

Gamslebensräume in den Bayerischen Alpen

LEBENSRAUMANALYSE UND ENTWICKLUNG EINES
GIS-TOOLS ZUR IDENTIFIKATION
GEEIGNETER RUHEGEBIETE



Foto: imageBROKER.com / Christian Neumann

Gefördert durch:
Der Silberne Bruch



DEUTSCHE
WILDTIER
STIFTUNG



Gamslebensräume in den Bayerischen Alpen

Bewertung der Sommer- und Winterlebensräume und

Entwicklung eines GIS-Tools zur Identifikation
geeigneter Ruhe- bzw. Jagdzeitauflösungsgebiete

eine Studie der

¹Deutschen Wildtier Stiftung
Christoph-Probst-Weg 4
20251 Hamburg

Telefon 040 970 78 69-21
A.Kinser@DeWiSt.de

in Zusammenarbeit mit

²Universität für Bodenkultur Wien
Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung
Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft (IWJ)

³GIS-Akademie Trainees Dortmund

Autoren

Andreas Kinser¹ (korrespondierender Autor)
Oliver Deck²
Emma Didier³
Anna K. Lechtenböcker³
Christine Miller²
Constanze Wegscheider¹
Iris Wiethe³
Hilmar Freiherr v. Münchhausen¹

Hamburg, im März 2021

Gefördert durch:

Der Silberne Bruch



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	3
1 EINLEITUNG	5
1.1 Einstandswahl des Gamswildes	5
1.1.1 Allgemeine Lebensraumansprüche	5
1.1.2 Sommer- und Wintereinstände	6
1.2 Schutzwaldsanierung im Gamslebensraum	7
1.3 Bedeutung von ganzjährigen Ruhe- bzw. Jagdzeitauflhebungs-Gebieten für Gamswild	7
1.4 Projektziele	9
2 QUALIFIZIERUNG DER GAMSLEBENSÄRÄUME	9
2.1 Methodik	9
2.1.1 Auswahl repräsentativer Präsenzflächen und der Modellvariablen	9
2.1.2 Datenaufbereitung und Modellierung	10
2.1.3 Modellselektion	12
2.2 Ergebnisse	13
3 ENTWICKLUNG EINES GIS-TOOLS ZUR IDENTIFIKATION GEEIGNETER RUHE- BZW. JAGDZEITAUFHEBUNGS-GEBIETE	16
3.1 Methodik	16
3.1.1 Berücksichtigte Geoinformationen	16
3.1.2 Vektorverschneidung, Rasterverarbeitung & Darstellung	17
3.2 Ergebnisse	19
4 DISKUSSION	23
4.1 Qualifizierung der Gamslebensräume	23
4.2 Entwicklung eines GIS-Tools zur Identifikation geeigneter Ruhe- bzw. Jagdzeitauflhebungs-Gebiete	24
5 FAZIT	26
6 LITERATUR	26

ZUSAMMENFASSUNG

Gämsen sind typische Bewohner alpiner und subalpiner Lebensräume. Die wichtigsten Komponenten in ihrem Lebensraum sind sonnige und damit im Winter wärmebegünstigte Lagen mit geringer Schneedecke. Für Geißen und Kitze sind im Sommer zudem Almen oder alpine Matten notwendige Habitatstrukturen. Neben diesen Habitatelementen der Hochgebirgsregionen leben Gämsen typischerweise auch in bewaldeten Bereichen geringerer Höhenlagen, wie es auch aus archäozoologischen Daten oder außeralpinen Gamsgebieten bekannt ist. Sowohl im Hochgebirge als auch im Bergwald sind steile Rückzugsgebiete wie eine Wand oder ein steiler Felsgrat stets Komponenten des Gamslebensraumes.

In den Bayerischen Alpen wird im Lebensraum der Gämsen seit 30 Jahren die sogenannte Schutzwaldsanierung betrieben. Ihr Ziel ist es unter anderem, dass sogenannte Sanierungsflächen, also meist Freiflächen in lichten Waldstrukturen, zu Wald werden. Zu diesem Zweck gibt es in den Bayerischen Alpen Gebiete, in denen die Schonzeit für Gämsen aufgehoben wurde und die Art ganzjährig gejagt werden darf (Schonzeitaufhebungsflächen). Allein in Oberbayern ist dies auf über 25.000 Hektar der Fall, die Bayerischen Staatsforsten, die etwa 80 % des Gamslebensraums bewirtschaften, erlegen beinahe jede fünfte Gams auf diesen ausgewiesenen Flächen in der Schonzeit. Durch den anhaltend hohen Jagddruck gibt es vor allem im Regierungsbezirk Oberbayern nur noch sehr wenige, für das Gamswild ganzjährig gut geeignete und nutzbare Rückzugsgebiete. Inzwischen weist die mehrjährige Analyse der Jagdstrecke darauf hin, dass die Gamsbestände zumindest lokal bereits deutlich übernutzt und destabilisiert sind. Dabei ist Deutschland nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie verpflichtet, einen günstigen Erhaltungszustand von Gämsen zu bewahren. In der Konsequenz ist die Art mittlerweile auf der Vorwarnliste der Roten Liste der Tiere Deutschlands zu finden.

In vielen Alpenländern, wie beispielsweise Frankreich, Italien oder der Schweiz, existieren Wildruhezonen, in denen Gämsen nicht gejagt werden dürfen und die möglichst frei von menschlichen Störungen gehalten werden. Solche Wildruhe- bzw. Jagdschongebiete wären auch in den Bayerischen Alpen ein wichtiges Instrument, um den günstigen Erhaltungszustand des Gamswildes nachhaltig zu sichern. In solchen Gebieten könnte die Art zumindest lokal natürliche Alters- und Sozialstrukturen sowie Verhaltensweisen ausbilden oder ungestörte Rückzugsorte finden. Ziel der hier vorgestellten Studie war, die potentiellen Winter- und Sommerlebensräume der Gämse in den Bayerischen Alpen zu qualifizieren und auf dieser Grundlage ein GIS-Tool zu entwickeln, mit dem biologisch geeignete Ruhe- bzw. Jagdzeitauhebungs-Gebiete identifiziert werden könnten.

Zur flächenscharfen Analyse und Bewertung des Gamswildlebensraumes in den Bayerischen Alpen wurde ein Habitatmodell genutzt, das ursprünglich für das Bundesland Vorarlberg in Österreich entwickelt und geprüft worden ist. Die Anpassung des Modells an die Bedingungen der Bayerischen Alpen geschah durch Präsenzdaten aus fast allen bayerischen Landkreisen mit Gamsvorkommen. Die Präsenzdaten des Gamswildes im Sommer bzw. Winter wurden als abhängige Variable durch folgende Geländevariablen im Lebensraummodell (Rastergröße 50 x 50 m) erklärt:

- Höhe über Normal-Null (NN)
- Exposition (Himmelsrichtung des Geländes)
- Hangneigung (Steilheit des Geländes)
- Sonneneinstrahlung im Sommer (21.6.2018 – 12 Uhr mittags)
- Sonneneinstrahlung im Winter (21.12.2018 – 12 Uhr mittags)
- Bodendeckung (Wald, Offenland [Grünland bzw. alpine Matten], Fels)

Auf der Grundlage der qualifizierten Gamslebensräume wurde ein GIS-Tool entwickelt, mit dessen Hilfe künftig jeder Anwender beliebig viele Kombinationen der Eingangsdaten sowie -parameter auswählen kann, um vor dem Hintergrund unterschiedlicher Fragestellungen biologisch geeignete Ruhe- bzw. Jagdzeitauhebungs-Gebiete (JAG) für Gämsen zu identifizieren. Das sogenannte „JAG-Tool“ wird über eine Eingabemaske bedient und ermöglicht durch die Variation von Parametern (z.B. minimale Güte von Sommer- und Winterlebensraum) sowie die Einspeisung stets aktualisierter Grundlagendaten eine stetige Anpassung der Ergebnisse. Beispielsweise identifizierte ein Routinedurchlauf, der die biologisch sinnvollsten Flächen für mindestens 500 Hektar große Ruhe- bzw. Jagdzeitauhebungs-Gebiete auswählen sollte, eine Kulisse von insgesamt 132.000 Hektar in neun bayerischen Landkreisen. Ein weiterer Routinedurchlauf mit ansonsten identischen Vorgaben, bei dem aber ausschließlich Flächen der Bayerischen Staatsforste berücksichtigt worden sind und bei dem bestehende Schonzeitauhebungs- und Sanierungsflächen ausgegrenzt wurden, identifizierte eine Kulisse von nur noch etwa 30.000 Hektar in acht bayerischen Landkreisen.

Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der genutzten Methodik und der Qualität der zur Verfügung stehenden Daten diskutiert. Dabei wird unterstrichen, dass die Ergebnisse der vorgestellten Studie keine flächenscharfen Vorschläge für Ruhe- bzw. Jagdzeitauhebungs-Gebiete in den Bayerischen Alpen sind. Um diese zu formulieren, müssen zunächst deren Motiv (Lebensraumberuhigung oder Sicherung der natürlichen Alters- und Sozialstruktur) geklärt und die lokalen und häufig konkurrierenden Flächenziele der Akteure abgewogen werden. Beides kann nur durch einen partizipativen Prozess vor Ort erfolgen, der nicht Bestandteil der hier vorgestellten Studie war. Sehr wohl können mit den Ergebnissen der Studie nun jedoch gezielt Gebiete identifiziert werden, in denen solche Maßnahmen besonders wirkungsvoll wären.

1 EINLEITUNG

1.1 Einstandswahl des Gamswildes

1.1.1 Allgemeine Lebensraumansprüche

Im Gegensatz zu hochspezialisierten Bergwildarten wie dem Steinwild verfügt die Gämse über eine hohe Plastizität bei der Wahl und Nutzung verschiedener Lebensräume. Studien zur Raumnutzung dieser Art zeigen heute ein vielfältiges Bild ihrer Lebensraumansprüche und der populationsbegrenzenden Faktoren (MILLER & CORLATTI 2014). Gämsen sind dabei vor allem, aber nicht nur, an die Bedingungen alpiner und subalpiner Lebensräume hervorragend angepasst und damit typische Bewohner von Höhenlagen zwischen 1.500 und 2.500 Meter über dem Meeresspiegel. Um jedoch die zum Teil beträchtlichen saisonalen Schwankungen der Umweltbedingungen in ihrem jeweiligen Lebensraum abpuffern zu können, ist die Erreichbarkeit und das Ausmaß bestimmter Lebensraumtypen für das langfristige Überleben dieser Art von großer Bedeutung (BRIVIO et al. 2016). Die wichtigsten Lebensraumkomponenten sind sonnige und damit wärmebegünstigte Lagen mit geringer Schneedecke im Winter für alle Individuen. Für Geißen und Kitze sind zudem produktive Grasflächen wie z.B. ungestörte Almflächen im Sommer notwendige Habitatstrukturen. Dem Gamslebensraum immanent sind immer steile Rückzugsgebiete. Das kann eine Wand im Hochgebirge ebenso sein wie ein steiler Felsgrat im Bergwald oder eine ausreichend steile Böschung an einem Flusssufer (LOVARI & FERRETTI 2014).

Neben diesen klassischen Habitatelementen in den Gamslebensräumen der Hochgebirgsregionen wurde in den vergangenen Jahrzehnten eine fortschreitende Rückeroberung bewaldeter Bereiche in geringeren Höhenlagen beobachtet. Auch archäozoologische Daten aus der Schweiz zeigen, dass Gämsen nach dem Ende der letzten Eiszeit vollkommen bewaldete, aber steile Habitate genutzt haben (BAUMANN et al. 2005). Die Art kann somit das ganze Jahr über im Wald leben, sobald dort auch steiles, felsiges Gelände und Hangeinschnitte zur Verfügung stehen, die einen ausreichend großen Anteil im Habitat darstellen. Solche Lebensräume mit reliefbedingt hoher Strukturdichte bieten den Tieren stets die jeweils besten mikroklimatischen Bedingungen und gewährleisten so eine andauernde Versorgung mit Äsung bei ausreichender Deckung. Waldeinstände stellen somit keinesfalls ungünstige, zweitrangige oder gar unnatürliche Gamslebensräume dar (BAUMANN & STRUCH 2000). Entsprechend existieren vitale Populationen im subalpinen Bergwald und in montanen Lagen – der Schweizer Jura ist hierfür ein gutes Beispiel. Große Beutegreifer wie Wolf oder Luchs verhindern die Nutzung dieser walddreichen Einstände durch die Gämsen keineswegs, auch wenn unter bestimmten Umständen der Einfluss von Luchsen auf Gamspopulationen von Bedeutung sein kann (VOGT 2015).

Der Rückzug der Gams aus Waldgebieten ist somit eher mit dem Zustand des Waldes und dessen Nutzung gekoppelt. Auch in außeralpinen Gamsgebieten, von den Pyrenäen bis zum Kaukasus, in denen auch große Beutegreifer vorkommen, leben Gämsen weiterhin in Waldgebieten oder nutzen sie saisonal (BREITENMOSER et al. 2010, HERRERO et al. 2014, AMBARLI 2014, GAZZOLA et al. 2007, PETERSON et al. 2014). Die Diskussion, ob Waldgams eine Folge von unnatürlichen Verhältnissen oder Überhege sei, kann heute somit als abgeschlossen betrachtet werden. Darüber hinaus gibt es erste Hinweise dafür, dass sich das Verbreitungsgebiet der alpinen Gämsen als Reaktion auf die Klimaerwärmung in tiefere, bewaldete Gebiete verschiebt (REINER et al. im Druck).

