



# Masterarbeit

## Räude im Nationalpark Hohe Tauern – Erhebungen zu den sogenannten stillen Milbenträgern

verfasst von

**Simon HOLZER, BSc**

im Rahmen des Masterstudiums

**Wildtierökologie und Wildtiermanagement**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Science**

Wien, Juni 2025

Betreut von  
Univ.Doz. Dr. Armin Deutz  
Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft  
Department für Ökosystemmanagement, Klima und  
Biodiversität  
Universität für Bodenkultur Wien

# Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen, oder mit künstlicher Intelligenz generiert wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Ort, Datum

Vorname NACHNAME (eigenhändig)

## **Erklärung zur Verwendung Künstlicher Intelligenz (KI)**

Für die Erstellung der vorliegenden Arbeit wurde unterstützend das KI-gestützte Sprachmodell ChatGPT von OpenAI eingesetzt. Die Nutzung erfolgte ausschließlich zur sprachlichen Optimierung des Textes, insbesondere zur Korrektur von Rechtschreibung, Grammatik und Ausdruck sowie zur Verbesserung der sprachlichen Verständlichkeit und Leseflüssigkeit. Inhaltliche Überlegungen, fachliche Argumentation, Gliederung und Schlussfolgerungen stammen vollständig von der Verfasserin/dem Verfasser. Die Künstliche Intelligenz diente lediglich als Hilfsmittel zur sprachlichen Ausarbeitung und stellt keine inhaltliche Mitautorschaft dar.

## **Gender Erklärung**

In der nachfolgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form im Sinne der Gleichberechtigung grundsätzlich für alle Geschlechter gilt und keine Wertung beinhaltet.

Für Mama und Papa

## Danksagung

Ein großer Dank gilt dem Betreuer dieser Arbeit, Univ.-Doz. Dr. med. vet. Armin Deutz, für seine Unterstützung.

Mein besonderer Dank ergeht an Dr. Gunther Greßmann sowie an Mag. med. vet. Ulrike Maria Gissing für ihre Unterstützung, die kritische Durchsicht und die konstruktiven Anregungen, die von unschätzbarem Wert für das Gelingen dieser Arbeit waren.

Ebenso möchte ich mich aufrichtig beim Tiroler, Salzburger und Kärntner Jagdverband bedanken. Ohne die Bereitstellung der Räudedaten aus den Bundesländern und deren Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern. Ihre Geduld, ihr Verständnis und ihr Glaube an mich haben mir erst die Möglichkeit gegeben, meine Ziele zu verfolgen.

Vielen Dank!

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	i
Danksagung .....	iii
Inhaltsverzeichnis .....	iv
Kurzfassung .....	vi
Abstract .....	vii
1 Einführung .....	1
1.2 Forschungsfrage .....	2
1.3 Wissensstand und aktuelle Erkenntnisse zur Räude .....	3
1.4 Kurzbeschreibung des Steinwildes und Gamswildes im Nationalpark Hohe Tauern .....	6
1.5 Geschichte der Räude im Nationalpark Hohe Tauern .....	8
1.6 Lebensraum Hohe Tauern .....	15
2 Material und Methoden .....	17
2.1 Datenerhebung .....	17
2.1.1 Erhebungen zu den sogenannten stillen Milbenträgern .....	17
2.1.2 Erfassung der Räudedaten im Nationalpark Hohe Tauern .....	19
2.2 Datenverarbeitung .....	20
2.3 Literaturrecherche .....	22
2.3.1 Management-Maßnahmen von mit Räude befallenen Wildbestände in den Hohen Tauern .....	22
3 Ergebnisse .....	23
3.1 Entwicklung der Räude im Nationalpark Hohe Tauern .....	23
3.1.1 Betrachtung des Untersuchungszeitraum 2015 – 2023 .....	23
3.1.2 Analyse der Räudefälle im Zusammenhang mit saisonalen und jahreszeitlichen Schwankungen (2015–2023) .....	25
3.1.2.1 Saisonale Unterschiede zwischen Gams- & Steinwild .....	28
3.1.2.1 Altersverteilung von erkranktem männlichem Steinwild im Jahresverlauf .....	30
3.1.3 Vergleich der jahreszeitlichen Schwankungen mittels Mann-Whitney-U-Test .....	30
3.1.4 Schneehöhen-Tendenzen in den Hohen Tauern .....	32
3.1.4.1 Möglicher Einfluss auf Räudeausbrüche .....	32
3.1.4.2 Langfristige Trends und Schwankungen .....	32
3.1.5 Vergleich zwischen „Räudejahr 2020“ und „Nicht-Räudejahren 2015 und 2023“ .....	34
3.1.5.1 Jahresbasierte Analyse (Schneehöhe vs. Räudefälle pro Jahr, n=9) .....	36
3.1.5.2 Monatsbasierte Analyse (Schneehöhe vs. Räudefälle pro Monat über 9 Jahre, n=12) .....	36
3.1.7 Vergleich zwischen Südabdachung & Nordabdachung .....	36
3.1.8 Vergleich zwischen den drei größten Gebirgsstockebene .....	38
3.1.9 Verteilung der Räudefälle innerhalb der Glocknergruppe .....	39
3.2 Ergebnisse der Lauscherproben .....	40

3.2.1 Zusammenhang zwischen Milbenträgern und klinischen Räudefällen .....	40
3.2.2 Vergleich zwischen stillen Milbenträgern und der Anzahl der Räudefälle in den drei wichtigsten Gebirgsstockebenen .....	41
3.2.3 Vergleich der Nord- und Südabdachung.....	43
3.2.3.1 Hinsichtlich Lauscherproben und klinischen Räudefällen .....	43
3.2.4 Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse .....	44
4 Diskussion .....	45
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	50
6. Literaturnachweis.....	52

## Kurzfassung

Diese Masterarbeit untersucht potenzielle Zusammenhänge zwischen klimatischen Faktoren und dem Auftreten von Räude bei Gams- und Steinwild im Nationalpark Hohe Tauern. Im Fokus steht insbesondere die Schneehöhe im Zeitraum 2015–2023 sowie deren mögliche Korrelation mit dokumentierten Räudefällen. Diese parasitäre Erkrankung, ausgelöst durch *Sarcoptes scabiei var.rupicaprae*, führt zu starkem Juckreiz, Hautveränderungen und endet häufig tödlich für den Wirtsorganismus. Als Datengrundlage dienten meteorologische Messwerte (Schneehöhe, Lufttemperatur, Niederschlag) sowie offizielle Fallmeldungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern. Die statistische Analyse ergab tendenzielle, jedoch nicht signifikante Zusammenhänge zwischen Wetterparametern und der Häufigkeit von Räudefällen. Ergänzend wurde eine interdisziplinäre Literaturlauswertung durchgeführt, um physiologische, genetische und verhaltensökologische Einflussfaktoren besser zu verstehen. Neben klimatischen Stressoren wie Hitzebelastung oder lang anhaltender Schneebedeckung spielen auch Energiehaushalt, Immunkompetenz, genetische Diversität und jagdliches Management eine Rolle für die Krankheitsanfälligkeit. Besonders das Steinwild zeigt aufgrund seiner physiologischen Spezialisierung auf kalte Lebensräume sowie genetischer Verarmung eine erhöhte Sensibilität gegenüber Umweltveränderungen. Die Ergebnisse unterstreichen die multifaktorielle Genese von Räudeausbrüchen und zeigen die Notwendigkeit eines integrativen, langfristigen Monitoringsystems auf, das ökologische, gesundheitliche und populationsgenetische Aspekte vereint. Angesichts des Klimawandels erscheint ein vorausschauendes, wissenschaftlich fundiertes Wildtiermanagement essenziell für den Erhalt alpiner Wildtierpopulationen.

## Abstract

This master's thesis investigates potential relationships between climatic factors and the occurrence of sarcoptic mange in Alpine chamois (*Rupicapra rupicapra*) and Alpine ibex (*Capra ibex*) in the Hohe Tauern National Park. The main focus is on snow depth during the period 2015–2023 and its possible correlation with documented mange cases. The parasitic disease, caused by *Sarcoptes scabiei var. rupicaprae*, leads to severe itching, skin lesions, and often ends fatally for the host organism. The data basis includes meteorological measurements (snow depth, air temperature, precipitation) and official case reports from the Hohe Tauern National Park. Statistical analyses revealed trends, but no significant correlations between weather parameters and the frequency of mange cases. Additionally, an interdisciplinary literature review was conducted to better understand physiological, genetic, and behavioral-ecological factors that may influence disease susceptibility. In addition to climatic stressors such as heat load or prolonged snow cover, factors like energy balance, immune competence, genetic diversity, and hunting practices also play a role. Alpine ibex in particular appears to be more sensitive to environmental changes due to its physiological specialization for cold habitats and reduced genetic diversity. The findings highlight the multifactorial genesis of mange outbreaks and emphasize the need for an integrative, long-term monitoring system that combines ecological, health-related, and population genetic aspects. In light of climate change, a forward-looking, science-based wildlife management approach appears essential to ensure the conservation of alpine wildlife populations.

# 1 Einführung

Inmitten von Österreich liegt das größte Naturschutzgebiet des gesamten Alpenraums – der Nationalpark Hohe Tauern. Mit einer Fläche von 1.856 km<sup>2</sup> unberührter Natur und einer beeindruckenden Vielfalt von etwa 15.000 Tierarten erstreckt sich der Nationalpark über drei österreichische Bundesländer Tirol, Salzburg und Kärnten. Der Nationalpark bietet wichtige Habitats für zahlreiche Tierarten, darunter zwei Säugetierarten, die charakteristisch für den Alpenraum und den Nationalpark sind, den Alpensteinbock (*Capra ibex*) und die Gämse (*Rupicapra rupicapra*) (Nationalpark Hohe Tauern, o. J.).

Das Steinwild, ein typischer Vertreter der europäischen Hochgebirgsfauna, hatte in der Vergangenheit einen äußerst schwierigen Stand in den Alpen. Aufgrund intensiver Verfolgung war die Art gegen Anfang des 19. Jahrhunderts in den Alpen nahezu ausgerottet. Eine kleine Restpopulation von etwa 100 Individuen überlebte im heutigen Gran Paradiso Nationalpark in Italien (Nievergelt, 1965). Auf Basis dieser Population wurden Wiederansiedlungsprogramme gestartet, um den Fortbestand des Steinwilds zu sichern. Seit den 1960er Jahren wurden im und um das Gebiet des heutigen Nationalparks ca. 200 Steinbockindividuen in die Freiheit entlassen, die zum größten Teil aus Tieren der heute sogenannten Gründungslinie Piz Albris stammen. Die starke Dezimierung des Steinwildes im Alpenbogen und die Wiederansiedlung in mehreren Schritten führten jedoch zu einer reduzierten genetischen Vielfalt und einem hohen Inzuchtgrad (Biebach und Keller, 2010; Grossen et al., 2018). Diese geringe genetische Diversität birgt langfristige Risiken für die Anpassungsfähigkeit der Populationen an Umweltveränderungen und erhöht die Anfälligkeit für Krankheiten (Keller und Waller, 2002).

Ein Beispiel für solche Krankheiten ist die Räude, die sowohl Stein- als auch Gamswild betrifft und immer wieder zu erheblichen Verlusten führt. Der erste dokumentierte Verdachtsfall auf Räude durch die Entnahme eines Steinbocks im Salzburger Teil des Nationalparks Hohe Tauern im Murtal trat 1966 auf (Greßmann, 2020). Verursacht wird die Erkrankung durch die Grabmilbenart *Sarcoptes rupicaprae*, die bei einem Erstbefall in einem Gebiet oft hohe Ausfallraten hervorrufen kann. Die Milben können starken Juckreiz, Haarausfall und Krustenbildungen verursachen. Sekundärinfektionen durch das Aufkratzen dieser Krusten können bis zum Tod führen (Deutz et al., 2017). Ähnliche Symptome, wie bei der Gamsräude, können durch Dermatophilose, eine bakterielle Hautkrankheit, welche durch Ektoparasiten wie Zecken und stechende Insekten, sowie verschiedene Parasitosen, wie der Befall von Gamslausfliegen, Haarlingen und Herbstgrasmilbe auftreten (Schaschl, 2007).

Während früher vermutet wurde, dass ein Milbenbefall zwangsläufig zur Erkrankung und dem Tod der Tiere führt, wird heute angenommen, dass sogenannte „stille Milbenträger“ eine wichtige Rolle spielen. Diese Individuen tragen die Milben, ohne selbst schwer oder gar nicht zu erkranken, und ermöglichen es der Milbe, langfristig in der Population zu überleben (Greßmann, 2020). Ob eine Massenvermehrung der Milben durch den körperlichen Zustand der Tiere oder auch durch genetische Faktoren verhindert wird, ist bisher unklar. Andererseits berichtet Rossi et al. (2007), dass bei gesunden Gämsen aus Metapopulationen sogenannte Anti-Sarcoptes-Antikörper vorhanden sein können, die an bekannte erkrankte Populationen angrenzen. Solche Tiere weisen darauf hin, dass tatsächlich größere Gebiete mit der Räudemilbe infiziert sind als beispielsweise die Verteilung der Totfunde und klinische Fälle vermuten lassen (Rossi et al., 2007). Unter diesen Umständen spiegeln Indexfälle in einer zuvor räudfreien Metapopulation vielmehr die Unsicherheiten bei der Überwachung von Wildtierkrankheiten in abgelegenen Bergregionen wider (Wobeser, 2002).

Die Erforschung der Räude und ihrer Ausbreitung im Nationalpark Hohe Tauern ist nicht nur aus ökologischer Sicht von Bedeutung, sondern auch für das langfristige Management der betroffenen Wildtierpopulationen. Besonders in Zeiten des Klimawandels stellt sich die Frage, inwiefern klimatische Faktoren wie Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe einen Einfluss auf die Ausbreitung und das Auftreten von Räudefällen haben könnten. Ziel dieser Arbeit ist es daher, mögliche Zusammenhänge zwischen klimatischen Veränderungen und den dokumentierten Räudefällen im Nationalpark Hohe Tauern im Zeitraum von 2015 bis 2023 zu untersuchen.

## 1.2 Forschungsfrage

Diese Arbeit gibt einen Überblick über das Auftreten und die Entwicklung der Räude bei Gams- und Steinwild im Nationalpark Hohe Tauern im Zeitraum von 2015 bis 2023. Dabei wird untersucht, ob klimatische Faktoren einen Einfluss auf den Ausbruch der Räude bei alpinen Hornträgern haben und welche Rolle sogenannte „stille Milbenträger“ in diesem System spielen.

### 1.3 Wissensstand und aktuelle Erkenntnisse zur Räude

Das höchste Gebirge Europas – die europäischen Alpen – erstreckt sich über eine Gesamtfläche von etwa 298.128 km<sup>2</sup>. Vor allem die westlichen Gebirgszüge in Österreich, Frankreich, Deutschland, Italien, Liechtenstein, Slowenien und der Schweiz erreichen Höhenlagen zwischen 3000 und 4300 m über dem Meeresspiegel (Bragin und Spiegel, 2020). Dieser Naturraum beherbergt zahlreiche Wildtierarten, darunter zählen auch acht Wildhuftierarten zu den typischen Vertretern der alpinen Habitats (Breitenmoser-Würsten et al., 2001; Reimoser und Reimoser, 2010).

Unter diesen Arten sind vor allem die in Europa heimischen Wildziegenarten (Caprinae) von einer der schwerwiegendsten Krankheiten betroffen – der Räude (Turchetto et al., 2020; siehe auch Rossi et al., 2019). Diese Erkrankung tritt in verschiedenen Regionen des europäischen Alpenraums auf und betrifft besonders häufig Alpen-Gämsen (*Rupicapra rupicapra*) und Alpensteinböcken (*Capra ibex*) (Rossi et al., 2019; Moroni et al., 2021). Beide Arten fungieren als Hauptreservoirwirte der Grabmilbe *Sarcoptes scabiei*, während andere Huftiere nur sporadisch betroffen sind, wie Rotwild, Rehwild und Muffelwild. Diese gelten als Spillover-Wirte, die nur bei hohem Infektionsdruck erkranken (Schaschl, 2007; Astorga et al., 2018; Moroni et al., 2021).

Die Räude tritt jedoch nicht nur im europäischen Alpenraum auf, sondern betrifft auch andere Ziegenarten (*Caprini*) des paläarktischen Raums. Wissenschaftlich dokumentierte Fälle betreffen unter anderem den Mähnspringer (*Ammotragus lervia*), den Iberischen Steinbock (*Capra pyrenaica*), den Sibirischen Steinbock (*Capra sibirica*), das Blauschaf (*Pseudois nayaur*), den Goral (*Naemorhedus goral*) und mehrere Serau-Arten wie den Taiwan-Serau (*Capricornis swinhoei*) und den Himalaya-Serau (*Capricornis thar*) (Pérez et al., 2020). Eine ähnliche Situation findet sich in den spanischen Pyrenäen, wo die Pyrenäen-Gams (*Rupicapra pyrenaica*) und der Iberische Steinbock (*Capra pyrenaica*) häufig von Epidemien betroffen sind (Rossi et al., 2019; Moroni et al., 2021). Diese Epidemien, die beispielsweise den spanischen Steinbock im Südosten Spaniens stark dezimierten, ähneln Ausbrüchen bei Alpen-Gämsen und Alpensteinböcken in den Ostalpen von Italien, Österreich, Deutschland und Slowenien (Turchetto et al., 2020). Zudem hat die Räude weitere Wildziegenarten in Südeuropa beeinträchtigt, darunter die westliche Unterart der Pyrenäen-Gams (*Rupicapra pyrenaica parva*) sowie das Berberschaf (*Ammotragus lervia*) (Fernández-Morán et al., 1997; Gonzalez-Candela et al., 2004).

Sowohl die Alpen-Gämse als auch der Alpensteinbock werden in der IUCN-Rote-Liste als „nicht gefährdet“ eingestuft und weisen stabile Populationen auf (International Union for Conservation of Nature). Beim Alpensteinbock ist dieser Status jedoch vor allem auf umfangreiche Schutzmaßnahmen zurückzuführen, da die Populationen nicht überall gleichermaßen stabil sind. Aufgrund der meist mehrfach durchlaufenen Flaschenhalse, beginnend mit dem beinahe Aussterben und der damit einhergehenden geringen genetischen Diversität sind Krankheiten wie die Räude weiterhin ein zentrales Thema für den jagdlichen Umgang (Deutz und Greßmann, 2001; Storch, 2017).

Die Räude, verursacht durch die Grabmilbe *Sarcoptes scabiei*, ist eine der schwerwiegendsten Erkrankungen bei Haus- und Wildtieren (Pence und Ueckermann, 2002). Die etwa 0,2-0,4 großen Milben verbleiben während ihres gesamten Lebenszyklus auf dem Wirt. Nach dem Erreichen der Hautoberfläche des Wirts beginnen alle Entwicklungsstadien der Milbe – Larve, Nymphe und Adultus – die Haut zu penetrieren und die weiblichen Milben graben dabei Bohrgänge in die Haut des Wirtes (Bornstein et al., 2001, in Pérez et al., 2020; Deutz et al., 2017). In diesen Gängen legen sie ihre Eier ab. Zusätzlich verbleiben Ausscheidungsprodukte und Exuvien der Milben in den Bohrgängen, was zu Abwehrreaktionen des Immunsystems führt (Pérez et al., 2020).

Die Nomenklatur unterscheidet sich je nach Tierart, wie in Tabelle 1 zusammengefasst. Durch modernere Differenzierungsmethoden könnten in Zukunft genauere Unterteilungen der Milbenarten möglich sein.

Tabelle 1: Übersicht der Nomenklatur der Räudemilben bei verschiedenen Wirten. Die Tabelle zeigt die unterschiedlichen Varianten von *Sarcoptes scabiei*, die für die Räudeerkrankung bei Menschen und verschiedenen Tieren verantwortlich sind.

Wirt	Erkrankung	Wissenschaftlicher Name	Bemerkung
Mensch	Sarkoptesräude (Mensch)	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>hominis</i>	Hauptsächlich beim Menschen, verantwortlich für die klassische Räude.
Hund	Hundsräude	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>canis</i>	Kann auf Menschen übertragen werden („Scheinräude“), typisch bei Hunden.
Fuchs	Fuchsräude	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>vulpes</i>	Bei Füchsen häufig, auch Überträger auf Hunde möglich.
Alpen-Gämse	Gamsräude	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>rupicaprae</i>	Betroffen sind Wildtiere, insbesondere in den Alpenregionen, wie Steinwild und Gamswild.
Schwein	Schweineräude	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>suis</i>	Betroffen sind Wild- und Hausschweine.
Ziege	Ziegenräude	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>caprae</i>	Bezieht sich auf Milbenbefall bei Ziegen.

Die Übertragung von *Sarcoptes scabiei* kann sowohl über direkten als auch indirekten Kontakt erfolgen, wobei letzteres unwahrscheinlicher ist (Schaschl, 2007). Die häufigste Übertragung der Räudemilbe erfolgt durch direkten Kontakt, beispielsweise während der Brunftzeit, wenn die Tiere engen körperlichen Kontakt haben. Eine indirekte Übertragung ist ebenfalls möglich, etwa durch die aufeinanderfolgende Nutzung derselben Lagerstätten. Untersuchungen zeigen zudem, dass Geißen überwiegend am Rücken und Böcke meist im Bauchbereich von Räude betroffen sind (Deutz et al., 2017). Auch der Mensch kann von der Gamsräudemilbe befallen werden, jedoch kann sich die Milbe in der menschlichen Haut nicht vermehren und es entsteht lediglich eine sogenannte Scheinräude, welche nach rund drei Wochen spontan abheilt. Ohne Wirtsorganismus ist die Räudemilbe nur für eine kurze Dauer (max. 14 Tage bei 5 °C und hoher Feuchtigkeit, meist allerdings nur eine Woche) überlebensfähig, d.h. bei einem toten Wirt, entfernt sie sich nur max. 1 m vom verendeten Stück (Deutz et al., 2017). Die Sarkoptesmilben können zahlreiche Säugerarten, inkl. den Menschen befallen. Bei den wildlebenden Raubtieren ist die Krankheit nicht nur beim Fuchs (*Vulpes vulpes*) durch die Fuchsräude bekannt, sondern auch beim Steinmarder (*Martes foina*), Wolf (*Canis lupus*), Kojoten (*Canis latrans*), Bär (*Ursus arctos*), Luchs (*Lynx lynx*) und anderen wildlebenden Tieren (Ryser-Degiorgis & Haas, o. J.). Beispielsweise wurde beobachtet, dass Räude von Gämsen auf Hausziegen (*Capra hircus*) oder von Wildschweinen (*Sus scrofa*) auf Hausschweine (*Sus scrofa domesticus*) übertragen werden

kann. Solche Infektionen könnten nicht nur ein Risiko für landwirtschaftliche Nutztiere darstellen, sondern auch eine Rolle bei epizootischen Ausbrüchen in Wildtierpopulationen spielen (Rossi et al., 2007, 2014, 2019; Meier und Ryser-Degiorgis, 2018). Erste Einschleppungen von Milben in naive Wildtierpopulationen werden häufig auf Kontakte mit infizierten Haustieren zurückgeführt. Diese Situation wird durch den zunehmenden Druck auf Wildtierlebensräume und den dadurch oftmals bedingten engeren Kontakt zwischen Wild- und Haustieren noch verstärkt. Studien zeigen zudem, dass höhere Wildtierpopulationen zu einer schnelleren Ausbreitung der Krankheit innerhalb einer Population beitragen können (Rossi et al., 2014, 2019; Niederinghaus et al., 2019). Dennoch kann die Krankheit auch bei geringeren Wilddichten immer wieder auftreten.

Obwohl Räude auch bei Wildschweinen in den Schweizer Alpen und den westlichen italienischen Alpen nachgewiesen wurde, konnte bisher keine Übertragung zwischen Milben von Pflanzenfressern, Allesfressern und Fleischfressern nachgewiesen werden. Genetische Unterschiede zwischen den Milbenstämmen dieser verschiedenen Nahrungstypen deuten auf eine epidemiologische Trennung hin, wodurch eine Weitergabe zwischen den Nahrungstypen als eher unwahrscheinlich gilt (Rasero et al., 2010).

Die Hautreaktion des Wirts hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Anzahl der Milben, der Befallsort und die individuelle Immunabwehr. Erkrankte Tiere sind meistens bereits geschwächt, durch andere Krankheiten, wie Viruserkrankungen, bakterielle Erkrankungen und parasitäre Erkrankungen. Durch diese Herabsetzung der Abwehrkräfte steigt die Wahrscheinlichkeit für einen Räudeausbruch in der Population (Schaschl, 2007). Neben einer direkten Schädigung der Haut können Milben auch als Träger infektiöser Organismen wie Viren, Bakterien oder Protozoen dienen. Häufig treten Sekundärinfektionen durch Bakterien auf, die in die geschädigten Hautareale eindringen (Espinosa et al., 2017, in Pèrez et al., 2020). Befallene Tiere zeigen häufig Juckreiz und Scheuerverhalten, was als erstes klinisches Erkennungsmerkmal gilt (Hargis et al., 2017; Walton, 2010, in Turchetto et al., 2020).

Typisch für die Räude ist die Bildung von Krusten („Borke“) an den betroffenen Stellen, die durch eine hypersensitive Reaktion des Wirts auf Milbenantigene ausgelöst wird. Die ersten Läsionen treten üblicherweise an Körperstellen auf, die als Erstes mit den Milben in Kontakt kamen, wie Kopf oder Schultern (Gross et al., 2005, in Turchetto et al., 2020). Im Verlauf schwerer Infektionen breitet sich der Befall auf den gesamten Körper aus, was die Thermoregulation beeinträchtigt und vor allem in den Wintermonaten zu einem erhöhten Energieverbrauch führt. Bei der Alpengämse (*Rupicapra rupicapra*) unterscheidet man drei Stadien der Hautläsionen, die von der Krustendicke, der Milbenanzahl und den Immunzellen wie Lymphozyten und Mastzellen abhängen. Während die ersten beiden Stadien moderate Krustenbildung und geringe Milbenzahlen zeigen, ist das dritte Stadium durch dicke Krusten (über 3,5 mm), hohe Milbenzahlen und schwere Sekundärinfektionen gekennzeichnet. Diese Krusten enthalten spezielle Antikörper und toxische Stoffe, die das Eindringen der Milben erschweren (Espinosa et al., 2017, in Turchetto et al., 2020). Die Erkrankung verursacht nicht nur Hautschäden, sondern führt auch zu systemischen Entzündungen und erhöhten Stresshormonwerten (Pèrez et al., 2019, in Pèrez et al., 2020). Laut eigenen Beobachtungen von Greßmann G. gibt es auch hochgradige Infektionen mit überaus geringer Krustenbildung, solche Fälle treten vermehrt im Frühjahr bei großer Hitze auf.

Durch den hohen Energieverbrauch und die systemische Belastung verlieren die betroffenen Tiere oft an Gewicht, was ihre Überlebensfähigkeit weiter einschränkt (Carvalho et al., 2015, in Pèrez et al., 2020). Bei schweren Infektionen kann der Befall entweder zum Tod des Wirts oder zur Ausbildung einer Immunität führen, wodurch die Tiere resistenter gegenüber zukünftigen

Infektionen werden (Alasaad et al., 2011, in Pèrez et al., 2020). Eine Übersicht über die Auswirkungen der Sarkoptesräude bei Wildtieren liefert die Studie von Bornstein et al. (2001). Wildtierarten, welche ein schwächeres Immunsystem besitzen oder unter extremen Umweltbedingungen wie Kälte oder Hitzestress leiden, können nachweisbar schwer an der Krankheit erkranken, selbst wenn die Milbenbelastung relativ gering ist. Dies bedeutet, dass die Schwere der Räudeerkrankung nicht nur durch eine hohe Anzahl der Milben ausgelöst werden kann, sondern auch abhängig von anderen Faktoren wie der allgemeinen Gesundheit und den Umweltbedingungen ist.

