereich. Der Alpensteinbock ist jedoch eine Art, die sich im Lauf ihrer Entwicklung an ein enges Zusammenleben untereinander angepasst hat. Zwar lassen sich vor Erreichen der Lebensraumkapazität bereits dichteabhängige Einflüsse erkennen, dennoch kann diese Wildart über die Kapazität der Lebensräume hinausschießen (FILLI 2001). Um in dieser Situation die abnehmenden Ressourcen ausgleichen zu können, werden die Tiere leichter und auch der Hornzuwachs ist in den ersten Jahren alljährlich geringer (NIEVERGELT, 1966; BUCHLI et al., 1998), in späteren Jahren allerdings leicht zunehmend. Die Hörner der Steinböcke können somit bis zu einem gewissen Grad auch als Weiser für den Status einer Population angesehen werden. Beispielhaft soll hierzu der Vergleich des Hornwachstums in den Hohen Tauern mit dem Hornwachstum im Schweizerischen Nationalpark, einem klimatisch begünstigtem Gebiet mit wesentlich höheren Steinbockdichten gezeigt werden. Die beiden Kurven zeigen den typischen Verlauf von Populationen in verschiedenen Dichtestadien.

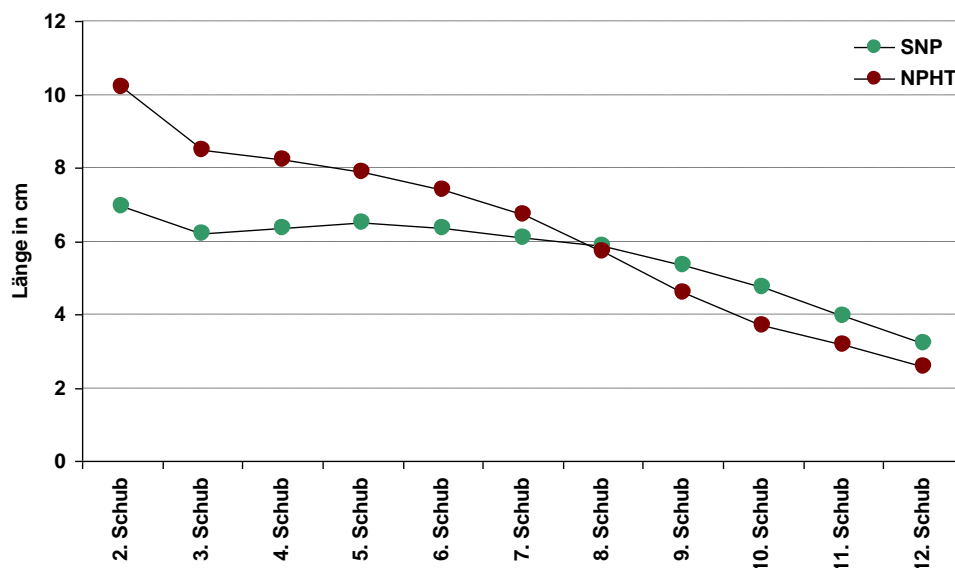


Abb. D-26: Unterschiedliches Gehörnwachstum in einer Steinbockpopulation mit hoher Dichte (SNP, $n = 157$) und geringerer Dichte (NPHT, $n = 353$).

Nach der Aussetzung von Steinwild in den Hohen Tauern nahm kontinuierlich die Dichte der Population zu. Teilt man das Populationswachstum in zwei Perioden (basierend auf der Entwicklung der Population) zeigt sich diese Veränderung des Hornwachstums auch für die Hohen Tauern. Abbildung D-27 zeigt das in der ersten Periode von der Gründung der Population bis zum Geburtsjahrgang 1980 sowie das Hornwachstum in der Periode 1990 bis 2012.

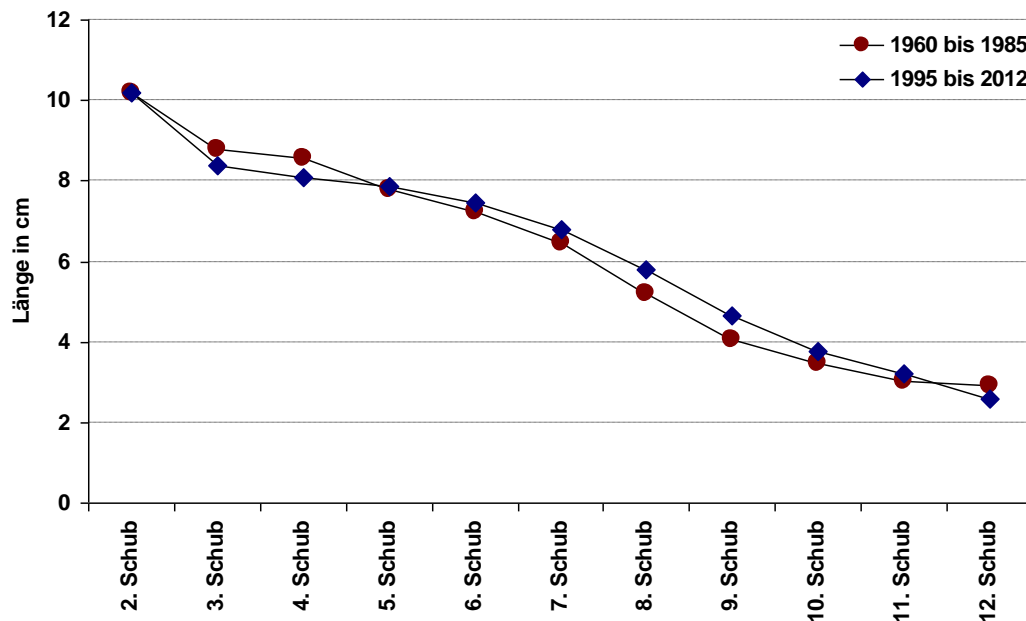


Abb. D-27: Hornwachstum der Geburtsjahrgänge 1961 bis 1980 in der Periode 1990 bis 2012.