1.1.2 Sommer- und Wintereinstände

Jede Sozialklasse des Gamswildes sucht im Laufe eines Jahres ihren jeweiligen optimalen Aufenthaltsort im Lebensraum auf. Im Frühjahr befinden sich die Tiere in tiefer gelegenen Lagen, in denen der Schnee bereits geschmolzen ist und das erste frische Grün wächst. Im Laufe des Sommers ziehen die Geißen mit den Jungtieren dann in die Höhenlagen (MILLER & CORLATTI 2014). Während einige Böcke ganzjährig die Nähe der Geißenrudel suchen, besetzen andere Böcke im Frühsommer Territorien in tieferen Lagen. Diese territorialen Böcke sind es, die bei einer gezielten Jagd auf „Waldgams“ auch als erste dezimiert werden (BÖGEL 2001, CORLATTI et al. 2011; CORLATTI et al. 2013). Dabei ist ihre Platzwahl eine monatelange Vorbereitung auf das Brunftgeschehen im Spätherbst. Sie besetzen frühzeitig Gebiete, die im November und Dezember einen strategischen Vorteil bei der Brunft ermöglichen.

Grundsätzlich bilden „Steilheit“ ($> 30^\circ$) und „Felsanteil“ ($> 10\%$) zwei Variablen, die einen Lebensraum für Gamswild geeignet machen (BÖGEL et al. 1998, 2001; LOVARI & FERRETTI 2014). Darüber hinaus sind im Sommer ruhige Einstände von großer Bedeutung, in denen sich Hitzestress vermeiden lässt. Für das Scharwild, also Gruppen von Geißen, Kitzen und Jährlingen, ist vor allem das erreichbare Angebot an hochwertiger Äsung entscheidend. Sie entscheidet letztendlich über die Kondition, mit der Geißen und Kitze in den Winter eintreten. Entsprechend sind Gamsgeißen im Sommer sehr wählerisch: Je mehr frisches Grün sie aufnehmen, desto mehr Milch können sie produzieren und umso schneller wachsen die im Juni gesetzten Kitze. Sie sollten im Herbst ein Mindestgewicht erreichen, das sie einen durchschnittlichen Winter überleben lässt. Die Qualität der Sommernahrung, vor allem eiweißreiche Pflanzen wie Rasiger Klee (*Trifolium thalii*), ist dafür ein bedeutender Faktor.

Weidekonkurrenz, zum Beispiel durch Sömmern großer Schafherden auf Almflächen, wirkt sich ebenso direkt auf die Kondition von Geißen und Kitzen aus wie anhaltende Störungen. Diese resultieren aus andauerndem Jagddruck auf Freiflächen, Überfliegungen oder aus touristischen Aktivitäten. Störungen führen zu einem Verlust an Zeit, die die Tiere für die Nahrungsaufnahme aufwenden können sowie zu einem erhöhten Energieverbrauch durch Flucht und das Ausharren in klimatisch suboptimalen Einständen. Dies ist vor allem im Winter fatal, wenn die Tiere von den Körperfett-Reserven leben müssen (FERRETTI et al. 2015, SCHNIDRIG-PETRIG & INGOLD 2001, ENGGIST-DÜBLIN & INGOLD 2003, BOLDT & INGOLD 2005).

Die Lebensbedingungen im Winter sind schließlich das entscheidende Nadelöhr für die Gamspopulation. Wie andere große Pflanzenfresser im alpinen Lebensraum auch, reduzieren die Gämsen, wenn möglich, ihren Stoffwechsel spätestens nach der Brunft im Dezember. Dann suchen sie gezielt Wintereinstände auf, in denen die klimatischen Belastungen möglichst gering sind. Das sind in erster Linie südexponierte, steile und felsdurchsetzte Lagen, in denen der Schnee gut abrutscht und die Wärmeeinstrahlung bei der Temperaturregulation genutzt werden kann. Vor allem Bereiche oberhalb des Bergwaldes bieten diese Kombination an Faktoren, die für die Überwinterungsstrategie des Gamswildes entscheidend ist (MILLER & CORLATTI 2014, BÖGEL 2001). Der Bedarf an Nahrung ist zu dieser Zeit deutlich reduziert und auch die qualitativen Ansprüche an die Äsung haben sich gegenüber den Sommermonaten verschoben: Im Winter sind Gämsen vor allem Raufutterfresser.

Aufgrund des winterlich reduzierten Stoffwechsels wirken Störungen, sei es durch freilaufende Hunde, Jagd, touristische Aktivitäten oder Überfliegungen, besonders negativ auf die Gams (BOLDT & INGOLD 2005, HAYMERLE 2013, ARNOLD et al. 2015). Sind die Tiere außerdem durch ein unnatürliches Geschlechterverhältnis und destrukturierte Sozialverbände erhöhtem Stress ausgesetzt, wirken Störungen noch negativer. Die Zunahme von Krankheiten und der ungünstige Verlauf von im Allgemeinen harmlosen Infekten könnten auf stressbedingt verminderte Immunabwehr des Gamswildes hindeuten.

1.2 Schutzwaldsanierung im Gamslebensraum

Im Lebensraum der Gämsen wird seit 30 Jahren die sogenannte Schutzwaldsanierung betrieben. Ziel von Schutzwaldsanierungen ist es unter anderem, dass sogenannte Sanierungsflächen, also meist Freiflächen in lichten Waldstrukturen, zu Wald werden. Die aufgeforsteten Flächen sollen Lawinen verhindern und dem Objekt- und Hochwasserschutz der Tallagen dienen. Doch lediglich knapp ein Drittel dieser Flächen dient dem konkreten Objektschutz im Tal. Um die kleinräumigen Sanierungsflächen im Bergwald werden großräumig sogenannte Sanierungsgebiete definiert, in denen sich die Waldverjüngung besser etablieren soll. Zu diesem Zweck gibt es fast im gesamten Bayerischen Alpenraum gesonderte Verordnungsgebiete, in denen die Schonzeit für Gamswild aufgehoben wurde und die Art ganzjährig gejagt werden darf (Schonzeitaufhebungsflächen [SZA-Flächen]). Allein in Oberbayern darf auf über 25.000 Hektar die Jagd auf Gams-, Rot- und Rehwild ganzjährig ausgeübt werden. Die Bayerischen Staatsforsten (BaySF [AÖR]), die etwa 80 % des bayerischen Gamslebensraums bewirtschaften, erlegen beinahe jede fünfte Gams auf diesen ausgewiesenen Flächen in der Schonzeit (BAYSF 2017). Da sich die SZA-Flächen oft mit den bevorzugten Wintereinständen des Gamswilds überlagern, entsteht durch den stetigen Abschuss eine hohe Sogwirkung auf umliegende Gamsbestände, aus denen immer wieder junge Gämsen und dabei vor allem junge Böcke, die die Scharwildrudel auf der Suche nach einem eigenen Revier verlassen, in die frei gewordenen Gebiete einwandern. Damit werden Individuen der Art nicht wie gewollt grundsätzlich von den Sanierungsgebieten vergrämt, sondern die Populationen langfristig dezimiert.

Durch den anhaltend hohen Jagddruck auf den SZA-Flächen als auch den Schutzwaldsanierungsgebieten gibt es in den Bayerischen Alpen, und dabei vor allem im Regierungsbezirk Oberbayern, nur noch sehr wenige, für das Gamswild ganzjährig gut geeignete und nutzbare Rückzugsgebiete. Inzwischen zeigt die mehrjährige Analyse des Alters erlegter Gämsen, die bei den Pflicht-Hegeschaufen in Bayern gezeigt werden müssen, einen hohen Abschuss in der jungen sowie der jüngsten Altersklasse (eigene Daten). Dies deutet nach MILLER et al. 2020 darauf hin, dass die Gamsbestände bereits deutlich übernutzt und destabilisiert sind. Dabei ist Deutschland verpflichtet, einen günstigen Erhaltungszustand von Gamswild zu bewahren, da die Art im Anhang V der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) der EU sowie in der Berner Konvention aufgeführt ist. Bei einem Vergleich des Gamswild-Managements zwischen den EU-Staaten, die ein autochthones Vorkommen der Alpengämse haben, wiesen Deutschland und Teile Österreichs große Defizite auf (MILLER et al. 2020). Vor dem Hintergrund mehrerer Studien, die in klimatischen Veränderungen eine grundsätzliche Gefahr für Gamswildpopulationen sehen (BRIVIO et al. 2016, MASON et al. 2014), ist ein ungenügendes Monitoring der Art besonders riskant. Dass die Gämse mittlerweile auf der Vorwarnstufe der Roten Liste (MEINIG et al. 2020) steht, unterstreicht die dringende Notwendigkeit, den Umgang mit der Gams in den Bayerischen Alpen zu ändern.

1.3 Bedeutung von ganzjährigen Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungsgebieten für Gamswild

Im Laufe des Sommers bewegen sich die Scharwildrudel, die meist unter Leitung von einigen erfahrenen alten Geißen stehen, häufig entlang eines Höhengradienten, um frisches Grün aufnehmen zu können. Je mehr und je bessere Milch ein Kitz bekommt, desto schneller wächst es. Doch der Lebensraum des Gamswildes ist auch Sportgelände, Freizeitpark und Wirtschaftsfläche. Je mehr Menschen in den Sommerlebensräumen der Gämsen unterwegs sind, desto größer ist der Verlust an Äsungszeit und an Weidefläche für die Tiere. Die touristische Nutzung schlägt sich damit direkt in der Milchleistung und folglich in einer geringeren

Gewichtszunahme der Kitze nieder. Geringeres Wachstum der Kitze führt wiederum zu geringeren Gewichten im Winter, wodurch je nach Verlauf der Wintermonate ein höheres Mortalitätsrisiko für Kitze und Geißen sowie ein geringeres Setzgewicht der Kitze im Folgejahr besteht.

Im Winter treffen die Gämsen dagegen aus einem großen Einzugsgebiet eines Gebirgsstocks an den besonders geeigneten Einständen zusammen. Bock und Geiß, Jung und Alt haben jetzt die gleichen Anforderungen an ihren (Über-)Lebensraum: Warme, sonnige Lagen mit ausreichender Steilheit, an denen der Schnee abrutscht und Altgrasflächen zugänglich werden, sind typische Wintereinstände. Störungen auf diesen Flächen führen dazu, dass die Tiere bereits lange vor einer möglichen Ausweich- oder Fluchtreaktion ihren abgesenkten Winter-Stoffwechsel hochfahren müssen. Vor allem für Tiere, die bereits mit verringerten Energiereserven in den Winter gehen, kann das zu einer zusätzlichen Schwächung führen.

Der Mensch beeinflusst die Populationen des Gamswildes jedoch nicht nur durch touristische Störungen, sondern auch durch jagdliche Eingriffe in seine Sozial- und Altersstruktur. In einer natürlichen Rudelstruktur koordinieren alte, ranghohe Geißen das Verhalten des Rudels. Der Eisprung der weiblichen Tiere einer Gruppe ist synchronisiert und erfahrene Böcke können die Befruchtung schnell und zuverlässig übernehmen. In Beständen, in denen die Rangordnung lange nicht geklärt ist oder in denen zu wenige erfahrene Böcke leben, können nicht alle Geißen im ersten Östrus befruchtet werden. Ein erneuter Eisprung etwa drei bis vier Wochen später gibt ihnen eine zweite Chance. Kann diese wieder nicht genutzt werden, können brunftige Geißen bis in den Januar hinein beobachtet werden, was mit einem erhöhten Energieverbrauch einhergeht. Desynchronisierte Brunften erkennt man im Frühsommer an weit gestreuten Setzterminen der Kitze. Das exakte Timing, in dem der Nachwuchs genau zu der Zeit zur Welt kommt und ernährt werden muss, wenn die pflanzliche Situation am günstigsten ist, kommt auf diese Weise gehörig aus dem Tritt. Spät gesetzte Kitze können in der Regel nur schwer das notwendige Mindestgewicht für ein sicheres Überleben im Folgewinter erreichen (MILLER & CORLATTI 2014).

Für die Böcke ist die Brunft ein Spiel auf Risiko. Durch die artspezifische Tragzeit der Geißen sind sie dazu gezwungen, sich unmittelbar vor Einbruch des Winters zu verausgaben. Nicht nur die Nutzung der körpereigenen Energiereserven schwächt dabei die Böcke, sondern auch eine hormonelle Umstellung: Ab Ende Oktober springen die Konzentrationen von Androgenen (Testosteron) und Stresshormonen im Blut nach oben. Für die Böcke, die aktiv an der Brunft teilnehmen, bedeutet das automatisch, dass ihre Immunabwehr in dieser Zeit deutlich reduziert ist. Erkennbar wird dieses Phänomen an der erhöhten Ausscheidung von Parasiteneiern im Kot während dieser Zeit (HOBY et al. 2006, CORLATTI et al. 2012, CORLATTI et al. 2014). Nach der Brunft sinkt der Hormonspiegel (Androgene und Glucocorticoide), das Immunsystem arbeitet wieder auf Hochtouren und die Parasitenbelastung sinkt innerhalb von wenigen Wochen wieder ab. Diese Strategie können sich nur erfahrene, gut konditionierte Böcke gefahrlos leisten und sie funktioniert nur, wenn der Brunftbetrieb innerhalb eines Rudels synchronisiert und damit innerhalb kurzer Zeit rechtzeitig vor dem Wintereinbruch beendet ist. Ist dies nicht der Fall, unterliegen die während der Brunft aktiven Böcke in den folgenden Wochen einer deutlich erhöhten Sterblichkeit (MILLER & CORLATTI 2014). Beim Auftreten der Gamsräude – einer in den Ostalpen immer wieder auftretenden Parasitenerkrankung – erleiden deshalb die alten Böcke im Hochwinter eine überproportionale Sterblichkeit (MILLER 1983, 2009). Fehlen die alten Böcke von vornherein in den Populationen, übernehmen jüngere deren Aufgabe ohne die notwendige physische und soziale Reife zu haben. Sie unterliegen während und nach der Brunft zwangsläufig einer erhöhten Sterblichkeit im Bergwinter (WILLISCH et al. 2013).