Die sogenannten MHC-Moleküle (Major Histocompatibility Complex-Moleküle) besitzen alle Wirbeltiere, die das Immunsystem bei der Unterscheidung zwischen körpereigenen und körperfremden Zellen unterstützen. Diese Moleküle spielen eine zentrale Rolle bei der Erkennung von Krankheitserregern und der Immunantwort. Die genetische Variabilität der MHC-Moleküle ist entscheidend für die Anfälligkeit oder Resistenz gegenüber Infektionskrankheiten wie der Räude (Turchetto et al., 2020). Männliche Gämse, die heterozygote MHC-Allele aufweisen, leben nachweislich länger als homozygote Tiere (Schaschl et al., 2007). Aufgrund der geografischen Isolation vieler Populationen und des begrenzten genetischen Austauschs weisen sowohl Gämse als auch Steinböcke eine geringe genetische Vielfalt auf (Biebach & Keller, 2009; Leugger et al., 2022), was ihre Anfälligkeit gegenüber Krankheiten wie der Räude erhöhen kann (Acevedo-Whitehouse & Cunningham, 2006). Dies unterstreicht die Bedeutung der genetischen Diversität für die langfristige Populationsstabilität dieser Arten.

## 1.4 Kurzbeschreibung des Steinwildes und Gamswildes im Nationalpark Hohe Tauern

Die Entwicklungsgeschichte des Schalenwildes – zu dem unter anderem Gamswild, Steinwild und auch Muffelwild zählen – ist über eine weite Zeitspanne hinweg sehr ähnlich verlaufen. Eine Ausnahme bildet dabei das Schwarzwild (*Sus scrofa*), das als Nichtwiederkäuer eine Sonderstellung einnimmt. Schalenwild gehört zur Klasse der Säugetiere (*Mammalia*), der Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*), der Unterordnung der Wiederkäuer (*Ruminantia*) und der Überfamilie der Stirnwaffenträger (*Cervoidea*) (Deutz et al., 2017).

### **Alpensteinbock (*Capra ibex*)**

In den Hohen Tauern zählt der Alpensteinbock (*Capra ibex*) zu den bekanntesten und imposantesten Säugetierarten der Region. Der Alpensteinbock gehört zur Familie der Hornträger (*Bovidae*) und erreicht bei männlichen Tieren eine Schulterhöhe von bis zu 1 Meter und ein Gewicht von über 90 Kilogramm. Der Körper des Steinwildes ruht auf kurzen, stämmigen Läufen mit breiten, weit spreizbaren Schalen. Diese anatomischen Merkmale ermöglichen den Tieren, sich hervorragend an das Leben im steilen, felsdurchsetzten Gelände der Alpen anzupassen und selbst schwieriges Terrain sicher zu überwinden (Ophoven, 2021).

Beide Geschlechter tragen Hörner, wobei die nach hinten gebogenen Hörner der Böcke mit einer Länge von bis zu 1 Meter deutlich länger sind als die der Geißen, deren Hörner selten mehr als 30 Zentimeter erreichen (Stüber & Winding, 2007; Deutz et al., 2017). Der bevorzugte Lebensraum des Alpensteinbocks liegt oberhalb der Waldgrenze. Er hält sich überwiegend in subalpinen und alpinen Rasen sowie in felsdurchsetzten Steilhängen auf. Besonders hohe Temperaturen und starke Niederschläge – insbesondere Schneefall – stellen für ihn eine Herausforderung dar. (Deutz et al., 2017).

Im Gegensatz zu vielen Gämsen, die im Winter in tiefere Lagen ausweichen, verbleibt der Alpensteinbock meist in hochgelegenen Felsregionen. Dort findet er auf südexponierten Hängen auch während der Wintermonate noch zugängliche Äsungsflächen (Ophoven, 2021). Seine Vorfahren wanderten während der frühen Eiszeit aus asiatischen Gebirgs- und Kältesteppe nach Europa ein. Bis zur Würm-Eiszeit entwickelte sich daraus der heutige Alpensteinbock. Sein heutiges Verbreitungsgebiet ist auf die Alpen beschränkt (Deutz et al., 2017).

Die Sozialstruktur des Steinwilds ist klar gegliedert. Böcke und Geißen leben in getrennten Rudeln, die sich nur während der Brunftzeit (Dezember/Jänner) vermischen. Die Brunft verläuft vergleichsweise ruhig, und gleich starke Böcke versuchen Kämpfe zu vermeiden (Ophoven, 2021). Die Geißen setzen zwischen Mai und Juli meist ein Kitz, selten zwei (Stüber & Winding, 2007). Böcke verlassen die Geißrudel im Alter von zwei bis vier Jahren und schließen sich reinen Bockrudeln an, die teilweise größere Wanderungen unternehmen (Ophoven, 2021).

In den Hohen Tauern leben heute wieder über 1.100 Stück Steinwild: knapp 600 im Osttiroler, 250 im Kärntner und 250 im Salzburger Anteil (Stand: 2024). Alpenweit ist das Verbreitungsbild des Alpensteinbocks durch eine Kombination aus isolierten Kolonien und größeren, zusammenhängenden Vorkommen geprägt. Im Nationalpark Hohe Tauern hingegen handelt es sich um ein weitgehend zusammenhängendes Vorkommen mit mehreren lokalen Teilpopulationen. Zwischen Sommer- und Wintereinständen, aber auch vor bzw. zu Brunftbeginn können von den Böcken beträchtliche Wanderungen von bis zu 20 Kilometern zurückgelegt werden (Stüber & Winding, 2007).

### **Gämse (*Rupicapra rupicapra*)**

Die tagaktive Gämse (*Rupicapra rupicapra*) zählt in der Tauernregion zu den am häufigsten oberhalb der Waldgrenze anzutreffenden Wildtieren. Sie gehört ebenfalls zur Familie der Hornträger (*Bovidae*) (Stüber & Winding, 2007). Zur Unterfamilie der Ziegenartigen (*Caprinae*) zählen mehrere Arten mit ähnlicher Morphologie und Lebensweise, die sich jedoch genetisch und systematisch deutlich unterscheiden. Dazu gehört die Alpengämse (*Rupicapra rupicapra*), die in den Alpenregionen Frankreichs, der Schweiz, Italiens, Österreichs, Deutschlands, Liechtensteins und Sloweniens verbreitet ist. Ihre nahe Verwandte, die Pyrenäen-Gämse (*Rupicapra pyrenaica*), lebt in den Gebirgen der Iberischen Halbinsel. In Nordamerika und Alaska ist die Schneeziege (*Oreamnos americanus*) heimisch. In den bergigen Waldregionen Süd- und Ostasiens kommen Vertreter der Gattungen *Capricornis* (Serauen) und *Naemorhedus* (Gorale) vor. Trotz ihrer geografischen Trennung zeigen diese Arten zahlreiche konvergente Anpassungen an das Leben in steilen und unwegsamen Habitaten (Groves & Grubb, 2011; Wilson & Mittermeier, 2011).

Die „Alpengams“ zeigt eine bemerkenswerte ökologische Plastizität und kann eine Vielzahl von Lebensräumen nutzen. Neben felsigem Gelände mit durchsetzten Grasheiden oberhalb der Waldgrenze, die sie bevorzugt, kann sie auch in Gebieten mit ausreichend Freifläche und Hangneigungen von 20 bis 25° oder steiler gut leben. Solche Lebensräume können auch geeignete Waldgebiete umfassen, in denen sogenannte „Waldgams“-Populationen vorkommen, ohne dass diese den Wald aktiv gegenüber alpinen Lagen bevorzugen. In den Alpen nutzt die Alpengams im Sommer häufig höhergelegene, offene Lagen bis in den alpinen Bereich, hält sich jedoch je nach Bedingungen auch in subalpinen oder bewaldeten Zonen auf. Im Winter zieht sie sich hingegen in tiefere Höhenstufen oder auf südexponierte, schneearme Hänge zurück, die bessere Nahrungs- und Bewegungsmöglichkeiten bieten (Stüber & Winding, 2007). Beide Geschlechter tragen Hörner. Die Gämse (*Rupicapra rupicapra*), aber auch das Steinwild (*Capra ibex*), sind durch spezifische innere Anpassungen an den Sauerstoffmangel in großen Höhen optimal an das Leben im Hochgebirge angepasst (Deutz et al., 2017). Beide Arten besitzen pro

Raumeinheit Blut etwa das Doppelte bis Dreifache an roten Blutkörperchen im Vergleich zum Menschen, wobei die Werte beim Steinwild sogar noch über denen der Gämse liegen. Diese hohe Anzahl an Erythrozyten, kombiniert mit deren vergleichsweise kleiner Größe, ermöglicht eine verbesserte Sauerstoffaufnahme und -verteilung im Körper. Zusätzlich verfügen Gämse und Steinwild über ein vergleichsweise größeres Herz mit einer dickeren Wand und sehr leistungsstarken Muskelzellen, was die kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit und somit die Sauerstoffversorgung in sauerstoffarmen Höhenlagen weiter unterstützt. Diese physiologischen Besonderheiten sind entscheidend für das Überleben und die Leistungsfähigkeit der Tiere in den anspruchsvollen Bedingungen des Hochgebirges (Deutz et al., 2017).

Die Ansteckungsgefahr bei einem Räudeausbruch ist zwischen einzelnen Stücken deutlich erhöht, da das Gamswild aufgrund seiner Sozialstruktur in geselligen Familienverbänden lebt (Schaschl, 2007). Alte Böcke sind meist Einzelgänger, während Geißen mit ihren Kitzen und Jahrlingen sogenannte Mutterfamilien bilden. Mehrere Mutterfamilien können sich zu größeren Verbänden zusammenschließen, die von erfahrenen Tieren geführt werden. Abhängig von Sozialstruktur und Topografie können sich – insbesondere unter mittelalten Böcken – auch Bockrudel bilden. Die Größe solcher Gruppen variiert in Abhängigkeit von der Biotopqualität und dem Nahrungsangebot im Revier. Die Brunftzeit findet hauptsächlich im November statt und kann sich bis Mitte Dezember erstrecken. In dieser Phase verläuft das Sozialverhalten besonders lebhaft, und die Böcke liefern sich teils heftige Verfolgungsjagden um die Geißen, wobei sie große Energiemengen verbrauchen und während der Brunft kaum fressen, da sie ihre ganze Energie auf Fortpflanzung konzentrieren (Schaschl, 2007; Ophoven, 2021).

Das Gamswild kann laut einer aktuellen Studie in vier geografisch getrennte Gruppen eingeteilt werden, die auch genetische Unterschiede aufweisen (Hoste, 2021). Erstaunlicherweise wurde die Räude bislang nur in den zwei östlichen Gruppen des Gamswildes nachgewiesen, während die westlichen Populationen bisher nicht von der Krankheit betroffen sind, obwohl keine geografischen Barrieren bestehen (Janovsky et al., 2018). Ein Infektionsausbruch in den Schweizer, Südtiroler und westitalienischen Alpen könnte jedoch zu erheblichen Verlusten in den bestehenden Populationen von Alpensteinböcken und Alpen-Gämsen führen (Unterköfler et al., 2023).

Stein- und Gamswild kommen in vielen Regionen gemeinsam vor, was die Frage der Nahrungskonkurrenz aufwirft. Beide Arten zählen zu den Intermediärtypen unter den Wildwiederkäuern, wobei die Äsung des Steinwilds gröber ist als die des Gamswildes. Steinwild bevorzugt Gräser wie Seggen, Rispen- und Schwingelgräser sowie Gemeines Ruchgras, während Gamswild bei ausreichendem Angebot Kräutern den Vorzug gibt (TEN HOUTE DE LANGE, 1978). Im Winter kann es aufgrund knapper Nahrungsressourcen zu Konkurrenz kommen, wobei Gamswild, das in der Hierarchie unter dem Steinwild steht, weichen muss (Deutz et al., 2017).

## 1.5 Geschichte der Räude im Nationalpark Hohe Tauern

Aberglaube an die Heilkräfte bestimmter Körperteile und die damit verbundene rücksichtslose Dezimierung des Steinwildes führten dazu, dass diese Wildtierart gegen Ende des 13. Jahrhunderts auf der Nordseite der Hohen Tauern verschwand. Auf der Südseite der Hohen Tauern konnte sich das Steinwild im Gebiet von Kals noch bis ins 17. Jahrhundert halten. In Österreich erlosch die letzte autochthone Steinwildpopulation im Winter 1708/09 im Zillertal (Zechner, 2016; Zechner et al., 2014). Dennoch verschwanden die Steinwildpopulationen im gesamten Alpenraum gegen Ende des 18. bzw. Anfang des 19. Jahrhunderts (Stüber & Winding, 2007).

Zwischenzeitlich gab es immer wieder strenge Schutzmaßnahmen, die der Wiederansiedlung der Tiere dienen sollten, jedoch nur mäßigen Erfolg hatten. Durch Wilderei und die zunehmende Verschlechterung des Klimas scheiterten die Bemühungen, eine konstante Population zu etablieren. Lediglich in den heutigen Nationalparks Gran Paradiso (Italien) und Vanoise (Frankreich, angrenzend an den Gran Paradiso) überlebte ein kleiner Restbestand des westalpinen Steinwildes. Die Wiedereinbürgerung des Steinwildes im gesamten Alpenraum begann ab Anfang des 20. Jahrhunderts von der Schweiz aus, wo mit geschmuggelten Tieren aus dem Gran-Paradiso-Gebiet gezüchtet wurde, siehe Tabelle 2 (Stüber & Winding, 2007).

Tabelle 2: Wiederansiedlungsversuche von Steinwild im Nationalpark Hohe Tauern (1925–2023).

<b>Jahr</b>	<b>Ort der Freilassung</b>	<b>Anzahl der Tiere (Böcke/Geißen)</b>	<b>Herkunft der Tiere</b>	<b>Bemerkungen</b>
1925	Kapruner Tal (Salzburg)	0 (keine erfolgreichen Ansiedlungen)	-	Erste Wiederansiedlung, ohne Erfolg
1960	Heiligenblut (Kärnten)	4 Böcke, 7 Geißen	-	Erfolgreiche Freilassung im Gebiet zwischen Gößnitz- und Gradental
1963	Obersulzbach (Salzburg)	3 Böcke, 2 Geißen	-	-
1964	Salzburg (Nassfeld), Heiligenblut (Kärnten)	5 Böcke, 5 Geißen (Salzburg) / 5 Männchen, 1 Weibchen (Heiligenblut)	-	-
1969	Kals am Großglockner (Tirol)	3 Böcke, 1 Geiß	Pontresina (Schweiz)	-
1970–1975	Kals am Großglockner (Tirol)	9 Böcke, 12 Geißen	Pontresina (Schweiz), Alpenzoo Innsbruck	Weitere Wiederansiedlungen, v.a. aus Pontresina
1976	Matrei in Osttirol (Tirol)	3 Böcke, 2 Geißen	Pontresina (Schweiz)	-
1977	Obersulzbach (Salzburg)	3 Böcke, 6 Geißen, 2 Kitze	Alpenzoo Innsbruck (Österreich)	-
1979	Prägraten am Großvenediger (Tirol)	2 Böcke, 3 Geißen	Graubünden (Schweiz)	-
1980–1987	Matrei in Osttirol, Prägraten am Großvenediger (Tirol)	8 Böcke, 7 Geißen	Pitztal (Österreich), Zoo Dortmund (Deutschland)	Weitere Wiederansiedlungen, u.a. aus Pitztal, Zoo Dortmund

1987–1998	Rauris und Anlaufstal (Salzburg)	22 Böcke, 21 Geißen	Alpenzoo Innsbruck (Österreich), Zoo Helsinki (Finnland), Zoos in Deutschland	-
1999	Trojeralm (Tirol)	1 Bock, 3 Geißen, 1 Kitz	Schweiz (genaue Herkunft unbekannt)	-
1999–2005	Rauris (Salzburg)	24 Böcke, 36 Geißen	Zoo Helsinki (Finnland), Zoos in Deutschland	Umfangreiche Wiederansiedlungsprojekte
2023	Hüttschlag (Salzburg)	3 Böcke, 7 Geißen	Zoos in Nürnberg, Hellbrunn, Klausnerhof Schladming (Österreich)	Projektstart Wiederansiedlung
2024	Kreh Alpe, Pongau (Salzburg)	11 Stück Steinwild	Zoos in Deutschland, Slowenien und Österreich	Aktuellster Stand

Im Zeitraum von 1960 bis 2023 wurden im Nationalpark Hohe Tauern insgesamt 211 Steinwild-Individuen (95 Böcke, 113 Geißen und 3 Kitz) freigelassen. In Kärnten fanden sechs Freilassungen statt, in Salzburg 16 und in Tirol 13 Ansiedlungsprojekte. Die meisten Tiere, die in den ersten Phasen der Wiederansiedlung des Alpensteinbocks in den Ostalpen verwendet wurden, stammen aus dem Gebiet Pontresina (Schweiz). Später, im Zuge der Wiederansiedlungsmaßnahmen im Nationalpark Hohe Tauern, wurden zusätzlich Tiere aus verschiedenen Zoos in Europa, darunter aus Finnland, Deutschland und Österreich, eingebracht. Genetisch stammen jedoch nahezu alle dieser Tiere, sowohl aus der Wildbahn als auch aus Zoos, aus der sogenannten Albris-Linie, weshalb die Herkunft der Zootiere für die genetische Diversität kaum einen Unterschied macht.

Im Alpenraum markieren häufig der Winter und der Nachwinter eine Zeit der natürlichen Auslese. Trotz ihrer Anpassungen an den alpinen Lebensraum verzeichnen Wildtierarten, insbesondere schwache Individuen, während dieser Zeit vermehrte Ausfälle durch Naturgewalten oder Krankheiten. Gams- und Steinwild sind als gesellige Wildtierarten bekannt und bilden innerhalb ihrer Art sogenannte Rudel. Diese Sozialstruktur bietet einerseits Schutz vor Feinden, erhöht andererseits jedoch das Risiko einer schnellen Ausbreitung von Infektionskrankheiten und Parasitosen innerhalb der Gruppe. Ungeeignete oder suboptimale Lebensräume, Unruhe durch Tourismus oder hoher Jagddruck (besonders im Winter bei Schneelage) sowie überhöhte Wilddichten – oftmals beeinflusst durch eine nicht wildgerechte Bejagung hinsichtlich Altersklassenverteilung und Geschlechterverhältnis – können sich indirekt auf den Gesundheitszustand der Population auswirken. Dabei ist jedoch zu beachten, dass auch ein Nichteingreifen als Managementstrategie betrachtet werden kann. Hohe Wilddichten können zwar zu einem Zusammenbruch der Population führen, allerdings geschieht dies meist unter natürlichen Auslesemechanismen, die sich von den durch Jagd beeinflussten Methoden unterscheiden. Das Gamswild ist häufig von Räude, Gamsblindheit, Lungen- und Bandwurmbefall sowie in schweren Fällen von Lippengrind oder Papillomatose betroffen. Beim Steinwild können in suboptimalen Lebensräumen sowie bei hohen Wilddichten ebenfalls

Krankheiten wie Räude (Ostalpen), Moderhinke, Gamsblindheit, Paratuberkulose oder Endoparasitosen auftreten, die mit hohen Verlusten einhergehen können. Zusätzlich besteht die Sorge einer Krankheitsübertragung durch erkrankte Schafe und Ziegen, die während des jährlichen Almauftriebs oder durch Freilassungen von Wildtieren unbekannter Herkunft bzw. mit ungeklärtem Gesundheitsstatus eingebracht werden könnten (Deutz et al., 2017).

In Österreich trat vermutlich die Gamsräude erstmals in den Jahren 1824 bis 1838 in der Steiermark auf (Schaschl, 2007). Bereits um 1800 gab es jedoch erste Erwähnungen, dass diese Krankheit in Österreich verbreitet war. Damals wurde sie mit folgender Bemerkung beschrieben: „Vielleicht ist also auch jene Krankheit, die man am Gamsen zuweilen bemerkt, ein schwarzgrauer Ausschlag zwischen Haupt und Wildbret, ein heilsames Bestreben der Natur, den Körper ächt wohlthätigt zu reinigen“ (Schaschl, 2007).

*Tabelle 3: Entwicklung der Räudesituation in Österreich (1800 – 2019). Diese Tabelle dokumentiert die wichtigsten Ereignisse und Ausbrüche der Gamsräude in verschiedenen Regionen Österreichs, beginnend mit den ersten Erwähnungen der Krankheit im Jahr 1800 bis zu den Fällen im Jahr 2019. Die Tabelle umfasst die Zeiträume und geografischen Gebiete der Ausbrüche sowie spezifische Ereignisse. Quelle: Schaschl( 2007).*

<b>Jahr</b>	<b>Region</b>	<b>Ort/Bereich</b>	<b>Beschreibung / Ereignis</b>
1800	Österreich	-	Erste Erwähnung der Gamsräude in Österreich
1824-1838	Steiermark	-	Seuchenartiges Auftreten der Räude bei Gamswild
1831-1832	Salzburg	Tennengebirge	Erste Erwähnung der Gamsräude im Tennengebirge (Salzburg)
1860/1870	Kärnten	Lieser-Möll	Erste Rädefälle zwischen der Lieser und Möll (Bezirk Spittal an der Drau)
1870	Kärnten	Maltatal	Seuchenartiges Auftreten der Räude im Maltatal, Ausbreitung Richtung Norden
1880	Oberösterreich	Ennstal	Ausbruch der Räude bei Rindern, Schafen und Ziegen
1897	Steiermark	Ennstaler Alpen	Ausbreitung der Krankheit in den Ennstaler Alpen
1900	Steiermark	Rottenmanner Tauern	Ausbruch der Räude in den Rottenmanner Tauern

1905	Kärnten	Innerfragant	Krankheitsausbruch in Innerfragant, Gamsbestand vernichtet
1910/1911	Steiermark	Grimming, Totes Gebirge	Verbreitung bis ins Gebiet des Grimming und im Toten Gebirge
1911-1920	Salzburg	Tennengebirge	Ausbruch der Gamsräude im Tennengebirge
1917	Zentralalpen	-	Angabe eines zusammenhängenden Räudegebiets in den Zentralalpen
1922	Steiermark	Hieflau	Ausbreitung der Räude bis nach Hieflau
1929/1930	Steiermark	Großhollenstein bis Kalwang	Errichtung eines 40 km langen Gamsräudezauns, Schutz, aber keine vollständige Barriere
1930	Kärnten	Mölltal, Gailbergsattel	Ausbreitung der Räude in Kärnten und weiteren Gebieten
1930	Tirol	Gerlosgebiet, Zillertaler Alpen	Ausbruch der Gamsräude im Gerlosgebiet und den Zillertaler Alpen
1948	Salzburg	Hochkönig-Gebiet	Neuer Seuchenherd im Hochkönig-Gebiet
1949	Kärnten	Karnische Alpen	Ausbruch auf österreichischer und italienischer Seite der Karnischen Alpen
1954-1960	Tirol	Zillertal	Dezimierung der Gamsbestände durch die Gamsräude im Zillertal

1954-1975	Tirol	Mayrhofen	2.346 Räudefälle in Mayrhofen im Zillertal
1955	Salzburg	Pinzgau	Ausbruch der Gamsräude im Pinzgau
1957	Deutschland	Berchtesgaden, Ruhpolding	Verbreitung der Seuche Richtung Berchtesgaden und Ruhpolding
1959/1960	Salzburg	Pinzgau	Erneutes Aufleben der Räude im Pinzgau
1960	Tirol	Innsbruck-Land	Krankheitswelle im Bezirk Innsbruck-Land
1961-1964	Salzburg	Tennengau	Ausbruch der Gamsräude im Tennengau
1962/1963	Salzburg	Pongau	Ausbruch der Gamsräude im Pongau
1962-1967	Salzburg	Flachgau	Ausbruch der Gamsräude im Flachgau
1964/1965	Salzburg	Pinzgau	Ausbruch der Gamsräude im Pinzgau
1966	Salzburg	Murtal	Verdachtsfall auf Räude durch Entnahme eines Steinbocks
1968-1972	Salzburg	Lungau	Ausbruch der Räude im Lungau
1970	Tirol	Brennergebiet	Krankheitsfälle im Brennergebiet
1970-1975	Kärnten	Nockgebiet	Erstes Auftreten im Nockgebiet, Einzelfälle ohne große Dezimierung
1972-1976	Salzburg	Tennengau	Erneuter Ausbruch im Salzburger Tennengau
1972-1978	Salzburg	Pongau	Erneuter Ausbruch im Pongau

1973	Kärnten	Dreiländereck (Karawanken)	Ausbruch im Dreiländereck, Ausbreitung entlang der Karawanken bis 1991
1975	Kärnten	Nationalpark Kärnten	Stabilisierung des Steinwildbestands, 110 Steinwild gezählt
1977-1979	Salzburg	Pinzgau	Erneuter Ausbruch im Pinzgau
1977-1980	Salzburg	Lungau	Erneuter Ausbruch im Lungau
1978	Kärnten	Nationalpark Kärnten	Ende der ersten Räudewelle, 20 bestätigte Steinböcke im Kärntner Nationalpark
1980	Salzburg	Tennengau	Erneuter Ausbruch der Gamsräude im Tennengau
1981	Kärnten	Metnitztal, Eisenhut-Wintertaler Nock	Erste Räudefälle im Bezirk Sankt Veit an der Glan
1981/1982	Salzburg	Pongau	Räudewelle im Pongau
1983	Salzburg	Pinzgau	Räudewelle im Pinzgau
1984/1985	Salzburg	Pongau	Erneuter Ausbruch der Gamsräude im Pongau
1985-1999	Osttirol	Prägraten, Matrei, Lasörlinggruppe, Defregger Gebirge, Villgratener Alpen, Schobergruppe, Gailtaler Alpen	Ausbruch der Räude in Osttirol durch Einzelfälle
1986	Kärnten	Flattnitz, Gurktal	Räudewelle in den Revieren östlich der Flattnitz bis ins Gurktal
1986/1987	Salzburg	Tennengau	Ausbruch der Gamsräude im Tennengau
1987-1990	Salzburg	Lungau	Ausbruch der Räude im Lungau

1990	Salzburg	Pinzgau	Ausbruch der Räude im Pinzgau
1990-1994	Salzburg	Tennengau	Krankheitsnachweise im Tennengau
1994/1995	Salzburg	Pongau	Dokumentierte Räudefälle im Pongau
2000	Niederösterreich	Lilienfeld, Kleinzell	Gamsräude-Fälle im Hegering Lilienfeld und Kleinzell
2001	Tirol	Schwarz	Nachweis von 8 Räudefällen im Bezirk Schwarz (Tirol)
2015-2019	Kärnten	Nationalpark Hohe Tauern	Gehäufte Räudefälle im Kärntner Teil des Nationalparks, Verlust von 36 Steinwild

Der Nationalpark Hohe Tauern beherbergt mehrere Teilvorkommen einer zusammenhängenden Population von Steinwild, die sich vereinfacht in ein östliches und ein westliches Teilgebiet unterteilen lässt. Das Gebiet rund um den Großglockner stellt eine wichtige Drehscheibe für den Austausch zwischen Teilpopulationen in westlichem Osttirol (Tirol), Salzburg und Kärnten dar. Bis 2016 wuchs die Population in den Hohen Tauern insgesamt auf über 1200 Stück an, auch wenn es zwischenzeitlich Rückschläge durch Krankheiten oder andere Einflüsse gab. Ein Rückgang der Gesamtpopulation in den letzten Jahren ist jedoch größtenteils auf räudebedingte Ausfälle zurückzuführen (Greßmann, 2020). Nicht nur das Gams- und Steinwild wird vom Erreger der Gamsräude befallen, sondern mittlerweile gibt es auch mehrere Nachweise von anderen Wildtierarten, wie dem europäischen Mufflon, Rot- und Rehwild und dem Schwarzwild, welche an dieser Krankheit nachweislich erkranken können (Rossi et al. 2007; Menzano et al. 2008; Rahman et al. 2010; Rasero et al. 2010 in Unterköfler et al. 2023).

