

Welche Auswirkungen haben Erholungsaktivitäten auf Verhalten, Physiologie und Demografie von Wildtieren?

Ergebnisse einer vergleichenden Literaturstudie

Von Anne Peters, Ramona Ruess und Marco Heurich

Eingereicht am 15. 06. 2022, angenommen am 25. 11. 2022

Abstracts

Freizeitaktivitäten wie Wandern und Radfahren erfreuen sich wachsender Beliebtheit, was sich in steigenden Besucherzahlen vor allem in Schutzgebieten widerspiegelt. Diese Literaturstudie zeigt, dass Erholungsaktivitäten nachteilige Effekte auf Verhalten, Physiologie und Demografie von Wildtieren haben. Große Raubtiere, Mesoprädatoren und Huftiere reagieren unter anderem mit erhöhter Wachsamkeit und Fluchtverhalten auf Erholungsnutzung. Zudem werden Ruhezeiten der Tiere reduziert, ihre Nahrungssuche gestört und ihr Stressniveau erhöht. Langfristig kann Erholungsnutzung zu einer Verschiebung der zeitlichen und räumlichen Aktivität von Wildtieren sowie einer Verminderung ihres Fortpflanzungserfolges führen. Aufgrund von Wechselwirkungen verschiedener Umweltvariablen und individueller Faktoren können die Reaktionen der Wildtiere unterschiedlich stark ausfallen. Um Auswirkungen von Erholungsnutzung auf Wildtiere zu vermindern, sollte im Rahmen von Managementmaßnahmen die räumliche und zeitliche Trennung von Erholungssuchenden und Wildtieren durch Regelungen, wie etwa ein Wegegebot und räumliche und/oder zeitliche Betretungsverbote, sowie durch gezielte Lenkung von Besucherströmen und gegebenenfalls eine Reduzierung des bestehenden Wegenetzes gefördert werden. Eine Sensibilisierung der Besucher hinsichtlich der Effekte ihrer Aktivitäten auf Wildtiere kann ebenfalls dazu beitragen, die Einhaltung von Regeln zu fördern und somit negative Auswirkungen zu verringern.

The effects of outdoor recreation on wildlife – Results of a comparative literature review

Outdoor activities such as hiking and cycling are growing in popularity, which is also reflected by increasing visitor numbers in protected areas. However, this literature review documents adverse effects of recreational use on wildlife behaviour, physiology, and demography. Large carnivores, mesopredators, and ungulates react, for instance, with increased vigilance and flight behaviour to recreational activities. Outdoor recreation can also have negative effects on resting times, foraging behaviour, stress levels, reproductive success, and can lead to an alteration of wildlife's spatio-temporal behaviour and activity. Due to interactions of different environmental variables and individual factors, the different behavioural reactions can be displayed to varying degrees. In order to mitigate the effects of recreational activities on wildlife, management plans should promote the spatial and temporal separation of recreationists and wildlife through regulations, e.g. restricting recreational use to trails and restricting access to certain areas spatially and/or temporally, and through the management of visitor movements or even the reduction of already existing infrastructure. Raising visitor awareness regarding the effects of their activities could also help to promote compliance and thereby reduce the adverse impacts of recreational use on wildlife.

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten konnte im Bereich der Erholungsnutzung ein regelrechter Boom beobachtet werden. Auch in Schutzgebieten sind die Besucherzahlen angestiegen, mit weltweit circa acht Milliarden Besuchern jährlich (Balmford et al. 2009, 2015, Mayer & Woltering 2017). Der Großteil der Erholungsnutzung in Schutzgebieten findet mit einem Anteil von circa 85 % in Europa und Nordamerika statt, gefolgt von Asien und Australien (12 %), Südamerika (2 %) und Afrika (1 %) (Balmford et al. 2015). Da von der höheren Anzahl an Touristen, die durch Schutzgebiete angezogen werden, häufig auch die lokale Ökonomie profitiert, stellt Erholungsnutzung in diesen Regionen einen wichtigen ökonomischen Faktor dar (Eagles 2003, Job et al. 2016). Somit fördern steigende Tourismuszahlen mit ihren positiven regionalökonomischen Effekten das Ansehen und die Akzeptanz von Schutzgebieten (Eagles 2003). Zudem sind Schutzgebiete mitunter die wichtigsten Orte, an denen Menschen direkt mit der Natur interagieren, was sich nachweislich positiv auf das physische und psychische Wohlbefinden auswirkt (Frumkin 2001, Thomson et al. 2018). Trotz der positiven Aspekte für Wirtschaft und menschliches Wohlbefinden müssen die steigenden Besucherzahlen in Schutzgebieten aus dem Blickwinkel des Natur- und Artenschutzes kritisch betrachtet werden.

Insbesondere während der letzten zwei Jahrzehnte erschienen zunehmend wissenschaftliche Veröffentlichungen (Sumanapala & Wolf 2019), die vorrangig negative Auswirkungen von Erholungsnutzung auf Wildtierverhalten und -physiologie aufzeigen, mit dem Potenzial auch Ökosystemprozesse nachteilig zu beeinflussen (Larson et al. 2016, Marion 2016, Wilson et al. 2020). Obwohl viele dieser Forschungsergebnisse auch außerhalb von Schutzgebieten gelten, werden insbesondere diese durch steigende Besucherzahlen vor Herausforderungen gestellt, da sie im Vergleich zu anderen Regionen seltene Ökosysteme sowie Tier- und Pflanzenarten aufweisen, die es zu bewahren gilt. Die zunehmende Anzahl an Besuchern in Schutzgebieten bedeutet eine Verdichtung der Besucherzahlen in bereits stark frequentierten Bereichen und eine Zunahme der Besucher-

zahlen in bereits stark frequentierten Bereichen und eine Zunahme der Besucher-

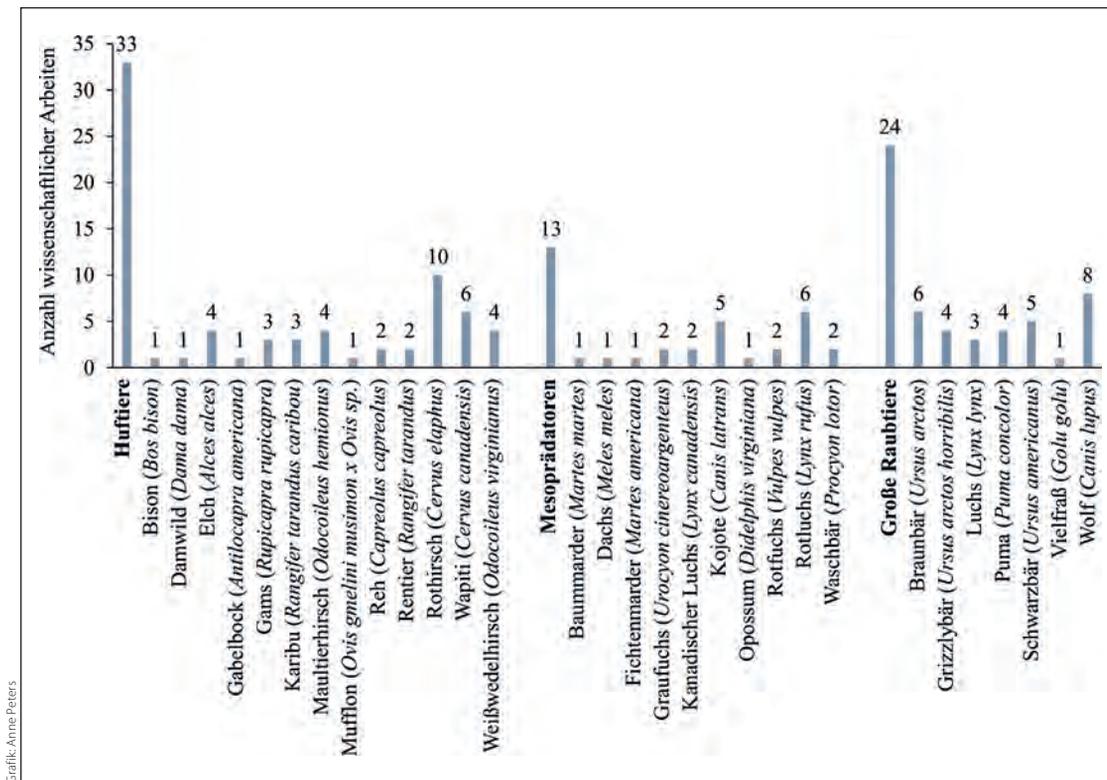


Abb. 1: Anzahl an Artikeln je Artengruppe und Art. Da sich einige Studien mit mehreren Arten beschäftigt haben (etwa mit Wölfen und Wapitis oder mit Rehen und Rothirschen), ist die Summe der Artikel für einzelne Arten größer als die Anzahl der Artikel pro Artengruppe.

dichte in zuvor weniger intensiv genutzten Gebieten. Eine solche Entwicklung erhöht den Druck auf Wildtiere und Ökosysteme, wodurch das Einhalten und Erfüllen von Naturschutzziele in Schutzgebieten erschwert wird (Marion 2016, Tablado & Jenni 2017, Wilson et al. 2020). Besonders während der COVID-19-Pandemie kam es zu zusätzlich steigenden Besucherzahlen in Schutzgebieten, was mit Regelverstößen und einer stärkeren Nutzung von sonst ungestörten Bereichen einherging (McGinlay et al. 2020, Rutz et al. 2020).

Das sich daraus ergebende Spannungsfeld zwischen Naturschutz und gleichzeitiger Öffnung für das Naturerleben durch Besucher (siehe BayVerf Art. 141 (3)) wird Manager von Schutzgebieten in den nächsten Jahren vor große Herausforderungen stellen (Dupke et al. 2019). Häufig müssen Schutzgebietsmanager verschiedenen Interessengruppen gerecht werden, die an der Gestaltung von Zielsetzungen im Schutzgebiet beteiligt sind. Regionale Akteure zielen oft auf eine weitere Erhöhung der Besucherzahlen ab, um die Tourismuswirtschaft und die regionale Entwicklung zu fördern. Dadurch werden Schutzgebietsmanager in die schwierige Lage gebracht, die steigenden Besucherströme so zu steuern, dass die Naturschutzziele (siehe BNatSchG § 1) eingehalten und der Erhalt von Schutzgütern gewährleistet werden können. Um eine Verschiebung der Prioritä-

ten weg von Naturschutzziele hin zu regionalökonomischen oder politischen Interessen zu vermeiden, ist es daher von großer Bedeutung, dass Schutzgebietsmanager mit den aktuellen Erkenntnissen der Forschung vertraut sind. Auf diese Weise wird eine evidenzbasierte Argumentation in den Verhandlungen zum Besuchermanagement ermöglicht, um ein naturschutzorientiertes Besucher- und Wildtiermanagement umzusetzen.