An den beiden Beispielen der Kitz-Konstitution und der Beanspruchung der an der Brunft teilnehmenden Gamsböcke zeigen sich die schwerwiegenden Folgen von a) menschlichen Stö-

rungen vor allem durch Tourismus und b) zu starken, unspezifischen jagdlichen Eingriffen in die Gamspopulationen. In vielen Alpenländern, wie in Frankreich, Italien und der Schweiz, existieren daher Wildruhezonen, in denen Gämsen nicht gejagt werden dürfen und die möglichst frei von menschlichen Störungen gehalten werden (MILLER et al. 2020). Touristische Maßnahmen in Ruhegebieten sind beispielsweise Wegegebote für Wanderer, Skitourengeher und Schneeschuhwanderer, Leinenzwang für Hunde und ein absolutes Überflugverbot für Drachenflieger, Paraglider oder Drohnen. Ein kompletter jagdlicher Verzicht auf genügend großen Teilflächen der Gamslebensräume (Jagdzeitaufhebungsgebiete [JZA-Gebiete]) könnte die Populationen zumindest lokal in die Lage versetzen, zu starke Bejagung zu kompensieren und natürliche Alters- und Sozialstrukturen sowie Verhaltensweisen auszubilden.

1.4 Projektziele

Neben grundsätzlichen Fragen zur Bejagung und zum Monitoring von Gamswild wäre die Etablierung von Wildruhe- bzw. Jagdschongebieten ein wichtiger Baustein, um den günstigen Erhaltungszustand des Gamswildes in den Bayerischen Alpen nachhaltig zu sichern. Ziel der hier vorgestellten Studie ist daher,

- die potentiellen Winter- und Sommerlebensräume der Gämse in den Bayerischen Alpen mit Hilfe einer Lebensraumanalyse zu bewerten und auf dieser Grundlage
- ein Tool zur Identifikation biologisch geeigneter Bereiche in den Bayerischen Alpen, die von touristischer Nutzung und/oder der Jagd auf Gämsen ausgenommen werden könnten (Ruhe- bzw. JZA-Gebiete).

Die Analyse der Winter- und Sommerlebensräume der Gämse in den Bayerischen Alpen sowie die darauf aufbauende Habitatmodellierung wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien vorgenommen. Das GIS-Tool zur Identifikation biologisch geeigneter Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungs-Gebiete wurde in Zusammenarbeit mit den GIS-Akademie Trainees aus Dortmund (Kurs 4024) vorgenommen.

2 QUALIFIZIERUNG DER GAMSLEBENSÄÄUME

2.1 Methodik

2.1.1 Auswahl repräsentativer Präsenzflächen und der Modellvariablen

Zur flächenscharfen Analyse und Bewertung des Gamswildlebensraumes in den Bayerischen Alpen wurde ein Habitatmodell genutzt, das zuvor in einem ausgewählten Gebiet der Hochalpen im Bundesland Vorarlberg in Österreich entwickelt und bereits geprüft wurde (DECK 2018). Für die Anpassung des Modells wurden in den Landkreisen Berchtesgaden (BÖGEL 2001), Traunstein, Rosenheim, Miesbach, Bad Tölz-Wolfratshausen, Garmisch-Partenkirchen, Ostallgäu und Oberallgäu Gebiete in den Bayerischen Alpen ausgewählt, die nach Auskunft von Experten, insbesondere von ortskundigen und langjährig tätigen Berufsjägern, von Gamswild bevorzugt im Winter bzw. im Sommer genutzt werden. Im Sommer wurden vor allem die Aufenthaltsorte der Scharwildrudel berücksichtigt. Der Sommerlebensraum für Böcke sowie Vorkommen in tieferen Lagen, in Randbereichen den Bayerischen Alpen und ihren Vorbergen konnten nicht repräsentativ berücksichtigt werden. Für alle ausgewählten Gebiete wurde von den Experten bestätigt, dass es in den letzten Jahren keine größeren Ausfälle durch Seuchenzüge (z.B. Gamsblindheit, Gamsräude) oder durch die Anwesenheit von Großprädatoren gegeben hat, die die Populationsstruktur, das Geschlechterverhältnis oder die An-

zahl der Tiere in den Gamswildbeständen merklich verändert hätten. Diese Gebiete wurden als „Präsenzflächen“ zur Anpassung und Überprüfung der zu errechnenden Lebensraummodelle herangezogen.

Bei der Wahl der entscheidenden Lebensraumvariablen für das Gamswild im Sommer und im Winter wurde auf einschlägige Literatur zurückgegriffen (BABOTAI 1997; MILLER & CORLATTI 2014; SACHSER et al. 2017; schriftliche Mitteilung Roland GRAF). Im Ergebnis wurden folgende Variablen in das Modell aufgenommen:

- Präsenzdaten des Gamswilds im Sommer bzw. Winter (als abhängige Variable)
- Höhe über NN
- Exposition (Himmelsrichtung des Geländes)
- Hangneigung (Steilheit des Geländes)
- Sonneneinstrahlung im Sommer (21.6.2018 – 12 Uhr mittags)
- Sonneneinstrahlung im Winter (21.12.2018 – 12 Uhr mittags)
- Bodendeckung (Wald, Offenland [Grünland bzw. alpine Matten], Fels)

Die Umweltvariablen konnten aus den Datensätzen der Bayerischen Vermessungsverwaltung (DGM 50x50) und dem open-source-Datensatz CORINE Land Cover 2000 abgeleitet werden. Die Vektor-Layer wurden in Raster-Layer mit Rastergröße 50 x 50 m umgewandelt. Alle in der Arbeit verwendeten Layer mussten anschließend in dieselbe Rastergröße und Ausdehnung umgewandelt werden, um konfliktfrei übereinander gelegt zu werden. Nach Umwandlung der Rasterfiles in ASCII Format konnten die Daten dann in das Programm Maxent (PHILLIPS et al. 2006) eingespeist werden.

2.1.2 Datenaufbereitung und Modellierung

Die für das Modell ausgewählten Variablen wurden mithilfe der Software QGIS Version 2.14.17 bearbeitet und für die Software Maxent (Version 3.4.1) vorbereitet. Hierzu wurden ein einheitliches Raster mit der Zellengröße von 25 x 25 Metern und eine gleiche Layerausdehnung (nach MGI Austria GK West, EPSG: 31254) herangezogen, um die einzelnen Layer anschließend konfliktfrei übereinander legen zu können. Bei Layern mit einer feineren Rasterauflösung (in der Regel 5m x 5m) wurde die Aggregationsmethode „average“ gewählt, die in einer neuen Rasterzelle einen Durchschnittswert der vorigen Zellen berechnet.

Die Präsenz des Gamswilds wurde aus den ausgesuchten repräsentativen Präsenzflächen abgeleitet (s.o.). Auf diesen repräsentativen Präsenzflächen wurden zufällig je 50 Koordinatenpunkte pro Fläche gewählt. Somit wurden für die beiden Jahreszeiten jeweils 500 Präsenzpunkte gewählt, welche in einem „csv-file“ und einem „ascii-file“ für das Programm Maxent vorbereitet wurden.

Höhe, Exposition und Hangneigung wurden aus dem Digitalen Geländemodell abgeleitet und die Zellgröße angepasst. Exposition ist dabei die Ausrichtung der Rasterquadrate nach Himmelsrichtung (0-360°), Neigung ist die Hangneigung in Grad und Höhe gibt die Seehöhe in Metern über Adria der Rasterquadrate an. Für die Sonneneinstrahlung wurden zwei Layer erstellt. Hierbei wurde über die Funktion *hillshade* (= Schummerung) aus dem Digitalen Geländemodell die Sonneneinstrahlung zu einem bestimmten Zeitpunkt berechnet. Für den Sommer wurde der 21.6.2018 (12 Uhr) als längster Tag herangezogen, für den Winter der 21.12.2018 (12 Uhr) als kürzester Tag. Die Werte für den Sonnenstand können auf der Seite www.sunearthtools.com (aufgerufen am 11.8.2018) berechnet werden. Hierfür wurden die

Werte „Azimuth“ und „Elevation“, die QGIS zur Errechnung der Schummerung (Sonnenstand) braucht, ausgelesen. Es wurden folgende Standorte betrachtet: Oberstdorf, Kempten (Allgäu), Schwangau, Oberammergau, Garmisch-Patenkirchen, Tegernsee, Rosenheim, Ruhpolding und Berchtesgaden, um die Bandbreite der Sonneneinstrahlungswinkel über die Untersuchungsfläche zu erhalten. Aus diesen Werten wurde anschließend der Mittelwert berechnet und in QGIS zur Berechnung der Sonneneinstrahlung verwendet. Für den Sommer waren die Werte: Azimuth 141,32° und Elevation 61,55° sowie für den Winter: Azimuth 162,68° und Elevation 17,08°. Die Variable „Bodendeckung“ enthält die Kategorien Offenland als Summe des vorhandenen Grünlandes und alpiner Matten sowie Fels und Wald. Bei den Umweltparametern muss in der Modellrechnung mit Maxent zwischen kategorisch und kontinuierlich unterschieden werden. Nur die Bodendeckung ging als kategorische Variable in die Modellrechnung ein; alle weiteren Variablen hatten kontinuierliche Werte.

Das Programm Maxent ist eine frei verfügbare Software zur Modellierung von potentiell geeigneten Flächen einer Art auf Basis von Präsenzdaten und verschiedenen Umweltvariablen (PHILLIPS et al. 2006). Dieser Output von Maxent kann im Weiteren als Habitateignung interpretiert werden (MEROW et al. 2013). Von Vorteil ist, dass hierfür keine Absenzdaten nötig sind, denn diese sind aus verschiedenen Gründen nicht immer zuverlässig (HIRZEL et al. 2002; HIRZEL & LE LAY 2008). Hierfür wurden die in QGIS erstellten und aufbereiteten Layer der Präsenz (Koordinatenpunkte im .csv-Format) und der Umweltparametern (im .asc-Format) herangezogen. Als Output liefert Maxent eine Karte, die die Vorkommenswahrscheinlichkeit der betrachteten Art und damit die potentielle Eignung der Untersuchungsfläche als Lebensraum zeigt und zusätzliche statistische Begleitinformationen zur Interpretation der Ergebnisse bietet. Die Vorhersage der Vorkommenswahrscheinlichkeit beruht dabei auf der Unterscheidung der fundamentalen und der realisierten Nische (HUTCHINSON 1957). Demnach ist die fundamentale Nische der Teil eines Lebensraums, der alle nötigen Bedingungen für die entsprechende Art zur Verfügung stellt. Durch beispielsweise geografische Barrieren, menschliche Einflüsse oder Konkurrenz beziehungsweise Beutegreifer kann es aber sein, dass die Art nicht den gesamten geeigneten Lebensraum besetzt. In diesem Fall spricht man von der realisierten Nische, als jenem Teil des geeigneten Lebensraums, der tatsächlich angenommen wird. Demnach basieren die repräsentativen Präsenzpunkte und damit die berechneten Modelle und Karten auf der realisierten Nische, also jenen Flächen, die tatsächlich vom Gamswild angenommen werden. Dadurch ist die vorhergesagte Verteilung kleiner als das potentiell geeignete Habitat, welches auf der fundamentalen Nische basiert (PHILLIPS et al. 2006).

Maxent vergleicht bei der Modellrechnung die Ausprägung der gewählten Parameter in den Präsenz-Rasterzellen mit der Ausprägung der Parameter in den anderen Rasterzellen, in welchen die Präsenz nicht bekannt ist (MEROW et al. 2013). Damit wird aus den Hintergrunddaten (*background data*) berechnet, in welchen Rasterzellen eine ähnliche Vorkommenswahrscheinlichkeit besteht.

Nach dem Einspeisen der für die Modelle nötigen Variablen ist es möglich, zwischen vier Output-Formaten zu wählen. Diese sind *raw*, *cumulative*, *logistic* und *cloglog*. Zwar unterscheiden sich die Darstellungen der Karten, jedoch sind die rangbasierten Statistikwerte, wie beispielsweise die AUC-Werte (*area under curve*; siehe Kap. 2.1.3) bei allen Modellen gleich (MEROW et al. 2013; PHILLIPS et al. 2017b). Die *cloglog*-Transformation ist laut PHILLIPS et al. (2017b) die angemessenste Methode, um Wahrscheinlichkeit einer Präsenz zu schätzen. Deshalb wurde sie auch im Rahmen dieser Arbeit herangezogen. Diese Transformation schätzt die Wahrscheinlichkeit der Präsenz mit folgender Formel:

$$\text{Präsenz-Wahrscheinlichkeit} = 1 - \exp(-\exp(H)p\lambda(z))$$

(PHILLIPS et al. 2017b)

Wobei H = *Entropie* (d.h. der Informationsgehalt) und $p\lambda(z)$ = *Wahrscheinlichkeitsverteilung*, dass ein Punkt (hier Präsenzpunkt) auf den oder in die Nähe des Punktes z fällt. Die Darstellungen der logistischen und der *cloglog*-Transformation sind sehr ähnlich, doch sind die Werte der letzteren Transformation vor allem im Bereich größerer Werte etwas höher.

Der Anteil der Präsenzdaten, der zur Modellvalidierung herangezogen werden soll, kann zufällig gewählt werden (PHILLIPS et al. 2017a) und wurde hier bei 25 % festgesetzt. Das heißt 25 % der Präsenzdaten werden zur Überprüfung beziehungsweise als Testdatensatz hergenommen, um die Modellgüte zu testen. Dabei werden die Testpunkte von Maxent zufällig ausgewählt, bleiben aber bei jedem Durchlauf dieselben.