## 1.6 Lebensraum Hohe Tauern

Der Nationalpark Hohe Tauern bietet mit seinen großräumigen, naturnahen Hochgebirgslandschaften einen idealen Lebensraum für Gams- und Steinwild. Die Strukturvielfalt mit steilen Felsregionen, alpinen Matten, Geröllflächen sowie subalpinen Lärchen-Zirbenwäldern erfüllt die ökologischen Ansprüche beider Arten in besonderer Weise. Während das Steinwild vor allem auf felsige, schwer zugängliche Hochlagen spezialisiert ist, zeigt sich das Gamswild deutlich flexibler und kann sowohl offene Hochlagen als auch bewaldete Mittelgebirgslagen besiedeln (Lindner et al., 2022). Diese Differenzierung im Habitatgebrauch ermöglicht eine weitgehende Koexistenz beider Arten im Nationalparkgebiet (Nationalpark Hohe Tauern, o. J.).

Die Südgrenze der Hohen Tauern verläuft an der Südabdachung vom Defereggental im Westen über das Isel- und Mölltal bis zum Mallnitztal im Osten. Die Nordabdachung reicht hingegen vom Salzahtal im Westen bis zum Gasteiner Tal im Osten. Die südliche Venedigergruppe ist durch eine

flächenmäßig bedeutende Vergletscherung gekennzeichnet – zu den größten Gletschern zählen hier das Obersulzbachkees und das Schlatenkees. Weiter südöstlich, in der Glocknergruppe, befindet sich mit der Pasterze südlich des Großglockners – dem höchsten Berg Österreichs – der größte Gletscher der Ostalpen. Diese ausgeprägte Vergletscherung prägt das Hochgebirgsklima und die Landschaftsstruktur im zentralen Bereich des Nationalparks in besonderer Weise. Besonders eindrucksvoll ist der seit dem Gletscherhochstand im Jahr 1850 zu beobachtender Rückgang der Eismassen, der in dieser Region deutlich sichtbar wird (Lindner et al., 2022).

Der Hauptkamm der Hohen Tauern bildet eine der markantesten Klimascheiden Österreichs. Während die Nordabdachung durch höhere Niederschlagssummen und niedrigere Temperaturen geprägt ist, zeichnet sich die Südabdachung durch höhere Temperaturen und geringere Niederschläge aus. Diese klimatischen Unterschiede beeinflussen maßgeblich die Vegetationszonen und die Lebensraumbedingungen für alpine Tierarten wie Gams- und Steinwild. (Lindner et al., 2022). So beträgt der durchschnittliche Jahresniederschlag in Mallnitz, einem Ort an der Südseite des Nationalparks, etwa 1.414 mm, mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von rund 6,1 °C. Im Gegensatz dazu verzeichnet das Gasteinertal auf der Nordseite der Tauern deutlich höhere Niederschlagsmengen, die in den zentralalpinen Bereichen des Nationalparks im langjährigen Durchschnitt bis zu 2.000 mm erreichen können (ZAMG, o. J.). Das Spektrum an Klimazonen im Nationalpark Hohe Tauern reicht von mitteleuropäischen bis hin zu arktischen Bedingungen. Die vielfältigen klimatischen, geologischen, geomorphologischen und hydrologischen Standortbedingungen im Hochgebirge sowie die differenzierten Anpassungsstrategien der Pflanzen und Tiere haben eine beeindruckende Biodiversität hervorgebracht (Nationalpark Hohe Tauern, o. J.).

Der Klimawandel ist auch im Nationalpark Hohe Tauern spürbar. Prognosen zufolge wird die globale Durchschnittstemperatur um 1,5–4,4 °C steigen (IPCC, 2023). Physiologische Fähigkeiten wie die Reaktion auf Hitze durch Thermoregulation werden deshalb künftig bei hitzeempfindlichen Arten immer wichtiger (Mason et al., 2017). Steinböcke und Gämsen, die an die kühlen Bedingungen der Hochgebirgsregionen angepasst sind, stehen durch die Klimaerwärmung alpenweit vor großen Herausforderungen (Semenzato et al., 2020). Auch in den Hohen Tauern sind erste Auswirkungen bereits erkennbar. Sie könnten kühlere Standorte gegenüber nahrungsreicheren, aber wärmeren Flächen bevorzugen und zusätzlich ihre Aktivitätsphasen zunehmend in die kühleren Nachtstunden verlagern, um der Hitze besser auszuweichen. Dies würde jedoch zu einer geringeren Futterselektion, einem erhöhten Futteraufwand und einer reduzierten Energieaufnahme führen. Gleichzeitig könnte die Konzentration der Tiere auf engerem Raum die Ausbreitung von Infektionen innerhalb der Population fördern und die Anfälligkeit für Räudemilben erhöhen (Brivio et al., 2019; Unterköfler et al., 2023).

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Datenerhebung

#### 2.1.1 Erhebungen zu den sogenannten stillen Milbenträgern

Die Räude (Erreger: *Sarcoptes scabiei*) ist eine weit verbreitete parasitäre Hauterkrankung, die besonders Wildtiere wie Gams- und Steinwild betrifft. Während die Symptome in vielen Fällen offensichtlich sind, zeigen nicht alle infizierten Tiere klinische Anzeichen. Einige Tiere können die Milben in und auf ihrem Körper tragen, ohne äußere Symptome zu zeigen. Diese „stillen Milbenträger“ spielen eine zentrale Rolle in der Aufrechterhaltung und Verbreitung der Krankheit innerhalb von Wildtierpopulationen. Es ist bekannt, dass die Räude bei diesen Tieren nicht immer ausbricht, obwohl sie mit der Milbe infiziert sind. Dies führt dazu, dass die Krankheit in bestimmten Gebieten fortbestehen kann, auch wenn keine akuten Ausbrüche zu verzeichnen sind.

Die Abbildung 1 zeigt, dass verschiedene Körperstellen von Gams- und Steinwild untersucht wurden, um festzustellen, welche Regionen sich am besten für den klinischen Nachweis der Räudemilbe eignen. Neben der standardmäßigen Probenentnahmestelle an den Lauschern wurden zusätzlich Proben vom Wedel, der Brust und dem Bauch entnommen (siehe Tabelle 4). Ziel war es, jene Regionen zu identifizieren, an denen sich Milben bevorzugt ansiedeln, um zukünftige Untersuchungen gezielter und effizienter durchführen zu können. Diese erweiterte Probenentnahme diente zudem der Absicherung und Validierung der Ergebnisse im Rahmen der Masterarbeit.

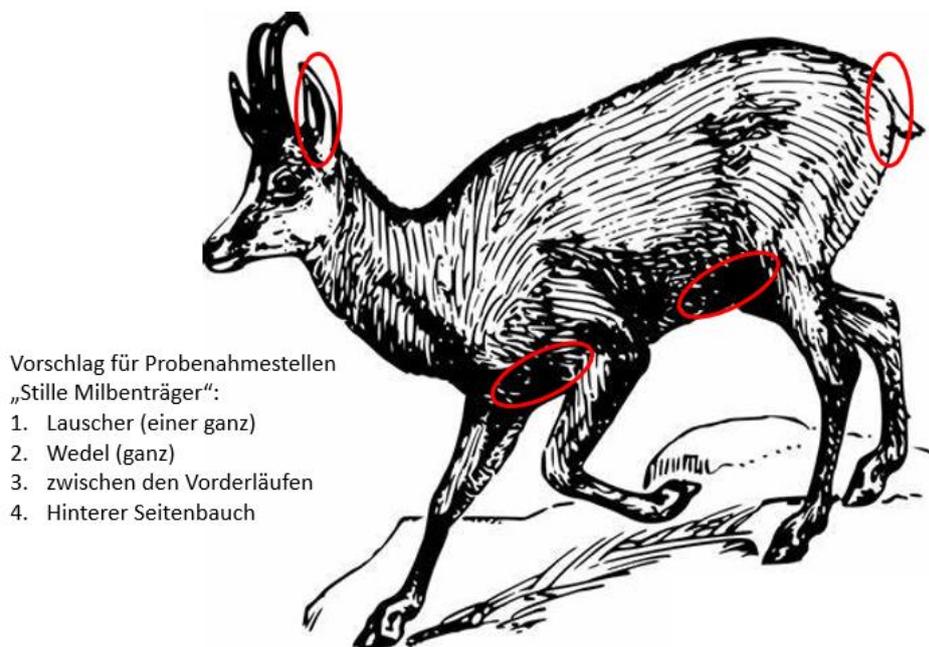


Abbildung 1: Übersicht der vier Körperregionen (Lauscher, Wedel, Brust, Bauch), an denen im Jahr 2024 Proben zur Untersuchung auf Räudemilben entnommen wurden (Quelle: Deutz Armin).

Die Proben stammten ausschließlich von erlegten Tieren, die von den Jagd ausübungsberechtigten als gesund angesprochen wurden. Im Jahr 2024 wurden insgesamt deutlich mehr Tiere beprobt; bei 15 dieser Tiere erfolgte die Probenentnahme systematisch an

vier Körperregionen, wie Lauscher, Wedel, Brust und Bauch. Diese Methodik ermöglicht es, von jedem Individuum vier verschiedene Körperregionen auf stille Milbenträger zu testen. Die Proben wurden von der Tierärztin Ulrike Gissing mit der Klebestreifenmethode sowie Hautgeschabseln untersucht. Dabei wurde sowohl ein Lebendnachweis (mit Paraffinöl) als auch ein Totnachweis (mit Kalilauge) durchgeführt.

Die Analyse der 15 Proben ergab, dass in sieben Proben ein positiver Nachweis der Räude milbe erbracht wurde. Sechs dieser positiven Nachweise stammten aus der Lauscherregion. Zusätzlich wurden Milben auch an anderen Körperstellen nachgewiesen, fünfmal am Wedel, einmal an der Brust und zweimal am Bauch. Es ist hervorzuheben, dass die Lauscherregion bei fast allen positiven Nachweisen (6 von 7) ebenfalls betroffen war, was die Lauscher weiterhin als bevorzugte Entnahmestelle für Milbenuntersuchungen bestätigt. In den meisten Fällen, in denen Milben an den Lauschern nachgewiesen wurden, fanden sich auch Nachweise am Wedel (4 von 7). Nur einmal wurden sowohl an den Lauschern als auch am Wedel und zusätzlich Milben am Bauch identifiziert. Ein weiteres Mal konnte eine Kombination aus Lauscher und Bauch dokumentiert werden. In einem einzigen Fall wurde die Milbe ausschließlich am Wedel nachgewiesen. Ziel der Beprobung war es, herauszufinden, ob auch andere Körperregionen ähnliche Ergebnisse liefern könnten. Die restlichen acht Proben wiesen keine auffälligen Milbenbefälle auf und wurden als „gesund“ eingestuft.

*Tabelle 4: Vergleich der Probenentnahme an verschiedenen Körperregionen zur Milbenbestimmung (2024). Die Klassifizierung erfolgt in drei Befallsstufen: Pos 1 (geringgradiger Milbenbefall), Pos 2 (mittelgradiger Milbenbefall) und Pos 3 (hochgradiger Milbenbefall).*

Art	Lauscher	Wedel	Brust	Bauch	Negativ
Steinbock	pos 1	pos 2	neg	neg	
Steinbock	pos 2	pos 2	neg	neg	
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	pos 1	pos 1	neg	neg	
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	pos 1	pos 2	neg	neg	
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	pos 1	neg	pos 1	pos 1	
Gamswild	pos 1	neg	neg	pos 1	
Gamswild	neg	pos 1	neg	neg	
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gamswild	neg	neg	neg	neg	gesund
Gesamt	6	5	1	2	8

Ein weiterer Aspekt der Untersuchung betrifft die Methodik der Probenahme. In verschiedenen Regionen der Hohen Tauern wurden die Proben von den Jagdausübungsberechtigten von erlegten, aber zuvor als gesund eingeschätzten Tieren entnommen. Lauscher stellen bevorzugte Regionen für Milben dar, da diese – ähnlich wie die Beugestellen der Gelenke – häufig von den Parasiten besiedelt werden. Insgesamt wurden über den Zeitraum von 2015–2023 bereits 315 Proben untersucht, wobei im vergangenen Jahr 15 Proben u.a. im Vorfeld eingeschickt wurden, um die Rolle verschiedener Körperregionen in der Milbenverbreitung zu überprüfen.

### **Die Methodik zur Probenahme und Analyse umfasste folgende Schritte:**

- Die Proben für die Untersuchung wurden hauptsächlich von den Jagdausübungsberechtigten der einzelnen Jagdreviere sowie von Berufsjägern im Nationalpark Hohe Tauern in Kärnten und Salzburg gesammelt.
- Die Lauscherproben wurden entnommen, beschriftet (mit Wildtierart, Jagdrevier, Geschlecht, Alter, Datum der Erlegung und ob das Tier vor der Erlegung als gesund, räudeverdächtig oder rüdig angesprochen wurde) und zur Untersuchung vorbereitet.
- Nach Ende des Jagdjahres wurden die Proben eingesammelt und ins Labor zur Untersuchung gebracht.
- Die Klebestreifenmethode wurde angewendet, um Haare, Schuppen und Parasiten von den Proben abzunehmen und auf einen Objektträger zu kleben, der dann mikroskopisch untersucht wurde.
- Die zu untersuchenden Stellen wurden für zwei Minuten mit Paraffinöl bedeckt, sodass die Milben an die Oberfläche wandern konnten. Anschließend wurden von den Lauscherregionen an drei Stellen Haare sowie Haut entnommen und mikroskopiert (Lebendnachweis).
- Die Hautgeschabsel wurden in zehnpromzentiger Kalilauge aufgekocht, nach einer Ruhezeit zentrifugiert und der Bodensatz mikroskopisch untersucht (Totnachweis).
- Um die Validität der Methodik zu gewährleisten, wurden auch Proben von rüdigem Tieren analysiert, bei denen der Nachweis der Milbe in jedem Fall vorhanden sein musste.
- Es wurde von jedem erlegten Tier lediglich ein Lauscher untersucht, wobei Milben auch an anderen Körperstellen vorkommen können. Daher könnte der tatsächliche Anteil der Milbenräuber in dieser Untersuchung unterrepräsentiert sein.

### **2.1.2 Erfassung der Räudedaten im Nationalpark Hohe Tauern**

Die Räude ist eine meldepflichtige Erkrankung, die bei den zuständigen Behörden gemeldet werden muss. Üblicherweise stammen diese Meldungen aus der Jägerschaft und beziehen sich auf das jeweilige Jagdrevier, indem der Räudefall aufgetreten ist. Ursprünglich wurden die Meldungen meist in Papierform erfasst und archiviert. Allerdings sind im Zuge der Umstellung auf elektronische Datenverarbeitung viele ältere Aufzeichnungen verloren gegangen, was die Nachvollziehbarkeit dieser Daten erschwert oder sogar unmöglich macht.

Seit dem Jahr 2015 hat der Nationalpark Hohe Tauern begonnen, Räudefälle beim Steinwild systematisch zu erfassen, da die Zahl der erkrankten Steinwild-Fälle stark angestiegen ist. Diese Erfassung erfolgt im Rahmen eines sogenannten „Steinwildverteilers“, über den die Steinwildreviere in den Hohen Tauern über aktuelle Räudefälle informiert werden. Da die Meldungen aus den Jagdrevieren, in denen Steinwild vorkommt, auf freiwilliger Basis durch die Jägerschaft erfolgen, können die Daten dieses Verteilers auch lückenhaft sein.

Um mögliche Ungleichheiten auszugleichen und eine möglichst vollständige und lückenlose Datenreihe zu gewährleisten, wurden ergänzend auch offizielle Daten der zuständigen Bezirksbehörden in Tirol bzw. Landesjagdverbände in Kärnten und Salzburg angefordert und dankenswerterweise nicht nur für das Steinwild, sondern auch für das Gamswild zur Verfügung

gestellt. Die erfassten Daten umfassen sowohl kontextbezogene Informationen (wie Datum, Bundesland, Revier/Gebiet) als auch wildbiologische Merkmale (Wildtierart, Geschlecht, Alter/Altersklasse) sowie Angaben zu Erkrankungen, Abgangsart (Hegeabschuss oder Fallwild) und sonstige Bemerkungen. Aus Datenschutzgründen wurden die Räudefälle aller Bundesländer aber in der Auswertung nur gewissen Gebirgsregionen zugeordnet.

Alle Daten liegen in Form von Excel-Dateien vor. Während des Erhebungszeitraumes von 2015 bis 2023 konnten insgesamt 939 Räudefälle bei Gams- und Steinwild erfasst werden. Die Fälle stammen größtenteils aus Hegeabschüssen. Nur ein kleiner Teil entfällt auf bereits verendete Tiere, die als Fallwild bezeichnet werden und deren Tod noch auf Räude zurückzuführen war. Wie in Tabelle 5 dargestellt, wurden während des 9-jährigen Untersuchungszeitraums knapp 940 Fälle gesammelt.

*Tabelle 5: Der Datensatz zeigt die dokumentierten Räudefälle in den Hohen Tauern im Zeitraum von 2015 - 2023. Aufgeteilt nach Wildtierart und Bundesländern.*

	<b>STEINWILD</b>	<b>GAMSWILD</b>	
Tirol	167	285	<b>452</b>
Kärnten	49	129	<b>178</b>
Salzburg	53	256	<b>309</b>
<b>Insgesamt</b>	<b>269</b>	<b>670</b>	<b>939</b>

Die meisten dokumentierten Räudefälle traten zwischen 2015 und 2023 in Tirol auf (452), gefolgt von Salzburg (309) und Kärnten (178). Im Tiroler Teil des Nationalparks betrafen 285 Fälle das Gamswild und 167 das Steinwild.

Im Kärntner und Salzburger Teil des Nationalparks konnten beim Steinwild 49 und 53 Fälle nachgewiesen werden. Beim Gamswild hingegen wurden in Kärnten 129 und in Salzburg 256 dokumentierte Fälle registriert.

## 2.2 Datenverarbeitung

Die Daten zu den Räudefällen im Nationalpark Hohe Tauern (siehe Abbildung 2) wurden in dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Excel für Microsoft 365 MSO, Version 2501 Build 16.0.18429.20044, 32-Bit) zusammengeführt und weiterverarbeitet. Bestehende Unterschiede zwischen den erhaltenen Tabellen und den aktuellen Räudeberichten der Bundesländer Tirol, Kärnten und Salzburg wurden bereinigt und bis zum Jahr 2023 aktualisiert.

Wie bereits erwähnt, erfolgte eine Zusammenfassung der Räudefälle in sogenannten geografischen Großgebirgseinheiten. Insgesamt umfasst das Datenset 939 Fälle von 2015 bis inklusive 2023. Auf dieser Grundlage wurde die Räudeentwicklung im Nationalpark Hohe Tauern dargestellt. Angesichts des zeitlich und räumlich variierenden Auftretens der Räude wurde das Schutzgebiet grob anhand seiner geologischen Haupteinheiten in Gebirgsstockebene aufgeteilt.

Die erhobenen Daten aus den Jahren 2015 bis inklusive 2023 weisen eine sehr gute Qualität auf (siehe Tabellen 5). Aus diesem Daten lassen sich detaillierte Analysen anstellen, beispielsweise in welchen Monaten das Auftreten der Räude bei Gams- und Steinwild besonders hoch ist. Darüber hinaus ermöglichen die Datensätze der Bundesländer eine Differenzierung nach Geschlecht und Alter. Dadurch können Aussagen darüber getroffen werden, welche Geschlechter und Altersklassen besonders von der Milbe befallen sind.

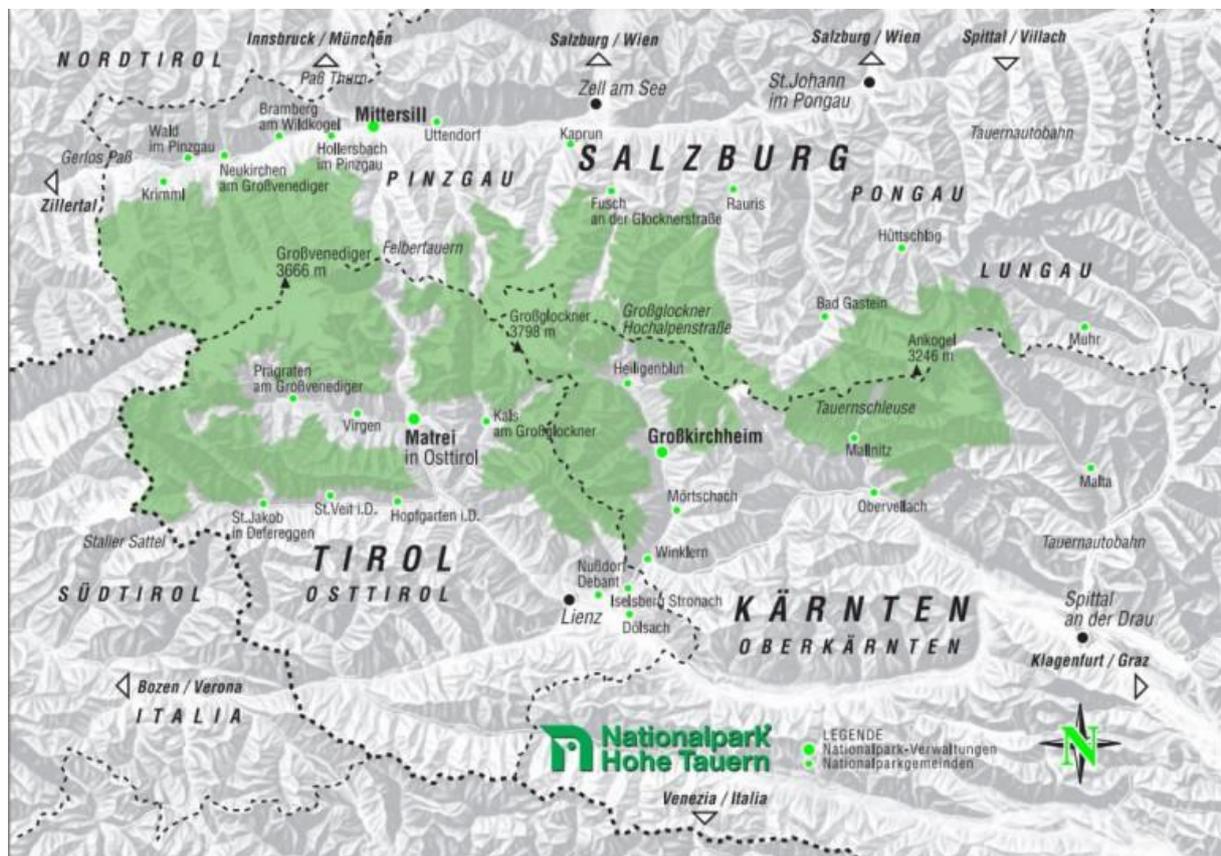


Abbildung 1: Überblickskarte des Nationalparks Hohe Tauern mit den geographischen Hauptregionen in den Bundesländern Tirol, Salzburg und Kärnten. Die grün markierten Flächen zeigen die Ausdehnung des Schutzgebiets, einschließlich der Verwaltungssitze Mittersill (Salzburg), Matrei in Osttirol (Tirol) und Großkirchheim (Kärnten). Die Karte enthält zudem bedeutende geologische und topografische Merkmale, wie die höchsten Gipfel des Nationalparks (z. B. Großglockner, Großvenediger) und wichtige Ortschaften in den angrenzenden Tälern. Quelle: Nationalpark Hohe Tauern.

Die Daten erlauben zudem Rückschlüsse auf die Verteilung der Wildarten im Gelände oder das räumliche Auftreten der Räudefälle, basierend auf den detaillierten Angaben zu den Jagdrevieren der Jägerschaft. Ebenso lassen sich Aussagen darüber treffen, wie viele Tiere durch Hegeabschüsse erfasst wurden und wie viele als Fallwild gefunden wurden. Sämtliche Wetterdaten wurden vom österreichischen geologischen, geophysikalischen, klimatologischen und meteorologischen Dienst (<https://data.hub.geosphere.at/>) heruntergeladen. Dabei wurden insbesondere Daten aus Stationen ausgewählt, die innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der zu den Gebirgsgruppen liegen. Das Datenset umfasst Tagesangaben zu Niederschlag, Lufttemperatur und Schneehöhe im Zeitraum 01.01.2015 bis 31.12.2023, die für diese Arbeit am aussagekräftigsten sind.

Dieses Daten ermöglichen die Erstellung von Grafiken, die zeigen, inwieweit der Klimawandel Einfluss auf die Ausbreitung und Verteilung der Räude bei Gams- und Steinwild in alpinen Regionen wie den Hohen Tauern hat.

## 2.3 Literaturrecherche

### 2.3.1 Management-Maßnahmen von mit Räude befallenen Wildbestände in den Hohen Tauern

Für die Literaturrecherche wurden alle relevanten Unterlagen – darunter wissenschaftliche Publikationen, Berichte und Bücher – gesichtet, die vom Nationalpark Hohe Tauern zur Verfügung gestellt wurden. Die Titel der gefundenen Literatur wurden zunächst auf Relevanz geprüft. Diejenigen, die für diese Masterarbeit von Bedeutung waren, wurden gesammelt und eingehend analysiert.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Entwicklung der Räude im Nationalpark Hohe Tauern

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse zur Analyse der Räudefälle bei Gams- und Steinwild in den Hohen Tauern von 2015 bis inklusive 2023 vorgestellt. Dabei stehen zwei zentrale Forschungsfragen im Mittelpunkt:

1. Beeinflussen klimatische Faktoren wie Schneehöhe, Temperatur und Niederschlag den Ausbruch der Räude?
2. Welche Erkenntnisse liefert die Untersuchung der Lauscherproben über sogenannte „stille Milbenträger“?

Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, ein besseres Verständnis für die Dynamik der Räude in Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen zu gewinnen und potenzielle Einflussfaktoren für zukünftige Entwicklungen zu identifizieren.

#### 3.1.1 Betrachtung des Untersuchungszeitraum 2015 – 2023

In den vergangenen 9 Jahren kam es immer wieder zu massiven Ausbrüchen der Räude in den Hohen Tauern. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, traten innerhalb des Untersuchungszeitraumes wiederholt sogenannten „Räudejahre“ auf.

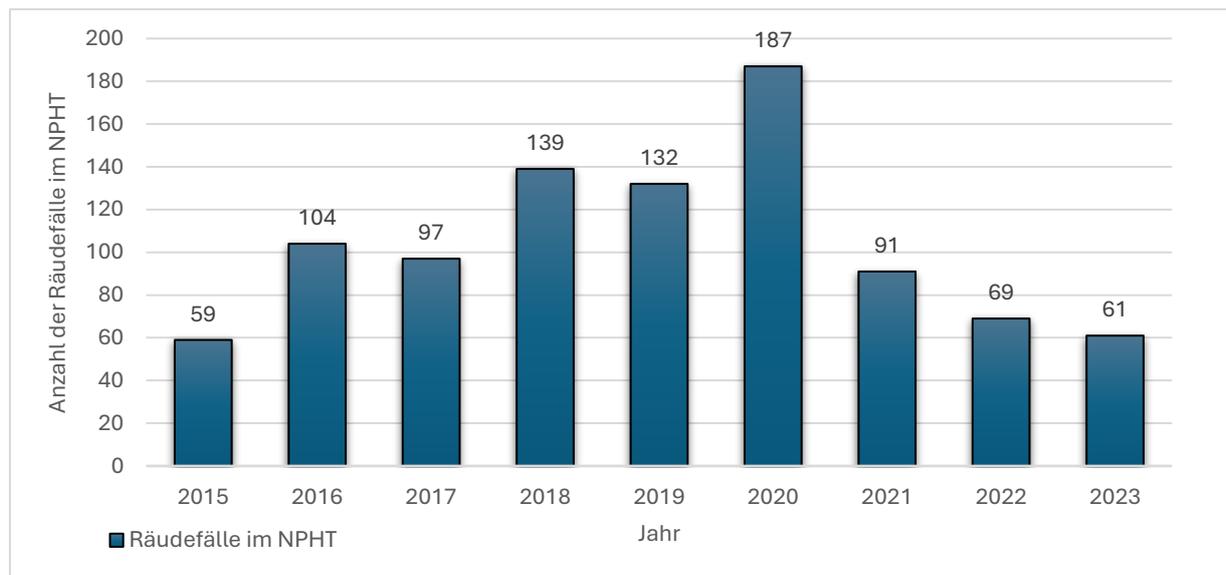


Abbildung 3: Gemeinsame Betrachtung der Gesamtanzahl der dokumentierten Räudefälle bei Gams- und Steinwild in den Hohen Tauern für den Zeitraum 2015 bis 2023.