Ziel dieses Artikels ist es daher, den aktuellen Wissensstand hinsichtlich der Auswirkungen von Erholungsaktivitäten auf Wildtiere zusammenzufassen, Ergebnisse zu diskutieren, Forschungslücken aufzuzeigen und Schlussfolgerungen für das Schutzgebietsmanagement zu ziehen.

2 Methoden

Die unter Webcode [NuL2231](#) abrufbaren Schlagwörter wurden verwendet, um am 08.09.2021 im „Web of Science“ in allen Kollektionen anhand von Titel und Thema nach passender Literatur zu suchen, die ab dem 01.01.2000 erschienen ist. Suchwörter wurden so gewählt, dass die Suchergebnisse auf Studien beschränkt wurden, i) die sich mit mittelgroßen bis großen Säugetieren befassen, ii) die aus der gemäßigten Zone und borealen Zone, etwa Skandinavien, stammen und iii) die Effekte nicht-letaler, nicht-motorisierter Erholungsaktivitäten aufzeigen.

Insgesamt ergab die Suche 211 Ergebnisse, von denen zunächst Titel und Zusammenfassungen überprüft wurden, um unpassende Artikel auszuschließen, die sich zum Beispiel auf ausschließlich touristische oder ausschließlich wildtierökologische Fragestellungen beziehen. Von den verbleibenden 32 Studien wurden nach einer Überprüfung des Volltexts 20 Studien in dieser Arbeit verwendet.

Zusätzlich wurden in Google Scholar die unter Webcode [NuL2231](#) abrufbaren Suchwörter in verschiedenen Kombinationen miteinander verwendet, um weitere passende Forschungsarbeiten zu finden. Auswahlkriterien für passende Studien waren wie zuvor beschrieben.

In einem weiteren Schritt wurden die zitierten Studien aus der gefundenen Literatur auf mögliche weitere Quellen untersucht. Insgesamt wurden 60 Forschungsarbeiten in diese Literaturübersicht miteinbezogen, die Auswirkungen von Erholungsaktivitäten auf 30 verschiedene Arten untersucht haben (Abb. 1).

3 Theoretische Grundlagen

Sowohl auf Verhaltens- als auch hinsichtlich physiologischer Prozesse zeigen Wildtiere aufgrund von Störungen durch Erholungsaktivitäten Reaktionen, die dem Feindvermeidungsverhalten gegenüber

Raubtieren entsprechen (Abb. 2, Frid & Dill 2002, Larson et al. 2016, Tablado & Jenni 2017). Wenn auch Erholungsnutzung keine letale Bedrohung darstellt, haben Wildtiere generell gegenüber störenden Stimuli wie lauten Geräuschen oder sich rasch annähernden Objekten Feindvermeidungsstrategien entwickelt, um potenziell gefährlichen oder letalen Situationen auszuweichen und ihre Überlebenschancen zu erhöhen (Frid & Dill 2002). Feindvermeidungsverhalten stellt also viel mehr eine Reaktion auf ein potenzielles Risiko dar als eine Reaktion auf das tatsächlich vorhandene Risiko und tritt somit ungeachtet dessen auf, ob der Stimulus lebensbedrohlich ist oder nicht (Frid & Dill 2002). Wildtiere können häufig nicht korrekt einschätzen, welche Gefahr tatsächlich von einem Störreiz für sie ausgeht, da es für sie zum Beispiel schwierig ist, einen für sie gefährlichen Menschen (etwa Jäger) von einem harmlosen Menschen (etwa Wanderer) zu unterscheiden. Zudem stellen menschliche Jäger für einige Arten bereits über einen evolutionär bedeutsamen Zeitraum ein letales Risiko dar, wodurch Wildtiere Feindvermeidungsstrategien Menschen gegenüber entwickelt haben (Frid & Dill 2002). Um ihre Überlebenschancen zu maximieren, überschätzen Wildtiere daher den Risikofaktor Mensch (Frid & Dill 2002) und zeigen auch gegenüber Erholungssuchenden Feindvermeidungsverhalten. Dieses Verhalten umfasst unter anderem ein verstärktes Fluchtverhalten (Wam et al. 2014, Westekemper et al. 2018), eine veränderte Nahrungsaufnahme (Belotti et al. 2018, Duchesne et al. 2000), erhöhte Stresslevel (Barja et al. 2007, Zwijacz-Kozica et al. 2013) sowie ein zeitliches und räumliches Ausweichen vor der Störung (Gaynor et al. 2018, Heinemeyer et al. 2019, Ordiz et al. 2019).

Erholungsnutzung trägt somit zur Ausbildung einer Risikolandschaft bei. Diese beschreibt die räumliche und zeitliche Variation des von Wildtieren wahrgenommenen Risikos, das heißt, an welchen Orten und zu welchen Zeiten Wildtiere mit einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Störung rechnen (Gaynor et al. 2019, Lima & Bednekoff 1999). Wildtiere meiden beispielsweise Wege, da sie diese mit der Präsenz von Menschen assoziieren (Miller et al. 2020, Muhly et al. 2011, Rogala et al. 2011). Voraussetzung für das Entstehen einer Risikolandschaft und daraus resultierenden Verhaltensänderungen ist, dass Tiere das Risiko zunächst wahrnehmen (Gaynor et al. 2019, Tablado & Jenni 2017). Ein vorhersehbares Risiko in bestimm-

ten Gebieten führt dazu, dass Wildtiere lernen, dem Risiko auszuweichen, indem sie die für sie risikoreichen Gebiete nicht mehr aufsuchen (Creel et al. 2005, Gaynor et al. 2019). Ist das wahrgenommene Risiko im gesamten Gebiet räumlich und zeitlich permanent vorhanden, etwa wenn Erholungsnutzung tagsüber konstant über ein Gebiet verteilt stattfindet, bleiben Wildtiere dauerhaft in einer Art Alarmzustand und zeigen ein flächendeckendes, aber dafür abgeschwächtes Feindvermeidungsverhalten (Gaynor et al. 2019, Lima & Bednekoff 1999). Denn Wildtiere müssen die Zeit, die sie in Feindvermeidungsverhalten investieren, gegen die Zeit abwägen, die sie mit anderen essenziellen Verhaltensweisen wie etwa Nahrungsaufnahme verbringen (Lima & Bednekoff 1999). Somit werden Wildtiere paradoxerweise in Gebieten mit anhaltenden, vorhersehbaren Störungen ein weniger deutlich ausgeprägtes Feindvermeidungsverhalten zeigen als in Gebieten, in denen Störungen räumlich und zeitlich variieren (Lima & Bednekoff 1999). Beispiels-

weise lernen Wildtiere, dass Erholungsnutzung überwiegend tagsüber stattfindet, und meiden demzufolge tagsüber Gebiete in der Nähe von Wegen, aber nicht nachts (Gaynor et al. 2018, Lesmerises et al. 2017, Westekemper et al. 2018). Variiert das Risiko hingegen zeitlich auf unvorhersehbare Weise, etwa wenn Erholungsnutzung gelegentlich auch spätabends nach Sonnenuntergang oder frühmorgens vor Sonnenaufgang stattfindet, wird diese zeitlich kaum vorhersehbare, plötzlich auftretende und somit schwer einschätzbare Störung potenziell als größeres Risiko wahrgenommen, woraus sich eine deutlichere Reaktion ergibt (Cromsigt et al. 2013, Gaynor et al. 2019, Lima & Bednekoff 1999).

Das von Wildtieren wahrgenommene Risiko spiegelt sich allerdings nicht immer in der Stärke der gezeigten Reaktion wider, da die Reaktion von Wildtieren auf einen Stimulus ein komplexer Prozess ist, an dem viele verschiedene Faktoren beteiligt sind (Gaynor et al. 2019, Tablado & Jenni 2017). Reaktionen