Der „regularization multiplier“ gibt an, wie sehr sich die jeweilige Modellvariante an den Präsenzdaten orientiert (PHILLIPS et al. 2017a) und legt damit gewissermaßen einen zulässigen Pufferbereich um die Mittelwerte der Umweltparameterausprägungen. Dabei bergen kleine Werte die Gefahr der Überanpassung des Modells. Je größer der Wert gewählt wird, desto generalisierter wird das Ergebnis (ELITH et al. 2011). Hier wurde der Wert 2,0 gewählt. Er liegt im mittleren Bereich, um einerseits nicht zu spezielle aber andererseits auch nicht zu allgemeine Ergebnisse zu erhalten (RADOSAVLJEVIC & ANDERSON 2014).

Da die Wahl der Präsenzpunkte innerhalb der ausgesuchten, repräsentativen Präsenzflächen willkürlich war, wurden für das Winter- und das Sommermodell je drei Durchläufe mit jeweils unterschiedlichen Präsenzdaten durchgeführt. Diese Vorgehensweise wurde nach Sommer und Winter getrennt durchgeführt. Die folgenden Variablen wurden dabei in den Wintermodellen berücksichtigt:

Präsenz, Bodendeckung, Exposition, Wintersonne, Neigung, Seehöhe

Folgende Variablen wurden in den Sommermodellen berücksichtigt:

Präsenz, Bodendeckung, Exposition, Sommersonne, Neigung, Seehöhe

Insgesamt wurden je Jahreszeit drei Durchläufe (jeweils 1x *Cloglog* und 1x *cumulative*) mit veränderten Koordinaten gestartet und deren Ergebnisse verglichen. Da sich diese nur geringfügig unterschieden, wurden im Weiteren nur die *Cloglog*-Ergebnisse berücksichtigt.

2.1.3 Modellselektion

Die Güte der Ergebnisse wird über zwei Werte ermittelt: Zum einen die *Omission Rate*, die ein Parameter ist, mit welchem die Vorhersagefähigkeit des erzeugten Modells bewertet wird. Hierbei sollte die Kurve der Test Omission Rate nahe an der Geraden liegen, die die vorhergesagte Omission Rate darstellt (PHILLIPS et al. 2017a). Zum anderen wird die ROC-Kurve (*Receiver-Operating-Characteristic-Kurve*) herangezogen. Diese ist eine Grenzwertoptimierungskurve und zeigt die Anpassung des Modells an die Test- beziehungsweise Trainingsdaten. Die Fläche unter den Kurven wird als AUC (*area under curve*) bezeichnet und gibt einen Wert der Modellgüte. Dieser Wert kann zwischen 0 und 1 liegen, wobei der Wert 0,5 die Werte eines zufälligen Modells darstellen und somit alle Werte, welche kleiner als 0,5 sind schlechter als ein zufälliges Modell sind (PHILLIPS et al. 2017a). Nach HOSMER et al. (2013) wird folgende Interpretation der AUC-Werte empfohlen: Werte zwischen 0,5 und 0,7 widerspiegeln eine schlechte Modellgüte; Werte zwischen 0,7 und 0,8 sind akzeptabel; Werte zwischen 0,8 und 0,9 sind exzellent und Werte über 0,9 sind hervorragend.

2.2 Ergebnisse

Der Vergleich der drei Durchläufe mit unterschiedlichen Präsenzdaten ergab sowohl bei den Sommer- als auch den Winterlebensräumen eine sehr hohe Übereinstimmung und damit eine vernachlässigbare Abweichung der Ergebnisse voneinander. Hierfür wurden sowohl die Karten der Vorkommenswahrscheinlichkeit, als auch die Omission Rates und die ROC-Kurven mit den AUC-Werten verglichen.

Abbildung 1 zeigt die Vorkommenswahrscheinlichkeit des Gamswilds in den Wintermonaten (Dezember bis Februar). Die Skala reicht von hellgrünen und grünen Bereichen, die ungeeignete Winter-Lebensräume darstellen, über gelbliche zu lila farbige (ab der Güte 0,7) Bereichen, die gut bzw. sehr gut geeignete Winter-Lebensräume darstellen. In den betrachteten Wintermonaten Dezember bis Februar werden vor allem südseitige Lagen sowie Lagen unter 1.600 m vom Gamswild bevorzugt.

Abbildung 2 zeigt die Vorkommenswahrscheinlichkeit des Gamswilds in den Sommermonaten (Juni bis August). Die Skala reicht auch hier von hellgrünen und grünen Bereichen, die ungeeignete Lebensräume darstellen, über gelbliche bis zu roten (ab Güte 0,7) Bereichen, die gut bis sehr gut geeignete Sommer-Lebensräume darstellen. Das Ergebnis zeigt eine sehr gute Eignung hoher und felsiger Lagen über 1.500 Metern um Berggipfel und Grate herum sowie Offenlandbereiche wie Almen oder alpine Matten. Tallagen und niedriger gelegene Abschnitte sind demnach im Sommer weniger geeignet. Die Siedlungsbereiche werden offenbar im Sommer stärker gemieden.

Für die grauen Flächen, die vor allem auf den Karten der Sommerlebensräume zu sehen sind, konnte keine Vorkommenswahrscheinlichkeit berechnet werden, da für sie keine Daten zur Variable „Sonneneinstrahlung im Sommer“ vorhanden waren. Die Variable wurde mit QGIS anhand des Winkels und der Höhe der Sonne berechnet. Das erklärt auch, weshalb die „Löcher“ überwiegend an den Nordhängen auftauchen, an denen die Sonne nicht scheint.

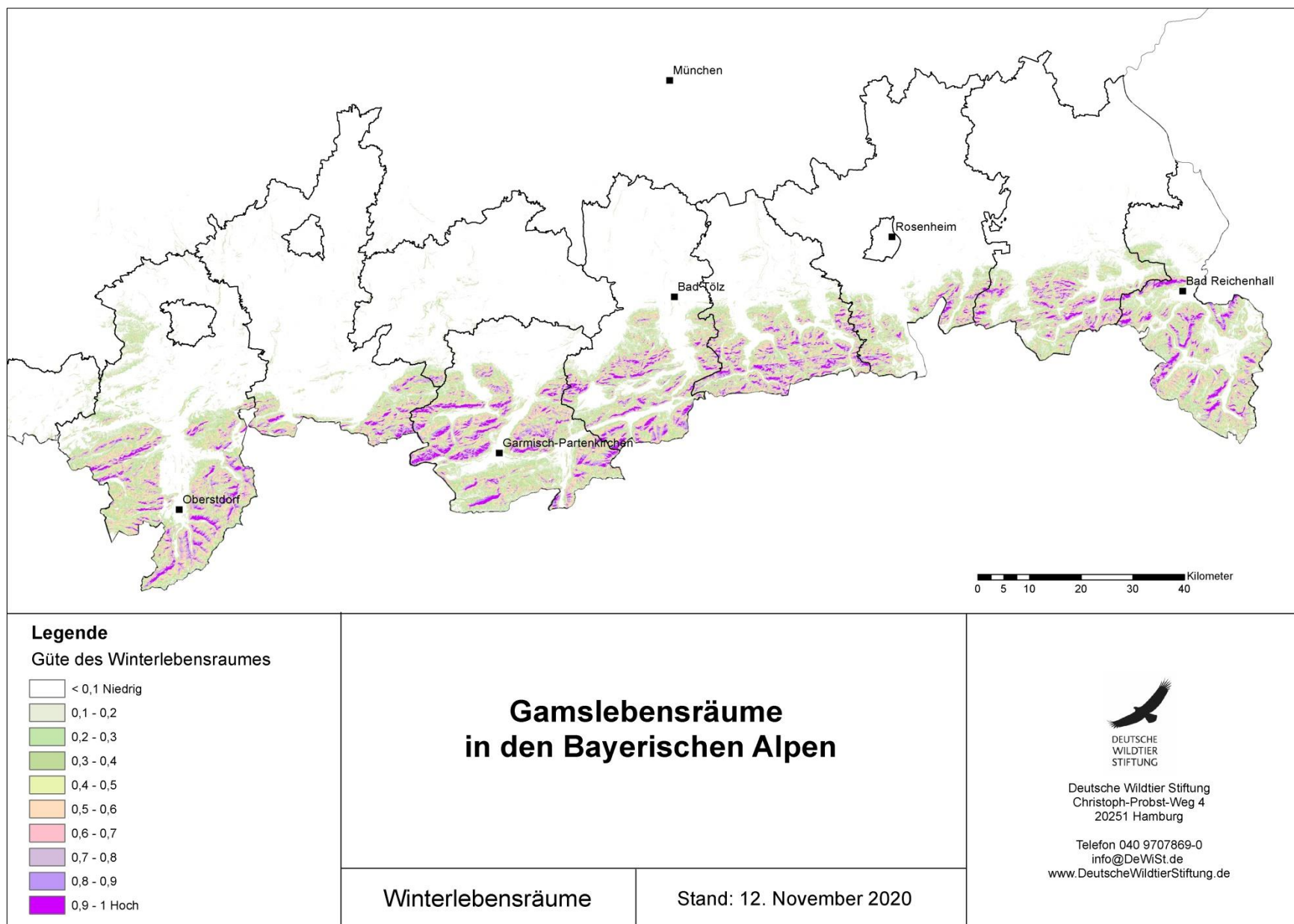


Abb. 1: Habitateignung für Gamswild in den Bayerischen Alpen im Winter (Monate Dezember bis Februar) (AUC training data 0,921/ AUC test data 0,908)

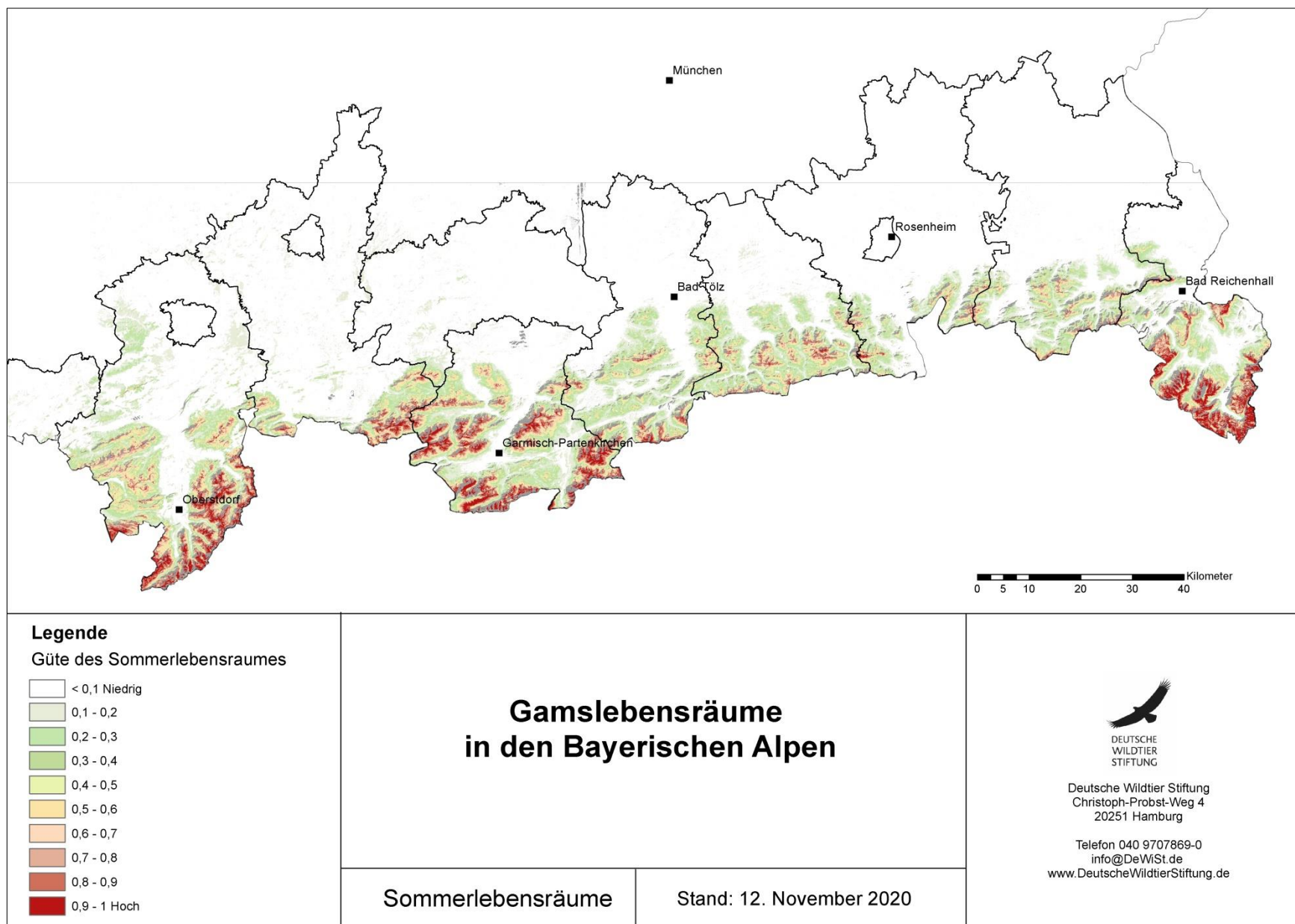


Abb. 2: Habitateignung für Gamswild in den Bayerischen Alpen im Sommer (Monate Juni bis August) (AUC training data 0,929/ AUC test data 0,932) (graue Flächen = fehlende Daten)

3 ENTWICKLUNG EINES GIS-TOOLS ZUR IDENTIFIKATION GEEIGNETER RUHE- BZW. JAGDZEITAUFHEBUNGS-GEBIETE

3.1 Methodik

3.1.1 Berücksichtigte Geoinformationen

Auf der Grundlage der qualifizierten Gamslebensräume nach Kapitel 2 sollte in einem weiteren Schritt ein GIS-Tool entwickelt werden, mit dessen Hilfe Gebiete identifiziert werden können, die sich besonders als ganzjährige Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungsgebiete (JZAG) eignen würden. Grundsätzlich sollte das Tool dafür zwischen zwei Arten von Suchkriterien unterscheiden:

1. Weiche Kriterien: Die Parameter dieser Suchkriterien sind variabel. Beispielsweise kann bestimmt werden, wie breit die auszugrenzende Zone um Skilifte und Skitourenabfahrten sein soll oder wie hoch der Grad der Habitateignung (Güte) gesetzt werden soll.
2. Harte Kriterien: Diese bestimmen, welche Flächen absolut aus- oder eingegrenzt werden sollen. Beispielsweise könnten SZAH-Flächen, die einem konkreten Objektschutz in den Tallagen dienen, ausgegrenzt werden.