Insgesamt traten während des Untersuchungszeitraumes 939 Räudefälle auf, davon 670 Fälle bei Gamswild und 269 Fälle bei Steinwild. Ein kontinuierlicher Anstieg der dokumentierten Räudefälle zeigt sich bereits ab 2016, mit einem Zuwachs von 59 auf 104 Fälle im Jahr 2016 und weiter auf 139 Fälle im Jahr 2018. Nach einem leichten Rückgang im Jahr 2019 auf 132 Fälle wurde im Jahr 2020 mit insgesamt 187 dokumentierten Räudefällen der bisherige Höchststand erreicht.

Ab 2021 ist ein deutlicher Rückgang der Fälle erkennbar. Während 2021 noch 91 Fälle verzeichnet wurden, reduzierte sich die Anzahl in den darauffolgenden Jahren weiter. 2022 wurden 69 Fälle gezählt, 2023 waren es 61 Fälle.

Der allgemeine Verlauf der Daten zeigt eine auffällige Zunahme der Räudefälle bis zum Höhepunkt im Jahr 2020, gefolgt von einem kontinuierlichen Rückgang der Fallzahlen in den darauffolgenden Jahren.

Laut den aktuellsten Zahlen leben derzeit wieder rund 1100 Steinwildindividuen in den drei Teilen des Nationalparks Hohe Tauern: 500 in Tirol, 250 in Kärnten und 250 in Salzburg (Stand 2024). Dennoch verdeutlicht Abbildung 4, dass das Gamswild insgesamt deutlich höhere Fallzahlen aufweist als das Steinwild.

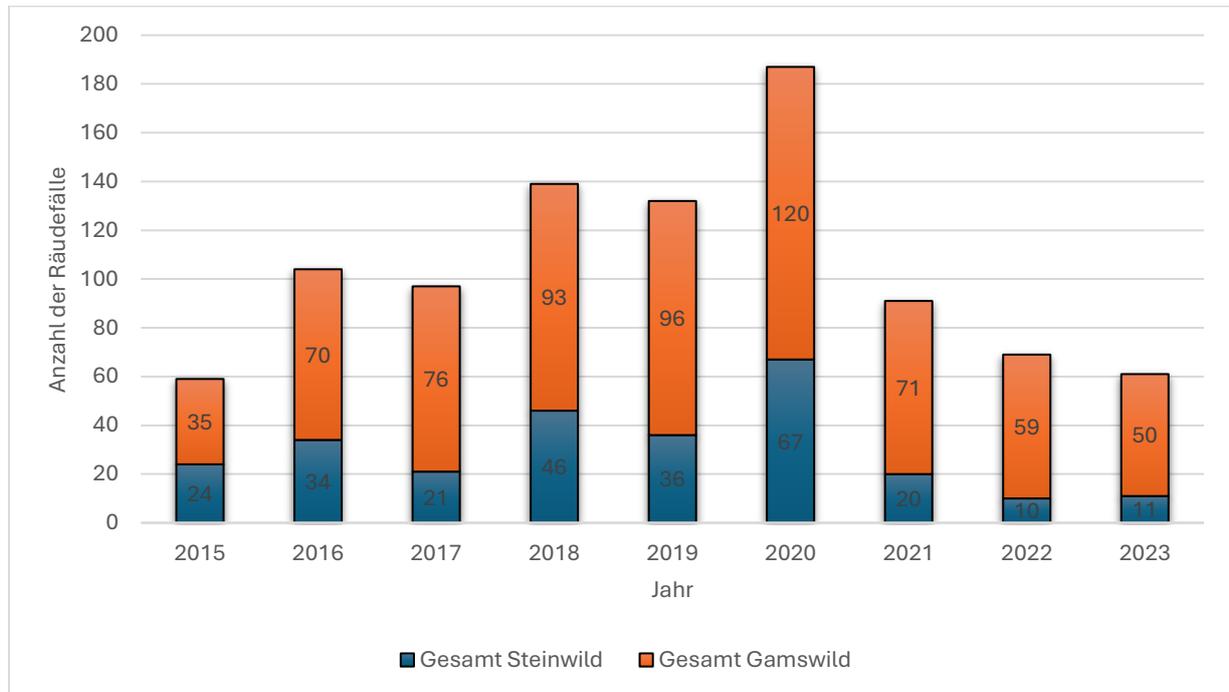


Abbildung 4: Jahresweise Erfassung der Räudefälle bei Gams- und Steinwild im Nationalpark Hohe Tauern (2015–2023). Die höchsten Fallzahlen traten 2020 auf, gefolgt von einem kontinuierlichen Rückgang.

Auffällig hoch war der Verlust an Individuen im Jahr 2020. In diesem Jahr wurden beim Gamswild 120 Fälle registriert, während beim Steinwild mit 67 Fällen ein Höchstwert erreicht wurde. Die Grafik zeigt zudem, dass die Fallzahlen beim Gamswild in den letzten Untersuchungs Jahren kontinuierlich zurückgegangen sind. Beim Steinwild ist hingegen auffällig, dass die Räudefälle gegen Ende des Untersuchungszeitraums wieder leicht ansteigen. So war zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit bereits bekannt, dass im Jahr 2024 erneut rund 30 Fälle aufgetreten sind.

Der Entwicklungsverlauf der Räude beim Gamswild zeigt eine klare Tendenz. Die Zahl der Räudefälle nimmt stetig zu und erreicht im Jahr 2020 mit 120 Fällen ihren Höhepunkt, bevor sie bis zum Ende des Erhebungszeitraums abrupt auf nur noch 50 Fälle zurückgeht. Beim Steinwild hingegen verläuft die Entwicklung ungleichmäßiger, mit wiederkehrenden Anstiegen und leichten Rückgängen in der ersten Hälfte des Erhebungszeitraums. Auch hier kulminiert die Fallzahl im Jahr 2020, allerdings mit 67 Fällen. Anschließend folgt ein deutlicher Rückgang von 2021 bis 2022, bevor die Fallzahlen ab 2023 wieder leicht steigen. Die parallelen Entwicklungen im Jahr 2020 könnten auf gemeinsame ökologische oder klimatische Bedingungen hindeuten, die den Ausbruch der Krankheit bei beiden Wildtierarten begünstigten.

Beim Steinwild wurden überdurchschnittliche Fallzahlen (>29,8 Fälle) in den Jahren 2016, 2018, 2019 und 2020 beobachtet. Besonders im Jahr 2018 und 2020 kam es zu einem deutlichen

Anstieg der Fälle mit 46 bzw. 67 Fällen. Unterdurchschnittliche Jahre waren 2015, 2017, 2021 und 2022 und 2023, wobei 2022 und 2023 die niedrigsten Werte (10 bzw. 11 Fälle) zeigten.

Beim Gamswild traten überdurchschnittliche Fallzahlen (>67,8 Fälle) in den Jahren 2016 bis 2021 auf. Die höchsten Werte wurden 2020 (120 Fälle) und 2019 (96 Fälle) erreicht. Unterdurchschnittliche Jahre waren 2015, 2022 und 2023, wobei die Fallzahlen im Jahr 2023 mit 50 Fällen stark zurückgingen. Außerdem ist zu erkennen, dass beim Gamswild der Zeitraum mit überdurchschnittlichen Räudefällen länger andauert (2016 – 2021), während beim Steinwild nur punktuelle Spitzen auftreten, insbesondere in den Jahren 2018 und 2020. Dies bedeutet auch, dass die Amplitude der Fallzahlen beim Gamswild wesentlich ausgeprägter ist.

Wie aus der Tabelle 6 zu entnehmen, trat im Durchschnitt jährlich etwa 104 Räudefälle auf. Das Gamswild im Nationalpark Hohe Tauern ist stärker betroffen als Steinwild, mit im Durchschnitt etwa 74 Räudefällen pro Jahr, während es beim Steinwild nur ca. 30 Fälle sind. Der höchste Wert wurde 2020 mit 187 Fällen beobachtet.

*Tabelle 6: Statistische Kennwerte der Räudefälle bei Steinwild und Gamswild. Diese Tabelle zeigt die wichtigsten Kennzahlen (Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung) der Räudefälle für Steinwild und Gamswild im Untersuchungszeitraum. Die Werte beinhalten den durchschnittlichen Fallzahlen pro Jahr sowie die Schwankungen innerhalb der Daten.*

Kennzahl	Wert
<b>Mittelwert</b>	104,3
<b>Steinwild</b>	29,8 Fälle/Jahr
<b>Gamswild</b>	74,4 Fälle/Jahr
<b>Minimum</b>	59 (2015)
<b>Maximum</b>	187 (2020)
<b>Standardabweichung</b>	42,1

Die hohe Standardabweichung zeigt, dass es starke jährliche Schwankungen in der Anzahl der Räudefälle gab. Dies deutet darauf hin, dass die Verteilung der Räudefälle nicht konstant über die Jahre war, sondern womöglich von bestimmten Einflussfaktoren wie Wetterbedingungen oder anderen Umweltfaktoren beeinflusst wurde. Insgesamt bestätigt die Statistik, dass 2020 ein extremes Räudejahr war, während die anderen Jahre teils deutlich niedrigere Werte aufweisen.

### 3.1.2 Analyse der Räudefälle im Zusammenhang mit saisonalen und jahreszeitlichen Schwankungen (2015–2023)

Im Rahmen der Untersuchung der Räudefälle bei Gams- und Steinwild in den Hohe Tauern wurden sowohl jahreszeitliche Muster als auch langfristige Trends analysiert. Die Räudefälle wurden nach den meteorologischen Standards (Jahreszeiten) unterteilt, um saisonale Unterschiede zu identifizieren und mögliche zugrunde liegende Ursachen zu erkennen.

Eine genauere Betrachtung der saisonalen Verteilung der Räudefälle erfolgt in Abbildung 5, welche die Fälle nach meteorologischen Jahreszeiten aufschlüsselt. Der meteorologische Standard ist definiert als Frühling (März–Mai), Sommer (Juni–August), Herbst (September–November) und Winter (Dezember–Februar) und ermöglichen eine standardisierte Analyse der gesamt Räudefälle bei Gams – und Steinwild während des Untersuchungszeitraums von 2015 bis 2023

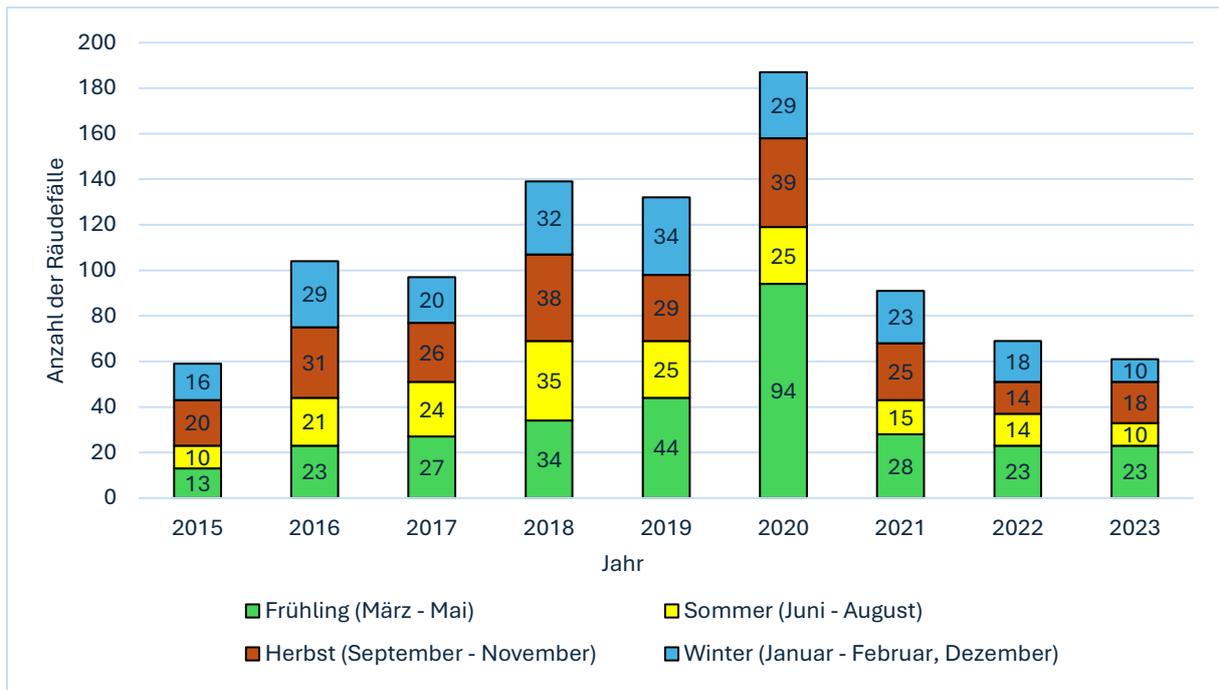


Abbildung 5: Übersicht der Räudefälle bei Gams- und Steinwild nach meteorologischem Standard während des Untersuchungszeitraums.

Ein erster Überblick über die Räudefälle der letzten neun Jahre zeigt, dass das Jahr 2020 mit insgesamt 187 Fällen den höchsten Peak aufweist, insbesondere der Frühling mit 94 Fällen. Dies stellt einen auffälligen Ausreißer dar, da die Fallzahlen in anderen Jahren deutlich niedriger waren. Nach 2020 ist ein starker Rückgang der Räudefälle zu beobachten, besonders ab 2022, wobei die Zahl der Fälle in den Jahren 2021 bis 2023 insgesamt stark sinkt. Die Jahre 2015 und 2023, die als Referenzjahre dienen, weisen im Vergleich zu den Spitzenwerten eine insgesamt geringe Anzahl an Räudefällen auf.

Eine detaillierte Betrachtung der Tabelle 7 zu der Räudeentwicklung bei Gams- und Steinwild aufgeteilt nach Jahreszeiten zeigt eine klare saisonale Variation:

Tabelle 7: Saisonale Verteilung der Räudefälle bei Gams- und Steinwild im Zeitraum 2015–2023 mit Mittelwert, Standardabweichung sowie minimalen und maximalen Fallzahlen pro Jahreszeit.

Jahreszeit	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
<b>Frühling</b>	34,3	23,9	13	94
<b>Sommer</b>	19,5	8,3	10	35
<b>Herbst</b>	26,7	8,6	14	39
<b>Winter</b>	23,4	8,1	10	34

Zu beachten ist, dass vom ersten Befall mit RäuDEMilben bis zum klinischen Ausbruch sichtbarer Symptome beim Einzeltier mehrere Wochen vergehen können. Zudem ist die Beobachtungsdichte nicht über das gesamte Jahr gleich hoch, was sich ebenfalls auf die saisonale Erfassung der Fallzahlen auswirken kann.

Der Frühling (März – Mai) verzeichnet insgesamt die meisten Räudefälle, mit einem auffälligen Spitzenwert von 94 Fällen im Jahr 2020. Der Frühling scheint besonders relevant für den Ausbruch der Krankheit zu sein. Die hohe Variabilität im Frühling (Standardabweichung = 23,85) weist darauf

hin, dass die Fallzahlen von Jahr zu Jahr stark schwanken, wobei einzelne Jahre – insbesondere 2020 – deutlich herausstechen.

Der Herbst folgt mit moderaten bis hohen Fallzahlen, wobei der Höchstwert im Jahr 2018 bei 38 Fällen lag. Der Winter weist in den Jahren mit insgesamt hohem Fallaufkommen (2018–2020) ebenfalls erhöhte Zahlen auf, vermutlich bedingt durch häufigeren Körperkontakt während der Brunftzeit von Gams- und Steinwild. Die wenigsten Fälle wurden im Sommer registriert, insbesondere in den Jahren 2021 bis 2023 mit jeweils nur 10 bis 15 Fällen.

Die Räudefälle bei Gams- und Steinwild zeigen über das Jahr hinweg deutliche saisonale Schwankungen, die eng mit den meteorologischen Jahreszeiten verknüpft sind. Abbildung 6 zeigt eine standardisierte Betrachtung der Fallzahlen im Untersuchungszeitraum, unterteilt nach Frühling (grün), Sommer (gelb), Herbst (braun) und Winter (blau), und bietet einen guten Überblick über die saisonalen Muster.

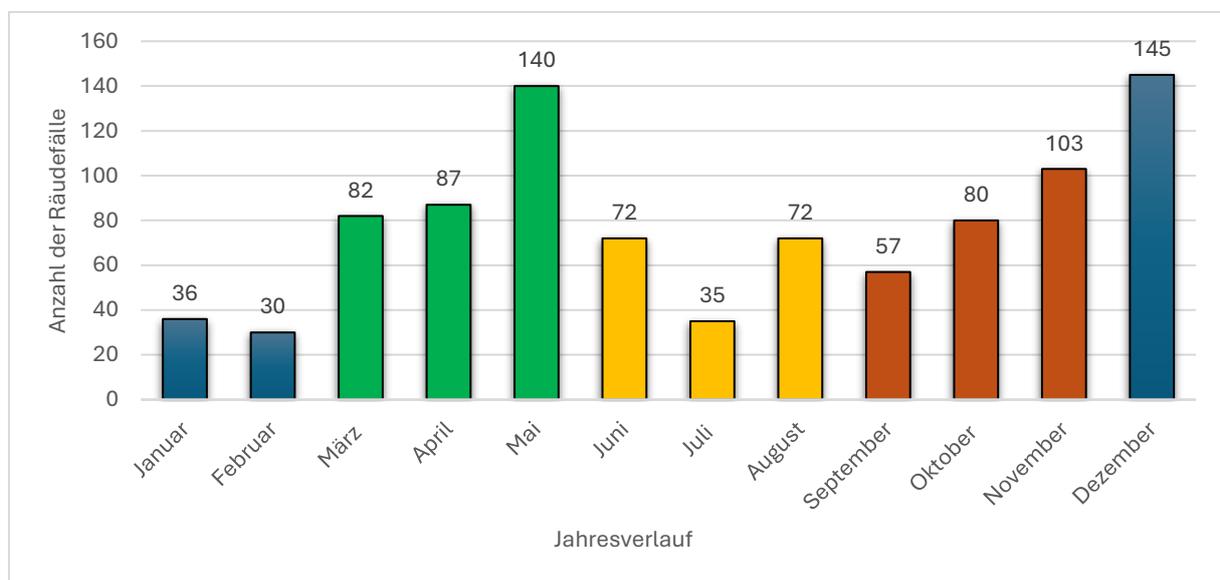


Abbildung 6: Allgemeine Verteilung der Räudefällen für beide Wildtierarten im Jahresverlauf.

Die monatlichen Räudefallzahlen zeigen eine deutliche jahreszeitliche Variation. Der höchste Wert wird im Dezember mit 145 Fällen verzeichnet, gefolgt von Mai mit 140 Fällen. Auch der November weist mit 103 Fällen eine erhöhte Fallzahl auf.

Der Frühling (März–Mai) verzeichnet mit 309 Fällen die höchsten Werte aller Jahreszeiten, wobei die Fallzahlen von März (82 Fälle) bis Mai (140 Fälle) stetig ansteigen. Dieser Anstieg könnte nicht nur biologischen oder klimatischen Faktoren geschuldet sein, sondern auch mit einer erhöhten Präsenz von Jägern und Wildbeobachtern zu Beginn des Jagdjahres zusammenhängen. Aktivitäten wie Hahnenzählungen, Salztragen, der Beginn der Schusszeit oder auch der weichende Schnee könnten dazu führen, dass im Mai vermehrt infizierte Tiere entdeckt werden. Diese erhöhte Sichtbarkeit kann die Wahrscheinlichkeit einer Meldung durch Jäger oder Beobachter erhöhen. Der Sommer (Juni–August) weist mit 179 Fällen die geringste Anzahl an Räudefällen auf, wobei der Juli mit 35 Fällen den niedrigsten Monatswert im Jahresverlauf darstellt. Im Herbst (September–November) kommt es mit 240 Fällen zu einem moderaten Anstieg, insbesondere im November (103 Fälle). Der Winter (Dezember–Februar) zeigt eine vergleichsweise stabile Fallzahl

(211 Fälle), mit dem höchsten Monatswert im Dezember (145 Fälle) und den niedrigsten Werten im Januar (36 Fälle) und Februar (30 Fälle).

Dieser allgemeine Überblick über die saisonalen Schwankungen in den Räudefällen legt nahe, dass besonders der Frühling eine kritische Zeit für den Ausbruch der Krankheit darstellt, während die Sommermonate eine Phase mit geringeren Infektionsraten sind. Die Herbst- und Wintermonate hingegen zeigen eine moderate Aktivität, wobei der Winter in Jahren mit besonders hohen Gesamtzahlen an Räudefällen eine größere Rolle spielen könnte, was auf die verstärkten Wildtieraktivitäten, wie zum Beispiel in der Brunftzeit, hinweist.

### 3.1.2.1 Saisonale Unterschiede zwischen Gams- & Steinwild

Während die allgemeine Betrachtung der saisonalen Räudefallzahlen für beide Wildtierarten bereits deutliche Muster über das Jahr hinweg zeigt, stellt sich die Frage, ob es spezifische Unterschiede zwischen Gams- und Steinwild gibt (siehe Abbildung 7 & 8). Insbesondere soll untersucht werden, ob sich die saisonalen Muster des Räudeaufkommens zwischen den beiden Arten unterscheiden oder ob sie ähnliche Verteilungsmuster aufweisen. Um dies zu klären, folgt nun eine getrennte Analyse der Räudefälle von Gams- und Steinwild, die Erkenntnisse über mögliche artenspezifische saisonale Unterschiede und besonders betroffene Monate geben soll.

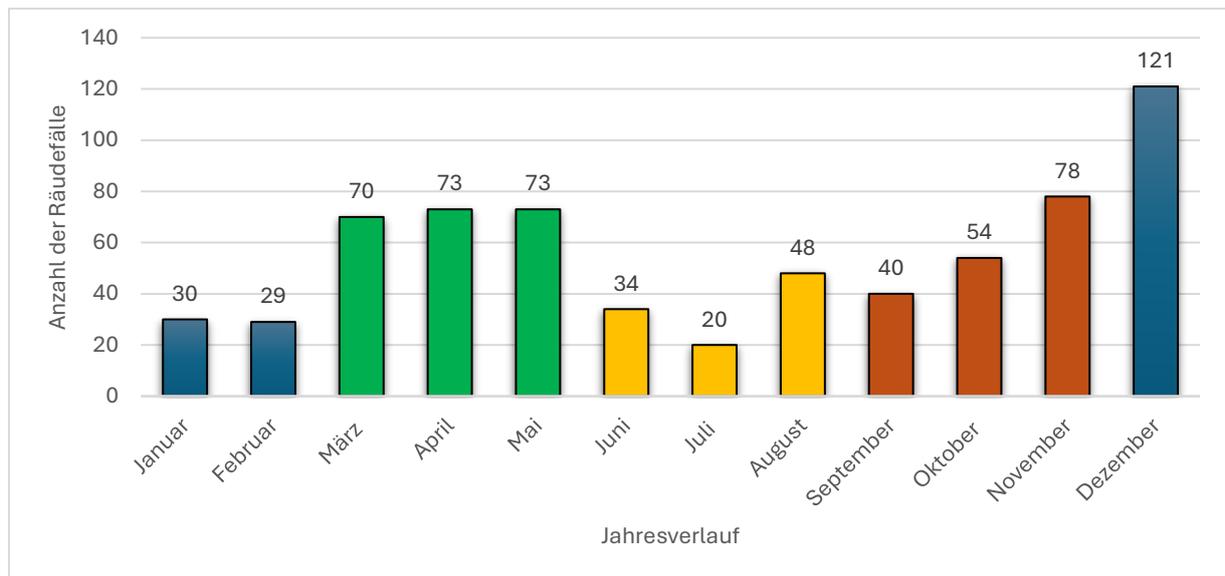


Abbildung 7: Saisonale Verteilung der Räudefälle beim Gamswild.

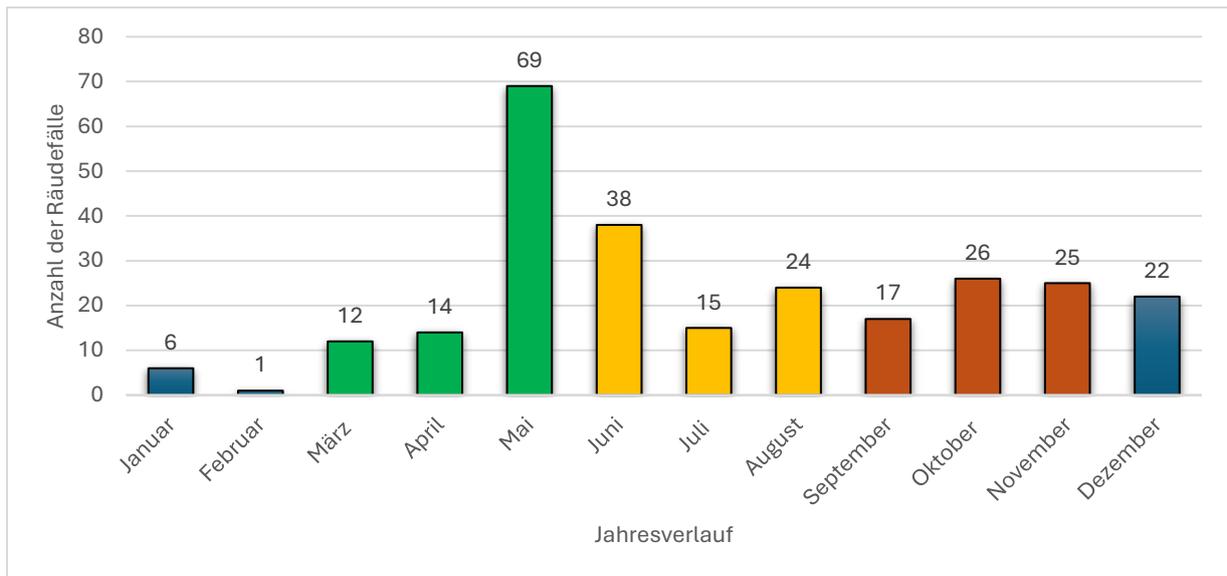


Abbildung 8: Saisonale Verteilung der Räudefälle beim Steinwild.

Die getrennte Betrachtung der Räudefälle bei Gams- und Steinwild zeigt sowohl saisonale Überschneidungen als auch deutliche Unterschiede im Jahresverlauf. Besonders auffällig ist, dass beide Arten im Frühling einen Anstieg der Räudezahlen verzeichnen, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß. Beim Gamswild steigen die Fälle von 70 im März, 73 im April und 73 im Mai, während beim Steinwild im selben Zeitraum ein deutlich stärkerer Anstieg von 12 im März, 14 im April und dann ein abrupter Anstieg auf 69 Fälle im Mai zu beobachten ist. Somit erreicht das Steinwild seinen Höchstwert im Mai, während die Fallzahlen beim Gamswild über den gesamten Frühling hinweg relativ konstant auf hohem Niveau bleiben.

Im Sommer gehen die Räudefälle bei beiden Arten merklich zurück. Das Steinwild verzeichnet nach dem Peak im Mai einen Rückgang auf 38 Fälle im Juni, mit dem niedrigsten Wert von 15 Fällen im Juli. Auch beim Gamswild zeigt sich dieser Trend, mit 34 Fällen im Juni und dem Minimum von 20 Fällen im Juli. Im August ist bei beiden Arten ein leichter Anstieg zu beobachten, wobei das Gamswild mit 48 Fällen höhere Werte aufweist als das Steinwild mit 26 Fällen.