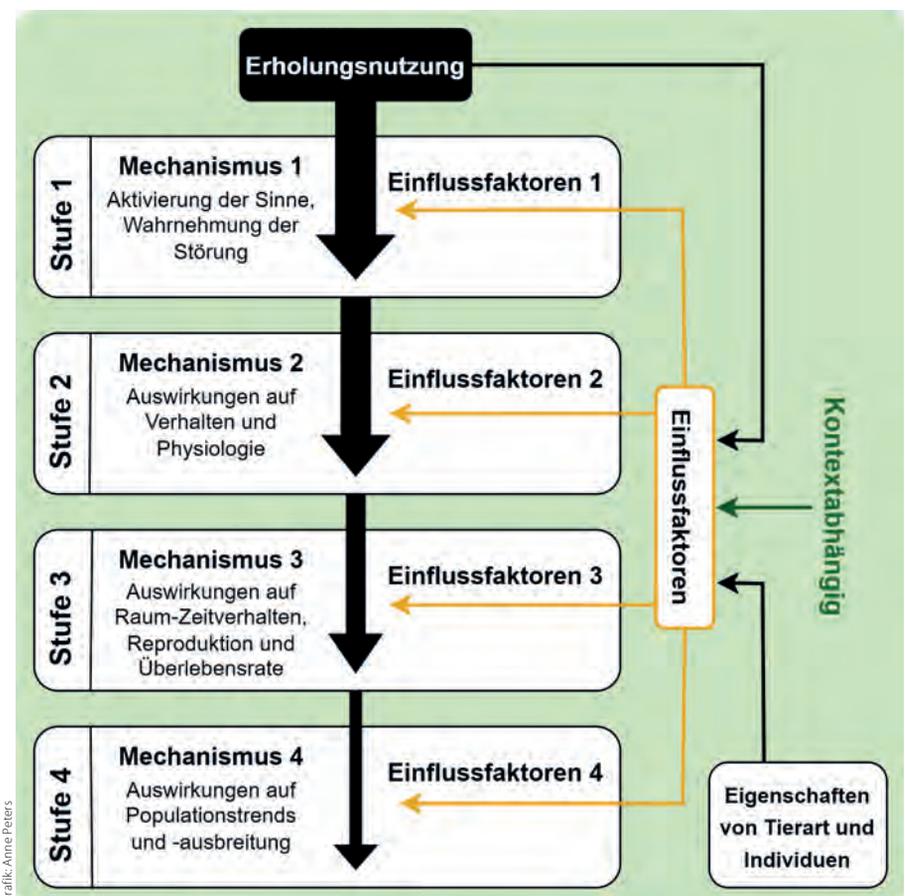


Abb. 2: Konzeptuelle Darstellung der Interaktion zwischen Erholungsnutzung und Wildtieren. Die daraus resultierenden Reaktionen von Wildtieren auf menschliche Störungen können von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden, welche von der Störung (etwa von der Art der Erholungsnutzung), den Eigenschaften des Tieres (etwa Alter und Geschlecht) und vom räumlichen und zeitlichen Kontext abhängen (etwa Habitat, Tageszeit). Die schmalen werdenden schwarzen Pfeile von oben nach unten zeigen die schwächer werdende Assoziation zwischen menschlicher Störung und der Reaktion von Wildtieren an. (Abgeändert nach Tablado & Jenni 2017)

variieren je nach Kontext und hängen zum Beispiel von Art und Intensität der Erholungsnutzung ab sowie vom Zeitpunkt, zu dem Erholungsnutzung stattfindet (Larson et al. 2016, Tablado & Jenni 2017, Wilson et al. 2020). Weitere Faktoren, die die spezifischen Reaktionen von Wildtieren beeinflussen, sind Habitateigenschaften wie etwa vorhandene Deckung, wodurch Wildtiere weniger stark auf Störreize reagieren, sowie die Ressourcenverfügbarkeit (Larson et al. 2016, Tablado & Jenni 2017, Wilson et al. 2020). Kommen bestimmte Ressourcen ausschließlich in risikoreichen Gebieten vor, zeigen Wildtiere gewungenermaßen ein weniger deutliches Meidungsverhalten als in Gebieten, in denen sie räumlich oder zeitlich ausweichen können, da die benötigten Ressourcen auch in risikoärmeren Gebieten oder zu risikoärmeren Zeiten erreichbar sind (Gaynor et al. 2019). Auch individuelle Eigenschaften können die Reaktionen von Wildtieren gegenüber Störungen beeinflussen (Larson et al. 2016, Tablado & Jenni 2017, Wilson et al. 2020). So werden Tiere mit erhöhtem Energiebedarf (etwa trächtige oder laktierende Weibchen) auch in risikoreichen Gebieten mehr Zeit mit Nahrungsaufnahme verbringen als Tiere in guter körperlicher Verfassung, die mehr Zeit in Feindvermeidungsverhalten investieren können (Gaynor et al. 2019, Lesmerises et al. 2017, Lima & Bednekoff 1999).

Aufgrund der vielfältigen Reaktionen von Wildtieren auf Störreize ist es schwierig, allgemeingültige Verhaltensmuster und daraus resultierende Empfehlungen abzuleiten. Um die komplexen Zusammenhänge und die kurz- und langfristigen Auswirkungen von Erholungsnutzung auf Wildtiere besser verstehen und bewerten zu können, entwickelten Tablado & Jenni (2017) ein Konzept, in dem sie vier Stufen und Mechanismen unterscheiden, um die Reaktionen von Wildtieren auf Erholungsnutzung zu strukturieren (Abb. 2). Bei einer Störung findet 1) eine Aktivierung der Sinne und die Wahrnehmung des Stimulus statt, was sich unter anderem durch eine erhöhte Wachsamkeit äußert. Unmittelbar darauf folgen 2) Veränderungen und Auswirkungen auf Verhalten und Physiologie, wie etwa eine veränderte Nahrungsaufnahme und ein erhöhter Stresslevel. Langfristig können 3) Auswirkungen auf das Raum-Zeit-Verhalten und der Rückgang der Reproduktions- und Überlebensrate von Individuen eine Folge sein, was sich letztendlich 4) auf die Population auswirken und zu einem Rückgang



Abb. 3: Sowohl Beutetiere als auch Raubtiere reagieren mit Wachsamkeit auf Erholungsnutzung und zeigen Verhaltensweisen, die dem Feindvermeidungsverhalten gegenüber Raubtieren ähneln.

von Populationsgröße und -verbreitung führen kann. Diese Mechanismen laufen hierarchisch ab, das heißt, eine Veränderung des Verhaltens (Stufe 2) tritt nur ein, wenn ein Stimulus wahrgenommen wurde (Stufe 1) und so weiter (Tablado & Jenni 2017).

4 Wahrnehmung von Erholungsaktivitäten durch Wildtiere

Wildtiere nehmen Störreize über ihre sehr gut entwickelten Sinnessysteme wahr (vor allem Geruchssinn, Gehör und visuelles System) (Wikenros et al. 2015, Wisdom et al. 2018, Steindler et al. 2020). Wird ein Störreiz registriert, folgen der sofortige Abbruch der momentanen Aktivität, etwa der Nahrungsaufnahme, und ein Orientierungsreflex, das heißt ein An-

heben des Kopfes sowie ein Konzentrieren der Sinne in Richtung des wahrgenommenen Stimulus (Gabrielsen et al. 1985, Knight & Gutzwiller 1995; Abb. 3). Dieses durch Störung hervorgerufene Verhalten wird im Folgenden als Wachsamkeit bezeichnet.

Im Nationalpark Berchtesgaden wurde für Gämssen (*Rupicapra rupicapra*) nachgewiesen, dass einzelne Tiere im Mittel ab einer Distanz von 95 m Wanderern gegenüber wachsamer wurden, wobei größere Gruppen an Tieren bereits bei größeren Distanzen reagierten (Bögel & Härer 2002). Auch Taylor & Knight (2003) fanden für Maultierhirsche (*Odocoileus hemionus*), Gabelböcke (*Antilocapra americana*) und Bisons (*Bison bison*), dass größere Gruppen früher auf Störungen reagierten als einzelne Tiere. Zudem wurden Maultier-

hirsche gegenüber Wanderern abseits von Wegen früher wachsam als gegenüber Wanderern auf Wegen (225 m versus 190 m) (Taylor & Knight 2003). Durch Skifahrer gestörte Rentiere (*Rangifer tarandus*) wurden im Durchschnitt ab einer Distanz von 370 m wachsam (Reimers et al. 2003) und Karibus (*Rangifer tarandus caribou*) investierten infolge von Störungen durch Touristen, die sich in geführten Gruppen mit Schneeschuhen oder Skier fortbewegten, umso mehr Zeit in Wachsamkeit, je mehr Menschen Teil der Gruppe waren (Duchesne et al. 2000).

Ciuti et al. (2012) fanden hingegen keinen Effekt von Erholungsaktivitäten auf die Wachsamkeit von Wapitis (*Cervus canadensis*) und Schuttler et al. (2017) wiesen nach, dass Weißwedelhirsche (*Odocoileus virginianus*) in Gebieten, in denen mehr Erholungsnutzung stattfand, weniger wachsam waren, was auf eine Habituation gegenüber der Störung hindeuten könnte. Ebenso konnten Marion et al. (2022) in ihrer Studie weder in 25, 75 noch 100 m Entfernung zu einem Wanderweg einen Unterschied hinsichtlich der Zeit feststellen, die Rothirsche (*Cervus elaphus*) tagsüber in Wachsamkeit investierten. Auch die Intensität der Störung durch Wanderer hatte keinen Einfluss auf die Wachsamkeit der Tiere. Da in den Gebieten um den untersuchten Wegabschnitt herum nicht gejagt wurde, wäre laut Marion et al. (2022) eine mögliche Erklärung, dass Rothirsche Menschen gegenüber in ihrem Studiengebiet habituiert sind und die Tiere die jagdfreien Gebiete in Wegesnähe zusätzlich als Zufluchtsort vor Bejagung nutzen. Allerdings wurde kein signifikanter Effekt der Jagdsaison auf das Verhalten der Rothirsche nachgewiesen (Marion et al. 2022). Eine vorangegangene Studie auf Basis des gleichen Datensatzes zeigte, dass die Tiere der Störung räumlich und zeitlich auswichen (Marion et al. 2021, siehe Kapitel 6.1 und 6.2) und die auf sie wirkende Störung so reduzieren, ohne mehr Zeit in Wachsamkeit investieren zu müssen.

Das Mitführen von Hunden kann den störenden Effekt von Menschen verstärken, da Hunde von Wildtieren als potenzielles Raubtier wahrgenommen werden (Hennings 2016). Rothirsche und Maultierhirsche waren tendenziell wachsam, wenn Menschen von einem Hund begleitet wurden, als wenn sich Menschen ohne Hund in dem Gebiet aufhielten (Jayakody et al. 2008, Miller et al. 2001). Für Weißwedelhirsche wiesen Schuttler et al. (2017) eine erhöhte Wachsamkeit aufgrund

des Mitführens von Hunden nur in der Setzzeit nach.

Hinsichtlich der Habitateigenschaften wurde für eine Vielzahl von Huftierarten festgestellt, dass sie in offenen Habitaten störungsempfindlicher sind als in Bereichen, in denen Deckung vorhanden ist (Stankowich 2008). In Übereinstimmung damit fanden Jayakody et al. (2008), dass Rothirsche in offenen Gebieten wie Wiesen und Heidelandschaften Erholungsnutzung gegenüber bis zu viermal wachsamere waren als in deckungsreicheren Wäldern.