Da die Identifikation geeigneter Ruhe- bzw. JZA-Gebiete eine Vielzahl von Arbeitsschritten sowie variabler Parametern beinhaltet, wurde ein iteratives GIS-Tool für ArcGIS Desktop 10.7 mit Hilfe der Programmiersprache Python entwickelt. Bei der Programmierung wurden folgende Geoinformationen berücksichtigt:

- Lage potentieller Gamslebensräume, definiert anhand von Lebensraumparametern (Höhe/ Steilheit)
- Rasterdaten zur Vorkommenswahrscheinlichkeit von Gämsen im Sommer- und Winterhalbjahr in den Bayerischen Alpen (s. Kap. 2)
- Lage der Schonzeitaufhebungsgebiete nach Verordnung über die Änderung der Jagdzeiten für Schalenwild in Sanierungsgebieten im Regierungsbezirk Oberbayern vom 22.2.2019 (SZAH-Flächen)
- Abgrenzung bayerischer Landkreise
- Kulisse der Forstbetriebe der Bayerischen Staatsforstverwaltung (BaySF)
- Lage der Schutzwaldsanierungsflächen
- Lage der Wald-Wild-Schongebiete (zu Darstellungszwecken)
- Lage der Wildschutzgebiete (zu Darstellungszwecken)

Standort und Lage der Skigebiete sowie der Skilifte und -bahnen, die vor allem während der Wintermonate eine potentielle Störung für das Gamswild darstellen, wurden anhand des web-basierten Bayernatlas digitalisiert (letzter Stand: 18.5.2020). Die bayerischen Skipisten aus dem Jahr 2002 wurden vom Bayerischen Landesamt für Umwelt ausschließlich zur Nutzung im Rahmen dieses Projektes zur Verfügung gestellt.

3.1.2 Vektorverschneidung, Rasterverarbeitung & Darstellung

Auf der Grundlage der vorhandenen Geodaten wurde die Datenverarbeitung und -präsentation des JAG-Tools folgendermaßen programmiert:

Alle eingegebenen shape-files werden in Feature Classes konvertiert und in eine File-Geodatabase gespeichert. Um alle Informationen aus dem Layer zur Lage potentieller Gamslebensräume zu erhalten, wird dieser mit einem *Intersect*-Befehl auf die Flächen der Forstbetriebe (ohne NP Berchtesgaden) zugeschnitten. Anschließend werden, falls gewollt, anhand von einem selbst angelegten *Erase-Tool* die SZAH-Flächen, Schutzwald-Sanierungsflächen und Skipisten ausgegrenzt („harte Kriterien“). Ebenfalls können wahlweise die Skilifte ausgegrenzt werden. Zusätzlich kann der „Puffer um Skilifte (m)“ eingesetzt werden, der die mögliche Reichweite einer tolerierten Störung durch die Skilifte für die Gämse festlegt. Der Bereich innerhalb dieser Distanz zu jedem Skilift wird dann ebenfalls ausgegrenzt.

Wenn mit Hilfe des JAG-Tools die biologisch sinnvollsten Gebiete identifiziert werden sollen, dürfen weder SZAH- noch Schutzwald-Sanierungsflächen oder –gebiete und auch keine nicht-staatlichen Flächen ausgegrenzt werden. Da in dem entwickelten JAG-Tool an dieser Stelle eine zwingende Eingabe erforderlich ist, müssen in diesem Fall im entsprechenden Feld der Eingabemaske Platzhalter-Geodaten verknüpft werden, die nicht in den Gamslebensräumen in Bayern liegen.

Das JAG-Tool verwendet folgende *Environmental Settings* für die Raster Verarbeitung:

- Maske: Diese wird für die Interpolation der Sommer- und Winterraster auf die Landkreisgrenzen von Oberbayern und Schwaben gelegt. Für alle folgenden Vorgänge wird sie auf die „verfügbare Forstflächen“ gesetzt, die nach der Verschneidung der harten Kriterien für die Ruhe- bzw. JZA-Gebiete in Frage kommen.
- Ausdehnung: Diese wird ebenfalls auf die „verfügbaren Flächen“ gesetzt.
- *Snap Raster*: Da das Sommer- und Winterraster genau dieselbe Ausdehnung haben, wird das Sommeraster als Snap Raster gesetzt.
- Zellengröße bzw. Auflösung: Diese wird mit den Sommer- und Winterrastern konstant bei 50 x 50 m gehalten.

Flächen, für die nicht ausreichend Daten zur Berechnung vor allem der Sommer-Lebensraumgüte vorlagen (graue Flächen im Sommermodell, siehe Kap. 2.2), werden durch die *Natural Neighbour Interpolation* des Spatial Analyst gefüllt. Um Interpolationen über das Untersuchungsgebiet hinaus auszugrenzen, wird das Ausgaberraster des *Natural Neighbour*-Befehls auf die Landkreisgrenzen von Schwaben und Oberbayern durch den Befehl *Extract by Mask* begrenzt.

Die Ergebnisse der *Natural Neighbour Interpolation* („Sommer_NN“, „Winter_NN“) werden in der Datei „zwischenenergebnisse.gdb“ ausgegeben. Dann werden diese Raster weiterverarbeitet und auf die Maske „verfügbare Forstflächen“ begrenzt. Zudem werden die Raster anhand des angegebenen Schwellenwerts für die Güte der Habitateignung der Sommer- und Winterlebensräume reklassifiziert und zusammengerechnet. Ab diesem Punkt bedeutet „geeignet“, dass dieses Gebiet über einen Lebensraum verfügt, der über dem gewählten Güte-Schwellenwert liegt. Das Ergebnisraster „SoWi_Eignung“ wird ebenfalls in der Datei „zwischenenergebnisse.gdb“ ausgegeben. Die Werte haben dabei folgende Bedeutung:



- 0 = ungeeignet (weder im Sommer noch im Winter geeignet)
1 = nur im Winter geeignet
2 = nur im Sommer geeignet
3 = im Sommer sowie im Winter geeignet

Nun wird das Raster vektorisiert. Dieses Vektor-File mit der Attributspalte „Eignung_nach_SW“ (SW = Schwellenwert) wird auch in der Datei „zwischenergebnisse.gdb“ unter dem Namen „SoWi_Eignung_v“ abgelegt.

Zunächst werden aus den geeigneten Gebieten einzelne getrennte Flächen definiert und erstellt. Es werden alle Gebiete übernommen, die nur im Sommer oder nur im Winter oder in beiden Jahreszeiten geeignet sind. Hierfür muss der variable Parameter „max. Entfernung für die Zusammenführung der Flächen“ bestimmt werden. Alle Flächen, die innerhalb dieser gewählten Entfernung voneinander liegen, werden als eine Fläche zusammengefasst. Dies geschieht durch die Erstellung temporärer Puffer um die geeigneten Gebiete, gefolgt von einem *Dissolve*-Befehl. Da die Puffer wegen ihrer Kurven sich nicht konsequent jedes Mal bei derselben Entfernung schneiden, werden im Tool die Puffer um 2 m weiter gesetzt als der angegebene maximale Entfernungswert. Hierdurch entsteht eine Ungenauigkeit von 2 m beim Parameter „max. Entfernung für die Zusammenführung der Flächen“.

Um diese Flächen nun zu arrondieren bzw. abzurunden, werden zwei Puffer von den Flächen erzeugt – erst ein Puffer von 150 m, dann einer von -150 m. Durch diesen Vorgang werden alle Lücken in den Flächen geschlossen, die unter 300 m breit sind. Die Flächengrenzen werden etwas geglättet, aber nicht verschoben. Zuletzt werden die arrondierten Flächen nochmal über einen *Clip*-Befehl auf die „verfügbaren Forstflächen“ begrenzt.

Im folgenden Schritt werden durch mehrere *Spatial Joins* in jede Fläche Attributspalten angelegt, die angeben, wieviel der Fläche in welcher Jahreszeit geeignet ist. Dies wird sowohl in der absoluten Flächengröße in Quadratmeter, als auch in einem Anteil in Prozent angegeben. Nun erfolgt die Auswahl von geeigneten Flächen für Ruhe- bzw. JZA-Gebiete. Es werden alle Flächen ausgegrenzt, die kleiner als die angegebene „Mindestgröße (ha)“ sind sowie alle Flächen, die nicht über den „Mindestanteil - Sommer (ha)“ und „Mindestanteil - Winter (ha)“ verfügen. Für diese Ausgrenzung werden bspw. der nur im Sommer geeignete Anteil und der in beiden Jahreszeiten geeignete Anteil summiert. Das ergibt den Anteil, der sich als Sommerlebensraum für Gämsen anbietet. Wenn dieser nicht den „Mindestanteil - Sommer (ha)“ erreicht, wird die Fläche ausgegrenzt. Diese Ergebnisflächen werden in der „ergebnisse.gdb“ abgelegt und auf der wahlweise erstellbaren Kartenserie dargestellt.

Die optionale Kartenserie wird anhand von vorliegenden Schablonen (mxd-Dateien im Tool-Ordner) sowie den Eingabe- und Ergebnisdaten erstellt. Zusätzlich zu den Ergebnisflächen werden die Grenzen der Regierungsbezirke Schwaben und Oberbayern sowie die Wald-Wild-Schongebiete, Wildschutzgebiete, Schonzeitaufhebungs- und die Schutzwald-Sanierungsflächen in der Kartenserie visualisiert. Bei jedem Durchlauf wird die Kartenserie dynamisch an die ermittelten Ergebnisse angepasst.

3.2 Ergebnisse

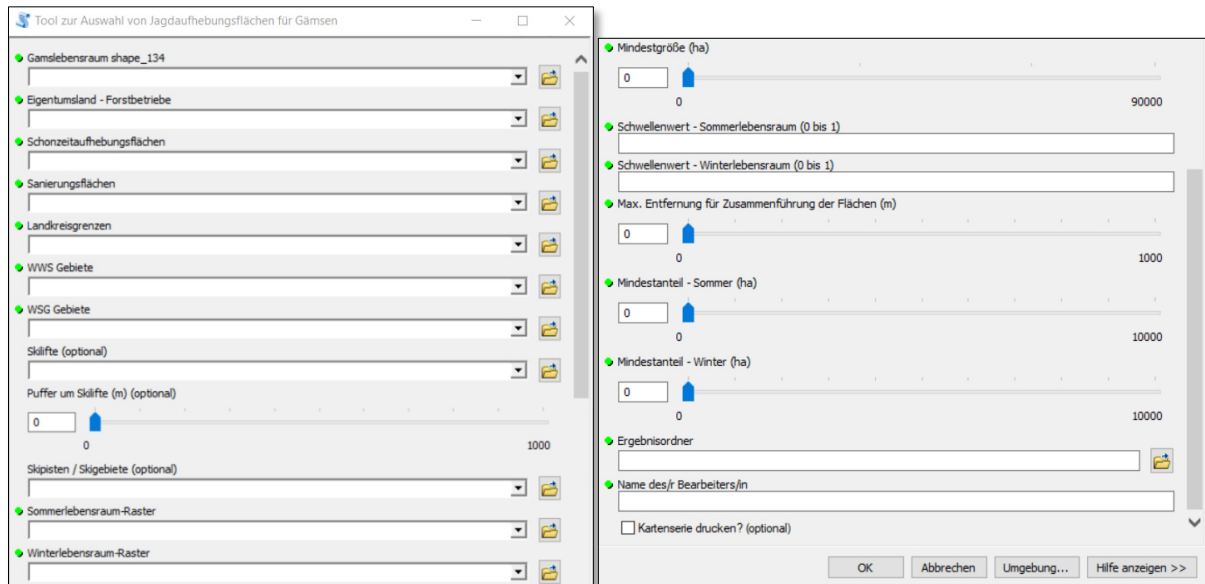


Abb. 3: Benutzeroberfläche des GIS-Tools zur Identifikation geeigneter Jagdzeitaufhebungsflächen für Gämse

Mit dem entwickelten GIS-Tool zur Identifikation möglicher Jagdzeitaufhebungsgebiete (JAG-Tool) kann künftig jeder Anwender beliebig viele Kombinationen der Eingangsdaten sowie -parameter durchführen, um vor dem Hintergrund unterschiedlicher Fragestellungen geeignete Ruhe- bzw. JZA-Gebiete für Gämse identifizieren zu können. Das JAG-Tool wird über eine Eingabemaske bedient und ermöglicht durch die Variation von Parametern (z.B. minimale Güte von Sommer- und Winterlebensraum) sowie die Einspeisung stets aktualisierter Grundlagendaten eine stetige Anpassung der Ergebnisse.