Grundsätzlich zeigt sich mit zunehmender Dichte das zu erwartende Hornwachstum in den Hohen Tauern. Allerdings wäre für den zweiten Schub ebenfalls zu erwarten, dass dieser sich mit zunehmender Dichte verringert. Auffallend ist dies insofern, da einjährige Böcke noch nicht geschlechtsreif sind und hormonelle oder rangordnungsbezogene Ursachen ausgeschlossen werden können. Es deutet vieles darauf hin, dass sich in der zweiten Periode klimatische Veränderungen widerspiegeln und eben diese einjährigen Böcke durch die früher beginnende Vegetationsperiode mehr Ressourcen zur Bildung von Horn nutzen können, auch wenn sich der Unterschied in diesem Fall noch nicht statistisch absichern lässt.

D-3.6 Zusammenfassung und Ausblick

Steinbockhörner können als Bioindikatoren Auskunft über klimatische Bedingungen zu deren Wachstumszeit geben. Nicht nur der Einfluss von Witterung und Klima, wie gezeigt, kann über Steinbockhörner nachgewiesen werden, selbst der CO_2 -Anstieg in der Atmosphäre konnte bereits über Bockgehörne nachgewiesen werden (BARBOSA et al., 2010). Leider liegen für Österreich kaum systematische Erhebungen über das Wachstum von Steinbockgehörnen diverser Populationen vor. Da vor allem der Alpenraum besonders stark vom Klimawandel betroffen sein wird (EEA, 2009; TAMME, 2012) und allgemein mit kürzerer Schneedeckendauer zu rechnen sein wird (ZAMG, 2015), könnte in Hornvermessungen des Alpensteinbockes, als Bewohner der höchsten Regionen ein großes Potential liegen. Und dass klimatische Veränderungen bei dieser Wildart bereits Auswirkungen haben, zeigt eine Studie des Schweizerischen Nationalparks, die belegt, dass sich in den letzten 15 Jahren die genutzten Höhenlagen der weiblichen Tiere stark nach oben verlagert haben (HERFINDAL, 2013).

D-4 Mögliche Strategien

In einem interdisziplinären Workshop am 27. Mai 2015 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeigte sich, dass es vielfältige Möglichkeiten für Anpassungsstrategien gibt. Wirksame Gegenstrategien und Maßnahmen gegen eine Verschlechterung der Lebensbedingungen von Wildtieren im Alpenraum und eine Zunahme von Krankheiten bei Wildtieren bzw. eine geänderte Raumnutzung von Wildtieren mit möglicherweise erhöhtem Infektionsdruck sowie Schadensdruck auf die Waldvegetation können nur erfolgreich sein, wenn sie interdisziplinär angestrengt werden. Aus **landwirtschaftlicher Sicht** wurden u.a. flexiblere Auf- und Abtriebszeitpunkte von Weidevieh, der Dichte der Bestoßung der Almflächen, Entwurmung von Weidevieh, Düngungsmanagement, Maßnahmen gegen das Zuwachsen von Almflächen durch Ansteigen der Waldgrenze und das Förderwesen diskutiert; seitens der **Forstwirtschaft** wurden das Schwenden, ein Waldgams-Verbißschutz und die Schadensanfälligkeit der Wälder angesprochen und seitens der **Jagd** ging es u.a. um nachhaltige Abschussplanung bei Gams- und Steinwild unter Berücksichtigung der aktuellen Fallwildraten, besseren Altersklassenaufbau (ausreichend alte, erfahrene Stücke = Erfahrungsträger, Erhaltung einer möglichst großen genetischen Breite (kein Abschuss nach engen Selektionskriterien, da es zukünftig vielleicht gegenüber den heute vorwiegend auftretenden Genvarianten z.B. bei Gamswild andere brauchen könnte, um sich besser auf geänderte Umweltbedingungen einstellen können), frühzeitige Abschusserfüllung und Rotwildregulierung.

Grundsätzliche Bekämpfungsmaßnahmen gegen Gams- und Steinwildkrankheiten sind:

- Informationssysteme über Gams- und Steinwildbestände, auftretende Krankheiten und jagdliche Eingriffe, verstärkte Untersuchung von erkrankten und verdächtigen Stücken,
- Anpassung der Wildbestände an den jeweiligen (Winter-)Lebensraum,
- möglichst frühzeitige Abschusserfüllung, reduzierter Jagddruck ab November,
- Parasitologische Untersuchungen und Entwurmung bei aufzutreibenden Schafen/Ziegen günstigenfalls 1 bis 2 Tage vor dem Almauftrieb sowie klinische Untersuchung auf Infektiöse Keratokonjunktivitis und Moderhinke
- Stress für Gams- und Steinwild vermeiden, insbesondere in den Wintermonate,
- Schwache Stücke, die husten oder Durchfall zeigen, aus dem Bestand entnehmen,
- Versuch der Lenkung des Wildes im Winter auf trockene und sonnige Standorte (Ruhezonen!) sowie im Frühjahr weg von den stark kontaminierten Wintereinständen (z.B. Lenkung mit Sulzen)

Bei der **Ausbringung von Gülle** sind neben Düngungsfragen auch hygienische Mindeststandards zu beachten (DEUTZ u. GRESSMANN, 2014). Auch im Zusammenhang mit der Zunahme von (chronischem) Botulismus, Clostridiosen und dem Auftreten Antibiotikaresistenter Keime selbst bei Wildtieren wird Gülle diskutiert. Ebenso tauchen diese Fragen bei der Bekämpfung von Tuberkulose und Paratuberkulose oder vom Großen Leberegel auf. Die von der EU-Expertenkommission erarbeiteten Richtlinien für die Gülleanwendung sollen das hygienische Restrisiko zu minimieren. Grundsätzlich gilt Gülle so lange als hygienisch unbedenklich, solange im Bestand keine anzeigespflichtigen Seuchen wie Brucellose, Tuberkulose, Paratuberkulose, Maul- und Klauenseuche oder Schweinepest auftreten. So sehen die „Interim Minimum Guidelines“ für Gülleanwendung in der EU vor, dass eine Anwendung bei Ackerfrüchten (Ausnahme: zum Rohverzehr bestimmte Früchte) und auf Grünland für Heu bzw. Silagebereitung immer möglich ist. Auf Weideland ist vor Ausbringung mindestens 60 Tage Lagerung der Gülle im Sommer bzw. 90 Tage im Winter und nach Ausbringung 30 Tage Schutzfrist vor der Beweidung mit Tiere einzuhalten. Diese „30 Tage Schutzfrist vor der Beweidung mit Tieren“ kann natürlich auf das unkontrollierte Beäsen dieser gedüngten Flächen durch Wildtiere nicht kontrolliert bzw. eingehalten werden und birgt daher, besonders wenn die Gülle zu kurz gelagert wurde, ein entsprechendes Restrisiko z.B. für eine Übertragung von Paratuberkulose.