Der Herbst zeigt beim Gamswild einen kontinuierlichen Anstieg der Fallzahlen, von 40 Fällen im September auf 78 Fälle im November. Beim Steinwild hingegen bleiben die Fallzahlen über den gesamten Herbst relativ konstant zwischen 17 und 26 Fällen. Ein auffälliger Unterschied zeigt sich im November. Während das Gamswild in diesem Monat eine der höchsten Fallzahlen des Jahres erreicht, bleibt das Steinwild auf moderatem Niveau mit 25 Fällen.

Im Winter sind die Unterschiede zwischen den beiden Arten besonders ausgeprägt. Während das Gamswild im Dezember mit 121 Fällen seinen Jahreshöchstwert erreicht und die Fallzahlen in den folgenden Monaten Januar und Februar mit 30 bzw. 29 Fällen weiterhin relativ hoch bleiben, zeigt sich beim Steinwild ein gegensätzlicher Verlauf. Zwar verzeichnet das Steinwild im Dezember mit 22 Fällen ebenfalls seinen höchsten Winterwert, doch im Januar und Februar sinken die Fallzahlen deutlich – auf sechs bzw. nur noch einen Fall.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass das Infektionsgeschehen bei beiden Arten durch unterschiedliche saisonale Muster geprägt sein könnte. Während das Gamswild vor allem im Herbst und Winter hohe Fallzahlen aufweist, konzentriert sich die Krankheitslast beim Steinwild stärker auf den Frühling und den Frühsommer. Trotz dieser Unterschiede gibt es Überschneidungen, insbesondere im Mai, der für beide Arten einen kritischen Monat darstellt.

Dies könnte daraufhinweisen, dass sowohl Umweltfaktoren als auch die Biologie der Tiere (Brunft und Setzzeit) eine Rolle beim Ausbruch der Krankheit spielen.

### 3.1.2.1 Altersverteilung von erkranktem männlichem Steinwild im Jahresverlauf

Abbildung 9 zeigt die Anzahl der Räudefälle beim männlichen Steinwild in 2-Monats-Intervallen sowie das durchschnittliche Alter der betroffenen Böcke.

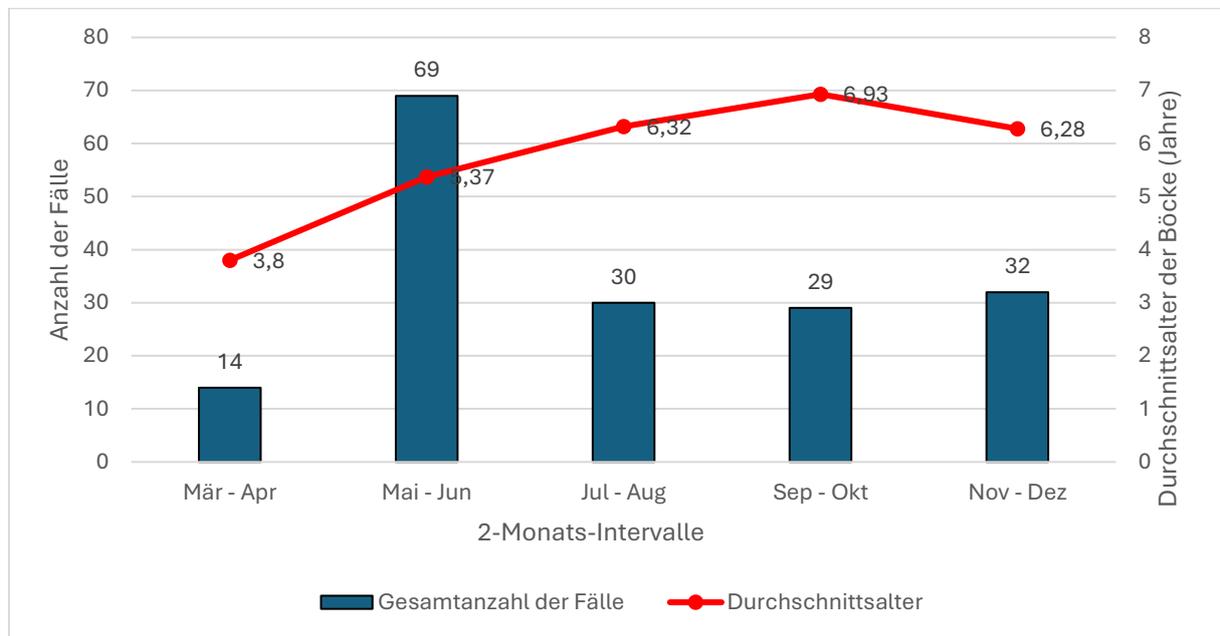


Abbildung 9: Verteilung der Räudefälle bei männlichem Steinwild im Jahresverlauf.

Das Infektionsgeschehen weist einen klaren saisonalen Verlauf auf: Die meisten Fälle treten in den Monaten Mai und Juni auf, gefolgt von einem zweiten, etwas schwächeren Anstieg im Herbst und Winter. Auffällig ist zudem die Entwicklung des Durchschnittsalters der betroffenen Böcke im Jahresverlauf. Während im Frühjahr vor allem jüngere Tiere betroffen sind, steigt das Durchschnittsalter ab dem Sommer kontinuierlich an und erreicht seinen Höchstwert im September/Oktober.

Die ersten beiden Monate (Januar und Februar) wurden aus der Darstellung entfernt, da in diesem Zeitraum nur fünf Räudefälle verzeichnet wurden. Diese geringe Fallzahl reicht nicht aus, um aussagekräftige Schlüsse zu ziehen – eine Mindestanzahl von zehn Fällen pro Zwei-Monats-Intervall wäre erforderlich. Zudem gab es Anfang Januar noch zwei ältere Böcke unter den wenigen dokumentierten Fällen, die vermutlich eher als „Spätherbstopfer“ einzustufen sind. Ihre geringe Fallzahl hätte den Altersschnitt unverhältnismäßig stark nach oben verzerrt.

### 3.1.3 Vergleich der jahreszeitlichen Schwankungen mittels Mann-Whitney-U-Test

Die dokumentierten Räudefälle bei Gams- und Steinwild folgten keinem klaren linearen oder stetigen Muster, sondern wiesen saisonale Schwankungen mit Peaks in bestimmten Monaten auf – eine gleichmäßige Verteilung über die Jahreszeiten hinweg war nicht erkennbar. Daher wurden die Daten beider Arten gemeinsam analysiert und paarweise Vergleiche mittels des Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Der Mann-Whitney-U-Test ist ein nicht-parametrischer Test, der verwendet wird, um zu überprüfen, ob zwei unabhängige Stichproben aus derselben Verteilung stammen, ohne dass eine Normalverteilung der Daten vorausgesetzt wird.

Tabelle 8: Vergleich der Jahreszeiten anhand des Mann-Whitney-U-Tests mit U-Wert und p-Wert.

Jahreszeit 1	Jahreszeit 2	U-Wert	p-Wert
Frühling	Sommer	68.0	0.184
Frühling	Herbst	54.0	0.791
Frühling	Winter	61.5	0.403
Sommer	Herbst	32.5	0.198
Sommer	Winter	42.5	0.596
Herbst	Winter	58.0	0.570

Die p-Werte aus dem Mann-Whitney-U-Test geben an, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Jahreszeiten gibt. Für einen p-Wert unter 0,05 würde man einen signifikanten Unterschied erwarten, während ein p-Wert über 0,05 darauf hinweist, dass kein signifikanter Unterschied festgestellt werden kann. Alle p-Werte aus den paarweisen Vergleichen liegen über 0,05, was bedeutet, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Jahreszeiten in Bezug auf die Häufigkeit der Räudefälle festgestellt werden können.

Da alle p-Werte größer als 0,05 sind, kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden. Die Nullhypothese besagt, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahreszeiten gibt. Die Variation in der Verteilung der Räudefälle zwischen den Jahreszeiten ist nicht ausreichend, um statistisch signifikante Unterschiede nachzuweisen.

- **Frühling vs. Sommer:** Der höchste U-Wert (68,0) wurde zwischen Frühling und Sommer beobachtet, was darauf hindeutet, dass es hier einen größeren Unterschied in den Verteilungen geben könnte. Der p-Wert von 0,184 zeigt jedoch, dass dieser Unterschied nicht signifikant ist.
- **Sommer vs. Herbst:** Der niedrigste U-Wert (32,5) wurde zwischen Sommer und Herbst beobachtet. Dies könnte einen potenziell größeren Unterschied zwischen den Gruppen anzeigen. Der p-Wert von 0,198 weist jedoch darauf hin, dass dieser Unterschied ebenfalls nicht signifikant ist.
- **Herbst vs. Winter:** Für den Vergleich zwischen Herbst und Winter liegt der U-Wert bei 58, was darauf hinweist, dass es auch hier keinen signifikanten Unterschied gibt (p-Wert von 0,570).

Der Mann-Whitney-U-Test liefert keine statistisch signifikanten Ergebnisse in Bezug auf Unterschiede der Räudefälle zwischen den Jahreszeiten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass es keine biologischen oder ökologischen Zusammenhänge gibt, die diese saisonalen Unterschiede beeinflussen könnten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Frühling die kritischste Jahreszeit für Räudefälle ist, gefolgt vom Herbst und Winter. Nach dem ungewöhnlich hohen Peak im Jahr 2020 nimmt die Anzahl der Räudefälle signifikant ab, und die Jahre 2015 und 2023 zeigen die niedrigsten Fallzahlen aller Jahre. Diese Entwicklung könnte durch eine Kombination aus natürlichen Rückgängen der Krankheit und externen Einflüssen wie klimatischen Bedingungen oder gezielten Managementmaßnahmen erklärt werden. Die saisonalen Unterschiede in den Fallzahlen sind nicht immer statistisch signifikant, dennoch deuten die deskriptiven Daten darauf hin, dass äußere Faktoren, wie Schneehöhe und Umweltbedingungen, eine wesentliche Rolle für den Ausbruch der Räude spielen.

### 3.1.4 Schneehöhen-Tendenzen in den Hohen Tauern

#### 3.1.4.1 Möglicher Einfluss auf Räudeausbrüche

Die Schneehöhe könnte eine wesentliche Rolle im Ökosystem der Hohen Tauern spielen und könnte einen Einfluss auf den Ausbruch der Räude bei Gams- und Steinwild haben. Sie bestimmt nicht nur die Verfügbarkeit von Lebensraum und Nahrung, sondern beeinflusst auch die Aktivitätsmuster und die Interaktionen der Tiere. Hohe Schneehöhen in den Bergregionen könnten dazu führen, dass sich Wildtiere vermehrt in gewissen Einständen konzentrieren, wodurch der Kontakt zwischen Individuen steigt – ein wichtiger Faktor für die Übertragung der Räudemilbe (*Sarcoptes scabiei*). Umgekehrt könnten niedrige Schneehöhen die Bewegungsfreiheit der Tiere erweitern, vor allem während der Brunftzeit in den Wintermonaten und damit die Krankheitsverbreitung weiter vorantreiben und in andere Regionen ausweiten.

#### 3.1.4.2 Langfristige Trends und Schwankungen

Die Analyse der mittleren Schneehöhen von 2015 bis 2023 zeigt keine eindeutige langfristige Abwärtstendenz, sondern vielmehr ausgeprägte jährliche Schwankungen. Wie in Abbildung 10 ersichtlich, wechseln sich Jahre mit hoher und niedriger Schneehöhe ab, ohne dass ein klarer linearer Trend erkennbar ist.

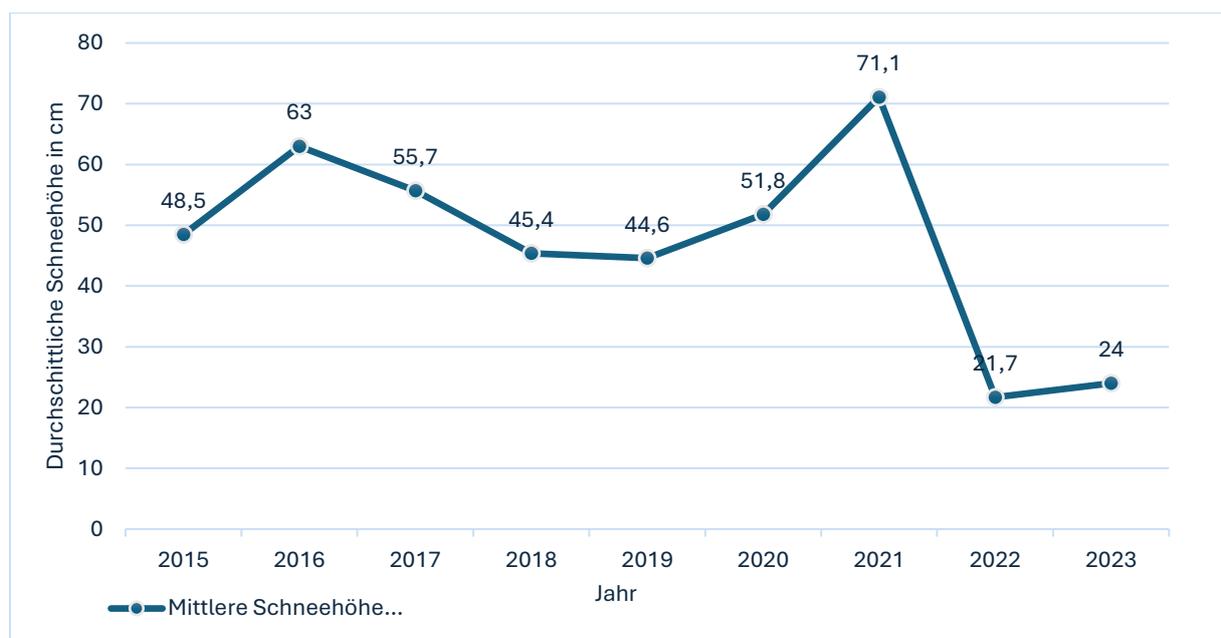


Abbildung 10: Entwicklung der mittleren Schneehöhe (cm) im Nationalpark Hohe Tauern von 2015 bis 2023. Die Schneehöhen zeigen eine deutliche Variabilität über die Jahre, mit einem Höchstwert im Jahr 2021 (71,1 cm), gefolgt von einem Tiefstwert im Jahr 2022 (21,7 cm).

Die Schneehöhenverläufe der letzten Jahre deuten auf eine Abfolge von Jahren mit vergleichsweise hohen und niedrigen Schneelagen hin. So zeigte sich 2016 mit 63 cm als schneereiches Jahr, gefolgt von einem Rückgang 2017 (55,7 cm) und einem Minimum 2019 (44,6 cm). Eine ähnliche Entwicklung lässt sich zwischen 2021 (71,1 cm) und den beiden Folgejahren 2022 und 2023 beobachten, in denen die Schneehöhe durchgehend unter 25 cm blieb. Ob hierin bereits ein wiederkehrendes Muster erkennbar ist, lässt sich aufgrund des kurzen Zeitraums jedoch nur vorsichtig interpretieren.

Auf den zweiten Blick lassen sich Ähnlichkeiten zwischen bestimmten Jahren erkennen. 2015, 2018 und 2019 weisen mittlere Schneehöhen um die 45 cm auf, was auf ähnliche klimatische Bedingungen in diesen Jahren hindeuten könnte. Besonders auffällig ist der drastische Rückgang nach 2021, der sich bis 2023 fortsetzt und möglicherweise auf eine anhaltende Phase mit geringeren Schneemengen hinweist.

Das Liniendiagramm zeigt deutliche Schwankungen in der jährlichen Schneehöhe:

- **2015:** Mittlere Schneehöhe von 48,5 cm, dient als eines der Referenzjahre.
- **2016:** Anstieg auf 63 cm.
- **2017–2019:** Leichter Rückgang mit Werten zwischen 44,6 cm und 55,7 cm.
- **2020–2021:** Anstieg auf 51,8 cm und dann ein Höchstwert von 71,1 cm.
- **2022–2023:** Deutlicher Rückgang auf unter 25 cm.

Langfristig zeigt sich kein linearer Trend, sondern deutliche Schwankungen mit einem Höchstwert 2021 und einem Tiefpunkt 2022. Die starke Abnahme der Schneehöhen seit 2021 könnte auf großräumige klimatische Veränderungen hinweisen, die möglicherweise die ökologischen Bedingungen für Wildtierpopulationen beeinflussen.

Die Schwankungen und möglichen zyklischen Muster der Schneehöhen sind relevant für die Analyse der Räudeausbrüche, da sie Hinweise darauf geben können, ob extreme Schneebedingungen – sowohl hohe als auch niedrige – den Ausbruch der Krankheit begünstigen. Ein milder Winter, wie im Jahr 2022, mit geringer Schneelage könnte beispielsweise die Aktivität und Bewegungsmuster der Wildtiere beeinflussen, wodurch sich vermehrt Kontaktmöglichkeiten zwischen infizierten und gesunden Individuen auch über größere räumliche Distanzen ergeben können. Im Gegensatz dazu könnten bei hoher Schneelage verstärkte Kontakte eher lokal begrenzt auftreten, etwa durch die gemeinsame Nutzung schneefreier Einstände. Gleichzeitig könnte eine hohe Schneedecke die Energiereserven der Tiere stärker beanspruchen, wodurch ihre Immunabwehr geschwächt und die Anfälligkeit für Räude erhöht wird.

Die Analyse der monatlichen Schneehöhen zeigt ein typisches saisonales Muster mit einem Höchststand in den Wintermonaten und einem kontinuierlichen Rückgang im Frühjahr. Während früherer Wintereinbrüche und anhaltende Schneebedeckung die Bewegungsfreiheit der Wildtiere einschränken könnten, könnten wärmere Winter mit weniger Schnee zu veränderten Sozialstrukturen und höheren Übertragungsraten der Räude führen.

Zudem variiert der Beginn der Schneesaison je nach Jahr. In manchen Jahren trat der erste signifikante Schneefall bereits im Oktober auf, während in anderen Jahren der Winter erst verspätet einsetzte. Diese Unterschiede könnten durch großräumige klimatische Muster beeinflusst werden.

Ein früher Wintereinbruch könnte sich besonders während der Brunftzeit negativ auf Gams- und Steinwildpopulationen auswirken. Da die Tiere in dieser Phase bereits einem hohen Energieverbrauch ausgesetzt sind, könnte zusätzlicher klimatischer Stress die Immunabwehr schwächen und somit das Risiko für Räude erhöhen.

Die Abbildung 11 zeigt deutliche Unterschiede in der Variabilität der Schneehöhen zwischen den Monaten.

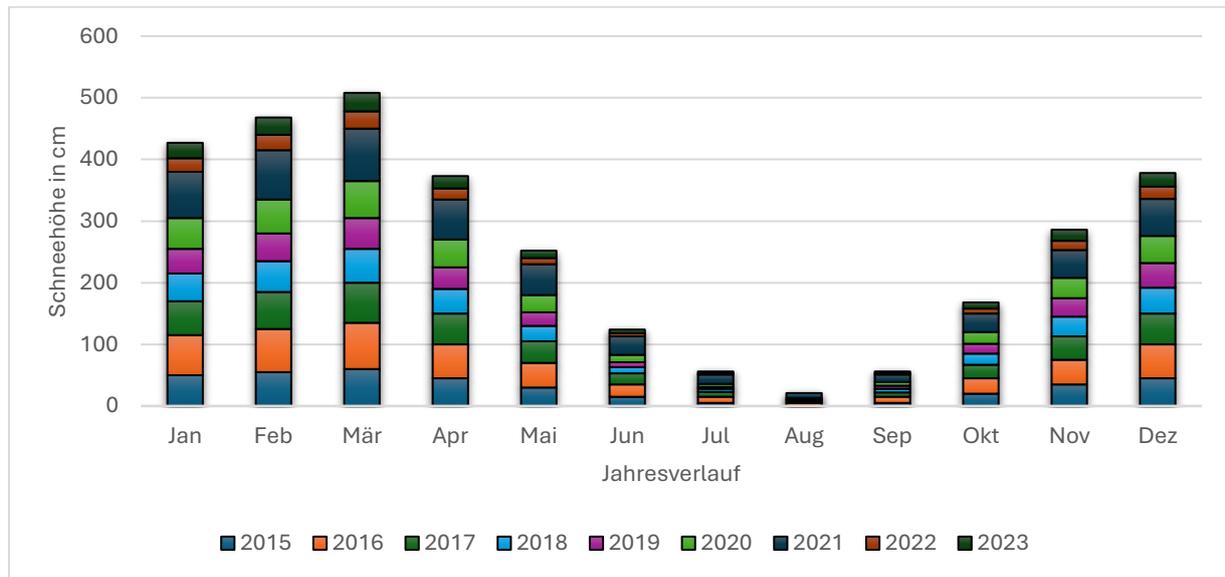


Abbildung 11: Jahresverlauf der Schneehöhen (in cm) im Nationalpark Hohe Tauern für die Jahre 2015–2023. Die Säulendiagramme zeigen die monatlichen Schneehöhen, wobei die einzelnen Farben die jeweiligen Jahre repräsentieren.

- **Höchste Schneehöhen:** Januar, Februar, März – Medianwerte um 100–120 cm, aber mit hoher Schwankungsbreite.
- **Stärkste Abnahme:** April bis Juni – kontinuierlicher Rückgang der Schneehöhen.
- **Niedrigste Werte:** Juli, August – kaum Schnee vorhanden, allerdings treten gelegentlich extreme Ausreißer auf.
- **Wiederanstieg ab Oktober:** Besonders deutlich erkennbar im November und Dezember, wo die Schneehöhen in vielen Jahren wieder stark zunehmen.

Besonders auffällig ist die hohe Variabilität in den Übergangsmo­naten (März, April, Oktober, November). Während die Schneehöhen in den Sommermonaten relativ stabil sind, zeigen die Übergangsmo­nate große Schwankungen – möglicherweise aufgrund unregelmäßiger Witterungsbedingungen wie Spät- oder Fröhschneefällen.

### 3.1.5 Vergleich zwischen „Räudejahr 2020“ und „Nicht-Räudejahren 2015 und 2023“

In dieser Arbeit werden milde Winter als Perioden mit überdurchschnittlich hohen Wintermitteltemperaturen definiert – beispielsweise Temperaturen über  $-2^{\circ}\text{C}$  im Zeitraum Dezember bis Februar –, wie sie auch von IPCC (2023) und Brugger et al. (2013) zur Beschreibung veränderter Winterverhältnisse in den Alpen herangezogen werden. Die Analyse der Schneehöhen und weiterer klimatischer Faktoren zeigt erhebliche Schwankungen zwischen den Jahren. In diesem Zusammenhang werden die Jahre 2015 und 2023 als sogenannte „Nicht-Räudejahre“ bezeichnet, also Jahre mit vergleichsweise geringer Anzahl dokumentierter Räudefälle. Besonders auffällig ist hingegen das Jahr 2020, in dem die höchste Anzahl an Räudefällen verzeichnet wurde, obwohl die Schneehöhe mit 51,8 cm nur im mittleren Durchschnitt lag. Dies wirft die Frage auf, ob eine Korrelation zwischen Schneehöhe und dem Ausbruch der Räude bestehen könnte.

Ein harter Winter mit hoher Schneedecke könnte Wildtiere energetisch schwächen und ihre Anfälligkeit für den Ausbruch der Räude erhöhen. Gleichzeitig könnte eine dicke Schneeschicht die Bewegungsmuster der Tiere einschränken, was die Übertragungsrate von Infektionen begünstigen könnte. Im Gegensatz dazu zeigen die Jahre 2015 und 2023 mit niedrigeren Schneehöhen eine deutlich geringere Anzahl an Räudefällen.

Diese ersten Hinweise auf eine mögliche Korrelation zwischen Schneehöhe und Räudefällen sollen im folgenden Abschnitt vertieft werden. Ein systematischer Vergleich zwischen dem außergewöhnlichen Räudejahr 2020 und den Nicht-Räudejahren 2015 und 2023 wird dazu beitragen, wichtige Erkenntnisse zu liefern. Wie in Tabelle 9 ersichtlich, zeigen sich deutliche Unterschiede bei den klimatischen Bedingungen der drei Jahre, insbesondere bei Niederschlag und Schneehöhe.

*Tabelle 9: Klimatische Parameter und Räudefälle im Nationalpark Hohe Tauern für die Jahre 2015, 2020 und 2023.*

Jahr	Region	Mittlere Lufttemperatur in °C	Niederschlag (rr) in mm	Schneehöhe (sh) in cm	Räudefälle (Anzahl)
2015	NPHT	6,42	2,57	48,49	59
2020	NPHT	6,23	3,41	51,84	187
2023	NPHT	6,58	3,48	24,04	61

Die mittlere Lufttemperatur zeigt nur geringe Schwankungen zwischen den Jahren. 2015 war mit 6,42 °C das wärmste Jahr, während 2020 mit 6,23 °C leicht kühler war. 2023 erreichte mit 6,58 °C den höchsten Wert der drei Jahre. Dies deutet darauf hin, dass 2020 das kälteste Jahr war, jedoch insgesamt keine große Abweichung zu den anderen Jahren aufweist.

Ein auffälliger Unterschied ist beim Niederschlag zu beobachten. 2015 war mit 2,58 mm das niederschlagsärmste Jahr, während 2020 mit 3,41 mm deutlich feuchter war. 2023 war mit 3,48 mm noch etwas niederschlagsreicher als 2020, aber die Anzahl an Räudefällen blieb in diesem Jahr vergleichsweise niedrig (61 Fälle).

Der markanteste Unterschied zeigt sich bei der Schneehöhe. 2015 wurde eine durchschnittliche Schneehöhe von 48,49 cm ermittelt, 2020 war mit 51,84 cm das schneereichste Jahr, während 2023 mit 24,04 cm deutlich weniger Schnee aufwies. Damit war 2020 das schneereichste der drei Jahre.

Die Kombination aus niedrigeren Temperaturen, erhöhter Schneehöhe und feuchten Bedingungen könnte einen Einfluss auf die Zahl der Räudefälle gehabt haben. Obwohl das Jahr 2020 das kühlsste der drei betrachteten Jahre war, ist der Temperaturunterschied relativ gering, was darauf hindeutet, dass die Temperatur allein nicht für die hohe Anzahl an Räudefällen verantwortlich sein kann. Beim Niederschlag war 2023 das feuchteste Jahr, allerdings blieben die Räudefallzahlen vergleichsweise niedrig, sodass auch der Niederschlag für sich genommen keinen entscheidenden Einfluss gehabt zu haben scheint.

Die Analyse der Korrelationen zwischen meteorologischen Parametern und Räudefällen liefert interessante Ergebnisse. Die Lufttemperatur weist mit -0,34 eine schwache negative Korrelation auf, was nahelegt, dass höhere Temperaturen tendenziell mit einer geringeren Anzahl an Räudefällen einhergehen. Dieser Zusammenhang ist jedoch weder besonders stark noch statistisch signifikant, was darauf hinweist, dass die Temperatur allein nicht der ausschlaggebende Faktor für den Ausbruch der Räude ist.

Im Gegensatz dazu zeigen Niederschlag (Korrelationskoeffizient 0,44) und Schneehöhe (Korrelationskoeffizient 0,46) eine mäßige positive Korrelation mit den Räudefällen. Das bedeutet, dass mehr Niederschlag und höhere Schneemengen mit einer erhöhten Anzahl an Räudefällen einhergehen könnten. Auch wenn diese Zusammenhänge moderat sind, könnten die damit verbundenen Umweltbedingungen den Ausbruch der Krankheit begünstigen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass sich diese Korrelationen auf die Gesamtjahreswerte beziehen. Saisonale Schwankungen oder kurzfristige Einflüsse, die ebenfalls einen Einfluss auf die Zahl der Räudefälle haben könnten, sind in dieser Analyse nicht berücksichtigt.