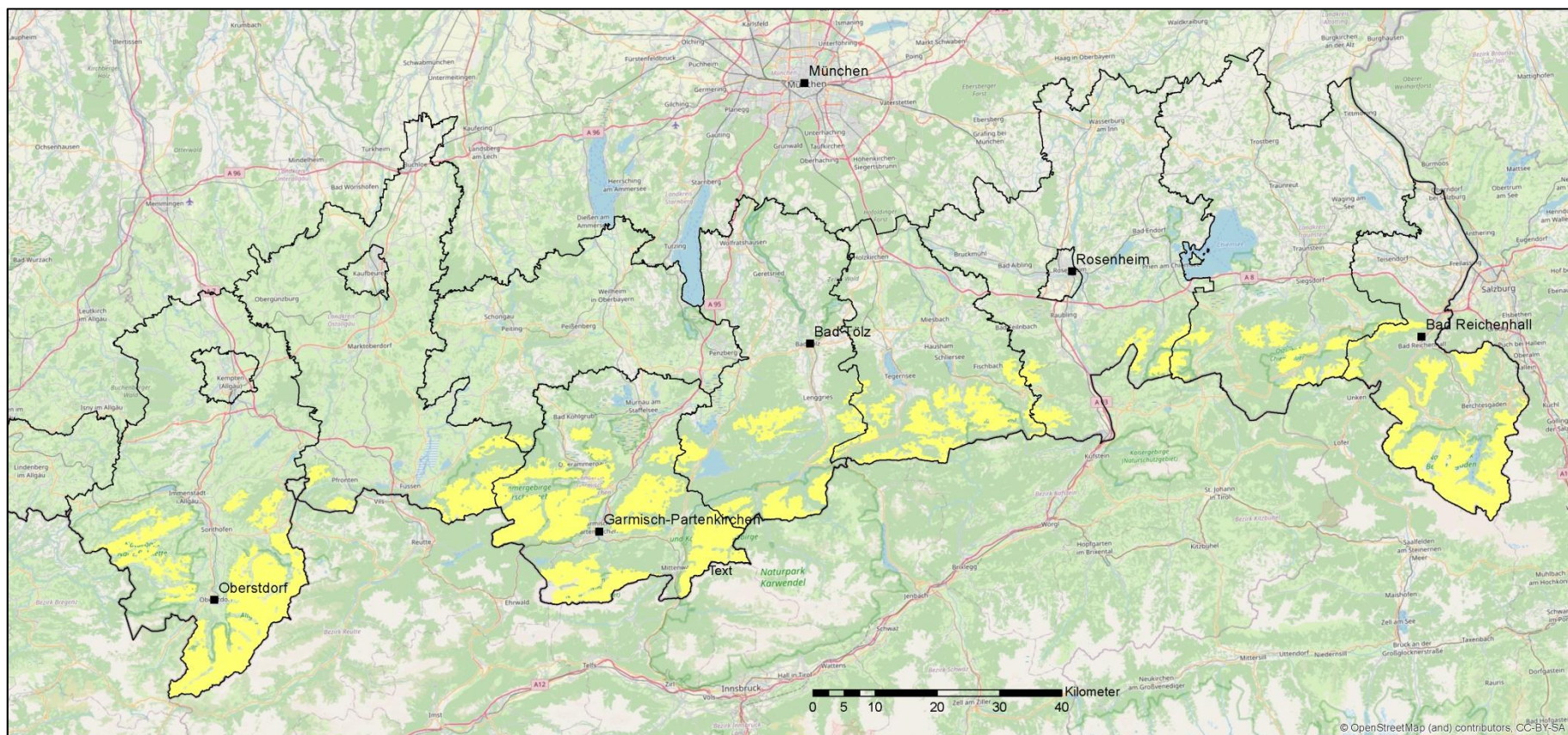
Abbildung 4 zeigt das Ergebnis eines Modelldurchlaufes, durch den die biologisch sinnvollste Kulisse für Ruhe- bzw. JZA-Gebiete auf der Grundlage der vorhandenen Präsenzdaten identifiziert werden sollte. Der Güte-Schwellenwert für den Sommer- und Winterlebensraum sollte mindestens 0,7 von 1 betragen und die zusammenhängende Größe der gesuchten Gebiete sollte dafür mindestens 500 Hektar aufweisen, von denen jeweils mindestens 200 Hektar gut geeignete Winter- sowie Sommerlebensraum-Komponenten für das Gamswild aufweisen. Nach UNTERTHINER et al. (2021) umfassen die ausgewählten Gebiete in diesem Umfang deutlich mehr Fläche als die mittlere Streifgebietsgröße von Gämse.

Im Ergebnis hat das JAG-Tool eine Kulisse von insgesamt 132.000 Hektar in neun bayerischen Landkreisen identifiziert, von denen 53.000 Hektar nur im Sommer mindestens dem gewählten Güte-Schwellenwert entsprechen, 37.000 Hektar nur im Winter mindestens dem gewählten Güte-Schwellenwert entsprechen und 17.000 Hektar sowohl im Sommer als auch im Winter gut als Gamslebensraum geeignet sind. Die übrigen etwa 25.000 Hektar sind weniger gut geeignete Lebensräume, die im Modelldurchlauf innerhalb des gewählten Arrondierungspuffers lagen.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis eines Modelldurchlaufes, bei dem lediglich Flächen der BaySF als potentielle Gebiete berücksichtigt worden sind und bei dem SZAH- und Sanierungsflächen



ausgegrenzt wurden. Hintergrund dieser Modellierungsvariante war die Überlegung, dass JZA-Gebiete analog zu den gegenteiligen Schonzeitaufhebungsgebieten auf öffentlichen Flächen tendenziell besser durchsetzbar sind als auf privaten Flächen. Die mit Verordnung vom 22.2.2019 ausgewiesenen Schonzeitaufhebungsflächen im Bergwald sowie die Schutzwald-Sanierungsflächen wurden bei der Suche nach den JZA-Gebiete nicht berücksichtigt, da ihre formale Zielsetzung den Zielen der JZA-Gebiete widerspricht und ihre Akzeptanz bei einer breiten Mehrheit der betroffenen Akteure sehr unwahrscheinlich ist. Gleichzeitig bedeutet dies, dass die identifizierten JZA-Gebiete eben nicht die biologisch geeignetsten Gebiete oder gar zur Erholung der Alters- und Sozialstruktur der Gämse notwendigen Gebiete repräsentieren. Im Ergebnis hat das JAG-Tool eine Kulissee von insgesamt 30.000 Hektar in acht bayerischen Landkreisen identifiziert, von denen etwa 4.000 Hektar weniger gut geeignete Lebensräume sind und die im Modelldurchlauf innerhalb des gewählten Arrondierungspuffers lagen. Die Schonzeitaufhebungsflächen umfassen seit Februar 2019 in Oberbayern knapp 26.000 Hektar, im Regierungsbezirk Schwaben bzw. im Landkreis Oberallgäu ist auf weiteren etwa 7.000 Hektar die Schonzeit ganz oder teilweise aufgehoben.



Legende

identifizierte Kulisse für Jagdzeitaufhebungsgebiete

Modell-Faktoren

Mindestgröße insgesamt: 500 Hektar
 Mindestgröße im Sommer geeignet: 200 Hektar
 Mindestgröße im Winter geeignet: 200 Hektar

Güte-Schwellenwert; Eignung im Sommer: 0,7
 Eignung im Winter: 0,7

Puffer um Skilifte: 150 Meter
 max. Entfernung für Zusammenführung der Flächen: 150 Meter
 Ausgrenzungen: keine

Biologisch geeignete Gebiete für Jagdzeitaufhebungsgebiete

Bayerische Alpen

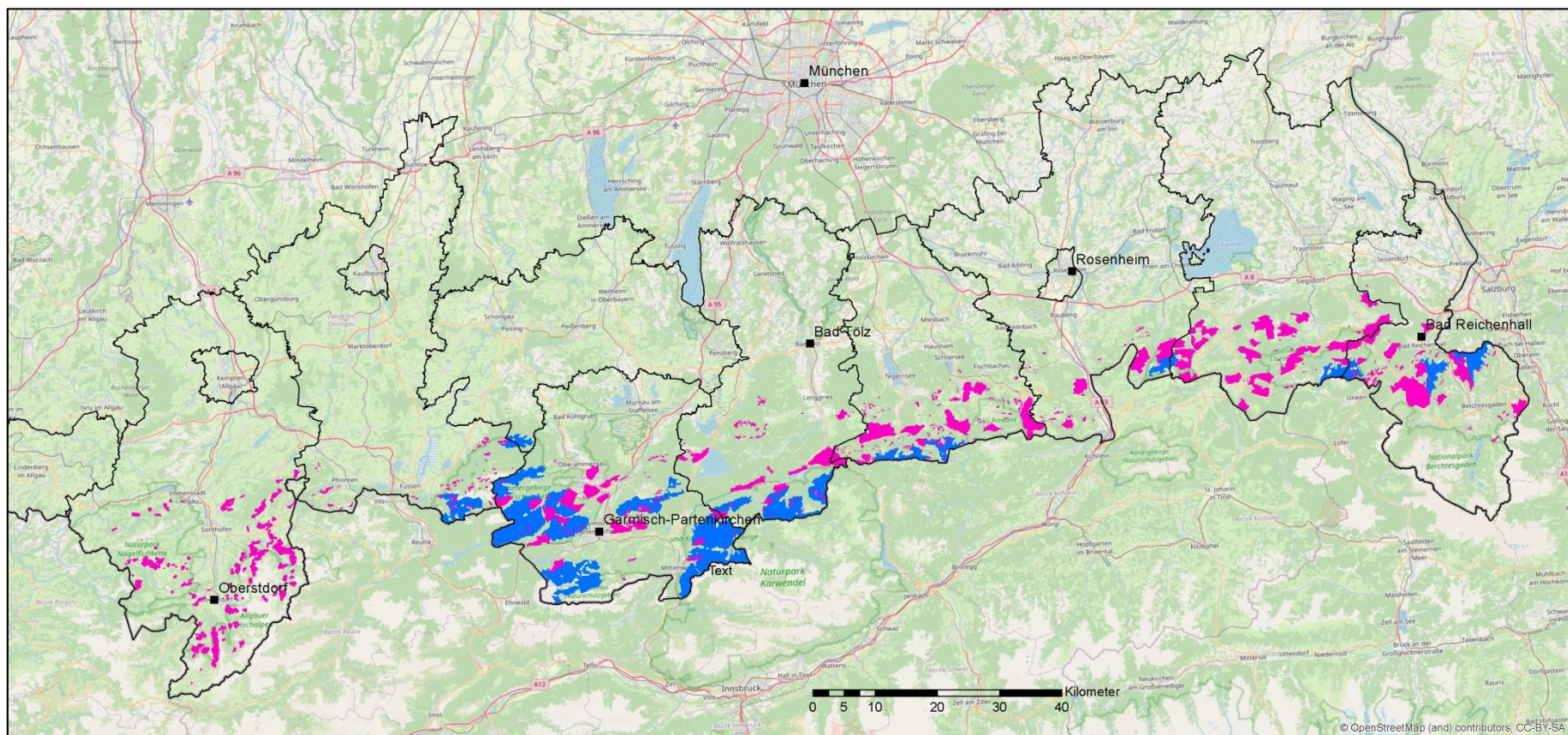
Stand: 10. Dezember 2020



Deutsche Wildtier Stiftung
 Christoph-Probst-Weg 4
 20251 Hamburg

Telefon 040 9707869-0
 info@DeWiSt.de
 www.DeutscheWildtierStiftung.de

Abb. 4: Biologisch geeignete Gebiete für Ruhe- bzw. JZA-Gebiete in den Bayerischen Alpen



Legende

- Schonzeitaufhebungsflächen
- identifizierte Kulisse für Jagdzeitaufhebungsgebiete

Modell-Faktoren

Mindestgröße insgesamt: 500 Hektar
 Mindestgröße im Sommer geeignet: 200 Hektar
 Mindestgröße im Winter geeignet: 200 Hektar

Güte-Schwellenwert; Eignung im Sommer: 0,7
 Eignung im Winter: 0,7

Puffer um Skilifte: 150 Meter

max. Entfernung für Zusammenführung der Flächen: 150 Meter

Ausgrenzungen: nur BaySF, keine SZA- & Sanierungsflächen

Restkulisse für Jagdzeitaufhebungsgebiete bei Ausgrenzung von Schonzeitaufhebungs- und Sanierungsflächen sowie Nicht-BaySF-Flächen

Bayerische Alpen

Stand: 10. Dezember 2020



DEUTSCHE
WILDTIER
STIFTUNG

Deutsche Wildtier Stiftung
 Christoph-Probst-Weg 4
 20251 Hamburg

Telefon 040 9707869-0
 info@DeWist.de
 www.DeutscheWildtierStiftung.de

Abb. 5: Restkulisse für JZA-Gebiete bei Ausgrenzung von Schonzeitaufhebungs- und Sanierungsflächen sowie Nicht-BaySF-Flächen

4 DISKUSSION

4.1 Qualifizierung der Gamslebensräume

Die Ergebnisse zur Vorkommenswahrscheinlichkeit von Gämsen in ihren Sommer- und Winterlebensräumen in den Bayerischen Alpen wurden durch in den Alpen lokal erfahrene Experten stichprobenartig auf Plausibilität geprüft und bestätigt. Das Modell ist damit eine gut geeignete Grundlage zur Qualifizierung der Sommer- und Gamslebensräume in den Bayerischen Alpen. Gleichwohl muss, wie bei allen Vorhersagemodellen, bei der Interpretation der Ergebnisse die Auswahl der betrachteten Eingangsvariablen beachtet werden. Die Konkurrenz zu andern Wildarten, wie beispielsweise dem Rotwild, oder die Anwesenheit von touristischen Einflüssen, Infrastruktur oder landwirtschaftlicher Nutzung blieben bei der Modellierung unberücksichtigt und wurden z.T. erst über das JAG-Tool aufgegriffen (z.B. Skipisten). Klar ist, dass eine deutliche touristische Nutzung im Sommer und im Winter über die gekennzeichneten Skitouren und Pisten hinaus stattfindet. Diese zu ermitteln könnte Bestandteil einer weiteren Studie sein. Außerdem sind manche Umweltparameter wie z.B. die Vegetation über den Lauf der Zeit gewissen Veränderungen unterworfen (z.B. großflächige Holzernte oder Verbuchung von alpinen Matten). Auch spielt die gewählte Zellgröße, in der die Umweltparameter aufgelöst werden, eine wichtige Rolle für das Ergebnis (GRAF et al. 2005; PHILLIPS et al. 2006). Es wurde eine Zellgröße von 50 x 50 Metern gewählt, um dem Kompromiss zwischen einer zu großen Datenmenge (bei zu kleinen Rastern) und einem Verlust der Genauigkeit der Daten (bei zu großen Rastern) gerecht zu werden. Laut HIRZEL et al. (2002) ist auch die Größe des Untersuchungsgebiets, in dem die Präsenzpunkte generiert werden, entscheidend für die Aussage der Spezialisierung einer Art. Je größer die Fläche, desto größer ist die Bandbreite der möglichen Umweltparameter. So kann die Gams an einem Gebirgsstock als Generalist bezeichnet werden, während sie auf die Fläche Europas gesehen sehr auf die Gebirgs- und Steillagen spezialisiert ist.