D-5 Literaturverzeichnis

D-5.1 Literatur Krankheiten

BEIGLBÖCK, C., KÜBBER-HEISS, A., WALZER, C. (2013): Bericht „Ökopathologische Untersuchungen im Nationalpark Hohe Tauern – Zeitraum 2009, 2011, 2012. Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie, Department für Integrative Biologie und Evolution, Veterinärmedizinische Universität Wien.

BOCH, J., SCHNEIDAWIND, H. (1988): Krankheiten des jagdbaren Wildes. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

BOCH, J.; NERL, W., 1960: Gamsräude. München-Solln, Verlag F.C. Mayer.

BURGSTALLER, J., DEUTZ, A., MANSFELD, M.D. (2014): Fallbericht: Erstbeschreibung einer Infektion mit *Clostridium septicum* bei einer Gämse (*Rupicapra rupicapra*). Wien. Tierärztl. Mschr. 101, 98-102.

CORLATTI, L., BÉTHAZ, S., von HARDENBERG, A., BASSANO, B., PALME, R., LOVARI, S. (2012): Hormones, parasites and male mating tactics in Alpine chamois: Identifying the mechanisms of life history trade-offs. *Animal Behaviour*, 84 (4), pp. 1061-1070.

DEGIORGIS, M.-P., OBRECHT, E., RYSER, A., GIACOMETTI, M. (1999): The possible role of eye-frequenting flies in the transmission of *Mycoplasma conjunctivae*. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 72, 189 – 194.

DEUTZ, A., SCHLAGER, S., GUSTERER, E., PLESS, P. (2014): Untersuchungen zum Vorkommen von VTEC/EHEC/EPEC auf Schlachtkörpern von Gämsen im Bereich der Wildzerlegung in der Steiermark. 55. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG, 23.-26. September, Garmisch-Partenkirchen, S. 146.

DEUTZ, A. (2014): Krankheiten des Gamswildes – Entwicklungen und Lösungen. Ber. 20. Österr. Jägertagung, 13.-14. Februar, Aigen i.E., S. 65-72.

DEUTZ, A., GRESSMANN, G. (2014): Gülle auf Almflächen – Auswirkungen auf Wildtiere? Jagd in Tirol 06/14, 4-7.

DEUTZ, A.; GASTEINER, J. (2013): Wechselweise Krankheitsübertragung zwischen Haus- und Wildtieren. Schafe & Ziegen aktuell – Fachzeitschrift für Schaf- und Ziegenbauern Heft 2, 7-8.

DEUTZ, A. (2012): Wildbrethygiene heute. BLV Buchverlag München, 159 Seiten.

DEUTZ, A., DEUTZ, U. (2011): Wildkrankheiten, Hundekrankheiten, Zoonosen: Erkennen – Vermeiden – (Be)Handeln. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 264 Seiten.

DEUTZ, A., GUGGENBERGER, T., GASTEINER, J. (2011): Influence of climate change on diseases of wild animals. In: Game meat hygiene in focus, Wageningen Academic Publishers, p. 157-172.

DEUTZ, A., SPERGSEER, J. (2009): Paratuberkulose bei Wildtieren – Verbreitung, klinische und post-mortale Befunde. RFL - Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 61, 12-15.

DEUTZ, A. (2008): Lebensräume und Krankheiten des Gamswildes unter dem Aspekt des Klimawandels. Ber. Tagung „Das Gamswild in Bedrängnis? – Ökologie - Störfaktoren – Jagd – Management“, Nationalpark Hohe Tauern, 9.-10. 10., St. Jakob i. Defreggental, S. 58-62.

DEUTZ, A. (2008): Klimaveränderung und deren zu erwartende Auswirkung auf Wildtierkrankheiten. Ber. Fachtagung „Wildtiergesundheit, Wildtierkrankheiten, deren Bedeutung und Vermeidung“, 13.11., Veterinärmedizinische Universität Wien, S. 7-14.

DEUTZ, A., SPERGSEER, J., WAGNER, P., ROSENGARTEN, R., KÖFER, J. (2005): Nachweise von *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* bei Wildtieren und Rindern in der Steiermark/Österreich. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 118, 314-320.

DEUTZ, A., WAGNER, P. (2004): Untersuchungen zum Vorkommen von Antibiotika-resistenten Bakterien bei Wildtieren. 20. Umweltschutzbericht 2004 des Landes Steiermark. S. 176-181.

Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten

- DEUTZ, A., SPERGSEER, J. (2004): Erhebungen zum Auftreten von Paratuberkulose bei heimischen Wildtieren unter Erfassung epidemiologischer Zusammenhänge der Übertragbarkeit zwischen Wild- und Haustieren. Forschungsbericht, Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, 31 Seiten.
- DEUTZ, A., SPERGSEER, J., FREI, J., ROSENGARTEN, R., KÖFER, J. (2004): Nachweis von *Mycoplasma conjunctivae* in zwei Schafbetrieben – Klinik, Diagnostik und Ausbruchsepidemiologie. Vet. Med. Austria/Wien. Tierärztl. Mschr. **91**, 152-157.
- DEUTZ, A., FUCHS, K., SCHULLER, W., NOWOTNY, N., AUER, H., ASPÖCK, H., STÜNZNER, D., KERBL, U., KLEMENT, CH., KÖFER, J. (2003): Seroepidemiologische Untersuchung von Jägern auf Zoonosen in Südostösterreich – Prävalenzen, Risikopotentiale und Vorbeugemaßnahmen. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **116**, 306-311.
- DEUTZ, A., SPERGSEER, J., ROSENGARTEN, R., KÖFER, J. (2003): Erstnachweis der intrauterinen Übertragung von Paratuberkulose bei Rot- und Gamswild. Europ. J. Wildlife Res. **49**, 314-319.
- DEUTZ, A. (2002): Gamswildkrankheiten unter besonderer Berücksichtigung der Räude und der Gamsblindheit. Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern, Band 9, „Gamswild in den Alpen“, S. 81-94.
- DEUTZ, A., GRESSMANN, G. (2001): „Gams- und Steinwild - Biologie, Krankheiten und Jagdpraxis“. Stocker-Verlag, Graz-Stuttgart.
- DEUTZ, A., FUCHS, K., GRESSMANN, G. (1999): Beitrag zur Epidemiologie von Räude und Gamsblindheit bei Gams- und Steinwild in der Steiermark. Ber. der DVG-Tagung „Modellierung in der Epidemiologie und ihre Anwendbarkeit“, 1. bis 3. September, Tänikon, 127-135.
- DEUTZ, A., FUCHS, K., GRESSMANN, G. (1999): Nutzung geographischer Informationssysteme zur Erfassung der Epidemiologie der Gamsräude. Ber. DVG-Tagung „Neuere Methoden und Ergebnisse zur Epidemiologie von Parasitosen“, 10. bis 12. März, Tierärztliche Hochschule Hannover, S. 211-220.
- DEUTZ, A., HINTERDORFER, F. (1997): Dermatophilose bei Rind, Pferd und Gemse - Epidemiologie, Diagnostik, Therapie und zoonotische Aspekte. Wien. Tierärztl. Mschr. **84**, 97-101.
- DUFOUR, B., MOUTOU, F., HATTENBERGER, A.M., RODHAIN, F. (2008): Global change: impact, management, risk approach and health measures – the case of Europe. In: Climate change: impact on the epidemiology and control of animal diseases. Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz. **27** (2), p. 529-541.
- FUCHS, K., DEUTZ, A., GRESSMANN, G. (2000): Detection of space-time clusters and epidemiological examinations of scabies in chamois. Vet. Parasitol. **92**, 63-73.
- FUCHS, K., DEUTZ, A. (1999): Methodische Aspekte zur Aufbereitung und Präsentation raumzeitbezogener Daten am Beispiel der Gamsräude. Ber. DVG-Tagung „Neuere Methoden und Ergebnisse zur Epidemiologie von Parasitosen“, 10. bis 12. März, Tierärztliche Hochschule Hannover, S. 146-155.
- GEISEL, O. (1995): Wildkrankheiten erkennen und beurteilen. BLV, München.
- FERNANDEZ-MORAN, J.; GOMEZ, S.; BALLESTEROS, F.; QUIROS, P.; BENITO, J. L.; FELIU, C.; NIETO, J. M. (1997): Epizootiology of sarcoptic mange in a population of cantabrian chamois (*Rupicapra pyrenaica parva*) in Northwestern Spain. Vet. Parasitol. **73**, 163-171.
- Forschungsprojekt Gamsblindheit (1998): Erloschene Lichter. Hofmann, H. (Hrsg.), Casanova Verlag, Chur.
- GIACOMETTI, M., WILLING, R., DEFILA, C. (2002): Ambient temperature in spring influences horn growth in male alpine ibex. J. Mammal. **83**, 245-251.
- GIACOMETTI, M., FREY, J., ABDU, EL-M., JANOVSKY, M., KRAWINKLER, M., SCHLATTER, Y., BELLOY, L., FATZER, R., NICOLET, J. (2000): Gamsblindheit. Schweiz. Arch. Tierheilk. **142**, 235-240.
- GIACOMETTI, M. (1999): Die infektiöse Keratokonjunktivitis. Z. Jagdwiss. **45**, 151.
- GLAWISCHNIG, W., KHASCHABI, D., SCHÖPF, K., SCHÖNBAUER, M. (2000): Ein seuchenhafter Ausbruch von *Salmonella enterica* Serovar Dublin bei Gemsen (*Rupicapra rupicapra*). Wien. Tierärztl. Mschr. **87**, 21-25.
- GRAUER, A., KÖNIG, A. (2009): Management of chamois in Bavaria (Germany): The importance of game activities in scabies control. Wildlife Biology in Practice, **5** (2), pp. 115-127.