Besonders empfindlich gegenüber Störungen gelten Tiere während der Aufzuchtzeit. So war die Distanz, ab der Wölfe (*Canis lupus*) Störungen gegenüber wachsam wurden, bei Wölfen mit Jungtieren teils doppelt so hoch wie bei Wölfen ohne Jungtiere (350–440 m gegenüber 140–350 m) (Wam et al. 2014). Auch Weißwedelhirsche waren Wanderern gegenüber zur Setz- und Paarungszeit wachsamere als im restlichen Jahr (Schuttler et al. 2017). Lesmerieses et al. (2017) stellten hingegen fest, dass weibliche Karibus mit Kalb im Vergleich zu Tieren ohne Kalb halb so viel Zeit in Wachsamkeit investierten. Sie begründeten dies mit dem höheren Energiebedarf von führenden Tieren.

5 Unmittelbare Auswirkung von Erholungsaktivitäten auf Verhalten und Physiologie

5.1 Fluchtverhalten

Wird der wahrgenommene Störreiz als gefährlich eingestuft, reagieren Wildtiere kurzfristig zumeist mit Flucht. Gämsen ergriffen vor Wanderern im Mittel ab 75 m die Flucht, wobei größere Gruppen an Tieren ab einer größeren Distanz flohen (Bögel & Härer 2002). Rentiere, die durch Skifahrer gestört wurden, flohen im Schnitt ab 280 m über eine durchschnittliche Strecke von etwa 550 m (Reimers et al. 2003). Marion et al. (2022) fanden hingegen in Schottland, dass Störungen durch Wanderer auf Wegen keinen Einfluss auf das Fluchtverhalten von Rothirschen hatten, weder in Abhängigkeit von der Distanz, in der sich die Tiere zum Weg befanden, noch von der Intensität, mit der die Störung stattfand (vergleiche Abschnitt 4). Wam et al. (2014) wiesen einen Abstand von 250 m nach, ab dem Wölfe vor menschlicher Störung flohen, und Versluijs et al. (2022) stellten fest, dass Wölfe früher flohen, wenn sich ihnen zwei statt nur ein Mensch zu Fuß näherten (125 m

versus 80 m). Zudem tolerierten Wölfe ohne Jungtiere eine 1,5-mal nähere Annäherung durch Menschen, bevor sie flohen, als Wölfe mit Welpen (Wam et al. 2014).

Bei einem Vergleich von Fluchtdistanzen und -strecken zwischen Störungen auf und abseits von Wegen fanden Westekemper et al. (2018), dass Rothirsche früher flohen, wenn sie abseits der Wege gestört wurden, als bei Störungen durch Wanderer auf Wegen (128 m versus 223 m). Zudem flohen Rothirsche (Westekemper et al. 2018) sowie Maultierhirsche (Miller et al. 2001) vor Wanderern abseits von Wegen deutlich weiter (Rothirsch 610 m versus 39 m, Maultierhirsch 7–113 m versus 30–33 m). Taylor & Knight (2003) fanden, dass sich die Distanz, ab der Maultierhirsche vor Wanderern (150 m) und Radfahrern (120 m) flohen, nicht zwischen Aktivitäten auf oder abseits von Wegen unterschied. Allerdings flohen die Tiere vor Wanderern und Radfahrern abseits von Wegen über größere Strecken als vor Wanderern und Radfahrern auf Wegen (190 m versus 125 m), wobei sich die geflohene Strecke zwischen beiden Aktivitäten nicht unterschied.

Eine hohe Wegedichte (> 3,8 km/km²) führte im Mittel früher zur Flucht von Rothirschen vor Erholungssuchenden (70 m versus 145 m bei Wegedichten < 3,8 km/km²), während die geflohene Strecke nicht durch die Wegedichte beeinflusst wurde (Westekemper et al. 2018). Die Distanz zur Störung, ab der Wildtiere mit Flucht reagieren, wird zudem von der vorhandenen Deckung beeinflusst. So flohen Braunbären (*Ursus arctos*) und Wölfe früher vor Wanderern, wenn sie sich in offeneren Habitaten aufhielten (Moen et al. 2012, Versluijs et al. 2022).

Sowohl auf dem Weg als auch abseits davon flohen Maultierhirsche über eine größere Strecke, wenn Wanderer von einem Hund begleitet wurden (auf Weg ohne Hund 30–33 m, mit Hund 33–120 m, abseits vom Weg ohne Hund 7–113 m, mit Hund > 76–> 200 m) (Miller et al. 2001). Zudem bewegten sich Maultierhirsche bei Störungen auf dem Weg von Menschen ohne Hund langsamer von der Störung weg, während sie bei Störungen durch Menschen mit Hund wegrannten (Miller et al. 2001).

5.2 Bewegungsverhalten

Während Fluchtverhalten direkt nach einer Störung einsetzt, können sich auch langfristige Auswirkungen aufgrund von Störungen durch Erholungsnutzung auf das

Bewegungsverhalten von Wildtieren zeigen. Störungen durch Erholungsnutzung führten bei weiblichen Elchen (*Alces alces*) in Schweden zu einer 33-fach höheren Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten Stunde nach der Störung (Neumann et al. 2010, 2011). Auch war die Bewegungsrate der Tiere in den ersten drei Stunden nach der Störung noch erhöht. Wapitis reagierten ebenso mit einer erhöhten Bewegungsrate auf Erholungsaktivitäten (Ciuti et al. 2012, Naylor et al. 2009). Marchand et al. (2014) fanden hingegen keine Auswirkungen von Erholungsnutzung auf das Bewegungsverhalten von Mufflons (*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*). Braunbären (Ordiz et al. 2013, 2019) und kanadische Luchse (*Lynx canadensis*) (Olson et al. 2018) reduzierten ihre Bewegungsrate infolge von Störungen durch Erholungsaktivitäten und waren verstärkt nachts aktiv. Dieser Effekt war in Gebieten mit höherer Deckung geringer. Pumas (*Puma concolor*) verringerten ebenso ihre Bewegungsrate in Gebieten, in denen sie mit Audioaufnahmen von menschlichen Stimmen konfrontiert wurden (Suraci et al. 2019). Ladle et al. (2019) wiesen hingegen höhere Bewegungsraten von Grizzlybären (*Ursus arctos horribilis*) nach, wenn Erholungsnutzung stattfand. Dies traf vor allem auf männliche Tiere zu, während Weibchen mit Jungtieren so gut wie keine Veränderung ihres Bewegungsverhaltens zeigten.

Erholungsnutzung kann also sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Reduzierung vom Bewegungsverhalten führen, wobei vorhandene Deckung die Auswirkungen abschwächt. Diese Unterschiede könnten sich daraus ergeben, dass Wildtiere ihr Bewegungsverhalten situationsbedingt anpassen und die Strategie wählen, durch die sich weitere Begegnungen mit Menschen am ehesten vermeiden lassen. Sind keine störungsfreien Gebiete vorhanden, in die sich die Tiere kurzfristig und schnell zurückziehen können (etwa Neumann et al. 2011), ist eine Reduzierung der Bewegungsrate am Tage und eine Verschiebung in die Nacht hinein gegebenenfalls die bessere Strategie, um weiteren Störungen auszuweichen (etwa Olson et al. 2018, Ordiz et al. 2019).

5.3 Ruhezeiten

Eine Reduzierung der Zeit, die in Ruhen investiert wird, kann eine weitere Folge von Störungen sein. Wurden Karibus von Schneeschuh- und Skitourengestern gestört, verhielten sich die Tiere wachsamer, wodurch sie

weniger Zeit mit Ruhen verbrachten (Duchesne et al. 2000). Nach der Störung ruhten die Tiere dafür mehr als an störungsfreien Tagen. Rehe (*Capreolus capreolus*) zeigten ein ähnliches Verhalten und ruhten an Tagen, an denen sie gestört wurden, weniger lange, aber dafür häufiger, wodurch sich ihre Ruhezeit im Gesamten nicht änderte (Reimoser 2012). Rothirsche hingegen hatten eine geringere Ruhfrequenz an Tagen, an denen sie durch Erholungsaktivitäten gestört wurden (Reimoser 2012). Zusätzlich waren Rothirsche an diesen Tagen aktiver, aber verringerten ihre nächtliche Aktivität nicht, woraus auf längerfristige Belastungen der Tiere durch verminderte Ruhezeiten geschlossen werden kann (Reimoser 2012).

Naylor et al. (2009) verglichen die Auswirkungen von Wandern, Mountainbiking und Reiten abseits von Wegen auf unter anderem die Ruhezeiten von Wapitis und wiesen verringerte Ruhezeiten aufgrund von Wandern und Mountainbiking nach. Alle drei Aktivitäten oder Sportarten hatten eine höhere Aktivität von Wapitis zur Folge, wobei Mountainbiking die deutlichste Reaktion hervorrief, gefolgt von Wandern und Reiten (Naylor et al. 2009).

Eine steigende Intensität von Erholungsnutzung verringerte die Wahrscheinlichkeit, dass sich Luchse (*Lynx lynx*) in diesen intensiv genutzten Gebieten am Tag zum Ruhen aufhielten (Belotti et al. 2018). In Gegenden mit dichter Vegetation und unwegsamem Gelände ruhten Luchse jedoch länger als in offenen Gebieten (Belotti et al. 2018).