Bei der Verwendung von Präsenzdaten besteht die Möglichkeit, dass sich die untersuchte Art nicht immer im optimalen Habitat aufhält, wodurch die Berechnung der Vorkommenswahrscheinlichkeit einem systematischen Fehler unterliegt (HIRZEL et al. 2002; HIRZEL & LE LAY 2008). Ebenso wirken außer der Habitatqualität auch andere Einflüsse auf die Habitatwahl, so zum Beispiel Störung durch den Jagdbetrieb oder Tourismus. Durch die Aussagen der langjährig erfahrenen Berufsjäger in den Revieren wurde versucht, diesen Effekt auszugleichen.

Ein sehr wichtiger Hinweis zur Interpretation der Karten ist in diesem Zusammenhang auch, dass die weiß bzw. sehr hell dargestellten Flächen nicht zwingend ein ungeeignetes Habitat beziehungsweise Flächen mit sehr geringer Vorkommenswahrscheinlichkeit darstellen. Durch die eher geringe Anzahl der repräsentativen Präsenzflächen ist es möglich, dass diese nicht alle geeigneten Flächen abdeckt. Durch die Tatsache, dass das Lebensraummodell grundsätzlich für ein Gebiet der Hochalpen in Voralberg entwickelt worden ist, könnten vor allem Gebiete in den Randlagen der Bayerischen Alpen als ungeeignet dargestellt werden, obwohl diese durchaus geeignet sind. Durch das Fehlen von Präsenzdaten aus diesen Gebiete würde der Effekt noch verstärkt. Gleichzeitig wird die Modellierung beispielsweise südseitige Flächen bestimmter Steilheit, Seehöhe und Vegetation als geeignet berechnen, wenn die repräsentativen Präsenzflächen alle direkt nach Süden ausgerichtet sind. Es könnte aber durchaus sein, dass an einigen Gebirgsstöcken die südost- oder ostseitigen Hänge, die das Modell als entsprechend weniger geeignet berechnet, ebenfalls einen guten Lebensraum oder einfach Ausweichflächen bei Störungen in den optimalen Lebensräumen darstellen. Ähnlich verhält es sich mit den grauen Flächen, die vor allem auf den Karten der Sommerlebensräume zu sehen sind. Für diese Bereiche konnte durch fehlende Daten zur Variable „Sonneneinstrahlung im

Sommer“ keine Vorkommenswahrscheinlichkeit berechnet werden. Bei der Identifikation geeigneter Ruhe- bzw. JZA-Gebiete wurde diesem Umstand durch die Integration der *Natural Neighbour Interpolation* in die Modellroutinen entgegengewirkt.

4.2 Entwicklung eines GIS-Tools zur Identifikation geeigneter Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungs-Gebiete

Mit den vorgestellten Ergebnissen zur Entwicklung eines GIS-Tools zur Identifikation geeigneter Ruhe- bzw. JZA-Gebiete soll ausdrücklich keine Gebietskulisse vorgeschlagen werden. Die Ausweisung solcher Gebiete ist stark von konkurrierenden Flächenzielen geprägt, deren Analyse und Gewichtung nicht Ziel dieser Studie war. Das entwickelte JAG-Tool ermöglicht es jedoch, je nach Herangehensweise und Zielsetzung (Lebensraumberuhigung oder Sicherung der natürlichen Alters- und Sozialstruktur) geeignete Ruhe- bzw. JZA-Gebiete für Gämse zu identifizieren. Bei der ausschließlichen Suche nach den biologisch geeignetsten Gebieten würde beispielsweise der Güte-Schwellenwert für die Sommer- und Winterlebensräume entsprechend hoch gewählt werden. Gleichzeitig bedeutet ein möglicher Ausschluss von Sanierungs- und SZAH-Flächen bei zu suchenden JZA-Gebieten, dass die identifizierte Kulisse keinesfalls die biologisch geeignetsten Gebiete für Gämse repräsentiert. Durch den Kompromiss zwischen der biologischen Eignung auf der einen und der Akzeptanz bei möglichst vielen Akteuren auf der anderen Seite tauchen sehr viele potentiell sehr gut geeignete Gebiete vor allem in den Bayerischen Voralpen oder den Ammergauer und Chiemgauer Alpen nicht in der identifizierten Gebietskulisse auf. In der Konsequenz dieses Kompromisses können auch in großen Gebieten, in denen sehr viele Sanierungs- und Schonzeitaufhebungsflächen ausgewiesen worden sind, keine bzw. nur sehr wenige geeignete JZA-Gebiete identifiziert werden.

Ganz unabhängig von den Fragen der biologischen Eignung und der Akzeptanz von JZA-Gebieten ist die Frage ihrer Notwendigkeit. Ein gutes Beispiel dafür ist der Landkreis Traunstein bzw. sind die Flächen des Forstbetriebes Ruhpolding (BaySF). Abbildung 6 zeigt, dass fast alle gut geeigneten Winter- bzw. Sommerlebensräume des Gamswildes in den Chiemgauer Alpen bereits von Schonzeitaufhebungsflächen „blockiert“ sind. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse der mehrjährigen Analyse des Alters erlegter Gämse, die bei den Pflicht-Hegeschauen in Bayern gezeigt werden müssen, dass kein anderer Forstbetrieb der BaySF die SOLL-Vorgaben der Hegerichtlinien zur Jagd auf Gamswild stärker verfehlt als der Forstbetrieb Ruhpolding. Das Durchschnittsalter der erlegten Gämse ab 12 Monaten betrug im BaySF-Forstbetrieb Ruhpolding im Jahr 2019 gerade einmal 2,5 Jahre, fast 40 % der Tiere wurden in der gesetzlichen Schonzeit erlegt (Abb. 7; eigene Daten). In den gemeinschaftlichen bzw. privaten Jagdrevieren betrug das Durchschnittsalter erlegter Gämse 2019 immerhin noch 5 Jahre. Diese starke Nutzung junger und jüngster Altersklassen deutet darauf hin, dass die Gamsbestände lokal oder sogar regional tatsächlich bereits deutlich übernutzt und destabilisiert sind (MILLER et al. 2020). JZA-Gebiete wären hier biologisch dringend notwendig, um die Alters- und Sozialstrukturen der Gämse zu stabilisieren. Durch das JAG-Tool können die biologisch sinnvollsten Gebiete identifiziert werden.

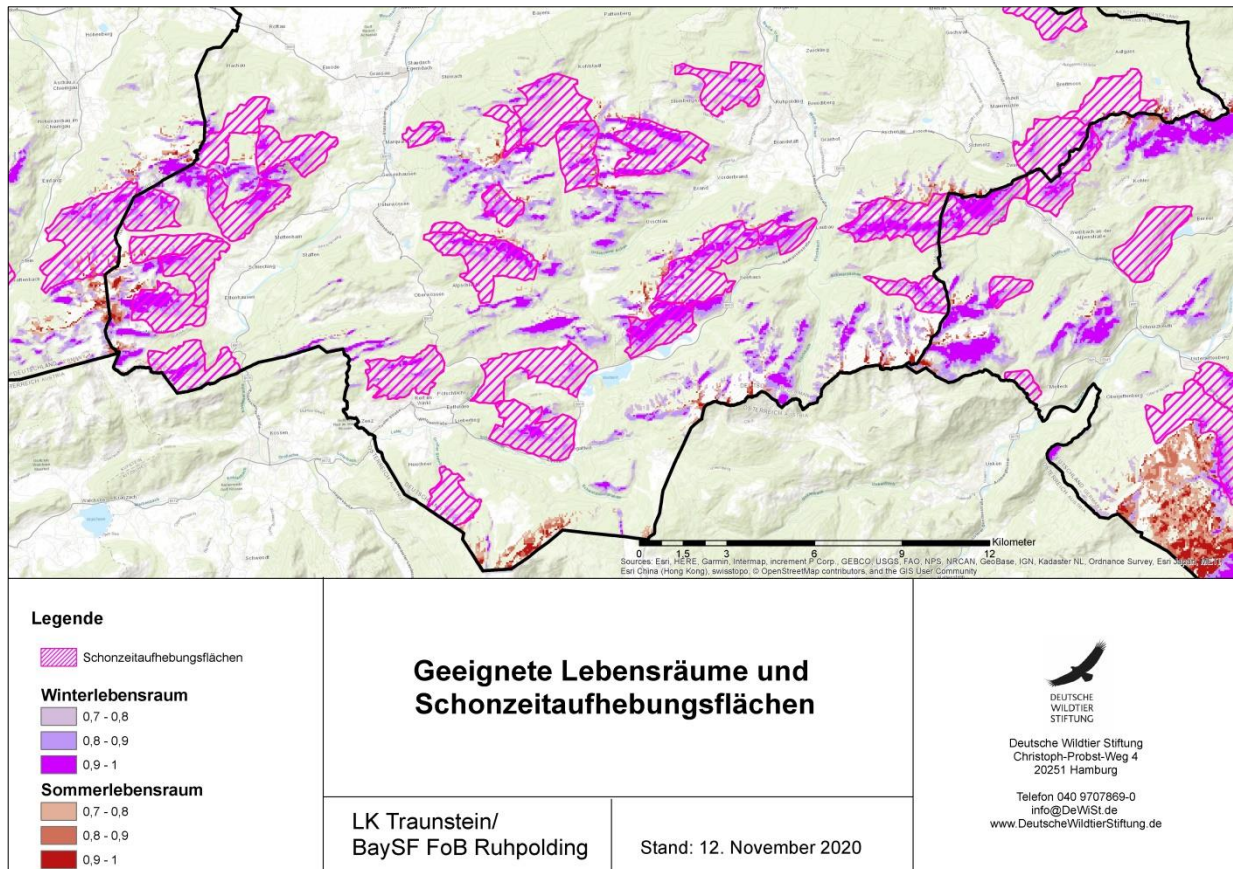


Abb. 6: Geeignete Winter- und Sommerlebensräume und Schonzeitaufhebungsflächen im LK Traunstein/ BaySF Forstbetrieb Ruhpolding

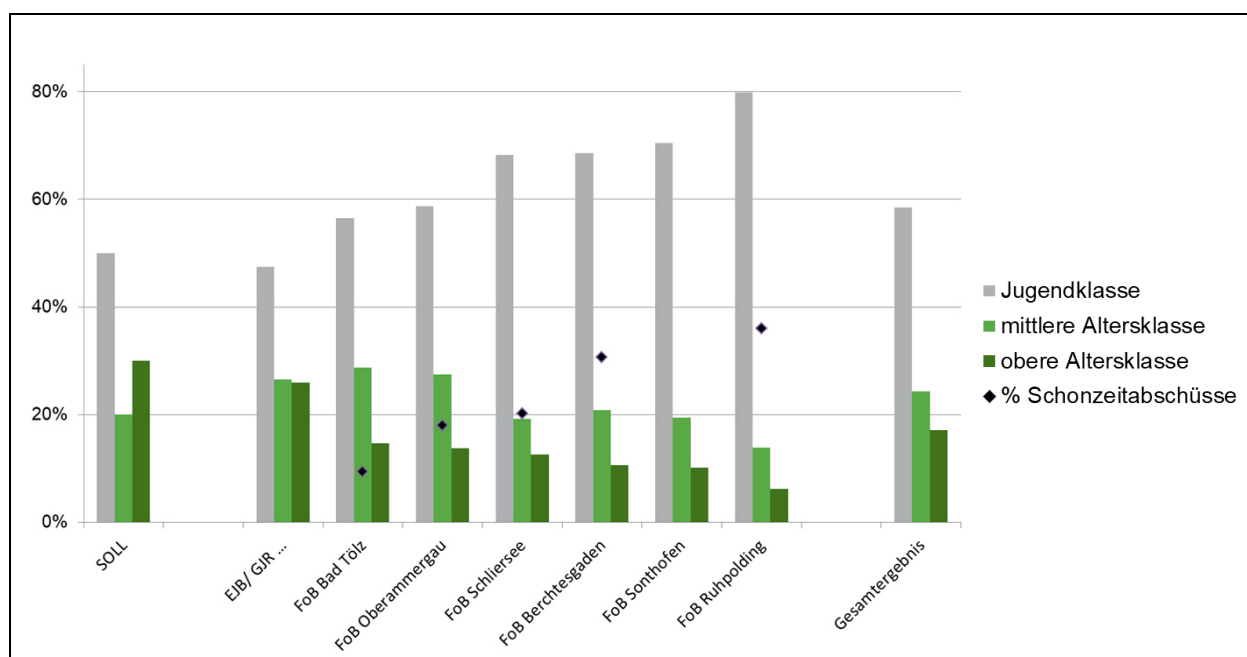


Abb. 7: Struktur des Gamsabschlusses im Vergleich zur Hegerichtlinie: Ergebnisse der Hege-schauanalysen 2016-2018 (eigene Daten)

Einen Sonderfall in der betrachteten Gebietskulisse der Bayerischen Alpen stellt der Landkreis Oberallgäu dar. Da dieser Landkreis zum Regierungsbezirk Schwaben gehört, gilt für ihn nicht die Schonzeitaufhebungsverordnung Oberbayerns. Gleichwohl hat auch der Landkreis Oberallgäu die Schonzeit im Bergwald teilweise aufgeboben, und zwar auf allen ausgewiesenen Schutzwaldsanierungsflächen. Darüber hinaus ist die Besitzstruktur im Gamslebensraum im Oberallgäu im Gegensatz zu Oberbayern deutlich in Richtung privater bzw. gemeinschaftlicher Jagdreviere verschoben. Obwohl ein Großteil des Gamslebensraumes im Oberallgäu eine hohe Lebensraumqualität aufweist, identifiziert das JAG-Tool im Fall des Ausschlusses nicht-staatlicher Flächen sowie von SZAH- und Sanierungsflächen keine geeigneten JZA-Gebiete (Abb. 5), obwohl viele biologisch gut geeignete Gebiete vorhanden wären (Abb. 4).