Um den möglichen Zusammenhang zwischen Schneehöhe und der Anzahl der Räudefälle genauer zu untersuchen, wurde die Spearman-Rangkorrelation berechnet. Es wurden dabei zwei unterschiedliche Analyseansätze verfolgt: eine jahresbasierte und eine monatsbasierte Analyse.

#### *3.1.5.1 Jahresbasierte Analyse (Schneehöhe vs. Räudefälle pro Jahr, n=9)*

In dieser Analyse wurde die mittlere Schneehöhe jedes Jahres mit der Anzahl der in diesem Jahr gemeldeten Räudefälle verglichen. Der Spearman-Korrelationskoeffizient betrug  $\rho = 0,43$ , was auf eine moderate positive, jedoch nicht signifikante Korrelation hinweist (kritischer Wert: 0,648,  $n = 9$ ).

Das bedeutet, dass in Jahren mit höherer Schneehöhe tendenziell mehr Räudefälle auftreten. Da der Wert jedoch unter dem kritischen Wert von 0,648 liegt, ist dieser Zusammenhang statistisch nicht signifikant. Dies deutet darauf hin, dass die Schneehöhe möglicherweise einen gewissen Einfluss auf die Anzahl der Räudefälle hat, dieser Einfluss jedoch nicht stark genug ist, um als gesichert betrachtet zu werden.

#### *3.1.5.2 Monatsbasierte Analyse (Schneehöhe vs. Räudefälle pro Monat über 9 Jahre, n=12)*

In dieser Analyse wurde untersucht, ob in Monaten mit hoher Schneehöhe auch mehr oder weniger Räudefälle auftreten. Hier ergab sich ein Spearman-Korrelationskoeffizient von  $\rho \approx -0,039$ , was praktisch auf keine Korrelation hinweist (kritischer Wert: 0,648,  $n = 12$ ).

Der nahezu nullwertige Korrelationskoeffizient zeigt, dass es keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen der Schneehöhe und der Anzahl der Räudefälle pro Monat gibt. Diese Korrelation ist ebenfalls nicht signifikant, was bedeutet, dass auch kleine Schwankungen in der Schneehöhe keinen relevanten Einfluss auf die Verteilung der Räudefälle im Monatsverlauf haben. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass andere Faktoren wie biologische Prozesse (z. B. Brunftzeit, Überlebensraten der Milben oder die Biologie der Wirtstiere) eine viel größere Rolle bei der monatlichen Verteilung der Räudefälle spielen. In einem natürlichen Ökosystem gibt es häufig starke saisonale Schwankungen in der Schneehöhe, während die Räudefälle möglicherweise nicht direkt von diesen Schwankungen abhängen, sondern eher von der Dynamik der Wirtspopulation oder anderen biologischen Faktoren.

Die Ergebnisse der beiden Analysen deuten darauf hin, dass zwar eine gewisse Tendenz besteht, dass die Schneehöhe einen Einfluss auf die Räudefälle haben könnte, dieser Zusammenhang jedoch nicht signifikant ist. Auf Jahresbasis zeigte sich eine moderate, aber nicht signifikante positive Korrelation zwischen Schneehöhe und Räudefällen, während auf monatlicher Basis praktisch keine Korrelation erkennbar war.

### **3.1.7 Vergleich zwischen Südabdachung & Nordabdachung**

Insbesondere gibt es deutliche klimatische Unterschiede zwischen der Nord- und der Südabdachung, die sich durch den Einfluss des Alpenhauptkamms auf Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe erklären lassen. Um diese regionalen Unterschiede und deren potenziellen

Einfluss auf einen möglichen Räudeausbruch besser zu verstehen, wird im Folgenden ein Vergleich zwischen der Südabdachung (Osttirol und Kärnten) und der Nordabdachung (Salzburg) vorgenommen. Die Abbildung 12 zeigt den Verlauf der Räudefälle in den beiden Regionen Kärnten/Tirol (Südabdachung) und Salzburg (Nordabdachung) über den Zeitraum von 2015 bis 2023.

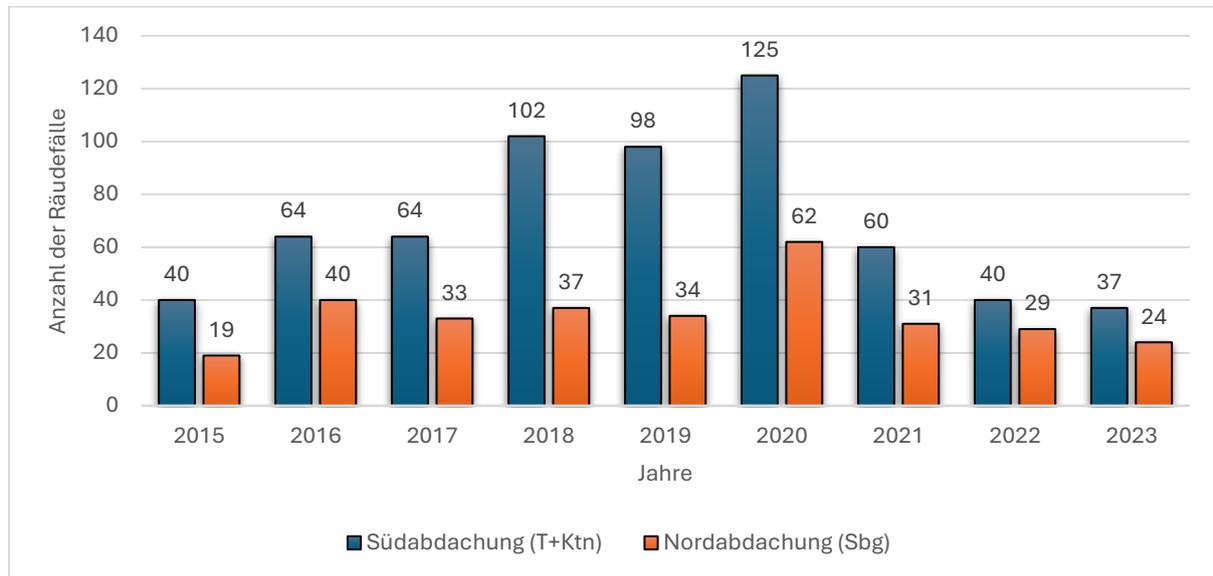


Abbildung 12: Entwicklung der Räudefälle in Kärnten/Osttirol (Südabdachung) und Salzburg (Nordabdachung) von 2015 bis 2023. Die Grafik zeigt die Fallzahlen beider Regionen im Vergleich, wobei Südabdachung insgesamt höhere Werte und ausgeprägtere Spitzen aufweist.

Südlich der Hohen Tauern ist eine dynamische Entwicklung der Räudefälle zu beobachten. Besonders markant sind die starken Anstiege in den Jahren 2018 (102 Fälle), 2019 (98 Fälle) und 2020 (125 Fälle). Nach diesen Spitzenwerten gingen die Fallzahlen zurück und stabilisierten sich in den letzten Jahren (2022–2023) auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau von etwa 37–40 Fällen pro Jahr.

Die Entwicklung auf der Nordabdachung zeigt einen ähnlichen Verlauf, allerdings auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Auch hier erreichten die Fallzahlen 2020 mit 62 Fällen ihren Höchststand. In den darauffolgenden Jahren stabilisierten sie sich zunächst bei etwa 29 Fällen pro Jahr, bevor sie 2023 auf nur 24 Fälle sanken.

Ein möglicher Einflussfaktor für diese Entwicklung könnte das Klima der jeweiligen Regionen sein. Die Südabdachung der Hohen Tauern ist durch insgesamt wärmere und trockenere Bedingungen geprägt, während die Nordabdachung von einem feuchteren und kühleren Klima beeinflusst wird.

Besonders die Jahre 2018 und 2020 waren durch außergewöhnlich hohe Temperaturen und längere Trockenperioden gekennzeichnet. Laut dem Saisonbericht der österreichischen Lawinenwarndienste und den Wetterdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) wurden in diesen Jahren besonders warme Phasen verzeichnet, sowohl in den Winter- als auch in den Sommermonaten, die teils neue Temperaturrekorde aufstellten. Die Winter und Sommer der Jahre 2018 und 2020 zählen zu den wärmsten in den letzten Jahrzehnten, was zu verstärktem Hitzestress bei Wildtieren geführt haben könnte. Hitzestress ist bekannt dafür, das Immunsystem zu schwächen und die Anfälligkeit für Krankheiten wie Räude zu erhöhen.

Der Vergleich zeigt, dass Kärnten und Osttirol eine dynamischere Entwicklung mit ausgeprägteren Peaks und insgesamt höheren Fallzahlen aufweisen als Salzburg. Der markante Anstieg im Jahr

2020 in beiden Regionen könnte auf gemeinsame externe Einflussfaktoren zurückzuführen sein – etwa außergewöhnliche Umweltbedingungen, die die Ausbreitung der Räude begünstigt haben könnten. Der deutliche Rückgang der Fallzahlen ab 2021 könnte zudem auf natürliche Regulierungsmechanismen, etwa eine zunehmende Immunität innerhalb der Population, oder auf andere äußere Einflüsse wie verbessertes Wildmanagement oder eine verstärkte Kontrolle von Räudeinfektionen zurückzuführen sein.

### 3.1.8 Vergleich zwischen den drei größten Gebirgsstockebene

Nachdem zuvor ein Vergleich zwischen der Südabdachung (Kärnten + Osttirol) und der Nordabdachung (Salzburg) vorgenommen wurde, folgt nun eine detailliertere Analyse der Verteilung der Räudefälle innerhalb der drei größten Gebirgsgruppen des Nationalparks Hohe Tauern, nämlich der Glocknergruppe, der Venedigergruppe und der Sonnblickgruppe. Die Abbildung 13 zeigt neben den drei Hauptgruppen noch eine Kategorie „andere Gebirgsgruppen“, welche nicht zu den drei Großgebirgsgruppen zugeordnet werden konnten und daher in der separaten Kategorie zusammengefasst wurden.

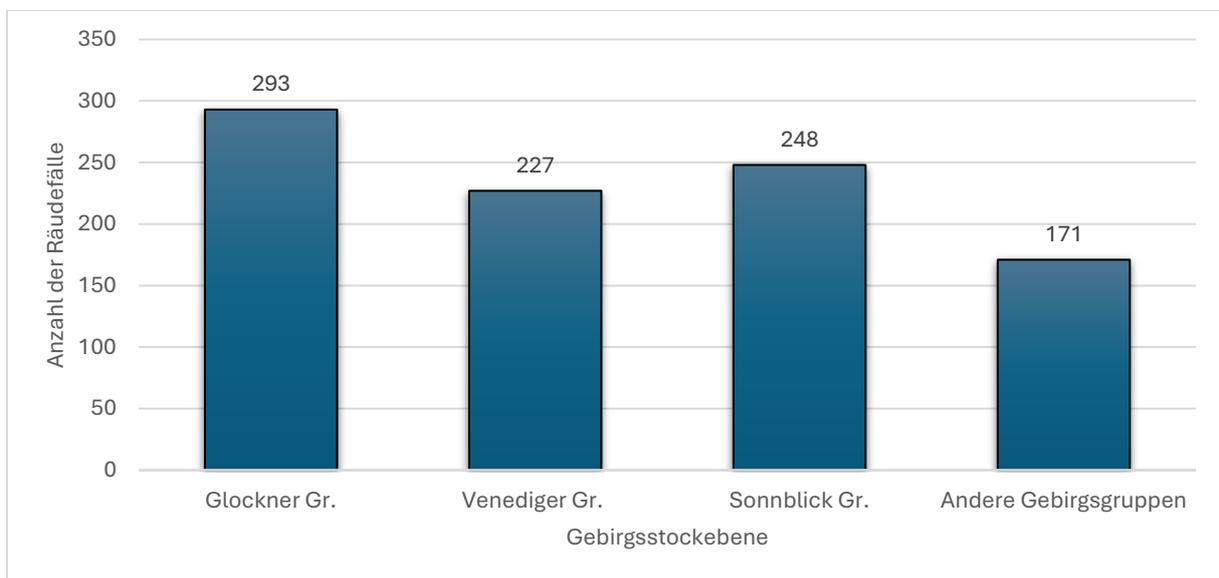


Abbildung 13: Anzahl der dokumentierten Räudefälle bei Gams- und Steinwild in den drei Hauptgebirgsgruppen des Nationalparks Hohe Tauern sowie in anderen Gebirgsgruppen in den Jahren 2015–2023.

Insgesamt wurden in den vergangenen neun Jahren 939 Räudefälle dokumentiert. Die Verteilung der Fälle zeigt, dass die Glocknergruppe mit 293 Fällen die höchste Fallzahl aufweist, gefolgt von der Sonnblickgruppe mit 248 Fällen und der Venedigergruppe mit 227 Fällen. In den restlichen Gebirgsgruppen wurden 171 Fälle registriert. Diese Zahlen verdeutlichen, dass Räude in allen drei Hauptgebirgsgruppen des Nationalparks weit verbreitet ist, wobei es regionale Unterschiede in der Häufigkeit gibt.

Tabelle 10: Aufschlüsselung der dokumentierten Räudefälle nach Wildtierart (Steinwild und Gamswild) in den drei Hauptgebirgsgruppen des Nationalparks Hohe Tauern sowie in anderen Gebirgsgruppen in den Jahren 2015–2023.

	Glockner Gr.	Venediger Gr.	Sonnblick Gr.	Andere Gebirgsgruppen
Steinwild	129	65	55	22
Gamswild	164	162	193	149

Die weitere Aufschlüsselung nach Wildtierart (Tabelle 10) zeigt, dass in der Glocknergruppe 129 Fälle bei Steinwild und 164 Fälle bei Gamswild dokumentiert wurden. In der Venedigergruppe

wurden 65 Fälle bei Steinwild und 162 Fälle bei Gamswild registriert, während die Sonnblickgruppe 55 Fälle bei Steinwild und 193 Fälle bei Gamswild aufweist. In der Kategorie „andere Gebirgsgruppen“ wurden 22 Fälle bei Steinwild und 149 Fälle bei Gamswild festgestellt. Diese Daten zeigen, dass Räude bei Gamswild in allen Regionen häufiger auftritt als bei Steinwild, insbesondere in der Sonnblickgruppe, wo Gamswild fast viermal so viele Fälle wie Steinwild aufweist.

### 3.1.9 Verteilung der Räudefälle innerhalb der Glocknergruppe

Nachdem die Glocknergruppe als jene Gebirgsgruppe mit den meisten Räudefällen identifiziert wurde, folgt nun eine detaillierte Analyse (siehe Abbildung 14) ihrer regionalen Verteilung innerhalb der drei Nationalparkteile (Tirol, Salzburg, Kärnten). Insgesamt wurden in der Glocknergruppe 293 Räudefälle dokumentiert, die sich wie folgt auf die Bundesländer verteilen: 147 Fälle in Tirol, 112 Fälle in Salzburg und 34 Fälle in Kärnten. Die Daten verdeutlichen, dass Tirol den höchsten Anteil an Räudefällen aufweist, gefolgt von Salzburg, während Kärnten einen deutlich geringeren Anteil verzeichnet.

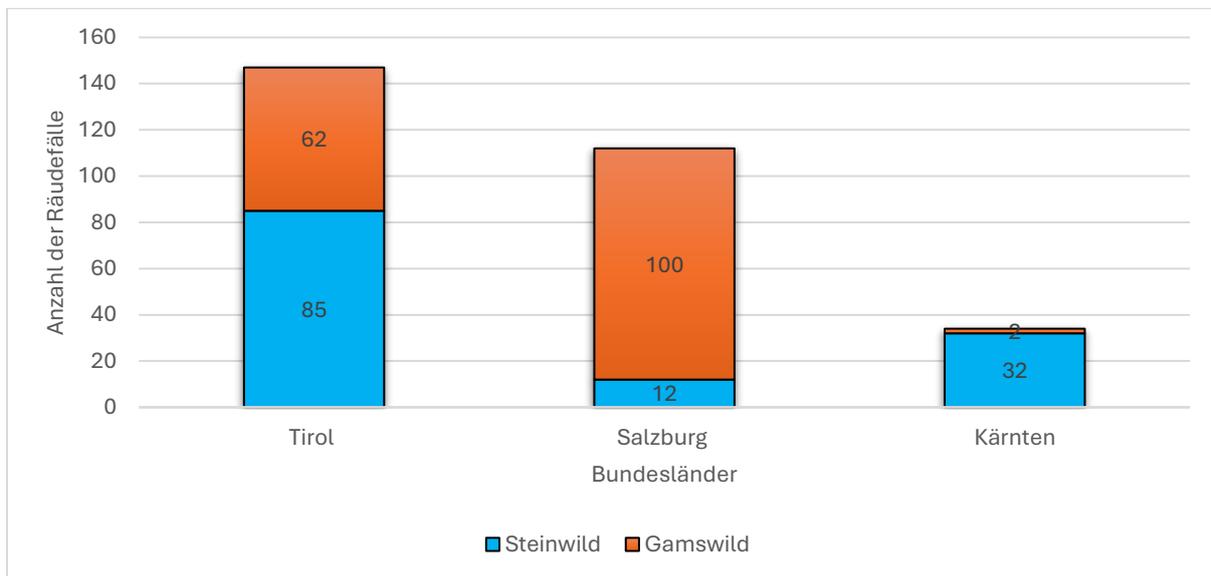


Abbildung 14: Räumliche Verteilung der dokumentierten Räudefälle in der Glocknergruppe (2015–2023) nach Bundesland und Wildtierart.

Die Aufschlüsselung nach Wildtierart verdeutlicht erhebliche Unterschiede zwischen den Regionen. In Tirol tritt Räude bei Steinwild (85 Fälle) häufiger auf als bei Gamswild (62 Fälle). In Salzburg ist das Verhältnis umgekehrt – hier sind 100 Fälle bei Gamswild dokumentiert, während Steinwild mit nur 12 Fällen deutlich seltener betroffen ist. In Kärnten ist die Fallzahl insgesamt geringer, aber Steinwild macht mit 32 von 34 Fällen den überwiegenden Anteil aus, während Gamswild mit nur 2 dokumentierten Fällen kaum betroffen ist. Diese regionale Differenzierung deutet darauf hin, dass die Verteilung der Räudefälle nicht nur von der Präsenz der Wildtierarten abhängt, sondern auch von lokalen Umweltbedingungen, verschiedenen Einflussfaktoren und der Art und Weise, wie die Daten erfasst und weitergegeben werden. Was jedoch aus den vorliegenden Daten hervorgeht, ist, dass besonders auffällig der hohe Anteil von Gamswild-Fällen in Salzburg ist, während Steinwild in Tirol und Kärnten stärker betroffen ist.

## 3.2 Ergebnisse der Lauscherproben

### 3.2.1 Zusammenhang zwischen Milbenträgern und klinischen Räudefällen

Ein wichtiger Aspekt zur Einschätzung der Räudefituation ist die Analyse der stillen Milbenträger, insbesondere der Lauscherproben. Tiere, die Milben im Lauscher tragen, zeigen nicht zwangsläufig klinische Räudefälle, können aber als potenzielle Überträger der Milben dienen. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Räudefälle und dem Verhältniswert der Milbenträger zu untersuchen, wurden die Daten der Jahre 2017, 2018, 2021, 2022 und 2023 analysiert.

In Abbildung 15 wird der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Räudefälle und dem Verhältniswert der Milbenträger veranschaulicht.

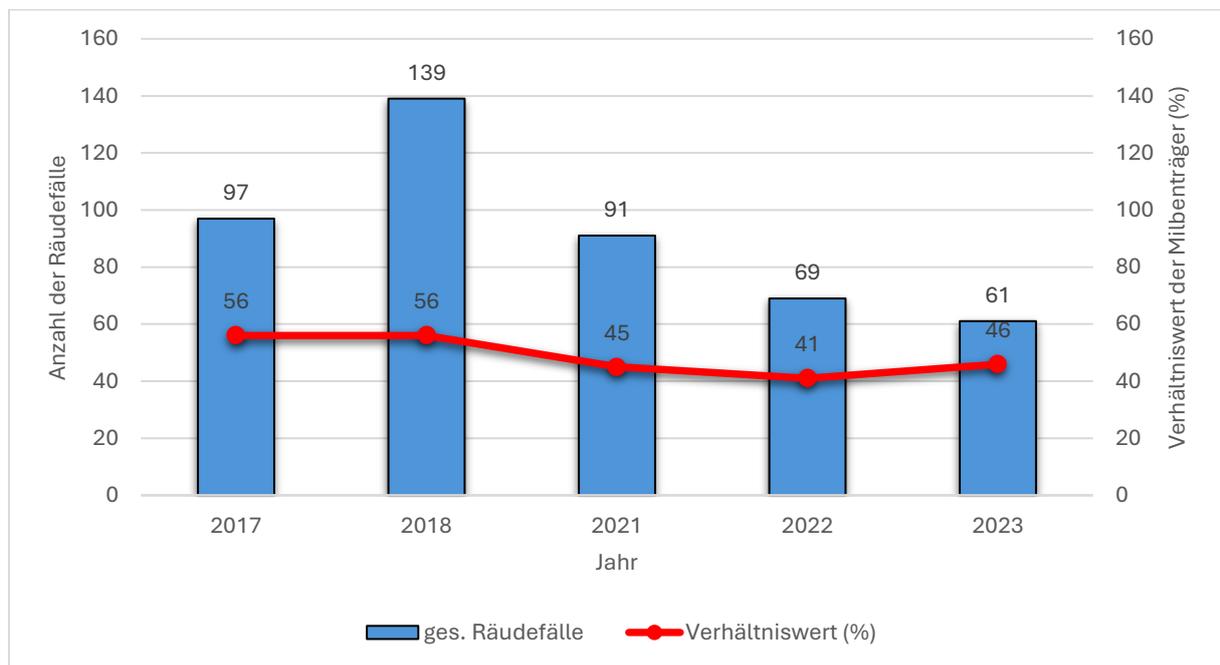


Abbildung 15: Zusammenhang zwischen den gesamt registrierten Räudefällen und dem Verhältniswert (%) der Milbenträger von 2017 bis 2023. Die Grafik zeigt, wie der prozentuale Anteil der Milbenträger im Verhältnis zu den gesamt registrierten Räudefällen in den einzelnen Jahren variiert.

Im Jahr 2017 wurden 79 Lauscherproben untersucht, von denen 44 positiv auf Milben getestet wurden. Dies entspricht einem Verhältniswert von 56 %. In diesem Jahr wurden 97 Räudefälle dokumentiert.

2018 wurde mit 139 Räudefällen die höchste Anzahl an Fällen im untersuchten Zeitraum verzeichnet. Der Anteil der Milbenträger lag jedoch erneut bei 56 % (25 von 45 Proben). Dies deutet darauf hin, dass die hohe Räudefälleinzidenz nicht ausschließlich durch den Anteil der Milbenträger bestimmt wird, sondern möglicherweise weitere Faktoren eine Rolle spielen. 2021 sanken die Räudefälle auf 91, während der Verhältniswert der Milbenträger mit 45 % (18 von 40 Proben) etwas niedriger war als in den Vorjahren. Auch 2022 setzte sich dieser Trend fort. Bei 71 untersuchten Lauscherproben lag der Anteil der Milbenträger nur noch bei 41 %, während gleichzeitig 69 Räudefälle dokumentiert wurden.

Im Jahr 2023, dem Jahr mit der niedrigsten dokumentierten Räudefälleinzidenz (61 Fälle), wurde wieder ein leicht höherer Verhältniswert der Milbenträger von 46 % (37 von 80 Proben) festgestellt.

Um den möglichen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen zu quantifizieren, wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Dieser beträgt 0,77, was auf eine relativ starke positive Korrelation zwischen dem Verhältniswert der Milbenträger und der Anzahl der Räudefälle hindeutet. Dies bedeutet, dass Jahre mit einem höheren Anteil an Milbenträgern tendenziell auch eine höhere Anzahl an Räudefällen aufweisen. Allerdings ergab der p-Wert 0,136, sodass der Zusammenhang auf einem Signifikanzniveau von 5 % nicht als statistisch gesichert gilt. Dies könnte auf die geringe Anzahl der untersuchten Jahre zurückzuführen sein. Dennoch zeigt sich eine erkennbare Tendenz, dass ein hoher Anteil an Milbenträgern mit einer erhöhten Räudeinzidenz in einem Jahr einhergeht.

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass diese Zahlen nur einen Teil der Wildtiere widerspiegeln, die möglicherweise mit der Räudemilbe infiziert sind. Die Proben stammen ausschließlich von erlegten Tieren, die von den Jägern subjektiv als gesund eingeschätzt wurden und gezielt zur Untersuchung auf Milbenträger zur Verfügung gestellt wurden. Diese Tiere zeigten keine äußerlich erkennbaren Symptome einer Räudeerkrankung, obwohl in fast der Hälfte der Fälle (48,5 %) Milben nachgewiesen wurden. Unklar bleibt jedoch, ob der Milbenbefall bei diesen Tieren tatsächlich zu einer klinischen Erkrankung geführt hätte, da eine Infektion mit Räudemilben nicht zwangsläufig unmittelbar sichtbare Symptome verursacht. Zusätzlich zeigt die Untersuchung eine hohe Zahl an Gams- und Steinwild mit erkennbaren klinischen Anzeichen einer Räudeerkrankung. Die Proben von räudigen Tieren, insbesondere die gezielt eingesandten Lauscherproben, dienen dabei als Referenzgruppe zur Absicherung der Milbennachweise. Dies lässt darauf schließen, dass die tatsächliche Zahl infizierter Tiere im Gesamtbestand noch höher liegen könnte. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Räudemilbe weit verbreitet ist und auch klinisch unauffällige Tiere als Reservoir für die Krankheit fungieren können. Diese stillen Milbenträger spielen vermutlich eine wesentliche Rolle bei der Übertragung und Persistenz der Räude innerhalb der Populationen des Nationalparks Hohe Tauern.

### 3.2.2 Vergleich zwischen stillen Milbenträgern und der Anzahl der Räudefälle in den drei wichtigsten Gebirgsstockebenen

Um mögliche Zusammenhänge zwischen der Prävalenz stiller Milbenträger und einem möglichen Ausbruch der Räude zu untersuchen, wurden die positiven Lauscherproben mit der Anzahl dokumentierter Räudefälle in den drei Hauptgebirgsgruppen (Glockner-, Venediger- und Sonnblick-Gruppe) sowie einer Sammelkategorie „andere Gebirgsgruppen“ verglichen. Dabei wurde der Anteil der positiv getesteten Lauscherproben an der Gesamtzahl der untersuchten Proben berechnet und dieser Prozentsatz mit den gemeldeten Räudefällen in Relation gesetzt.

Die Abbildung 16 zeigt, dass in den drei Hauptgebirgsgruppen ein Zusammenhang zwischen dem Anteil positiver Lauscherproben und der Anzahl dokumentierter Räudefälle erkennbar ist.