5.4 Nahrungsaufnahme

Müssen Wildtiere mehr Zeit in Feindvermeidungsverhalten investieren, kann es auch zu einer Veränderung der Nahrungsaufnahme kommen. Störungen von Touristengruppen, die mit Schneeschuhen oder Skiern unterwegs waren, führten bei Karibus zu einer verringerten Zeit, die sie mit Nahrungsaufnahme verbrachten, da die Tiere aufgrund der Störung wachsamer waren (Duchesne et al. 2000). Dieser Effekt war umso stärker, je mehr Menschen Teil der Gruppe waren. Bei Luchsen führte eine höhere Intensität von Erholungsnutzung ebenso zu einer verringerten Zeit, die die Tiere an einem Riss verbrachten (Belotti et al. 2018). Durch dichtere Vegetation und unwegsames Gelände wurde dieser Effekt jedoch abgeschwächt. So verbrachten Luchse in deckungsreichen, unwegsamem Bereichen mehr Zeit an einem Riss als bei

gleicher Störungsintensität in offenen Gebieten (Belotti et al. 2018; Abb. 4). Auch bei Gämsen führte eine steigende Anzahl an Wandernern zu einem Rückgang der Zeit, die in Nahrungsaufnahme investiert wurde (Enggist-Diiblin & Ingold 2003). Mit steigender Störungsintensität flachte dieser Effekt jedoch immer weiter ab (Enggist-Diiblin & Ingold 2003). Dies könnte daran liegen, dass Wildtiere die ihnen zur Verfügung stehende Zeit in Gebieten mit konstant hohem Risiko nicht ausschließlich in Wachsamkeit investieren können, sondern auch anderen essenziellen Verhaltensweisen wie der Nahrungsaufnahme nachkommen müssen (Lima & Bednekoff 1999). Zudem stellt Erholungsnutzung als nicht letale Aktivität ein nicht unmittelbar lebensbedrohliches Risiko für Wildtiere dar, wodurch es bei anhaltender Störung auch zu einer Habituation und folglich zu einer Reduzierung der Wachsamkeit kommen kann, sodass mehr Zeit mit Nahrungsaufnahme verbracht wird (Lima & Bednekoff 1999). Naylor et al. (2009) etwa konnten keinen Effekt von Erholungsaktivitäten auf die Zeit, die Wapitis mit der Nahrungsaufnahme verbrachten, feststellen.

Obwohl Wildtiere vor allem in der Setz- und Aufzuchtzeit als störungsempfindlicher gelten (Sahlén et al. 2015, Schuttler et al. 2017, Wam et al. 2014), stellten Lesmerises et al. (2017) fest, dass Störungen durch Wanderer auf Wegen keinen Einfluss auf die Zeit hatten, die weibliche Karibus, die ein Kalb führten, mit der Nahrungsaufnahme verbrachten. Weibliche Karibus ohne Nachwuchs verringerten hingegen unter gleichen Bedingungen die Zeit, die sie mit Nahrungsaufnahme verbrachten, deutlich. Lesmerises et al. (2017) begründeten dies mit dem höheren Energiebedarf von führenden Tieren.

Erholungsnutzung kann sich auch auf Zusammensetzung und Qualität der Nahrung von Wildtieren auswirken. Jayakody et al. (2011) fanden, dass Rothirsche in störungsreicheren Gebieten im Vergleich zu Tieren in störungsarmen Gebieten weniger Gras, Samen, Kräuter und Binsen und dafür mehr Heidekraut und Baumteile fraßen, vermutlich da sie aufgrund der Störung Deckung suchten und weniger Zeit in nahrungsreichen Wiesen verbrachten.

Das Abspielden von Audioaufnahmen menschlicher Geräusche führte bei Dachsen (*Meles meles*) zu einer signifikanten Verschiebung des Beginns der Nahrungssuche in die Nacht hinein und wirkte störender als Geräusche von Bären und Hunden, während



Abb. 4: Störungen durch Erholungsnutzung führen dazu, dass Wildtiere die Nahrungsaufnahme unterbrechen und nahrungsreiche Gebiete oder Risse verlassen, wie etwa beim Luchs beobachtet wurde.

Audioaufnahmen von Wölfen und Schafen keinen signifikanten Effekt auf den Beginn der Nahrungsaufnahme hatten (Clinchy et al. 2016). Zudem führte das Abspielen von Audioaufnahmen von Menschen an Kamerafallenstandorten bei Mesoprädatoren zu einem reduzierten Erfolg bei der Nahrungssuche (Suraci et al. 2019).

5.5 Physiologie

Neben dem Verhalten kann sich Erholungsnutzung auch auf physiologische Parameter von Wildtieren auswirken. Störungen versetzen Wildtiere in einen Alarmzustand, was unweigerlich zu Stressreaktionen führt, die sich unter anderem in der Ausschüttung von Stresshormonen und einer Erhöhung der Herzfrequenz äußern. So wurden im Kot von Rothirschen (Dixon et al. 2021), Gämsen (Zwijacz-Kozica et al. 2013) und Baummardern (*Martes martes*) (Barja et al. 2007) höhere Konzentrationen an Glucocorticoid-Metaboliten, den Abbauprodukten der Stresshormone Cortisol und Corticosteron, vor allem in Gebieten nachgewiesen, in denen viel Erholungsnutzung stattfand. Zwijacz-

Kozica et al. (2013) und Barja et al. (2007) stellten zudem steigende Stresslevel in den Sommermonaten fest, was mit besonders hohen Besucherzahlen in diesen Monaten korrelierte.

Reimoser (2012) implantierte in Gehegen gehaltenen Rothirschen und Rehen Telemetrie-Transmitter, die auch die Herzfrequenz der Tiere aufzeichneten. Rehe und Rothirsche reagierten mit einer deutlicheren Erhöhung der Herzfrequenz auf optische Stimuli, das heißt, wenn Menschen gesehen wurden, und weniger auf Geräusche. Die Herzfrequenz von Rothirschen war zum Beispiel für mindestens zehn Minuten erhöht, wenn eine Person vorbeilief, aber weniger lange bei akustischen Reizen. Außerdem führten Reiter zu einer geringeren Erhöhung der Herzrate als Wanderer. Ein Unterschied zwischen Wanderern mit und ohne Hund konnte nicht festgestellt werden. Rehe zeigten starke, aber kurzfristige Reaktionen während Rothirsche weniger deutliche, aber dafür längerfristige Reaktionen zeigten. Zusätzlich war die Ruhe-Herzfrequenz von Rothirschen an Tagen ohne Störung signifikant niedriger als an Tagen, an denen Störungen stattfanden.

6 Auswirkungen von Erholungsaktivitäten auf Raum-Zeitverhalten und Reproduktion von Wildtieren

6.1 Räumliche Meidung

Die Nutzung von Wegen im Rahmen von Erholungsaktivitäten führt dazu, dass Wildtiere Wege mit diesen Aktivitäten verbinden. Ein Vorteil von Infrastruktur ist, dass sie Erholungsnutzung räumlich einschränkt, wodurch diese vorhersehbarer und somit weniger störend für Wildtiere wird als Aktivitäten, die willkürlich über ein Gebiet verteilt stattfinden (Ciuti et al. 2012, Heinemeyer et al. 2019, Miller et al. 2020). Andererseits werden durch das Anlegen von Wegen zuvor nur schwer oder nicht zugängliche Gebiete zugänglich gemacht (Leung & Marion 1999), was Qualität und Fläche an verfügbarem Habitat einschränken kann (Larson et al. 2016, Miller et al. 2020, Tablado & Jenni 2017). Insbesondere eine intensive Nutzung von Wegen durch Erholungssuchende und damit einhergehender Lärm können zur Meidung und somit letztendlich zu einer Fragmentierung von

verfügbaren Habitaten führen (Miller et al. 2017).

Mols et al. (2022) zeigten, dass Reh, Rothirsch und Damwild (*Dama dama*) Gebiete in größerer Entfernung (≥ 100 m) zu Wegen bevorzugten. Marion et al. (2021) und Scholten et al. (2018) wiesen ebenso nach, dass Rothirsche sich am Tag weiter von Wander- und Mountainbike-Wegen entfernt aufhielten (> 75 m und > 40 m). Zudem beeinflussten Wege zwar nicht die Platzierung der Streifgebiete von Rothirschen, aber die Nutzung von Habitaten im Streifgebiet (Coppes et al. 2017). Auch Mesoprädatoren wie Kojoten (*Canis latrans*), Rotluchse (*Lynx rufus*) und Fichtenmarder (*Martes americana*) sowie große Raubtiere wie Wolf, Schwarzbär (*Ursus americanus*) und Grizzlybär mieden Wege, allerdings nur auf einer feinen zeitlichen Skala (Naidoo & Burton 2020). Andere Studien hingegen wiesen für Kojoten, Graufüchse (*Urocyon cinereoargenteus*), Weißwedelhirsche und Waschbären (*Procyon lotor*) (Kays et al. 2017, Parson et al. 2016) sowie für Grizzly- und Schwarzbären (Ladle et al. 2018) keinen klaren Effekt von Erholungsaktivitäten auf deren Raumnutzung nach.

Mit steigender Wegedichte hielten Wölfe (Malcolm et al. 2020) und auch Rothirsche (ab $> 3,8$ km/km²) (Westekemper et al. 2018) stetig geringere Abstände zu Wegen, vermutlich, da sie unter diesen Bedingungen weniger Ausweichmöglichkeiten hatten. Wölfe mieden Gebiete bereits ab einer Wegedichte von mehr als 1 km/km², nur 10% aller GPS-Positionen von Wölfen wurden in Gebieten mit einer Wegedichte von mehr als 2,9 km/km² aufgezeichnet und ab einer Wegedichte von 7 km/km² mieden Wölfe Gebiete komplett (Whittington et al. 2005). Für Wölfe wurde jedoch auch festgestellt, dass sie zumindest Wege mit geringer menschlicher Aktivität nutzen, da sie die Fortbewegung durch das Revier erleichtern (Dickie et al. 2017, Whittington et al. 2004, 2005).