- GRESSMANN, G., DEUTZ, A. (2001): Überlegungen zur Eindämmung der Räudegefahr beim Gamswild durch gezielte Bejagung der einzelnen Altersklassen. Z. Jagdwiss. 47, 34-42.
- GRESSMANN, G. (2001): Gamsräude und Gamsblindheit: Auftreten in der Steiermark zwischen 1952 und 1999 sowie Schlussfolgerungen für Präventionsmaßnahmen im Rahmen der Jagd. Diss. Karl-Franzens Universität, Graz.
- HOBY, S., WALZER, C., SLOTTA-BACHMAYR, L., SEGNER, H., ROBERT, N. (2006): Untersuchungen zur Pathologie von Wildungulaten im Nationalpark Hohe Tauern, Österreich. Wien. Tierärztl. Mschr. 93, 104-112.
- IPPEN, R., NICKEL, S., SCHRÖDER, H.-D. (1995): Krankheiten des jagdbaren Wildes. DLV Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 3. Aufl.
- JELOCNIK, M., SELF, R., TIMMS, P., BOREL, N., POLKINGHORNE, A. (2015): Novel sequence types of *Chlamydia pecorum* infect free-ranging Alpine ibex (*Capra ibex*) and red deer (*Cervus elaphus*) in Switzerland. Journal of Wildlife Diseases, 51 (2), pp. 479-483.
- JOACHIM, A., PROSL, H. (2004): Magen-Darm-Würmer bei Schaf und Ziege. Klautierpraxis 12, 95-100.
- KERSCHAGL, W. (1965): Wildkrankheiten. Österreichischer Jagd- und Fischerei-Verlag, Wien. S. 91 - 101.
- KNAUS, W., SCHRÖDER, W. (1975): Das Gamswild. 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- KROMP-KOLB, H., H. FORMAYER (2005): Schwarzbuch Klimawandel. Wie viel Zeit bleibt uns noch? ecowin Verlag der Top Akademie GmbH, Salzburg.
- LOVEJOY, T. (2008): Climate change and biodiversity. In: Climate change: impact on the epidemiology and control of animal diseases. Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz. 27 (2), p. 331-338.
- MARCO, I., CABEZÓN, O., VELARDE, R., FERNÁNDEZ-SIRERA, L., COLOM-CADENA, A., SERRANO, E., ROSELL, R., CASAS-DÍAZ, E., LAVÍN, S. (2015): The two sides of border disease in Pyrenean chamois (*Rupicapra pyrenaica*): Silent persistence and population collapse. Animal Health Research Reviews, 16 (1), pp. 70-77.
- MARTÍNEZ-GUIJOSA, J., MARTÍNEZ-CARRASCO, C., LÓPEZ-OLVERA, J.R., FERNÁNDEZ-AGUILAR, X., COLOM-CADENA, A., CABEZÓN, O., MENTABERRE, G., FERRER, D., VELARDE, R., GASSÓ, D., GAREL, M., ROSSI, L., LAVÍN, S., SERRANO, E. (2015): Male-biased gastrointestinal parasitism in a nearly monomorphic mountain ungulate. Parasites and Vectors, 8 (1), art. no. 165.
- MAVROT, F., ZIMMERMANN, F., VILEI, E. M., RYSER-DEGIORGIS, M. P. (2012): Is the development of infectious keratoconjunctivitis in Alpine ibex and Alpine chamois influenced by topographic features? Europ. J. Wildlife Res. 58(5), 869-874.
- MAYER, D., NICOLET, J., GIACOMETTI, M., SCHMITT, M., WAHLI, T., MEIER, W. (1996): Isolation of *Mycoplasma conjunctivae* from conjunctival swabs of Alpine ibex (*Capra ibex ibex*) affected with keratoconjunctivitis. J. Vet. Med B 43, 155-161.
- MICHEL, A.O., MATHIS, A., RYSER-DEGIORGIS, M.-P. (2014): *Babesia* spp. in European wild ruminant species: Parasite diversity and risk factors for infection. Veterinary Research, 45 (1), art. no. 65.
- MICK, V., CARROU, G.L., CORDE, Y., GAME, Y., JAY, M., GARIN-BASTUJI, B. (2014): *Brucella melitensis* in France: Persistence in wildlife and probable spillover from alpine ibex to domestic animals. PLoS ONE, 9 (4), art. no. A1446.
- MILLER, C., 1986: Die Gamsräude in den Alpen. Z. Jagdwiss. 32, 42-46.
- MILLER, C. (1983): Verbreitung der Gamsräude und Dynamik der befallenen Bestände. Diplomarbeit, Universität München.
- NICOLUSSI, K., G. PATZELT (2006): Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze - aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit. BFW-Praxisinformation 10, April 2006, Wien, S. 3-5.
- PROSL, H. (2008): Parasiten und Klimawandel. Ber. Parasitologische Fachgespräche, 30. Mai, Innsbruck, S. 3-4.

- PROSL, H., KUTZER, E. (2006): Bedeutende Parasitosen beim Schalenwild und deren jagdwirtschaftliche Bedeutung. Ber. Fachtagung, 10. November, Veterinärmedizinische Universität Wien, S. 6-20.
- PROSL, H., REITER, I. (1984): Vergleichende Untersuchung zur Gastrointestinal-Nematodenfauna von Gemse (*Rupicapra rupicapra*) und Steinbock (*Capra ibex*). Z. Jagdwiss. 30, 89-100.
- REHBEIN, S., VISSER, M., MESSNER, WOHLTMANN, A. (2011): Massiver Befall mit Larven von *Kepkatrombicula desaleri* (Acari: Trombiculidae) bei einem Gamskitz aus Tirol. Wien. Tierärztl. Mschr. 98, 255-260.
- ROMMEL, M., ECKERT, J., KUTZER, E., KÖRTING, W., SCHNIEDER, T. (2000): Veterinärmedizinische Parasitologie, 5. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin.
- ROSSI, L. (1999): Untersuchungen zur Räude-Epidemie in der Provinz „Alto Bellunese“ (Italien). Gamswild-Tagung in Auronzo di Cadore: Ökologie, Krankheiten und Management. Zeitschr. Jagdwiss. 45, 148-149.
- RYSER-DEGIORGIS, M.-P. (2013): Output of surveillance and research activities carried out at the FIWild – an overview. In: Wildlife population health in Switzerland: Novel approaches and applications, Habilitation thesis, University of Bern, Switzerland, p. 103–111.
- SARNO, E., KELLER, S., WITTENBRINK, M.M., STEPHAN, R. (2013): Occurrence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in fecal samples of hunted deer, chamois and ibex in Switzerland. Schweiz. Arch. Tierheilk. 155, 523-525.
- SCHAUMBERGER, J., SCHARDT, M., GUGGENBERGER, T., GALLAUN, H., SCHAUMBERGER, A., DEUTZ, A., GRESSMANN, G., GASTEINER, J. (2006): GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtierarten bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung. Endbericht StartClim 2005, Universität für Bodenkultur, Wien, 42 Seiten.
- SCHEBECK, M., DEUTZ, A., GUGGENBERGER, T. (2014): Zur Zeckenfauna von Wildtieren in Ostösterreich (Ixodida, Ixodidae). Entomologica Austriaca 21, 209-222.
- SCHIEFER, P., STEINRIGL, A., WODAK, E., DEUTZ, A., SCHMOLL, F. (2013): Detection of SBV antibodies in wild ruminants in Austria, 2012. Internat. Meeting on Emerging Diseases and Surveillance, February 15-18, Vienna.
- SILAGHI, C., HAMEL, D., PFISTER, K., REHBEIN, S. (2011): Babesia species and co-infection with *Anaplasma phagocytophilum* in free-ranging ungulates from Tyrol (Austria). Wien. Tierärztl. Mschr. 98, 268-274.
- TURCHETTO, S., OBBER, F., PERMUNIAN, R., VENDRAMI, S., LORENZETTO, M., FERRÉ, N., STANCAMPIANO, L., ROSSI, L., CITTERIO, C.V. (2014): Spatial and temporal explorative analysis of sarcoptic mange in Alpine chamois (*Rupicapra r. rupicapra*). Hystrix, 25 (1).
- WAGNER, P., DEUTZ, A., FUCHS, K., MÜLLER, M., SCHULLER, W., KÖFER, J. (2005): Seroepidemiologische Untersuchungen zur Verbreitung von *Chlamydia psittaci* und *Coxiella burnetii* bei Schafen und Ziegen in der Steiermark. Vet. Med. Austria/Wien. Tierärztl. Mschr. 91, 114-118.