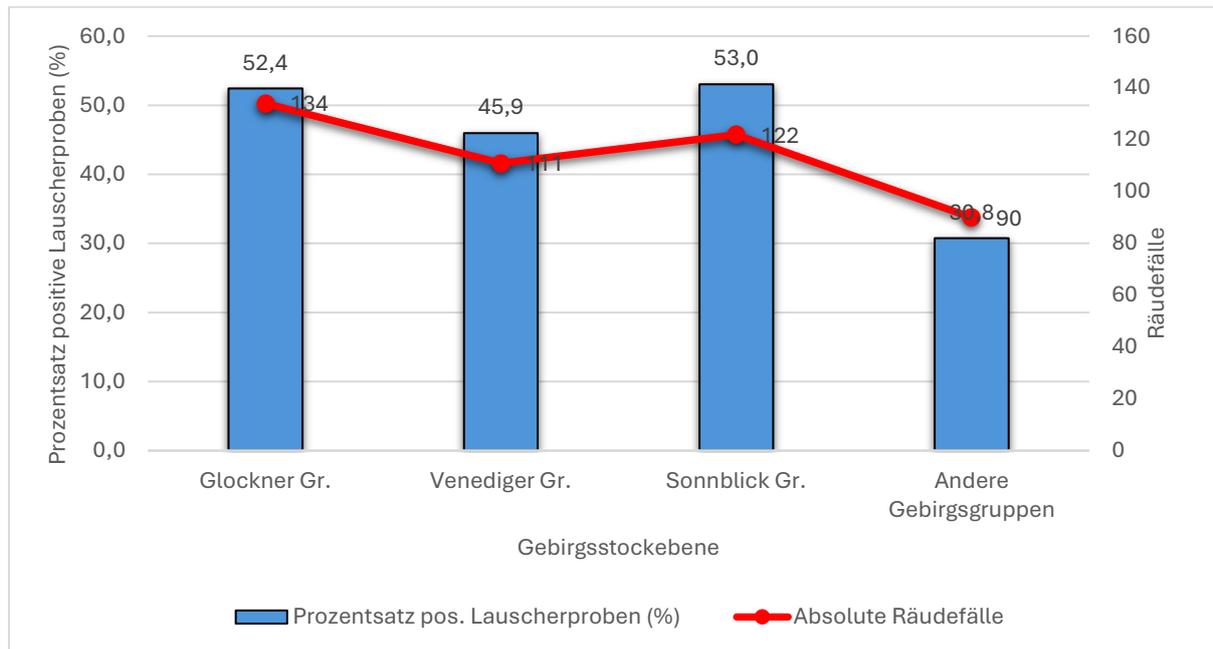


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen der Prävalenz stiller Milbenträger und der Anzahl der gemeldeten Räudefälle in den Hauptgebirgsstockebenen.

Der höchste Anteil positiver Lauscherproben wurde in der Sonnblick-Gruppe mit 53,0 % festgestellt, gefolgt von der Glockner-Gruppe mit 52,4 % und der Venediger-Gruppe mit 45,9 %. In den „anderen Gebirgsgruppen“ lag der Anteil mit 30,8 % deutlich niedriger. Gleichzeitig wurde die höchste Anzahl an Räudefällen in der Glockner-Gruppe verzeichnet (134 Fälle), gefolgt von der Sonnblick-Gruppe (122 Fälle) und der Venediger-Gruppe (111 Fälle). Die geringste Fallzahl wurde in den „anderen Gebirgsgruppen“ mit 90 dokumentierten Räudefällen registriert.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Gebiete mit einem höheren Anteil an stillen Milbenträgern tendenziell auch mehr Räudefälle aufweisen. Dies könnte darauf hindeuten, dass latent infizierte Individuen eine Rolle in der Krankheitsverbreitung spielen. Besonders auffällig ist, dass die Sonnblick-Gruppe den höchsten Prozentsatz positiver Lauscherproben aufweist, jedoch nicht die höchste Anzahl an Räudefällen. Dies legt nahe, dass neben der Prävalenz stiller Träger weitere Faktoren, wie Umweltbedingungen, Populationsdichte oder Immunabwehr, die Krankheitsdynamik beeinflussen könnten.

Der berechnete Spearman-Korrelationskoeffizient beträgt 0,80 ( $p = 0,20$ ). Dies deutet auf eine moderate bis starke positive Korrelation zwischen dem Prozentsatz positiver Lauscherproben und der Anzahl der gemeldeten Räudefälle hin. Allerdings ist der p-Wert größer als 0,05, was darauf hindeutet, dass der Zusammenhang statistisch nicht signifikant ist.

Dies bedeutet, dass in Gebieten mit einem höheren Anteil an stillen Milbenträgern tendenziell auch mehr Räudefälle dokumentiert wurden. Der Zusammenhang ist jedoch nicht strikt monoton und könnte von weiteren Einflussfaktoren abhängig sein.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Regionen mit einer höheren Prävalenz stiller Milbenträger auch eine größere Anzahl an dokumentierten Räudefällen aufweisen. Die absolute Anzahl eingesandter Proben sollte dabei statistisch gesehen keinen Einfluss auf den Anteil positiver Proben haben, da eine höhere Probenanzahl bei gleicher Infektionsrate proportional mehr positive Fälle ergibt.

Vielmehr dürften Unterschiede in den Probenentnahmegebieten eine entscheidende Rolle spielen. In einigen Gebieten sammeln Jäger mehr Proben, in anderen weniger. Darüber hinaus kann der zeitliche Verlauf des Räudegeschehens in den jeweiligen Regionen – beispielsweise ob die Krankheit gerade abklingt oder kurz vor einem Ausbruch steht – die Prävalenz der stillen Milbenträger beeinflussen.

### 3.2.3 Vergleich der Nord- und Südabdachung

#### 3.2.3.1 Hinsichtlich Lauscherproben und klinischen Räudefällen

Abbildung 17 zeigt den Vergleich zwischen der Prävalenz stiller Milbenträger (ermittelt durch Lauscherproben) und der Anzahl der dokumentierten Räudefälle für die Nord- und Südabdachung im und um den Nationalpark Hohe Tauern. Die Südabdachung umfasst die Bundesländer Tirol und Kärnten, die Nordabdachung umfasst hauptsächlich das Salzburger Gebiet des Nationalparks sowie angrenzende Gebiete, in denen ebenfalls Proben entnommen wurden.

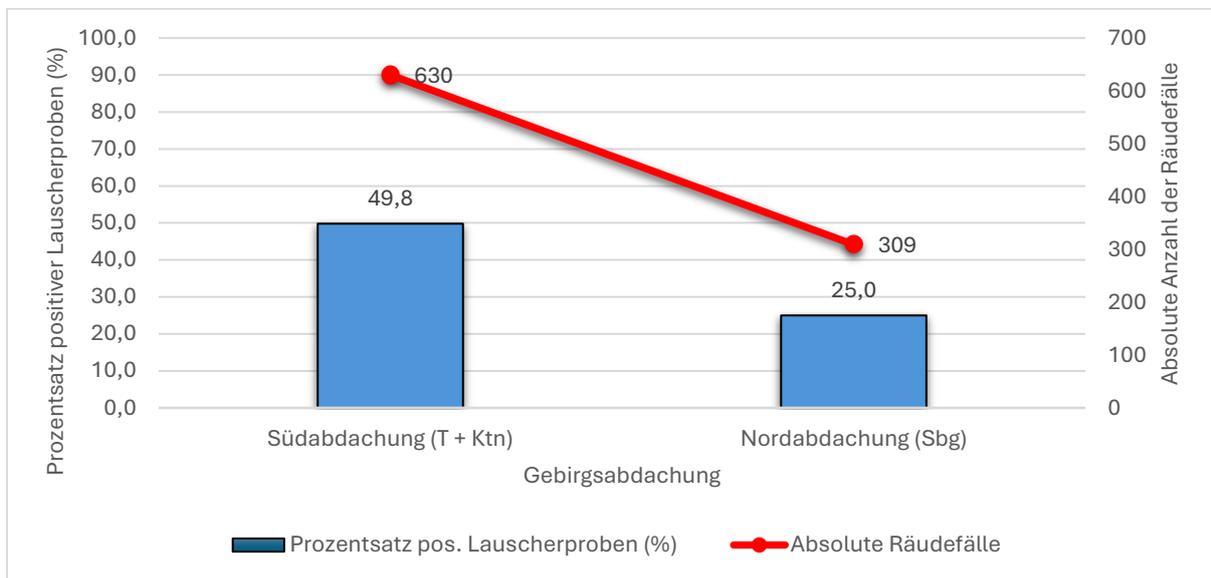


Abbildung 17: Vergleich der Nord- und Südabdachung hinsichtlich des Prozentsatzes positiver Lauscherproben und der absoluten Anzahl dokumentierter Räudefälle.

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied in der Prävalenz positiver Lauscherproben zwischen den beiden Regionen. In der Südabdachung waren 49,8 % der Lauscherproben positiv auf Rüdemilben, während dieser Wert in der Nordabdachung mit 25,0 % deutlich niedriger lag. Gleichzeitig wurden in der Südabdachung mit 630 dokumentierten Räudefällen mehr als doppelt so viele Fälle verzeichnet wie in der Nordabdachung (309 Fälle).

Ein auffälliges Muster zeigt sich in der Relation zwischen den positiven Lauscherproben und den dokumentierten Räudefällen. Obwohl die Prävalenz an stillen Milbenträgern in der Südabdachung höher ist, entspricht die Anzahl der dokumentierten Räudefälle dort etwa dem doppelten Wert der Nordabdachung, sodass die Verhältnisse in beiden Kategorien nahezu proportional sind.

Zur quantitativen Bewertung des Zusammenhangs wurde der Spearman-Korrelationskoeffizient zwischen dem Prozentsatz der positiven Lauscherproben und der Anzahl der Räudefälle berechnet. Der Korrelationswert beträgt 0,98 ( $p = 0,02$ ), was auf eine sehr starke positive Korrelation zwischen der Prävalenz stiller Milbenträger und der dokumentierten Anzahl an Räudefällen hinweist. Dies bedeutet, dass mit einer höheren Prävalenz positiver Lauscherproben auch tendenziell mehr Räudefälle auftreten.

Die Analyse verdeutlicht, dass in der Südabdachung sowohl die absolute Anzahl an Räudefällen als auch der Anteil positiver Lauscherproben höher ist als in der Nordabdachung. Allerdings könnten geringere Probenentnahmen auf der Salzburger (Nord-)Seite dazu führen, dass das tatsächliche Infektionsgeschehen dort weniger gut erfasst wird. Möglicherweise kann sich der Steinwildbestand auf der Nordseite dadurch „natürlicher“ anpassen. Der starke Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern lässt vermuten, dass stille Milbenträger eine bedeutende Rolle in der Krankheitsdynamik spielen. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass die Anzahl der dokumentierten Räudefälle von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden kann, wie etwa von regionalen Unterschieden in der Meldehäufigkeit oder von der variierenden Jagdintensität.

### 3.2.4 Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Die Analyse der Korrelation zwischen meteorologischen Parametern und den Räudefällen liefert keine eindeutigen Ergebnisse. Es konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden, dass Lufttemperatur, Niederschlag oder Schneehöhe isoliert betrachtet als alleiniger Auslöser für die Erkrankung fungieren. Vielmehr scheint eine Kombination dieser Faktoren eine Rolle zu spielen, möglicherweise in Wechselwirkung mit weiteren Einflussgrößen wie genetischer Disposition, Populationsdynamik oder dem Gesundheitszustand der Wildtiere.

Die mittlere Lufttemperatur wies zwischen den untersuchten Jahren nur geringe Schwankungen auf. 2015 war mit 6,42 °C das wärmste Jahr, während 2020 mit 6,23 °C leicht kühler war. 2023 verzeichnete mit 6,58 °C den höchsten Wert der drei Jahre. Eine schwache negative Korrelation von -0.34 zwischen der Lufttemperatur und den Räudefällen deutet darauf hin, dass höhere Temperaturen tendenziell mit einer geringeren Anzahl an Krankheitsfällen einhergingen. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht signifikant.

Beim Niederschlag zeigten sich größere Unterschiede. 2015 war mit 2,58 mm das niederschlagsärmste Jahr, während 2020 mit 3,41 mm deutlich feuchter war. 2023 war mit 3,48 mm noch etwas niederschlagsreicher als 2020, jedoch wurden in diesem Jahr deutlich weniger Räudefälle dokumentiert. Die Analyse ergab eine mäßige positive Korrelation von 0.44 zwischen dem Niederschlag und den Räudefällen.

Die größten Unterschiede traten bei der Schneehöhe auf. 2015 wurde eine durchschnittliche Schneehöhe von 48,49 cm ermittelt, 2020 wies mit 51,84 cm die höchsten Schneewerte auf, während 2023 mit 24,04 cm deutlich weniger Schnee verzeichnete. Die Schneehöhe zeigte eine mäßige positive Korrelation von 0.46 mit den Räudefällen.

Die Ergebnisse zeigen, dass keine der untersuchten klimatischen Variablen als alleiniger Auslöser für das Auftreten der Räude identifiziert werden konnte. Die untersuchten Parameter wiesen nur moderate Zusammenhänge mit den Räudefallzahlen auf, wobei insbesondere die Kombination aus mehreren Faktoren eine Rolle spielen könnte. Darüber hinaus deutet die Analyse darauf hin, dass Regionen mit einer höheren Prävalenz stiller Milbenträger tendenziell auch eine größere Anzahl an Räudefällen aufweisen, was auf eine mögliche Bedeutung der Trägerpopulation für die Ausbreitung der Krankheit hinweist.

## 4 Diskussion

Die Dynamik der Räude bei Stein- und Gamswild weist deutliche Parallelen zu anderen Caprinae-Populationen auf. So zeigen Lacopelli et al. (2020) anhand von Iberiensteinböcken und Rothirschen, dass das Vorkommen von Räude starken räumlich-zeitlichen Schwankungen unterliegt. Die Autoren beschreiben wellenförmige Epidemien mit lokaler Persistenz, bei denen topografische Barrieren sowie die Habitatnutzung maßgeblich die Verbreitung der Erkrankung beeinflussen. Dieses Muster entspricht Beobachtungen aus den Hohen Tauern, wo insbesondere nach 2020 ein Rückgang der Fallzahlen in vormals stark betroffenen Regionen zu verzeichnen ist. Ähnlich beschrieben Rossi et al. (1995) bei Gamswild in den italienischen Alpen epizootische Muster, die durch hohe Mortalitätsraten in der Anfangsphase und einen späteren Rückgang bei zunehmender Immunität geprägt sind.

Ein zentrales Element für die Ausbreitung der Räude stellt die Populationsdichte sowie das Vorhandensein mehrerer empfänglicher Wirte dar. Lacopelli et al. (2020) zeigen, dass in einem Multi-Host-System wie dem Naturpark Sierra de Cazorla sowohl Iberiensteinböcke als auch Rothirsche zur Persistenz des Erregers beitragen können. Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass auch im Hohe-Tauern-Gebiet die Präsenz weiterer Wildarten, etwa Reh- oder Rotwild, eine wichtige Rolle in der Epidemiologie spielen könnte. Pérez et al. (2021) bestätigen, dass besonders hohe Populationsdichten und intensiver Körperkontakt innerhalb sozialer Tierarten die Übertragung von *Sarcoptes scabiei* fördern. Dies könnte erklären, warum in bestimmten Tälern gehäuft Ausbrüche auftreten und die Infektionsdynamik lokal variieren kann.

Die Analyse der klimatischen Faktoren und deren Zusammenhang mit dem Ausbruch der Räude bei Gams- und Steinwild im Nationalpark Hohe Tauern deutet auf ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Einflussgrößen hin. Besonders die Schneehöhe zeigt eine tendenzielle, wenn auch nicht signifikante Korrelation mit der Anzahl der Räudefälle. So lässt sich am Beispiel des Jahres 2020 – das durch eine mittlere Schneedecke, jedoch die höchste Anzahl an Räudefällen gekennzeichnet war – vermuten, dass hohe Schneelagen die Bewegungsmuster und Raumnutzung der Tiere einschränken könnten. Denn in Jahren mit besonders viel Schnee sind die Tiere möglicherweise gezwungen, sich auf kleinere, schneefreie oder leichter zugängliche Flächen zurückzuziehen, wodurch die Kontaktwahrscheinlichkeit steigt und eine dichtere Verteilung die Übertragung der Räude begünstigen kann. Dies führt dazu, dass sich mehrere Individuen häufiger in denselben Einständen oder an schneefreien Plätzen aufhalten. Eine erhöhte Kontaktdichte innerhalb von Sozialverbänden, wie etwa Mutterfamilien, könnte insbesondere außerhalb der Brunftzeit die Übertragung der Milben begünstigen. Gleichzeitig steigt durch erschwerte Äsungsbedingungen der Energiebedarf, was das Immunsystem zusätzlich schwächen und die Anfälligkeit für Räude erhöhen kann (Deutz et al., 2017).

Harte Winter mit hoher Schneelage wirken besonders während der energetisch fordernden Brunftzeit belastend, insbesondere für Böcke. Ein früh einsetzender Schneefall führt zu einer längeren Schneebedeckung, welche die Nahrungsverfügbarkeit einschränkt, den Energieaufwand erhöht und somit die Widerstandskraft der Tiere reduziert. Dadurch steigt die Anfälligkeit gegenüber Infektionen, wie beispielsweise der Räude. Gleichzeitig können warme Herbstperioden, etwa durch plötzlich einsetzende hohe Temperaturen nach abgeschlossenem Haarwechsel, einen zusätzlichen Hitzestress verursachen, insbesondere beim physiologisch an kühlere Bedingungen angepassten Steinwild. Semenzato et al. (2021) weisen darauf hin, dass Steinwild bereits bei Temperaturen über 13–14 °C im Sommer erste Stressreaktionen zeigt. Dies legt nahe, dass selbst moderate Wärmebelastungen physiologisch herausfordernd sind und

milde Herbste das Risiko klinischer Räudefälle erhöhen können – nicht unbedingt durch Neuinfektionen, sondern möglicherweise durch eine stressinduzierte Vermehrung der Milben bei bereits infizierten Tieren. Mason et al. (2017) beschreiben, dass Steinwild zur Vermeidung von Hitzestress vermehrt in höhere, kühlere Lagen ausweicht, auch wenn dort die Nahrungsqualität geringer ist. Dieser Zielkonflikt zwischen Thermoregulation und Nahrungsaufnahme stellt nicht nur in heißen Sommermonaten, sondern potenziell ganzjährig eine Herausforderung dar, etwa auch bei tiefer Schneelage im Winter. Brivio et al. (2024) konnten zeigen, dass Steinwild seine Aktivität zunehmend in die Nachtstunden verlegt, um Hitze zu vermeiden, was jedoch das Risiko durch nachtaktive Prädatoren wie Wolf oder Luchs erhöhen könnte. Obwohl diese Prädatoren im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt oder bislang nicht bestätigt sind, deutet die Verhaltensanpassung auf kurzfristige Bewältigungsstrategien im Kontext des Klimawandels hin. Aublet et al. (2009) berichten außerdem, dass steigende Temperaturen die Fressaktivität verringern, vor allem bei älteren Tieren, und der Rückzug in höhere Lagen weniger mit der Nahrungsverfügbarkeit als mit der Vermeidung von Überhitzung zusammenhängt.

Die Lufttemperatur zeigte in der Analyse eine schwache negative Korrelation ( $\rho = -0,34$ ) mit der Anzahl der Räudefälle, was darauf hindeutet, dass mildere Winter tendenziell mit weniger Ausbrüchen einhergehen könnten. Milde Winter werden hier im Sinne von überdurchschnittlich hohen Wintermitteltemperaturen (z. B.  $> -2\text{ °C}$  im Zeitraum Dezember–Februar) verstanden, wie sie auch vom IPCC (2023) und Brugger et al. (2013) beschrieben werden. Allerdings können auch bei insgesamt milden Temperaturen einzelne extreme Schneefälle zu längeren Schneebedeckungen führen, die physiologisch belastend wirken und das Risiko für Räudeausbrüche erhöhen. Der Niederschlag wies zudem eine moderate positive Korrelation mit der Anzahl der Räudefälle auf ( $\rho = 0,44$ ). Hier könnte die Erklärung im erhöhten Umweltstress durch feucht-kalte Bedingungen liegen, die insbesondere für Steinwild suboptimal sind (Alemayehu et al., 2012). Solche Bedingungen führen nicht direkt zur Infektion, schwächen jedoch die Immunabwehr so weit, dass ein latenter Milbenbefall in einen klinischen Ausbruch übergehen kann.

Ein kritischer Aspekt für den Ausbruch der Räude ist die physiologische Konstitution der betroffenen Tiere. Gams- und Steinwild verfügen über hochspezialisierte Anpassungen an extreme alpine Bedingungen, insbesondere in Bezug auf Thermoregulation. Die dichte Winterdecke schützt effektiv vor Kälte, wird aber bei warmen Wetterperioden zur Belastung. Besonders das Steinwild mit seinem gedrungenen Körperbau, der kleinen Körperoberfläche und den gering ausgeprägten Körperanhängseln ist prädestiniert für kühle Bedingungen. In warmen Perioden kann es daher zu Überhitzung kommen, da die Tiere nicht schwitzen und somit nicht effektiv Wärme abgeben können (Deutz et al., 2017). Signer (2013) ergänzt diese Beobachtungen durch seine Darstellung der reduzierten Stoffwechselaktivität als Anpassung an winterliche Kälteperioden, was die Sensibilität für Temperaturschwankungen zusätzlich unterstreicht. Ergänzend hierzu entwickelten Signer et al. (2010) ein innovatives Telemetriesystem, das es erlaubt, physiologische Reaktionen wie Herzfrequenz, Körpertemperatur und Aktivität bei freilebendem Steinwild unter natürlichen Bedingungen kontinuierlich zu messen. Solche Systeme ermöglichen zukünftig eine objektivere Bewertung von Hitzestress und energetischer Belastung.

Diese thermophysiologischen Aspekte wirken sich unmittelbar auf das Immunsystem aus. Die Energie, die für die Temperaturregulation aufgewendet wird, fehlt für immunologische Prozesse. Dies betrifft vor allem trächtige Geißen, deren Energiebedarf durch die Trächtigkeit ohnehin erhöht ist, sowie Böcke, die durch die Brunft geschwächt sind. Gerade in den Übergangsphasen zwischen Herbst und Winter sowie zwischen Winter und Frühjahr sind Wildtiere besonders

anfällig für den Ausbruch von Krankheiten, da wechselnde Witterungsbedingungen, teilweise noch reduzierte Nahrungsverfügbarkeit und hoher Energiebedarf das Immunsystem zusätzlich belasten können. Ein saisonaler Peak im Frühling mit besonders hohen Räudefallzahlen (z. B. Mai) könnte auf diese physiologische Schwächung zurückzuführen sein.

Die Räude wurde lange Zeit als nahezu immer tödlich und hochinfektiös angesehen. Neuere Daten – wie auch vorliegende Untersuchung zeigt – lassen jedoch eine differenziertere Bewertung zu. Bei einer Populationsgröße von rund 1.100 Steinwildindividuen in den Hohen Tauern werden Räudeausfälle (Hegeabschüsse + Fallwild) mit lediglich 2,7 % im Durchschnitt der letzten 9 Jahre beziffert. Hinzu kommt ein hoher Anteil an stillen Milbenträgern (ca. 50 %), was nahelegt, dass viele Tiere zwar infiziert sind, aber keinen klinischen Ausbruch erleiden. Immunologische Prozesse könnten hierbei eine Schutzwirkung entfalten (Schaschl, 2007). Entscheidend für den Ausbruch scheint also weniger die Infektion selbst zu sein, sondern vielmehr der Gesundheits- und Ernährungszustand des Tieres.

Dieser Zusammenhang wird durch Erkenntnisse zum Mineralstoff- und Vitaminhaushalt gestützt. Besonders Vitamin A ist für Hautgesundheit und Immunabwehr essenziell. Laut Schaschl (2007), die frühere Untersuchungen zitiert, weisen räudekranke Tiere einen bis zu 60 % reduzierten Vitamin-A-Gehalt im Blut auf – bei gleichzeitig erhöhtem Leberwert, was auf Transportstörungen hindeutet. Auch Kupfer- und Zinkwerte steigen im Rahmen der Erkrankung, was auf ein dereguliertes Stoffwechselsystem schließen lässt. Mangelhafte Ernährung, besonders im Winter oder im Geburtszeitraum, könnte daher eine zentrale Rolle beim Ausbruch spielen. Präventive Maßnahmen wie die Bereitstellung mineralstoffreicher Lecksteine könnten in kritischen Phasen unterstützend wirken – ihre tatsächliche Wirksamkeit in freier Wildbahn muss jedoch kritisch hinterfragt werden.

Ein weiterer Faktor, der den Ausbruch beeinflussen könnte, ist die genetische Resilienz. Alpenweit weist das Steinwild eine stark reduzierte genetische Diversität auf, was auf mehrere historische Flaschenhälse infolge der nahezu vollständigen Ausrottung bis ins 19. Jahrhundert sowie anschließender Wiederansiedlungsprogramme zurückzuführen ist (Alemayehu et al., 2012; Grossen et al., 2018). Auch im Nationalpark Hohe Tauern ist diese genetische Verarmung nachweisbar, was die Anpassungsfähigkeit der Population an Umweltveränderungen und Krankheiten wie Räude potenziell einschränkt. Diese genetische Monotonie kann die Fähigkeit, auf Stressoren oder Infektionen flexibel zu reagieren, erheblich einschränken. Im Unterschied dazu zeigt das Gamswild mit seiner breiteren genetischen Basis möglicherweise größere Anpassungsfähigkeit. Daraus ergibt sich auch die Frage, ob ein Ausbruch der Räude beim Steinwild nicht auch mit seiner genetischen Ausstattung korreliert. Die Rolle der Jagd ist in diesem Zusammenhang kritisch zu diskutieren. Während kranke Tiere aus seuchenhygienischer Sicht wahrscheinlich zu entnehmen sind, stellt sich die Frage nach dem optimalen Zeitpunkt. Zu frühe Managementeingriffe – insbesondere bei Tieren mit leichten Symptomen oder potenziellen stillen Milbenträgern – könnten adaptive Potenziale innerhalb der Population ungewollt reduzieren. Es wird vermutet, dass Individuen, die trotz Infektion keine oder nur milde Symptome entwickeln, genetisch bedingte Resistenzen aufweisen (Deutz et al., 2017). Eine Entfernung solcher Tiere könnte langfristig den Genpool schwächen und damit die Widerstandsfähigkeit gegen erneute Ausbrüche mindern.

Turchetto et al. (2020) legen den Fokus auf die Pathologie bei verschiedenen Wild-Caprinae-Arten und betonen, dass insbesondere schwere Hautveränderungen (Krustenbildung, Haarverlust, sekundäre Infektionen) diagnostisch wertvoll sind. Histologische Befunde können bei unklaren Fällen wichtige Hinweise geben und die Einschätzung des Krankheitsstadiums unterstützen.

Diese Erkenntnisse sind insbesondere für die Bewertung von Fallzahlen auf Grundlage von Sichtbeobachtungen und Probenmaterial hilfreich. Damit stellt sich grundsätzlich die Frage, inwieweit Managementmaßnahmen wie Hegeabschüsse tatsächlich zur „Seuchenhygiene“ beitragen – oder ob sie nicht vielmehr einem anthropozentrischen, oft wirtschaftlich geprägten Blick auf Wildtiergesundheit entspringen. Wildtierkrankheiten wie Räude könnten in einem ökologischen Kontext auch als natürlicher Selektionsmechanismus verstanden werden, durch den resilientere Individuen langfristig überleben. Unter dieser Perspektive wäre auch ein gezieltes Zuwarten mit Eingriffen bei zumindest leicht symptomatischen Tieren denkbar, um die spontane Immunisierung einzelner Tiere zuzulassen. Nicht zuletzt bleibt die Überlegung offen, ob ein vollständiger Verzicht auf Eingriffe – im Sinne einer konsequent natürlichen Auslese – nicht in manchen Fällen eine ökologisch legitimere Option darstellen könnte. Diese Überlegung wird auch durch die hohe Anzahl gesund erlegter, jedoch als Milbenträger identifizierter Tiere gestützt. Wenn etwa die Hälfte der Population ohnehin bereits mit der Milbe infiziert ist, stellt sich die Frage, ob gezielte Abschüsse tatsächlich zur Eindämmung beitragen oder ob sie das natürliche Gleichgewicht eher stören.