Auswirkungen von Erholungsaktivitäten können stärker ausgeprägt sein, wenn eine höhere Störungsintensität vorliegt (Eftestøl et al. 2021, Naidoo & Burton 2020, Rogala et al. 2011). Wölfe (Whittington et al. 2004, 2005) Bären (Corradini et al. 2021, Erb et al. 2012, Kays et al. 2017) und Rotluchse (Erb et al. 2012, George & Crooks 2006, Kays et al. 2017) mieden Wege umso deutlicher, je mehr Erholungsnutzung stattfand, und kamen seltener in intensiv genutzten Gebieten vor. Raubtiere mieden Wege komplett, wenn ein Weg von mehr als 18 Menschen pro Stunde

genutzt wurde, während Huftiere erst bei 32 Menschen pro Stunde eine komplette Meidung von Wegen zeigten (Muhly et al. 2011). Anhand von GPS-Telemetriedaten konnten Rogala et al. (2011) nachweisen, dass Wapitis Wege in einem Bereich von 50 m generell mieden, es ab ein bis zwei Nutzern pro Stunde zu einer Meidung in Bereichen von 51 bis 400 m kam und ab zwölf Nutzern pro Stunde zu einer Meidung von 400 bis 800 m Entfernung. Wölfe mieden Wege sogar generell in einem Bereich von 400 m Entfernung (Rogala et al. 2011). Einzig Rotfüchse (*Vulpes vulpes*) kamen häufiger in Gebieten vor, in denen Wege intensiv genutzt wurden, und erhöhten ihre Wegenutzung unter diesen Umständen sogar (Kays et al. 2017). Das könnte daran liegen, dass Rotfüchse als Kulturfolger häufig in von Menschen genutzten Bereichen wie etwa Dörfern vorkommen und von menschlicher Nähe profitieren, unter anderem aufgrund von anthropogenen Nahrungsquellen, die durch Müll entstehen (Erb et al. 2012). So fand eine Studie aus Nordkalifornien deutlich weniger Kot von Kojoten, Rotluchsen und Graufüchsen in Schutzgebieten, in denen Erholungsnutzung gestattet war, dafür jedoch mehr Kot von Rotfüchsen (Reed & Merenlender 2008). Eine Meidung von Gebieten, in denen Erholungsnutzung stattfand, im Vergleich zu Gebieten, in denen Freizeitaktivitäten untersagt waren oder selten stattfanden, wurde ebenso für Reh, Rothirsch, Damwild sowie für Pumas (Surcai et al. 2019) und kanadische Luchse nachgewiesen (Mols et al. 2022, Olson et al. 2018, Squires et al. 2019). Karibus (Lesmerises et al. 2018), Rotluchse, Kojoten, Pumas und Graufüchse (Reed & Merenlender 2011) mieden Bereiche zunehmend mit steigender Erholungsaktivität. Ob Hunde in einem Untersuchungsgebiet erlaubt waren oder nicht, hatte keine Auswirkung auf die Vorkommenshäufigkeit der von Reed & Merenlender (2011) untersuchten Arten. Vielfraße (*Golu golu*) mieden Winteraktivitäten räumlich, wobei Aktivitäten abseits von Wegen eine stärkere Meidung hervorriefen (Heinemeyer et al. 2019). Ihre Streifgebiete verlegten die Tiere aufgrund von Erholungsaktivitäten jedoch nicht. Allerdings änderten sie die Nutzung von Habitaten innerhalb des Streifgebiets (Heinemeyer et al. 2019). Vor allem weibliche Vielfraße waren Störungen gegenüber sensibler und durch indirekten Habitatverlust stärker betroffen, das heißt, durch die Meidung von Erholungsaktivitäten nutzten sie eigentlich geeignete Habitats nicht mehr. Auch Braun-

bären mieden bestimmte Bereiche innerhalb ihrer Streifgebiete aufgrund von menschlicher Störung, die anderenfalls geeignetes Habitat darstellen würden (Corradini et al. 2021).

Verschiedene Arten von Erholungsnutzung wie Wandern, Radfahren und Reiten variieren in ihrer Geschwindigkeit und, unter anderem durch die Gruppengröße bedingt, in ihrer Lautstärke, sowie in ihrer physischen Form, die von Tieren wahrgenommen wird. So riefen Menschen, die zu Fuß unterwegs waren, bei Huftieren ein stärkeres Feindvermeidungsverhalten hervor als andere Aktivitäten wie Radfahren und Reiten (Stankowich 2008). Das könnte daran liegen, dass das Erscheinungsbild von Menschen, die sich zu Fuß fortbewegen, eher mit menschlichen Jägern in Verbindung gebracht wird (Frid & Dill 2002, Miller et al. 2020). Weibliche Elche bewegten sich an Tagen, an denen sie durch Wanderer abseits von Wegen oder Skitourengeher gestört wurden, über eine größere Fläche als an störungsfreien Tagen und verließen die Gegend, in der sie gestört wurden (Neumann et al. 2010, 2011). Auch Bären, die experimentell durch Wanderer gestört wurden, verließen in 80% aller Fälle das Gebiet, in denen die Störung stattfand (Moen et al. 2012). Wisdom et al. (2018) führten zu den Auswirkungen verschiedener Aktivitäten eine experimentelle Studie durch, in der sie Wapitis in einem 1.435 ha großen Gehege Störungen durch Radfahrer, Wanderer und Reiter aussetzten. Die Tiere hielten sich an Tagen, an denen Störungen stattfanden, im Mittel weiter von Wegen entfernt auf (Radfahren 269 ± 26 m, Wandern 276 ± 18 m, Reiten 240 ± 13 m) als an Tagen nach der Störung durch eine bestimmte Erholungsaktivität (Radfahren 197 ± 8 m, Wandern 248 ± 15 m, Reiten 172 ± 9 m). Allerdings konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Abstands nachgewiesen werden, den Wapitis während eines Störexperiments zu den verschiedenen Erholungsaktivitäten hielten (Radfahren 662 ± 53 m, Wandern 547 ± 44 m, Reiten 558 ± 45 m).

Während der Setz- und Aufzuchtzeit reagierten Wildtiere auch hinsichtlich ihrer Raumnutzung meist empfindlicher. Anhand von GPS-Telemetriedaten konnten Eftestøl et al. (2021) im Frühjahr zur Setzzeit Effekte von Wegen auf die Raumnutzung von Rentieren in bis zu 1 km Entfernung nachweisen, während Effekte im restlichen Jahr in maximal 250 m Entfernung sichtbar waren. Auch Wölfe mieden Wege allgemein in den ersten



Bild: Rainer Simons

Abb. 5: Insbesondere zur Setz- und Aufzuchtzeit reagieren Wildtiere empfindlich auf Störungen mit potenziell negativen Auswirkungen auf den Reproduktionserfolg.

Wochen nachdem die Welpen geboren wurden, während sie sich im Sommer verhältnismäßig näher an Wegen aufhielten (Malcolm et al. 2020). Wurden Braunbären in Schweden experimentell durch Wanderer gestört, verließen Weibchen mit Jungtieren häufiger das Aufenthaltsgebiet, hielten sich in deckungsreicheren Habitaten auf und wurden während der Experimente seltener gesichtet als Weibchen ohne Jungtiere (Sahlén et al. 2015). Für Elchkühe, die von Wanderern abseits von Wegen gestört wurden, konnte jedoch kein Unterschied hinsichtlich der räumlichen Meidung der Störungen zwischen Tieren mit und ohne Kalb festgestellt werden (Neumann et al. 2011).

6.2 Zeitliche Meidung

Zusätzlich zu einer rein räumlichen Meidung wurde für Rothirsche (Coppes et al. 2017, Marion et al. 2021, Westkemper et al. 2018), Karibus (Lesmerises et al. 2018) und Luchse (Belotti et al. 2012, Filla et al. 2017) eine stärkere Meidung von Wegen am Tag als in der Nacht nachgewiesen. Außerdem nutzen Luchse nachts größere Streifgebiete als tagsüber und hielten sich in offeneren Habitaten auf, während sie tagsüber vor allem

geschlossenere Habitats nutzten (Filla et al. 2017).

Die zeitliche Meidung war umso stärker, je mehr Erholungsnutzung stattfand. So waren Braunbären (Coltrane & Sinnott 2015), Rotluchse (George & Crooks 2006), Rothirsche (Marion et al. 2021, Scholten et al. 2018) und Mufflons (Marchand et al. 2014) besonders dann nachtaktiver, wenn sie in einem Gebiet häufig durch Erholungsnutzung gestört wurden. Auch Kanadische Luchse zeigten eine zeitliche Meidung von Winteraktivitäten nur dann, wenn diese häufig in dem Gebiet stattfanden (Olson et al. 2018, Squires et al. 2019). Lesmerises et al. (2018) fanden mit zunehmender Anzahl an Skitourengehern eine zunehmende zeitliche Meidung der von diesen genutzten Gebiete durch Karibus. Weißwedelhirsche und Waschbären zeigten die deutlichste zeitliche Meidung in für Erholungsaktivitäten genutzten Gebieten, wenn Menschen Hunde mitführten (Parsons et al. 2016).

Im Vergleich zu Studien, die sich mit der räumlichen Meidung von Erholungsnutzung durch Wildtiere befassen, waren deutlich weniger Studien zu finden, die eine zeitliche Meidung untersuchten. Dabei findet Erholungsnutzung vor allem tagsüber statt,

wodurch Wildtiere lernen, sich dieser zeitlich variierenden Störung anzupassen und Erholungsaktivitäten oder dafür genutzte Bereiche zeitlich zu meiden (Cromsigt et al. 2013, Gaynor et al. 2018, 2019). Somit wäre eine Unterscheidung zwischen Tag und Nacht in Studien sehr sinnvoll, da ein zeitlich variierendes Risiko das gezeigte Feindvermeidungsverhalten und somit auch Ergebnisse von Studien maßgeblich beeinflussen kann (Lima & Bednekoff 1999).

6.3 Reproduktion

Mehrere Studien belegen, dass Wildtiere während der Setz- und Aufzuchtzeit empfindlicher auf Erholungsnutzung reagieren (Sahlén et al. 2015, Schuttler et al. 2017, Wam et al. 2014; Abb. 5). Um die Auswirkungen von Wanderern auf den Reproduktionserfolg von Wapitis detaillierter zu untersuchen, führten Shively et al. (2005) einen mehrjährigen Versuch durch, in dem Weibchen zur Setzzeit experimentell durch Wanderer gestört wurden. Dabei wurden Informationen zum Reproduktionserfolg



Abb. 6: Harsche Umweltbedingungen in den Wintermonaten belasten Wildtiere zusätzlich und verstärken die nachteiligen Auswirkungen von Erholungsnutzung zu dieser Jahreszeit.

tionserfolg aus dem Jahr vor dem Experiment, den zwei Jahren während und den zwei Jahren nach dem Experiment erfasst. Kontrollgruppen in nicht experimentell gestörten Gebieten hatten in allen fünf Jahren ähnliche Kuh/Kalb-Verhältnisse, während bei den experimentell gestörten Gruppen in den zwei Jahren der Störung ein reduzierter Fortpflanzungserfolg festgestellt wurde (Shively et al. 2005). Im ersten Jahr nach dem Experiment stieg der Reproduktionserfolg an, im zweiten Jahr danach war er wieder auf dem gleichen Niveau wie vor der Störung (Shively et al. 2005). In einer ähnlichen Studie von Phillips & Alldredge (2000) wurden Wapitis ebenso in der Setzzeit experimentell von Wanderern gestört, wodurch das Kuh/Kalb-Verhältnis wie bei Shively et al. (2005) sank. Basierend auf einer Modellierung würde es ab zehn Störungen pro Kuh zusätzlich zu den bereits in dem Gebiet vorhandenen menschlichen Aktivitäten zu einer Stagnation der Populationsgröße kommen (Phillips & Alldredge 2000).