D-5.2 Literatur Vegetation

- ABDELGAWAD, H., PESHEV, D., ZINTA, G., VAN DEN ENDE, W., JANSSENS, I., ASARD, H. (2014): Climate Extreme Effects on the Chemical Composition of Temperate Grassland Species Under Ambient and Elevated CO₂: A Comparison of Fructan and Non-Fructan Accumulators. *PLoS ONE* 9 (3), 1–13. doi:[10.1371/journal.pone.0092044](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092044).
- BLOOR, J.M.G., PICHON, P., FALCIMAGNE, R., LEADLEY, P., SOUSSANA, J.F. (2010): Effects of Warming, Summer Drought, and CO₂ Enrichment on Aboveground Biomass Production, Flowering Phenology, and Community Structure in an Upland Grassland Ecosystem. *Ecosystems* 13 (6), 888–900. doi:[10.1007/s10021-010-9363-0](https://doi.org/10.1007/s10021-010-9363-0). <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10021-010-9363-0>.
- BROOKSHIRE, E N J, WEAVER, T. (2015): Long-Term Decline in Grassland Productivity Driven by Increasing Dryness." *Nature Communications* 6 (January), 7148. doi:[10.1038/ncomms8148](https://doi.org/10.1038/ncomms8148). <http://www.nature.com/ncomms/2015/150514/ncomms8148/full/ncomms8148.html>
- BÜTOF, A., VON RIEDMATTEN, L.R., DORMANN, C.F., SCHERER-LORENZEN, M., WELK, E., BRUELHEIDE, H. (2012): The Responses of Grassland Plants to Experimentally Simulated Climate Change Depend on Land Use and Region." *Global Change Biology* 18 (1) (January), 127–137. doi:[10.1111/j.1365-2486.2011.02539.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02539.x). <http://doi.wiley.com/>.

- ELSEN, P.R., TINGLEY, M.W. (2015): Global Mountain Topography and the Fate of Montane Species Under Climate Change. *Nature Climate Change* Early view (May): 1–6. doi:10.1038/nclimate2656. <http://www.nature.com/doi/10.1038/nclimate2656>.
- ERHARDT, A., RUSTERHOLZ, H.-P. (1997): Effects of Elevated CO₂ on Flowering Phenology and Nectar Production. *Acta Oecologica* 18 (3) (January), 249–253. doi:10.1016/S1146-609X(97)80011-2. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X97800112>.
- FUHRER, J., SMITH, P., GOBIET, A. (2014): Implications of Climate Change Scenarios for Agriculture in Alpine Regions - A Case Study in the Swiss Rhone Catchment. *Science of the Total Environment* 493 (September): 1232–1241. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.06.038. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.038>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713006906>.
- GOBIET, A., KOTLARSKI, S., BENISTON, M., HEINRICH, G., RAJCZAK, J., STOFFEL, M. (2014): 21st Century Climate Change in the European Alps - a Review. *The Science of the Total Environment* 493 (September): 1138–51. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.07.050. [.http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713008188](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713008188).
- GOTTFRIED, M., PAULI, H., FUTSCHIK, A., AKHALKATSI, M., BARANČOK, P., ALONSO, J.L.B., COLDEA, G. (2012): Continent-Wide Response of Mountain Vegetation to Climate Change. *Nature Climate Change* 2 (2) (January): 111–115. doi:10.1038/nclimate1329. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1329>.
- GRABHERR, G., GOTTFRIED, M., AND PAULI, H. (1994): Climate Effects on Mountain Plants. *Nature* 369 (6480) (June): 448–448. doi:10.1038/369448a0. <http://dx.doi.org/10.1038/369448a0>.
- GRUBER, L., GUGGENBERGER, T., STEINWIDDER, A., SCHAUER, A., HÄUSLER, J., STEINWENDER, R., SOBOTIK, M. (1998): Ertrag und Futterqualität von Almfutter des Höhenprofils Johnsbach in Abhängigkeit der Standortfaktoren. 4. Alpenländisches Expertenforum zum Thema „Zeitgemäße Almbewirtschaftung sowie Bewertung von Almflächen und Waldweiden, 24. – 25. März, BAL Gumpenstein.
- KÖRNER, C., DIEMER, M., SCHÄPPI, B., NIKLAUS, P., ARNONE, J. (1997): The Responses of Alpine Grassland to Four Seasons of CO₂ Enrichment: a Synthesis. *Acta Oecologica* 18 (3) (January): 165–175. doi:10.1016/S1146-609X(97)80002-1. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X97800021>.
- LENOIR, J., SVENNING, J.C. (2014): Climate-Related Range Shifts - a Global Multidimensional Synthesis and New Research Directions. *Ecography* 38 (1): 15–28. doi:10.1111/ecog.00967.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., REITER, K., KLETTNER, C., GRABHERR, G. (2007): Signals of Range Expansions and Contractions of Vascular Plants in the High Alps: Observations (1994-2004) at the GLORIA Master Site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13 (1) (January): 147–156. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01282.x. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2006.01282.x>.
- RESCH, R., GUGGENBERGER, T.; WIEDNER, G., KASAL, A., WURM, K., GRUBER, L., RINGDORFER, F., Buchgraber, K. (2006): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Gemeinschaftlich herausgegeben von: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Futtermittellabor Rosenau, LK Niederösterreich, LK Steiermark, Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg (Südtirol) und der ÖAG.
- SCHAUMBERGER, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland, Dissertation, TU-GRAZ.
- THEURILLAT, J.P., FELBER, F., GEISSLER, P., GOBAT, J.M., FIERZ, M., FISCHLIN, A., KÜPFER, P., SCHLÜSSEL, A., VELUTTI, C., ZHAO, G.F. (1998): Sensitivity of Plant and Soil Ecosystems of the Alps to Climate Change. In *Views from the Alps: Regional Perspectives on Climate Change*, 225–308. Views from the Alps: Regional Perspectives on Climate Change. Boston: MIT Press.
- THEURILLAT, J.P., GUISAN, A. (2001): Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. *Climatic Change* 50 (1-2): 77–109. doi:10.1023/A:1010632015572. <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1010632015572>.
- WALTHER, G.-R. (2010): Community and Ecosystem Responses to Recent Climate Change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 365 (1549): 2019–2024. doi:10.1098/rstb.2010.0021.