Ein solcher Balanceakt zwischen Krankheitsmanagement und genetischer Erhaltung muss populationsbiologisch fundiert sein. Auch wenn der Impuls naheliegt, befallene Tiere rasch zu entnehmen, könnte dies die langfristige Populationsgesundheit gefährden – insbesondere dann, wenn potenziell resistente Individuen betroffen sind. Dies gilt auch für mittelgroße bis große Populationen wie das Steinwild in den Hohe Tauern, da selbst in größeren Beständen die genetische Diversität durch frühere Flaschenhälse stark eingeschränkt ist. Wie Biebach & Keller (2009) zeigen, hat die Wiederansiedlungsgeschichte des Alpensteinwilds nicht nur in der Schweiz zu einer deutlichen Reduktion der genetischen Variation in den heutigen Populationen geführt – trotz der ursprünglichen Vermehrung aus einer größeren Anzahl Individuen. Diese genetische Verarmung ist das Ergebnis mehrfacher Flaschenhälse und Gründereffekte, die auch hundert Jahre nach Beginn der Wiederansiedlung noch die genetische Struktur bestimmen. Managementstrategien sollten deshalb langfristig, räumlich abgestimmt und auf mehreren Ebenen (genetisch, physiologisch, ökologisch) ausgerichtet sein. Gressmann et al. (2013) zeigen, dass das Steinwild auf Rückzugsräume mit optimalem Mikroklima angewiesen ist. Gerade in Zeiten starker Umweltbelastung kann der Zugang zu solchen Einstandsgebieten über den Krankheitsverlauf mitentscheiden. Steinwild kann in bestimmten Regionen auch sehr vertraut sein, was oft von der Bejagungspraxis im jeweiligen Gebiet abhängt.

Das Review von Pérez et al. (2021) hebt die Bedeutung frühzeitiger Erkennung und lokal angepasster Managementmaßnahmen hervor, z. B. durch gezielte Populationslenkung und Monitoring. Dies deckt sich mit bisherigen Empfehlungen im Alpenraum. Die Etablierung von räumlichen oder strukturellen Barrieren zur Verhinderung der Ausbreitung – etwa durch natürliche Grenzen wie Flüsse, hohe Gebirgszüge oder anthropogene Maßnahmen wie Wildzäune – wird in der Literatur ebenfalls diskutiert. Für die Hohen Tauern ist dies besonders relevant im Hinblick auf die geografische Trennung zwischen Nord- und Südabdachung: Der Alpenhauptkamm könnte hier eine natürliche Barriere darstellen, die die Ausbreitung der Räude zwischen den Populationen nördlich und südlich des Kamms einschränkt oder verzögert.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen auch Limitationen auf. Zwar erstreckt sich der Beobachtungszeitraum über neun Jahre, doch bleibt die Aussagekraft im Hinblick auf signifikante Zusammenhänge begrenzt. Die Einbindung lokaler, feinräumiger Klimadaten – idealerweise durch eigene Wetterstationen – könnte die Analyse erheblich verbessern. Zudem fehlt es an genetischen Daten, um mögliche Zusammenhänge zwischen Ausbruch und Erbanlagen systematisch zu untersuchen. In diesem Zusammenhang könnten Studien wie die von Biebach et al. (2011) zur

Genetik von Steinwild sowie die Arbeit von Leugger et al. (2022) zur genetischen Struktur des Gamswilds von Interesse sein. Letztere zeigt, dass sich im Bereich der Brennerlinie, wo bislang westlich keine klinischen Räudefälle bei Tieren nachgewiesen wurden, ein genetischer Übergang manifestiert, der auf mögliche genetische Differenzierungen hinweist, die für die Ausbruchshäufigkeit von Räude von Bedeutung sein könnten.

**Für das Wildtiermanagement ergeben sich folgende Implikationen:**

- **Monitoring und Frühwarnsysteme:** Die Erfassung klimatischer Extrema (z. B. Schneehöhen, Temperaturspitzen und Niederschläge) in Kombination mit Gesundheitsdaten könnte helfen, Hochrisikoperioden für Ausbrüche frühzeitig zu identifizieren.
- **Habitatverbesserung:** Der Schutz und die Erweiterung störungsarmer Rückzugsgebiete kann helfen, Umweltstress zu reduzieren und das Immunsystem der Wildtiere zu entlasten.
- **Jagdmanagement:** Jagdliche Eingriffe sollten nicht nur den Gesundheitsstatus, sondern auch die genetischen Auswirkungen berücksichtigen. Eine abgestimmte Entnahme unter Berücksichtigung von Altersstruktur, Geschlechterverhältnis und Sozialverband ist essenziell.
- **Interdisziplinäre Forschung:** Eine Verknüpfung von Wildtierökologie, Genetik, Veterinärmedizin und Klimaforschung ist notwendig, um den Ausbruch der Räude ursächlich zu verstehen und praktikable Maßnahmen im Umgang mit dieser Erkrankung ableiten zu können.

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Auftreten der Räude bei Gams- und Steinwild in den Hohen Tauern nicht monokausal erklärbar ist. Vielmehr handelt es sich um ein dynamisches Zusammenspiel klimatischer Stressoren, physiologischer Konstitution, genetischer Disposition, sozialer Strukturen und anthropogener Einflussfaktoren. Zwar konnten bislang keine statistisch signifikanten Zusammenhänge identifiziert werden, jedoch liefern die Ergebnisse deutliche Hinweise auf multifaktorielle Auslösemechanismen.

Ein interdisziplinäres Langzeitmonitoring erscheint daher als zentraler nächster Schritt, um die komplexen Zusammenhänge besser zu verstehen und die Grundlage für ein integratives, adaptives Wildtiermanagement zu schaffen. Angesichts des prognostizierten Temperaturanstiegs warnen Brivio et al. (2024) vor einer räumlichen Verdrängung kälteliebender Arten wie des Steinwilds in kleinräumige Rückzugsgebiete. Die daraus resultierende Verdichtung kann nicht nur die ökologische Tragfähigkeit überschreiten, sondern auch die soziale Struktur destabilisieren und neue Gesundheitsrisiken fördern.

Zudem weisen Rossi et al. (2019) auf den Kontaktbereich zwischen Wild- und Nutztieren als kritische Schnittstelle für die Übertragung von Krankheitserregern hin. In den Alpen ist der Erregertausch zwischen Hausziegen und wildlebenden Caprinae gut dokumentiert. Auch im Untersuchungsgebiet stellen saisonale Almauftriebe potenzielle Risikozonen dar, die in zukünftige Managementstrategien zwingend einbezogen werden sollten.

## 5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Masterarbeit widmet sich der Untersuchung von Räudeausbrüchen bei Gams- und Steinwild in den Hohen Tauern mit dem Ziel, potenzielle Zusammenhänge zwischen klimatischen Faktoren und dem Auftreten der Krankheit aufzuzeigen. Ergänzend wurden genetische und physiologische Einflussfaktoren im Rahmen einer vergleichenden Literaturrecherche analysiert und eingeordnet. Anlass für die Beschäftigung mit diesem Thema ist die Beobachtung eines gehäuften Auftretens der durch *Sarcoptes scabiei* verursachten Räude in den letzten Jahren, insbesondere im Jahr 2020, sowie der dringende Bedarf an einem besseren Verständnis der zugrunde liegenden Ursachen. Das Zusammenspiel aus Klimawandel, genetischer Verarmung und krankheitsbegünstigenden Umweltbedingungen stellt Wildtierpopulationen zunehmend vor große Herausforderungen. Der Nationalpark Hohe Tauern bietet dabei als größtes Schutzgebiet der Alpen eine ideale Kulisse, um krankheitsökologische Fragestellungen mit populationsbiologischen und klimatologischen Aspekten zu verknüpfen. Das Thema ist von hoher Relevanz für den Naturschutz, das Wildtiermanagement und die Jagdplanung, da die Räude nicht nur individuelle Tiergesundheit betrifft, sondern auch Populationsentwicklungen, Sozialgefüge und Managementstrategien beeinflusst.

Ziel dieser Arbeit war es, das Auftreten von Räude bei Gams- und insbesondere Steinwild über einen Zeitraum von neun Jahren (2015–2023) zu analysieren und mögliche Zusammenhänge mit klimatischen Extremereignissen, jahreszeitlichen Schwankungen und physiologischen Stressoren herzustellen. Zudem wurde die Rolle sogenannter „stiller Milbenträger“ untersucht – also Tiere, die eine Infektion mit der RäuDEMilbe über einen längeren Zeitraum tragen, ohne selbst schwere Symptome zu entwickeln, und so möglicherweise zur Persistenz des Erregers in der Population beitragen. Dabei stand besonders das Steinwild im Fokus, da es durch die genetischen Engpässe seiner Wiederansiedlungsgeschichte und die geringe genetische Diversität als anfälliger gegenüber Krankheiten und Umweltveränderungen gilt.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden verschiedene methodische Zugänge gewählt. Die Grundlage bildete eine umfassende Datenerhebung zu RäuDEFällen (n = 939) aus den Bundesländern Tirol, Salzburg und Kärnten, ergänzt um meteorologische Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), insbesondere zu Schneehöhe, Temperatur und Niederschlag. Die Auswertung umfasste sowohl deskriptiv-statistische Analysen zur Verteilung der Fälle als auch die Berechnung von Korrelationen zwischen meteorologischen und krankheitsepidemiologischen Parametern. Ein regionaler Vergleich zwischen Nord- und Südabdachung sowie eine Aufschlüsselung nach Gebirgsstöcken diente dazu, räumliche Unterschiede sichtbar zu machen. Darüber hinaus wurde der aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisstand in einer ausführlichen Literaturrecherche zu klimabedingtem Stress, genetischer Resilienz und Krankheitsökologie bei Wildtieren zusammengetragen.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass das Auftreten von Räude nicht durch einen einzelnen Auslöser erklärt werden kann. Vielmehr ist es das Zusammenwirken zahlreicher Faktoren, das die Krankheitsdynamik beeinflusst. Während keine signifikanten Korrelationen zwischen Wetterparametern und RäuDEFällen gefunden wurden, traten auffällige Häufungen der Fallzahlen

in Jahren mit höheren Schneehöhen auf – insbesondere 2020. Solche klimatischen Extremereignisse können durch verlängerte Schneebedeckung zu Energieverlust, erhöhter Stressbelastung und eingeschränkter Nahrungssuche führen, was die Immunkompetenz der Tiere reduziert. Die Untersuchung der Milbenproben zeigte, dass insbesondere der Lauscherbereich ein Hotspot für den Nachweis von Milben darstellt, obwohl äußerlich keine schweren Symptome erkennbar waren. Dies stützt die Hypothese, dass solche Träger eine bedeutende Rolle für das Überdauern und Weiterverbreiten der Krankheit innerhalb der Population spielen können.

Die hohe Anfälligkeit des Steinwildes könnte durch eine genetische Verarmung bedingt sein, die eine eingeschränkte Immunantwort auf Parasiten zur Folge haben kann – ein Zusammenhang, der bislang jedoch nicht speziell für die Räude untersucht wurde. Diese genetischen Engpässe sind Folge der stark reduzierten Ausgangspopulationen zu Beginn des 20. Jahrhunderts und stellen ein wesentliches Risiko für die Resilienz gegenüber Krankheiten dar. Die Erkenntnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass Managementmaßnahmen bei Steinwild nicht nur auf Populationszahlen und Jagdquoten fokussieren sollten, sondern auch Aspekte wie genetische Vielfalt, Altersstrukturen, Habitatqualität und Stressreduktion stärker berücksichtigen müssen.

Insgesamt unterstreicht die Arbeit die Bedeutung eines integrativen Wildtiermanagements, das ökologische, gesundheitliche und genetische Dimensionen gemeinsam betrachtet. Ein solches Management muss sich flexibel an veränderte Umweltbedingungen anpassen können, um die langfristige Stabilität von Wildtierpopulationen in einem sich rasch wandelnden Klima zu gewährleisten. Neben der kontinuierlichen Gesundheitsüberwachung braucht es auch gezielte Forschung zu feinstrukturierten Klimadaten, zur Populationsgenetik sowie zur Pathogenpersistenz in Wildtiergesellschaften. Die Arbeit liefert nicht nur neue Erkenntnisse zur Epidemiologie der Räude im Hochgebirge, sondern zeigt auch auf, welche wissenschaftlichen und praktischen Lücken für ein zukunftsfähiges Monitoring und Management noch geschlossen werden müssen.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels, der zu häufigeren und intensiveren Extremwetterereignissen führt, wird es künftig unerlässlich sein, krankheitsanfällige Arten wie das Steinwild vorausschauend zu begleiten. Dies schließt die Etablierung langfristiger Gesundheitsdatenbanken, genetischer Screening-Programme und ökologischer Frühwarnsysteme ebenso ein wie die Sensibilisierung für interdisziplinäre Managementansätze. Nur durch ein umfassendes Verständnis der komplexen Wirkgefüge zwischen Umwelt, Krankheit und Tiergesundheit kann gewährleistet werden, dass hochspezialisierte Arten wie das Steinwild dauerhaft im Ökosystem Alpen erhalten bleiben.

## 6. Literaturnachweis

Acevedo-Whitehouse, K. & Cunningham, A.A., 2006. *Is MHC enough for understanding wildlife immunogenetics?* Trends in Ecology & Evolution, 21(8), pp.433–438. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.010>

Alasaad, S., Oleaga, A., Casais, R., Rossi, L., Molinar Min, A. & Soriguer, R.C. et al., 2011. Temporal stability in the genetic structure of *Sarcoptes scabiei* under the host-taxon law: empirical evidences from wildlife-derived *Sarcoptes* mite in Asturias, Spain. *Parasites & Vectors*, 4(151). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-151>

Alemayehu, G., Fickel, J., Thalmann, A., Geburek, T. & Deutz, A., 2012. Genetic variability of Alpine ibex (*Capra ibex*) in the Austrian Alps. *Conservation Genetics*, 13(5), pp.1241–1246.

Astorga F, Carver S, Almberg ES, Sousa GR, Wingfield K, Niederinghaus KD et al. International meeting on sarcoptic mange in wildlife, June 2018, Blacksburg, Virginia, USA. *Parasit Vectors* 2018; 11(1):449. doi: 10.1186/s13071-018-3015-1.

Aublet, J.F., Festa-Bianchet, M., Bergero, D. & Bassano, B., 2009. Temperature constraints on foraging behaviour of male Alpine ibex (*Capra ibex*) in summer. *Oecologia*, 159(1), pp.237–247.

Biebach I, Keller L. A strong genetic footprint of the re-introduction history of Alpine ibex (*Capra ibex*). *Mol Ecol* 2009; (18):5046–58. doi: 10.1111/j.1365-294X.2009.04420.x.

Biebach, I. & Keller, L.F., 2011. Genetische Spuren der Wiederansiedlung des Alpensteinbocks. *Wildtier Schweiz Shop*. Verfügbar unter: <https://shop.wildtier.ch/de/products?product=224> [Zugriff am: 06.01.2025].

Biebach, I., Keller, L.F., 2010. Inbreeding in reintroduced populations: the effects of early reintroduction history and contemporary processes. *Conservation Genetics*, 11, pp.527–538. <https://doi.org/10.1007/s10592-009-0019-6>

Bozzuto, C., Biebach, I., Muff, S., Ives, A.R. & Keller, L.F., 2019. Inbreeding reduces long-term growth of Alpine ibex populations. *Nature Ecology & Evolution*, 3, pp.1359–1364. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0968-1>

Bornstein, S., Mörner, T. & Samuel, W.M., 2001. Sarcoptic mange in wild animals. *Journal of Wildlife Diseases*, 37(4), pp.712–723.

Bragin, L. & Spiegel, S., 2020. *Das Alpenbuch*. 1st ed. Hamburg: Marmota Maps.

Brambilla A, Keller L, Bassano B, Grossen C. Heterozygosity-fitness correlation at the major histocompatibility complex despite low variation in Alpine ibex (*Capra ibex*). *Evol Appl* 2018; 11(5):631–44. doi: 10.1111/eva.12575

Breitenmoser-Würsten, C., Robin, K., Landry, J.M., Gloor, S., Olsson, P. & Breitenmoser, U., 2001. Die Geschichte von Fuchs, Luchs, Bartgeier, Wolf und Braunbär in der Schweiz – ein kurzer Überblick. *Forest Snow and Landscape Research*, 76(1–2), pp.9–21.

Brivio, F., Zurmühl, M., Grignolio, S., von Hardenberg, J., Apollonio, M. & Ciuti, S., 2019. Forecasting the response to global warming in a heat-sensitive species. *Scientific Reports*, 9, 3048. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39450-5>

- Brivio, F., Apollonio, M., Anderwald, P., Filli, F., Bassano, B., Bertolucci, C. & Grignolio, S., 2024. Seeking temporal refugia to heat stress: increasing nocturnal activity despite predation risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 291(20231587). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.1587>
- Brugger, H., Formayer, H., Lexer, M.J., Seidl, R. & Vacik, H., 2013. Klimawandel und Schneeeverhältnisse in den Alpen – Auswirkungen auf Naturraum und Gesellschaft. In: BMLFUW (Hrsg.), *Klimawandel-Anpassung in Österreich*, 2. Aufl. Wien: BMLFUW, pp.32–41.
- Deutz, A., Gressmann, G., Holzer, A. & Gassner, M., 2017. Räude beim Steinwild – eine neue Bedrohung? In: Österreichischer Alpenverein (Hrsg.), *Jahrbuch 2017*. Innsbruck: Tyrolia Verlag, pp.84–91.
- Deutz, A. & Greßmann, G., 2001. *Gams- & Steinwild: Biologie – Krankheiten – Jagdpraxis*. Graz, Stuttgart: Leopold Stocker Verlag.
- Espinosa J, Ráez-Bravo A, López-Olvera JR, Pérez JM, Lavin S, Tvarijonaviciute A. Histopathology, microbiology and the inflammatory process associated with *Sarcoptes scabiei* infection in the Iberian ibex, *Capra pyrenaica*. *Parasit Vectors* 2017; (10):596–606. doi: 10.1186/s13071-017-2542-5.
- Espinosa J, Pérez JM, Ráez-Bravo A, Fandos P, Cano-Manuel FJ, Soriguer RC et al. Recommendations for the management of sarcoptic mange in free-ranging Iberian ibex populations. *Anim Biodivers Conserv* 2020:137–49. doi: 10.32800/abc.2020.43.0137.
- Fernández-Morán, J., Gómez, S., Ballesteros, F., Quirós, 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. *Veterinary Parasitology*, 73(1–2), pp.163–171. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(97\)00061-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(97)00061-7)
- Gonzalez-Candela M, Leon Vizcaino L, Cubero-Pablo MJ. Population effects of sarcoptic mange in Barbary sheep (*Ammotragus lervia*) from Sierra Espuna Regional Park, Spain. *J Wildl Dis.* (2004) 40:456–65. doi: 10.7589/0090-3558-40.3.456
- Gressmann, G., Duscher, A., Eisank, K., Lainer, F. & Reimoser, F., 2013. *Der Alpensteinbock – Raumnutzung des Alpensteinbocks in den Hohen Tauern*. Matri in Osttirol: Nationalparkrat Hohe Tauern.
- Gressmann, G., 2020. Steinwild in den Hohen Tauern. In: Nationalparkfonds Hohe Tauern – Kärnten und Steinwildhegegemeinschaft Großglockner (Hg.), *Wild und Ökologie – Jagd in Tirol*. Salzburg: Verlag Anton Pustet, pp.101–108.
- Groves, C. & Grubb, P., 2011. *Ungulate Taxonomy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Hargis AM, Myers S. The integument. In: Zacary JF, editor. *Pathologic Basis of Veterinary Disease*. St. Louis: Elsevier. (2017). p.1040–2.
- Haas C, Rossi S, Meier R, Ryser-Degiorgis M-P. Evaluation of a Commercial ELISA for the Detection of Antibodies to *Sarcoptes scabiei* in Wild Boar (*Sus scrofa*). *J Wildl Dis* 2015:729-733. doi: 10.7589/2014-09-222R.
- Hoste, A., 2021. Assessing Climate Associated Genetic Variation in the Northern Chamois (*Rupicapra rupicapra*) across the Alps.

Iacopelli, F., Fanelli, A., Tizzani, P., Berriatua, E., Prieto, P., Martínez-Carrasco, C., León, L., Rossi, L. & Candela, M.G., 2020. Spatio-temporal patterns of sarcoptic mange in red deer and Iberian ibex in a multi-host natural park. *Research in Veterinary Science*, 128, pp.224–229.

IPCC, 2023. *Climate Change 2023: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Janovsky, M., Messner, T., Agreiter, A., Just, M., 2018. Aktueller Stand der Gamsräude in Tirol. *Wild und Ökologie – Jagd in Tirol* 13 – 17.

Keller, L.F. & Waller, D.M., 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(5), pp.230–241. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02489-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02489-8)

Leugger, F. et al., 2022. Dispersal and habitat dynamics shape the genetic structure of the Northern chamois in the Alps. *Journal of Biogeography*, 49(4), pp.751–764. <https://doi.org/10.1111/jbi.14363>

Mason, T.H.E., Brivio, F., Stephens, P.A., Apollonio, M. & Grignolio, S., 2017. The behavioral trade-off between thermoregulation and foraging in a heat-sensitive species. *Behavioral Ecology*, 28(4), pp.908–918.

Meier, R.K., Ryser-Degiorgis, M.P., 2018. Wild boar and infectious diseases evaluation of the current risk to human and animal health in Switzerland. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 443 – 460.

Menzano A, Rambozzi L, Molinar AR, Meneguz PG, Rossi L. Description and epidemiological implications of *S. scabiei* infection in roe deer originating from chamois (*Rupicapra rupicapra*). *Eur J Wildl Res* 2008;1–5. doi: 10.1007/s10344-008-0195-6.

Moroni, B. et al., 2021. Sarcoptic mange in wild ruminants in Spain: solving the epidemiological enigma using microsatellite markers. *Parasites & Vectors*, 14, 171. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04667-5>

Nationalpark Hohe Tauern, o.J. Willkommen im Nationalpark Hohe Tauern. Verfügbar unter: <https://hohetauern.at/de/> [Zugriff am: 06.01.2025].

Niederinghaus KD, Brown J, Sweeley K, Yabsley M. A review of sarcoptic mange in North American wildlife. *Int J Parasitol Parasites Wildl* 2019; 9:285–97. doi: 10.1016/j.ijppaw.2019.06.003.

NIEVERGELT, B. (1965): *Der Alpensteinbock in seinem Lebensraum*. Diss., Univ. Zürich

Ophoven, E., 2021. *Kosmos - Wildtierkunde*. Stuttgart: Franckh-Kosmos-Verlag-GmbH & Co. KG. ISBN 978-3-440-16908-7.

Pence DB, Veckermann E. Sarcoptic mange in wildlife. *Rev sci tech Off Int Epiz* 2002:385–98.

Pérez, J.M., Granados, J.E., Espinosa, J., Ráez-Bravo, A., López-Olvera, J.R., Rossi, L., Meneguz, P.G., Angelone, S., Fandos, P. & Soriguer, R.C., 2021. Biology and management of sarcoptic mange in wild Caprinae populations. *Mammal Review*, 51(1), pp.82–94.

Rahman MM, Lecchi C, Fraquelli C, Sartorelli P, Cecilian F. Acute phase protein response in Alpine ibex with sarcoptic mange. *Vet Parasitol* 2010; 168(3-4):293–8. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.12.001.

Rasero R, Rossi L, Soglia D, Maione S, Sacchi P, Rambozzi L et al. Host taxon-derived Sarcoptes mite in European wild animals revealed by microsatellite markers. *Biol Conserv* 2010; 143(5):1269–77. doi: 10.1016/j.biocon.2010.03.001.

- Reimoser, F. & Reimoser, S., 2010. Ungulates and their management in Austria. In: Apollonio, M., Andersen, R. & Putman, R. (Eds.), *European Ungulates and Their Management in the 21st Century*. Cambridge University Press, pp.1–15.
- Rossi, L., Meneguz, P.G., de Martin, P. & Rodolfi, M., 1995. The epizootiology of sarcoptic mange in chamois, *Rupicapra rupicapra* from the Italian eastern Alps. *Parassitologia*, 37, pp.233–240.
- Rossi, L. et al., 2007. Descriptive epidemiology of a scabies epidemic in chamois in the Dolomite Alps. *European Journal of Wildlife Research*, 53(2), pp.131–141. <https://doi.org/10.1007/s10344-006-0067-x>
- Rossi L, Tizzani P, Meneguz PG, 2014. Diseases of Rupicapra spp. at the interface with livestock and other ungulates.
- Rossi, L., Tizzani, P., Rambozzi, L., Moroni, B. & Meneguz, P.G., 2019. Sanitary emergencies at the wild/domestic caprines interface in Europe. *Animals*, 9(11), p.922.
- Schaschl, E., 2007. *Gamsräude*. Wien: Österreichischer Jagd- und Fischerei-Verlag.
- Semenzato P, Cagnacci F, Eccel E, Ossi F, Hewison M, Morellet N et al. Behavioral heat-stress compensation in a cold-adapted ungulate: forage-mediated responses to warming Alpine summers. *Ecol Lett* 2020:1556–68 [Stand: 23.05.2025]. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/ele.13750?download=true>.
- Semenzato, A., Crestanello, B., Basso, M. & Bertorelle, G., 2021. Environmental and physiological stress in Alpine ibex: stress responses to temperature rise. *Ecological Indicators*, 124, 107421.
- Signer, C., Ruf, T., Schober, F., Fluch, G., Paumann, T. & Arnold, W., 2010. A versatile telemetry system for continuous measurement of heart rate, body temperature and locomotor activity in free-ranging ruminants. *Functional Ecology*, 24(4), pp.830–840.
- Signer, C., 2013. Winterstrategien des Alpensteinwildes: Eine physiologisch-ökologische Betrachtung. In: Schröder, C. (Hrsg.), *Wildbiologie im Gebirge*. München: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, pp.89–103.
- Storch, I., 2017. Veränderung der Wildtierfauna in Mitteleuropa: was unterscheidet Gewinner und Verlierer. In: Deigele, C. (Ed.), *Tierwelt im Wandel: Wanderung, Zuwanderung, Rückwanderung: Rundgespräche 4. April 2017 in München*, vol. 46. Dr. Friedrich Pfeil, München, pp. 29-42.
- Stüber, E. & Winding, E., 2007. *Die Tierwelt der Hohen Tauern (Wirbeltiere)*. 4. aktualisierte Auflage. Hrsg. vom Sekretariat des Nationalparkrates Hohe Tauern, Kirchplatz 2, 9971 Matri in Osttirol. Innsbruck – Wien: Tyrolia-Verlag. ISBN 978-3-7022-2875-0.
- TEN HOUTE DE LANGE, S. M. (1978): Zur Futterwahl des Alpensteinbockes (*Capra ibex ibex* L. 1758). *Z. Jagdwiss.* 24, 113–138.
- Turchetto, S., Obber, F., Rossi, L., D'Amelio, S., Cavallero, S., Poli, A., Parisi, F., Lanfranchi, P., Ferrari, N., Dellamaria, D. & Citterio, C.V., 2020. Sarcoptic mange in wild Caprinae of the Alps: Could pathology help in filling the gaps in knowledge? *Frontiers in Veterinary Science*, 7, p.193. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00193>
- Unterkofler, M.S., Schausberger, M., Deutz, A., Gressmann, G., Küber-Heiss, A., Ferroglio, E. & Joachim, A., 2023. Sarcoptic mange in wild ungulates in the European Alps – A systematic review. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 22, pp.1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2023.06.004>

Valdeperes M, Granados JE, Pérez JM, Castro I, Ráez-Bravo A, Fandos P et al. How sensitive and specific is the visual diagnosis of sarcoptic mange in free-ranging Iberian ibexes? *Parasit Vectors* 2019; (12): 405. doi: 10.1186/s13071-019-3665-7.

Wilson, D.E. & Mittermeier, R.A. (eds.), 2011. *Handbook of the Mammals of the World. Volume 2: Hoofed Mammals*. Barcelona: Lynx Edicions.

Wobeser, G., 2002. Disease management strategies for wildlife. *Revue Scientifique et Technique*, 21(1), pp.159–178.

Zechner, A. (2016): *Steinbock, Mensch und Klima – Das Ende der letzten autochthonen Steinwildpopulation der Ostalpen im Zillertal im 17. und 18. Jahrhundert*. Dissertation, Universität Salzburg.

ZECHNER, A.; DEUTZ, A.; GRESSMANN, G. (2014): Der Steinbock und seine Ausrottung in den Ostalpen. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung* 38, 447–458.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) (o. J.) *Klimadaten Österreich*. Verfügbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima> (Zugriff: 21. Mai 2025).