Phillips & Alldredge (2000) wiesen darauf hin, dass Manager daher die Verfügbarkeit von für Wildtiere geeigneten, störungsarmen Habitaten zur Setz- und Aufzuchtzeit gewährleisten müssen, um einen potenziellen Rückgang der Population zu verhindern. Denn die tatsächlichen Auswirkungen von Störungen durch Erholungsnutzung auf die Überlebensrate von Individuen oder Populationen lassen sich aufgrund von fehlenden Forschungsergebnissen nicht sicher einschätzen. So fehlen sowohl weitere Studien, um die hier vorgestellten Auswirkungen auf Wapitis zu verifizieren, als auch generell

Studien zu den Auswirkungen von Erholungsaktivitäten auf den Reproduktionserfolg anderer Wildtierarten. Der negative Effekt von Störungen war jedoch zumindest laut der Studie von Shively et al. (2005) nicht irreversibel und das Entfernen der Störung führte zu einem Wiederanstieg des Reproduktionserfolgs auf das ursprüngliche Niveau.

7 Erholungsaktivitäten in den Wintermonaten

Obwohl Störungen in den Wintermonaten ähnliche Reaktionen provozieren wie im restlichen Jahr, darunter eine erhöhte Wachsamkeit, reduzierte Ruhezeiten und Nahrungsaufnahme (Belotti et al. 2018, Duchesne et al. 2000), Fluchtverhalten (Reimers et al. 2003) sowie ein verändertes Bewegungs- (Neumann et al. 2010) und Raum-Zeit-Verhalten (Heinemeyer et al. 2019, Lesmerises et al. 2018, Olson et al. 2018, Squires et al. 2019), können die Konsequenzen dieser Reaktionen auf Erholungsnutzung für Wildtiere im Winter weitreichendere Folgen haben (Abb. 6).

Gründe dafür sind vor allem, dass die Vegetation in den Wintermonaten insbesondere in Laubwaldgebieten weniger dicht ist und krautige Pflanzen abgestorben oder unter der Schneedecke nicht erreichbar sind, wodurch es zu einem Mangel an Rückzugsorten und zumindest für Herbivoren zu einer Verminderung von Nahrungsmenge und -qualität kommt (Edelkraut et al. 2019, Miller et al. 2020, Petit et al. 2020). Außerdem können eine Erhöhung der Bewegungsrate sowie Fluchtverhalten im Winter bei Schnee-

lage den Energiehaushalt von Wildtieren zusätzlich belasten, während eigentlich eine Reduzierung des Energieaufwands unter anderem aufgrund der geringen Nahrungsressourcen und niedrigen Temperaturen für Wildtiere von hoher Bedeutung wäre (Neumann et al. 2010). Ein Ausweichen in weniger gestörte Bereiche kann sowohl aufgrund der räumlich variierenden Ressourcenverfügbarkeit als auch durch erschwerte Fortbewegung im Schnee eingeschränkt sein (Miller et al. 2020). Somit können sich Störungen durch Erholungsnutzung im Winter aufgrund der harscheren Umweltbedingungen zu dieser Jahreszeit deutlich nachteiliger auf Wildtiere auswirken als Störungen im restlichen Jahr.

8 Schlussfolgerungen

Durch die beschriebenen Verhaltensänderungen versuchen Wildtiere, sich an menschliche Störungen anzupassen, doch all diese Adaptationen haben einen Preis: Ein Teil der Zeit, die sonst für essenzielle Verhaltensweisen wie Nahrungssuche, Paarung oder die Aufzucht von Jungtieren aufgewendet würde, wird durch Wachsamkeit und dergleichen verringert und erfordert durch die damit verbundenen physiologischen Reaktionen zusätzlichen Energieaufwand. Vor allem im Winter können sich Störungen besonders nachteilig auf Wildtiere auswirken, da harsche Umweltbedingungen die Tiere zusätzlich belasten (Miller et al. 2020, Neumann et al. 2010). Auch während der Setz- und Aufzuchtzeit reagieren Wildtiere empfindlicher auf Erholungsnutzung (etwa Malcolm et al. 2020, Sahlén et al. 2015, Schuttler et al. 2017).

Auswirkungen können sich verstärken, wenn es keine störungsfreien Bereiche gibt, in die sich die Tiere zurückziehen können, beispielsweise wenn sich Menschen abseits von Wegen aufhalten oder durch hohe Wegedichten. Störungen durch Erholungsnutzung abseits von Wegen rufen deutlich stärkere Reaktionen hervor als Erholungsaktivitäten auf Wegen (Heinemeyer et al. 2019, Miller et al. 2001, Taylor & Knight 2003, Westekemper et al. 2018) und hohe Wegedichten ($> 3,8 \text{ km/km}^2$) führten zu einem früheren Fluchtverhalten (Westekemper et al. 2018) sowie aufgrund mangelnder Ausweichmöglichkeiten zu geringeren Abständen, die Tiere zu den Wegen hielten (Malcolm et al. 2020, Westekemper et al. 2018, Whittington et al. 2004, 2005). Whittington et al. (2005) stellten in ihrer Studie im Jasper Nationalpark (Kanada) fest, dass Wölfe Wege bereits ab einer Dichte von 1 km/km^2 mieden und es ab Wegedichten von 7 km/km^2 zu einer kompletten Meidung kam. In ihrem Studiengebiet waren jedoch auch große Weg-freie Gebiete vorhanden, in die sich die Tiere zurückziehen konnten.

Eine steigende Intensität der auf den Wegen stattfindenden Erholungsnutzung führte zu einer stärkeren Meidung durch Wildtiere. Erste Auswirkungen konnten bereits ab ein bis zwei Nutzern pro Stunde nachgewiesen werden (Rogala et al. 2011), wobei größere Menschengruppen störender auf Wildtiere wirkten als einzelne Wanderer (Duchesne et al. 2000, Versluijs et al. 2022). Nur wenige Studien befassten sich mit den Auswirkungen verschiedener Erholungsaktivitäten und dem Mitführen von Hunden auf Wildtiere (zum Beispiel Miller et al. 2002, Naylor et al. 2009, Parsons et al. 2016, Wisdom et al. 2018). Während nicht immer signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Erholungsaktivitäten wie Radfahren, Wandern und Reiten nachgewiesen werden konnten (etwa Wisdom et al. 2018), wurde mehrfach belegt, dass Wanderer mit Hund störender auf Wildtiere wirken (Hennings et al. 2016, Miller et al. 2001, Parson et al. 2016). Aufgrund der geringen Anzahl an Studien besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf, denn grundlegende Fragen zu den tatsächlichen Auswirkungen von zum Beispiel Art, Häufigkeit, Dauer der Aktivität und Gruppengröße auf Wildtiere sind noch nicht verstanden. Da die verschiedenen Aktivitäten oft mehr oder weniger zeitgleich und in denselben Gebieten vorkommen, können nur experimentelle Ansätze wie etwa der Ausschluss von be-

stimmten Aktivitäten aus einem Teilgebiet helfen, um Unterschiede festzustellen.

Tritt Erholungsnutzung über längere Zeiträume hinweg in einem Gebiet auf, passen Wildtiere ihre räumliche und zeitliche Aktivität an, um der Störung auszuweichen (Coppes et al. 2017, Lesmerises et al. 2018, Olson et al. 2018, Westekemper et al. 2018). So können Wildtiere Störungen am Tag unter anderem durch eine erhöhte Nachtaktivität ausgleichen und nachteilige Auswirkungen abpuffern (Belotti et al. 2012, Filla et al. 2017, Gaynor et al. 2018). Würde jedoch ein Teil der Erholungsnutzung in die Nacht verlagert, könnte dies nachts zu einer ähnlichen Einschränkung des Lebensraums führen wie am Tag und Wildtiere dauerhaft von ansonsten geeigneten Habitaten ausschließen (zum Beispiel Corradini et al. 2021, Heinemeyer et al. 2019). Eine Veränderung des Raum-Zeit-Verhaltens, der Habitatnutzung und der zeitlichen Aktivität können sich wiederum auf die Interaktionen zwischen Arten, etwa Räuber-Beute-Interaktionen, auswirken, da sich Beutetiere gegebenenfalls in der Nähe von menschlicher Störung aufhalten, um Raubtieren auszuweichen (zum Beispiel Muhly et al. 2011). Des Weiteren spielen große Herbivoren bei der Verbreitung von Pflanzensamen eine wichtige Rolle, wodurch sich eine veränderte Raumnutzung auf die Verbreitung und Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften und somit auf weitere trophische Stufen auswirken kann (Gaynor et al. 2018, Wilson et al. 2020, Wright et al. 2020).

Störungen durch Erholungsnutzung können sich zudem nachteilig auf Fortpflanzungserfolg und Fitness von Wildtieren auswirken (Gaynor et al. 2018, Marion et al. 2020). Generell sind jedoch nur wenige Studien zu physiologischen Parametern von Wildtieren vorhanden, wobei Auswirkungen wie erhöhte Stresslevel und steigende Herzfrequenzen durch Erholungsnutzung dokumentiert wurden (Barja et al. 2007, Dixon et al. 2021, Reimers et al. 2003). Die physiologischen Reaktionen von Wildtieren fielen dabei umso stärker aus, je intensiver Erholungsaktivitäten stattfanden (Barja et al. 2007, Reimoser et al. 2012, Zwijacz-Kozica et al. 2013). Der Einfluss von Erholungsnutzung auf den Reproduktionserfolg von Wildtieren wurde bis dato in nur zwei Studien untersucht (Phillips & Alldredge 2000, Shively et al. 2005). Beide Studien wiesen nach, dass Störungen durch Wanderer zu einem Rückgang des Reproduktionserfolgs führten.