ZAMG (2014): Wetterrückblick für 2014. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresueckblick>, letzter Besuch: 13. August 2015

D-5.3 Literatur Steinbockhorn

BARBOSA, I.C.R., KLEY, M., SCHÄUFELE, R., AUERWALD, K., SCHRÖDER, W., FILLI, F., HERTWIG, S., SCHNYDER, H. (2010): Analysing the isotopic life history of the alpine ungulates *Capra ibex* and *Rupicapra rupicapra rupicapra* through their horns. Rapid Commun. Mass. Spectrom., 2009, 23, 2347-2356.

BARBOSA, I.C.R., KÖHLER, I. H., AUERWALD, K., LÜPS, P., SCHNYDER, H. (2010): Last-century changes of alpine grass-land water-use efficiency: a reconstruction through carbon isotope analysis of a time-series of *Capra ibex* horns. Glob. Change. Biol., 16, 1171-1180.

BERGERON, P., FESTA-BIANCHET, M., VON HARDENBERG, A., BASSANO, B. (2008): Heterogeneity in male horn growth and longevity in a highly sexually dimorphic ungulate. OIKOS, 117, 77-82.

BUCHLI (1998): Untersuchungen zur Konstitution von Steinböcken anhand von Hornmaßen. Z. Jagdwiss., 44, 244-250.

BUNNELL, F. L. (1978): Horn growth and population quality in Dall sheep. J. Wildlife Management, 42, 764-775.

BÜNTGEN, U., LIEBHOLD, A., JENNY, H., MYSTERUD, A., EGLI, S., NIEVERGELT, D., STENSETH, N. C., BOLLMAN, K. (2013): European springtime temperature synchronises ibex horn growth across the eastern Swiss Alps. Ecology Letters 2013.

COUTURIER, M.A.J., 1961: Détermination de l'âge du bouquetin des Alpes (*Capra aegagrus ibex ibex*) à l'aide des dents et des cornes. Mammalia, 25, 453-461.

EEA (Europ. Environment. Agency) (2009): Regional climate change and adaptations. EEA Report 8.

FANDOS, P. (1995): Factors affecting horn growth in male Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). Mammalia, t. 59, 2, 229-235.

FANDOS, P. and VIGAL, C.R. VIGAL, 1988: Body weight and horn length in relation to age of Spanish wild goat. Acta Theriologica, 33, 339-344.

FANDOS, P., 1991: La cabra montés (*Capra pyrenaica*) en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas. Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), Madrid.

FESTA-BIANCHET, M., COLTMAN, D.W., TURELLI, L., JORGENSON, J.T. (2004): Relative allocation to horn and body growth in Bighorn rams varies with resource availability. Behav. Ecol., 15, 305-312.

FILLI, F. (2001): Die Wiederansiedlung des Steinbocks im Spiegel von Theorie und Management. Diss. TU München, Dep. F. Ökosystem- und Landschaftsmanagement.

GIACOMETTI, M., WILLING, R., DEFILA, C. (2002): Ambient temperature in spring influences horn growth in male alpine ibex. J. Mammal, 83, 245-251.

HEIMER, W.E., SMITH, A.C. (1975): Ram horn growth and population quality. Their significance to Dall sheep management in Alaska. Alaska Department of Fish and Game, Wildlife Technical Bulletin, 5, 1-41.

HEMMING, J.E. (1969): Cemental deposition, tooth succession, and horn development as criteria of age in Dall sheep. J. of Wildlife Management, 33, 552-558.

HERFINDAL, I. (2013): Populationsdynamik. In: Der Alpensteinbock – Forschungsgeschichte und neue Erkenntnisse. Cratschla, Edition speciala, 24-25.

HOEFS, M. (1974): Food selection in Dall sheep (*Ovis dalli dalli*, Nelson). In: The behavior of ungulates and its relation to management. Eds. V. Geist and F. Walther. IUCN. Publ. New Series 24, 759-786. Morges. Switzerland.

MEILE, P., GIACOMETTI, M., RATTI, P. (2003): Der Steinbock. Bern, Salm.

NIEVERGELT, B. (1966): Der Alpensteinbock (*Capra ibex L.*) in seinem Lebensraum. Hamburg, Paul Parey.