5 FAZIT

Nicht zuletzt die Aufnahme der Gämsen in die Vorwarnliste der Roten Liste der Tiere Deutschlands ist ein Alarmsignal, das Konsequenzen im Umgang mit dieser Charakterart der Bayerischen Alpen fordert. Die Ausweisung von Gebieten mit eingeschränktem Tourismus kann dabei ebenso zielführend sein wie die Ausweisung von Gebieten mit einer ganzjährigen Schonzeit. Um flächenscharfe Vorschläge für Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungs-Gebiete in den Bayerischen Alpen zu formulieren, müssen jedoch zunächst deren Motiv (Lebensraumberuhigung oder Sicherung der natürlichen Alters- und Sozialstruktur) geklärt und die lokalen und häufig konkurrierenden Flächenziele der Akteure abgewogen werden. Beides kann nur durch einen partizipativen Prozess vor Ort erfolgen, der nicht Bestandteil der hier vorgestellten Studie war. Mit den hier vorgestellten Ergebnissen können nun jedoch gezielt Gebiete identifiziert werden, in denen solche Maßnahmen besonders wirkungsvoll wären. Denn der entscheidende Schlüssel für biologisch geeignete Ruhe- bzw. Jagdzeitaufhebungs-Gebiete ist eine Qualifizierung der Sommer- und Winterlebensräume der Gämsen. Hierfür ist das in dieser Studie erarbeitete GIS-Tool ein geeignetes Instrument.

6 LITERATUR

- AMBARLI, H. (2014): Status and management of Anatolian chamois (*Rupicapra rupicapra asiatica*): Chamois International Congress, 17.-20.06.2014, Majella Nationalpark, Lama dei Peligni, Italien.
- ARNOLD, W. (2015): Überleben im Hochgebirge – Winteranpassungen des Gamswildes. In: Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern 21: 13-18.
- BABOTAI, C. (1997): Gamsen im Kanton Bern - Ein GIS-gestütztes Habitatmodell für die Gamsverbreitung. Diplomarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- BAUMANN, M. & STRUCH, M. (2000): Waldgamsen, Neu Erscheinung in der Kulturlandschaft oder alte Variante der Naturlandschaft? Studie im Auftrag der Eidgen. Forstdirektion, Bern 31. März 2000.
- BAUMANN, M.; BABOTAI, C. & SCHIBLER, J. (2005): Native or naturalized? validating alpine chamois habitat models with archaeozoological data. Ecological Applications, 15: 1096-1110.
- BAYERISCHE STAATSFORSTEN AÖR (2017): Zusammenstellung der im Rahmen der „Verordnung über die Änderung der Jagdzeiten für Schalenwild in Sanierungsgebieten im Regierungsbezirk Oberbayern“ erfolgten Abschlüsse. schriftl. Mitteilung.

- BÖGEL, R. (2001): Lebensraumansprüche der Gemse in Wechselwirkung zu Waldentwicklung und Tourismus im Nationalpark Berchtesgaden untersucht mit telemetrischen Methoden. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- BÖGEL, R.; LOTZ, A. & HÄRER, G. (2001): Lebensraumansprüche der Gemse in Wechselwirkung zu Waldentwicklung und Tourismus im Nationalpark Berchtesgaden untersucht mit telemetrischen Methoden. Angewandte Landschaftsökologie, Heft 35, Bundesamt für Naturschutz, Bonn (Hrsg.):
- BÖGEL, R.; LOTZ, A.; FRÜHWALD, B.; WALZER, C. & D'OLEIRE-OLTMANN, W. (1999): Raumnutzung und Habitatwahl der Gemse (*Rupicapra rupicapra*, L.) und Entwicklung GIS-gestützter Modelle zur Beurteilung der Habitataignung im Biosphärenreservat Berchtesgaden. In Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Band 29, pp. 173-184). Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg - Berlin.
- BOLDT, A. & INGOLD, P. (2005): Effects of air traffic, snow cover and weather on altitudinal short-term and medium-term movements of female Alpine chamois *Rupicapra rupicapra* in winter. *Wildlife Biology* 11 (4): 351-362.
- BREITENMOSER, U.; RYSER, A.; MOLINARI-JOBIN, A.; ZIMMERMANN, F.; HALLER, H.; MOLINARI, P. & BREITENMOSER-WÜRSTEN, C. (2010): The changing impact of predation as a source of conflict between hunters and reintroduced lynx in Switzerland. - In: *Biology and Conservation of Wild Felids*, Macdonald, D. & Loveridge, A. (Hrsg.), Oxford University Press, Oxford.
- BRIVIO, F.; BERTOLUCCI, C.; TETTAMANTI, F.; FILLI, F.; APOLLONIO, M. & GRIGNOLIO, S. (2016): The weather dictates the rhythms: Alpine chamois activity is well adapted to ecological conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology* volume 70: 1291–1304.
- CORLATTI, L.; BÉTHAZ, S.; HARDENBERG, A.V.; BASSANO, B.; PALME, R. & LOVARI, S. (2012): Hormones, parasites and male mating tactics in Alpine chamois: identifying the mechanisms of life history trade-off. – *Animal Behaviour* 84: 1061-1070.
- CORLATTI, L.; CAROLI, M.; PIETROCINI, V. & LOVARI, S. (2013): Rutting behaviour of territorial and nonterritorial male chamois: Is there a home advantage? – *Behavioural Processes* 92: 118-124.
- CORLATTI, L.; LORENZINI, R. & LOVARI, S. (2011): The conservation of the chamois *Rupicapra* ssp. *Mammal Review* 41(2): 163-174.
- CORLATTI, L.; PALME, R. & LOVARI, S. (2014): Physiological response to etho-ecological stressors in male Alpine chamois: timescale matters! – *Naturwissenschaften* 101: 577-586.
- DECK, O. (2018): Gamsfreiheit - Zielkonflikte in Gamswildlebensräumen im Lechquellengebirge und deren Auswirkungen auf den Gamsbestand. Masterarbeit Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft (IWJ), 83 S.
- ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. E. & YATES, C. J. (2011): A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (1): 43-57.
<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- ENGGIST-DIIBLIN, P. & INGOLD, P. (2003): Modelling the impact of different forms of wildlife harassment, exemplified by a quantitative comparison of the effects of hikers and paragliders on feeding and space use of chamois *Rupicapra rupicapra*. *Wildlife Biology* 9 (4): 37-45.
- FERRETTI, F.; CORAZZA, M.; CAMPANA, I.; PIETROCINI, V.; BRUNETTI, C.; SCORNAVACCA, D. & LOVARI, S. (2015): Competition between wild herbivores: reintroduced red deer and Alpine chamois. *Behavioral Ecology* 26 (2): 550-559.

- GAZZOLA, A.; AVANZINELLI, E.; BERTELLI, I.; TOLOSANO, A.; BERTOTTO, P.; MUSSO, R. & APOLLONIO, M. (2007): The role of the wolf in shaping a multi-species ungulate community in the western Alps. In: Italian Journal of Zoology 74 (3): 297-307.
- GRAF, R. F.; BOLLMANN, K.; SUTER, W. & BUGMANN, H. (2005): The importance of spatial scale in habitat models: Capercaillie in the Swiss Alps. Landscape Ecology, 20 (6): 703-717.
- HAYMERLE, A. (2013): Physiological adaptations to extreme climates in Alpine chamois. - In: International Workshop on Chamois, 26. Nov. 2013, Parco Nazionale Gran Paradiso.
- HERRERO, J.; ALARCON, J.L.; ESCUDERO, E.; FERNANDEZ, E.; GARCIA-GONZALES, R.; GARCIA-SERRANO, A.; JIMENO, P. & PRADA, C. (2014): Monitoring and management of Pyrenean chamois in Aragon. Chamois International Congress, 17.-20. Juni 2014, Majella Nationalpark, Lama dei Peligni, Italien.
- HIRZEL, A. H. & LE LAY, G. (2008): Habitat suitability modelling and niche theory. Journal of Applied Ecology 45(5): 1372-1381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01524.x>
- HIRZEL, A. H.; HAUSER, J.; CHESSEL, D. & PERRIN, N. (2002): Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? Ecology, 83(7), 2027–2036. <https://doi.org/10.2307/3071784>
- HOBY, S.; SCHWARZENBERGER, F.; DOHERR, M. G.; ROBERT, N. & WALZER, C. (2006). Steroid hormone related male biased parasitism in chamois, *Rupicapra rupicapra rupicapra*. Veterinary Parasitology 138: 337-348. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.01.028>
- HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. & STURDIVANT, R. X. (2013): Applied Logistic Regression (Third Edit). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): Concluding Remarks. Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology, 22, 415-427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- LOVARI, S. & FERRETTI, F. (2014): The evolutionary biology of chamois: old views, new insights and grey areas. Chamois International Congress, 17. - 20. Juni 2014, Majella Nationalpark, Lama dei Peligni, Italien.
- MASON, T.; STEPHENS, P.; APOLLONIO, M.; WILLIS, S. (2014): Predicting potential responses to future climate in an alpine ungulate: interspecific interactions exceed climate effects. Global Change Biol 20: 3872-3882.
- MEINIG, H.; BOYE, P.; DÄHNE, M.; HUTTERER, R. & LANG, J. (2020): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 170 (2): 73 S.
- MEROW, C.; SMITH, M. J. & SILANDER, J. A. (2013): A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. Ecography, 36 (10): 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- MILLER, C.; KINSER, A. & MÜNCHHAUSEN, H. Frhr.v. (2020): Die Gams in Europa – Situation und Handlungsbedarf im Alpenraum. Deutsche Wildtier Stiftung (Hrsg.), Druckerei Zollen-spieker Kollektiv GmbH, ISBN: 978-3-936802-30-6, 39 S.
- MILLER, C. & CORLATTI, L. (2014): Das Gamsbuch. 2. überarb. Auflage, Verlag Neumann-Neudamm, Melsungen.
- MILLER, C. (1983): Ausbreitung der Gamsräude in Bayern und Dynamik der befallenen Bestände. Diplomarbeit, Fak. Biologie, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- MILLER, C. (2009): Geißel im Gamsrevier: Räude. In: Pirsch 6: 4-9.

- PETERSON, R.O.; VUCETICH, J.A.; BUMP, J.M. & SMITH, D. W. (2014): Trophic Cascades in a Multicausal World: Isle Royale and Yellowstone. In: Annual Review of Ecology, Evolution and Systemics. 45: 325-345.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P. & SCHAPIRE, R. E. (2006): Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231-259.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. & BLAIR, M. E. (2017a): Opening the black box: an open-source release of Maxent. Ecography 40: 887-893.
<https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. & SCHAPIRE, R. E. (2017b): Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1).
http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (accessed on 2.10.2017)
- RADOSAVLJEVIC, A. & ANDERSON, R. P. (2014). Making better Maxent models of species distributions: Complexity, overfitting and evaluation. Journal of Biogeography, 41(4): 629-643. <https://doi.org/10.1111/jbi.12227>
- REINER, R.; ZEDROSSER, A.; ZEILER, H.; HACKLÄNDER, K. & CORLATTI, L. (im Druck): Woodlands buffer the climate-induced decline of body mass in a mountain herbivore. Global change Biology
- SACHSER, F.; NOPP-MAYR, U.; ZOHMANN, M.; SCHWEIGER, A.-K.; GRÜNSCHACHNER-BERGER, V. & IMMITZER, M. (2017). Searching the right tie - Expert-based vs. statistical niche modeling for habitat management at the alpine treeline ecotone. Ecological Engineering, 100: 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.009>
- SCHNIDRIG-PETRIG, R. & INGOLD, P. (2001): Effects of paragliding on alpine chamois *Rupicapra rupicapra rupicapra*. Wildlife Biology 7(4): 285-294.
- UNTERTHINER, S.; FERRETTI, F.; ROSSI, L. & LOVARI, S. (2012): Sexual and seasonal differences of space use in Alpine chamois. Ethology Ecology & Evolution 24: 257-274.
- VOGT, K.; SIGNER, S.; RYSER, A.; SCHAUFELBERGER, L.; NAGL, D.; BREITENMOSER, U.; WILLISCH, C. (2019): Einfluß von Luchsprädation und Jagd auf die Gämse – Teil 1 und 2. Bericht in Zusammenarbeit mit dem Jagdinspektorat Bern. Kora Bericht Nr. 84.
- WILLISCH, C.; BIERI, K.; STRUCH, M.; FRANCESCHINA, R.; SCHNIDRIG-PETRIG, R. & INGOLD, P. (2013): Climate effects on demographic parameters in an unhunted population of Alpine chamois (*Rupicapra rupicapra*). J Mammal 94: 173-182.