Insgesamt ist die Anzahl der wissenschaftlich auswertbaren Arbeiten zu den von uns betrachteten Arten und Studiengebieten begrenzt. Zum einen ist es methodisch herausfordernd, Auswirkungen auf Verhalten und Physiologie nachzuweisen. Beispielsweise erfordern Studien zu Wachsamkeit, Nahrungsqualität, physiologischen Parametern und zum Reproduktionserfolg von Wildtieren oft einen enormen Arbeits- und Zeitaufwand, etwa in Form langfristiger Beobachtungen von Individuen im Gelände oder regelmäßigen Sammelns von Kotproben, was sich bei Wildtieren nicht einfach umsetzen lässt. Zum anderen wird die von Wildtieren wahrgenommene Störung durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Einflussgrößen bestimmt, wodurch es schwierig wird, vergleichbare oder allgemeingültige Ergebnisse zu erzielen. So zeigten die hier vorgestellten Studien zum Bewegungsverhalten von Wildtieren je nach Situation sowohl Erhöhungen als auch Reduktionen der Bewegungsrate als Kompensation für Störungen auf. Wie Tablado & Jenni (2017) in ihrem Artikel schreiben, lassen sich zudem die Effekte von Erholungsnutzung auf höhere Stufen (Abb. 2) deutlich schwerer nachweisen und sind nur selten mit der ursprünglichen Störung in Verbindung zu bringen, da Auswirkungen etwa auf Reproduktionserfolg oder Populationstrends häufig erst nach längerer Zeit sichtbar werden und nur kontrolliert durch experimentelle Ansätze verfolgt werden können. Die Schwierigkeiten, vor allem langfristige Effekte zu erfassen und einer Ursache zuzuordnen, sind der Grund dafür, dass Informationen zu den Auswirkungen von Erholungsnutzung auf Populationstrends und -ausbreitung (Stufe 4, Abb. 2) in der Fachliteratur nicht zu finden sind. Detailliertere Informationen bezüglich der Auswirkungen von Erholungsnutzung auf Physiologie, Reproduktionsstaus und -erfolg sowie auf Populationstrends würden jedoch dazu beitragen, das Management von Wildtieren nicht nur in Schutzgebieten langfristig zu verbessern.

Häufig sind in Schutzgebieten bereits sinnvolle Managementansätze zur Besucherlenkung implementiert, um Auswirkungen von Erholungsnutzung abzuschwächen. Dazu zählen beispielsweise ein Wegegebot, das die Vorhersehbarkeit von Erholungsnutzung für Wildtiere erleichtert, sowie (zeitweise) Betretungsverbote in bestimmten Gebieten, um sichere Rückzugsorte für Wildtiere zu schaffen, was besonders für störungsempfindliche Arten von Bedeutung ist. Um Stö-

Fazit für die Praxis

- Besucherzahlen steigen weltweit in Schutzgebieten an, während zunehmend nachteilige Effekte von Erholungsnutzung auf Wildtierverhalten und Wildtierphysiologie nachgewiesen werden.
- Eine Konzentration von Erholungsnutzung in bestimmten Bereichen ist einer gleichmäßigen Verteilung über ein Gebiet vorzuziehen, da so Ruhezeiten geschaffen und die Störungen für Wildtiere vorhersehbarer werden.
- Die Intensivierung der Nutzung von bereits vorhandenen Wegen und eine Verkleinerung des vorhandenen Wegenetzes, ein Wegegebot sowie die Implementierung von (zeitweisen) Betretungsverboten, etwa zur Zeit der Jungenaufzucht, im Winter aber auch während der Dämmerung und Nacht, können diese Ziele unterstützen.
- Viele Fragestellungen lassen sich nicht mit korrelativen Studien bearbeiten, da sich die Auswirkungen der verschiedenen Einflussvariablen nicht klar trennen lassen. Deshalb sind experimentelle Ansätze notwendig, um robuste Antworten auf die noch vielen offenen Fragen geben zu können.
- Ein gezieltes Besucher- und Wildtiermonitoring ist wichtig, um gebietspezifische Managementstrategien zu entwickeln, welche Effekte von Erholungsnutzung auf Wildtiere minimieren.

rungen durch das Mitführen von Hunden zu vermeiden, ist in vielen Schutzgebieten zumindest eine Leinenpflicht vorgesehen oder das Mitführen von Hunden verboten. Jedoch würden Wildtiere allgemein von einer Einschränkung von Erholungsnutzung während der Nacht, zur Setz- und Aufzuchtzeit sowie in den Wintermonaten profitieren. Eine Konzentration von Erholungsnutzung in bestimmten Bereichen, statt einer gleichmäßigen Verteilung über ein Gebiet, würde Wildtieren ein Ausweichen in weniger störungssensitive Bereiche ermöglichen und die Belastung weiter reduzieren (Ciuti et al. 2012, Heinemeyer et al. 2019, Miller et al. 2020). Die Positionierung und Begrenzung etwa von Parkplätzen und anderen Zugangspunkten von Schutzgebieten und die gezielte Planung von Rastplätzen und dergleichen können Strategien sein, um Besucherströme gezielt zu lenken (Isachenko et al. 2019, Mitrovich et al. 2020). Wildtiere meiden Wege be-

reits ab einer sehr geringen Wegenutzung (ab ein bis zwei Nutzern pro Stunde; Rogala et al. 2011) und Wededichte (ab 1 km/km²; Whittington et al. 2005). Daher ist eine Intensivierung der Nutzung von bereits bestehenden Wegen statt einer Erweiterung des Wegenetzes sowie die Einführung von Wegfreien Zonen, gegebenenfalls durch das Entfernen von bereits bestehenden Wegen, empfehlenswert, da so Ruhezeiten geschaffen und Auswirkungen von Erholungsnutzung vermindert werden können (Reilly et al. 2017, Scholten et al. 2018). Nellemann et al. (2010) fanden, dass der Rückbau eines Skiresorts mit den dazugehörigen Wegen zu einer Wiederbesiedelung durch Rentiere führte. Somit besteht die Möglichkeit, dass nachteilige Effekte von Wegen auf Wildtiere nach ihrer Entfernung wieder rückgängig gemacht werden können. Studien, die sich mit kumulativen Effekten zwischen Erholungsaktivitäten und Bejagung beschäftigen, gibt es kaum (siehe aber Kays et al. 2017), was die Entwicklung von Managementmaßnahmen deutlich erschwert. Des Weiteren fehlt in deutschen Nationalparks ein langfristiges Monitoring der Schalenwildbestände, wodurch eine Evaluierung der Auswirkungen von Bejagung auf Wildtiere momentan nicht möglich ist (Ehrhart et al. 2018). Ein Ausbau des Besuchermonitorings sowie der interdisziplinären Zusammenarbeit mit dem Wildtiermanagement und -monitoring wäre zudem in vielen Schutzgebieten nötig, um Informationen über Erholungsaktivitäten und Besucherverhalten sowie deren Auswirkungen auf Wildtiere zu erfassen, und wird von Schutzgebietsmanagern zunehmend als wichtig angesehen, um das Besucher- und Wildtiermanagement zu verbessern (Dupke et al. 2019).

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Sensibilisierung von Erholungssuchenden bezüglich ihres eigenen Störpotenzials für Wildtiere. Oft sind sich Besucher nicht über die Auswirkungen ihrer Aktivitäten bewusst (Gruas et al. 2020), wodurch es zu unachtsamem und falschem Verhalten kommen kann. Hier sind gezielte Umweltbildungsangebote wichtig, um mehr Verständnis für bestehende Regeln und Einschränkungen zu schaffen und deren Einhaltung zu erreichen. Managementansätze lassen sich jedoch nicht verallgemeinern und sollten sich nach den in dem jeweiligen Schutzgebiet gegebenen Bedingungen richten, was die dringende Notwendigkeit eines langfristigen Wildtier- und Besuchermonitorings in Schutzgebieten unter-

streicht. Ziel ist, lokale Managementmaßnahmen ableiten und begründen zu können, um den Erhalt der Schutzgüter sowie die Koexistenz zwischen Menschen und Wildtieren auf Dauer zu gewährleisten.

Literatur

Aus Umfangsgründen steht das ausführliche Literaturverzeichnis unter Webcode [NuL2231](#) zur Verfügung.

KONTAKT



M.Sc. Anne Peters ist Projektmitarbeiterin im Sachgebiet für Besuchermanagement und Nationalparkmonitoring der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und Doktorandin an der Universität Freiburg. Arbeitsschwerpunkt: Erforschung der Effekte von Erholungsaktivitäten

und Jagd auf Wildtiere. Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Bonn und Wald- und Naturschutz mit dem Schwerpunkt Wildtierökologie und Management an der Universität Wageningen, Niederlande.

> anne.peters@npv-bw.bayern.de



B.Sc. Ramona Ruess studiert in ihrem Master Environmental Sciences an der Universität Freiburg und fokussiert sich dabei auf Wildtiere und Biodiversität. Verfasst derzeit ihre Masterarbeit in Kooperation mit dem Nationalpark Bayerischer Wald über die ökologischen Einflüsse von

Schalenwild auf die Biodiversität. Bachelor in Umweltwissenschaften mit dem Nebenfach Naturschutz und Landschaftspflege in Freiburg.

> ramonaruess@gmx.de



Prof. Dr. Marco Heurich ist Sachgebietsleiter an der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald und Professor für Wildtierökologie und Naturschutzbiologie an der Universität Freiburg und der Inland Norway University for Applied Science. Initiierte mehrere internationale Forschungsinitiativen, aktuell als wissenschaftlicher Koordinator der europaweiten Luchs- und Wildkatzenforschung aktiv. Für seine wissenschaftlichen Arbeiten zum Ausgleich zwischen Technik, Wirtschaft und Natur wurde er mit dem Lennart-Bernadotte-Preis für Landespflege ausgezeichnet.

> marco.heurich@npv-bw.bayern.de