TAMME, O. (2012): Klimawandel im österreichischen Berggebiet. Forschungsbericht 65. Hrsgb.: Bundesanstalt für Bergbauernfragen.

TOIGO, C., GAILLARD, J.-M., FESTA-BIANCHET, M., LARGO, E., MICHALLET, J., MAILLARD, D. (2007): Sex- and age-specific survival of the highly dimorphic Alpine ibex: evidence for a conservative life history tactic. *J. Animal Ecol.*, 76, 679-686.

VON HARDENBERG, A., BASSANO, B., FESTA-BIANCHET, M., LUIKART, G., LANFRANCHI, P., COLTMAN, D. (2007): Age-dependent genetic effects on a secondary sexual trait in male Alpine ibex, *Capra ibex*. *Mol. Ecol.*, **16**: 1969-1980

VON HARDENBERG, A., CAMPELL ANDRI, S. (2013): Populationsdynamik. In: *Der Alpensteinbock – Forschungsgeschichte und neue Erkenntnisse*. Cratschla, Edition speziala, 14-15.

ZAMG (2015): <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/alpenraum>

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. D-1: Hochgradige Gamsräude und Gamsräudemilbe (200-fach vergrößert).....	10
Abb. D-2: Räudefälle bei Gams- und Steinwild mit typischen Krankheitsgipfeln, (Steiermark 1952-1998; GRESSMANN, 2001)	11
Abb. D-3: Höhere Temperaturen haben negativen Einfluss auf die Äsungsqualität und steigern den Infektionsdruck mit Parasiten – besonders Kitze und Jahrlinge sind betroffen (Foto: A. Deutz)	12
Abb. D-4: Eier verschiedener Arten von Labmagen-Darmwürmern und Lungenwurmlarven unter dem Mikroskop.....	13
Abb. D-5: Nachweise von Gamsparasiten im Bezug zur Seehöhe des Erlegungs-/Fundortes.	14
Abb. D-6: Weiße statt rosarote Lidbindehäute zeugen vom Blutverlust (links); starker Befall mit dem Magenwurm im Labmagen, Parasiten 10-30 mm lang (rechts)	15
Abb. D-7: Auffällige Blutarmut und Flüssigkeitserguss in der Brusthöhle sowie im Herzbeutel (links); Gamskitz mit hochgradiger Parasitose (rechts)	15
Abb. D-8: Blutarmer Wildkörper und dunkelroter aus der Harnblase abrinnder Harn bei Babesiose (Fotos: A. Deutz).....	17
Abb. D-9: Fortschreitende Gamsblindheit (Fotos: A. Deutz)	18
Abb. D-10: Paratuberkulose bei einem Steinbock (vollkommen abgemagert, Gewicht: 35 kg!) und vergrößerte Darmlymphknoten und Gamswild. Aus den Darmlymphknoten können auch die Erreger nachgewiesen werden (Fotos: A. Deutz)	19
Abb. D-11: Massives Plattenepithelkarzinom (bösartiger Hauttumor) am Haupt einer Gamsgeiß (Fotos: A. Deutz)	23
Abb. D-11: 3D-Modell des Höhenprofils (Kartographie: Albin Blaschka, Datengrundlage: Openstreetmap – http://www.openstreetmap.org)	29
Abb. D-11: Monatsmitteltemperatur in den unterschiedlichen Höhenlagen	31
Abb. D-14: Rohfasergehalte in den einzelnen Versuchsjahren	33
Abb. D-15: Rohfasergehalt von Almweiden in normalen und warmen Sommern	34
Abb. D-16: Entwicklungsdynamik der Rohfasergehalte von Almweiden	34
Abb. D-17: Schlechtes Management kann im warmen Sommern am Ernährungszustand der Tiere abgelesen werden.	35
Abb. D-18: Hörner stellen optische Ranganzeiger unter den Böcken dar.	36
Abb. D-19: Markante Einschnürungen kennzeichnen Wachstumsstillstand. (Foto: G. Großmann).....	36
Abb. D-20: Selbst am lebenden Tier sind die Jahresringe gut erkennbar. (Foto: G. Großmann).....	36
Abb. D-21: Durchschnittliches Gehörnwachstum der Population Hohe Tauern. Die Minimum- und Maximumwerte verdeutlichen, dass die Möglichkeiten ins Horn zu investieren, variabel sind (n = 353).....	38
Abb. D-22: Gehörnwachstum in den Populationen Blühnbach (n = 45) und Hohe Tauern (n = 353).....	39

Abb. D-23: Summe der Neuschneemengen in cm nahegelegener Wetterstation in Kals (Population NPHT) und in Saalbach (Population Blühnbach).	39
Abb. D-24: Abweichungen vom durchschnittlichen Gehörnwachstum in den Hohen Tauern im Jahr 2010. Für den 6. Schub lagen weniger als 10 Gehörne vor, weshalb dieser nicht berücksichtigt wurde.....	40
Abb. D-25: Ein auffallend kurzer, untypischer Wachstumsschub – was war los in diesem Jahr? (Bild G. Greßmann)	41
Abb. D-26: Unterschiedliches Gehörnwachstum in einer Steinbockpopulation mit hoher Dichte (SNP, n = 157) und geringerer Dichte (NPHT, n = 353).....	42
Abb. D-27: Hornwachstum der Geburtsjahrgänge 1961 bis 1980 in der Periode 1990 bis 2012.....	42

Tabellen

Tab.D-1: Übersicht der wichtigsten Erkrankungen von Gams- und Steinwild im Alpenraum..	8
Tab.D-2: Häufige Parasitosen des Schalenwildes und ihre Symptome.....	11
Tab.D-3: Die Beurteilung der Befallsintensität semiquantitativ in Klassen	13
Tab.D-4: Entwicklung des Rohfasergehaltes in den Basisjahren	30
Tab.D-5: Zeitliche Entwicklungsdynamik in den Teiltransekten.....	30
Tab.D-6: Temperaturgradient in den Teiltransekten	31
Tab.D-7: Rohfasergehalte von Almfutter nach fixen Effekten	33