

# Verbreitung und Habitataignung des Grauspechts (*Picus canus*) im Naturpark Karwendel

Veerle Dezutter, 12230956

Innsbruck, Mai 2025

Masterarbeit

Eingereicht an der Universität Innsbruck, Bezeichnung der Fakultät für Biologie zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science“ im Studiengang Ökologie und Biodiversität an der Universität Innsbruck

Betreuer:

Priv.-Doz. Dr. Erich Tasser

Institut für Ökologie

Fakultät für Biologie

Mag. Hermann Sonntag

Sonntagplus (In Vertretung für Naturpark Karwendel)

## Zusammenfassung

Der Grauspecht (*Picus canus*) ist eine wichtige Spechtart in Österreich, die vor allem in strukturreichen Landschaften lebt. Als Schlüsselart spielt der Grauspecht eine zentrale Rolle für die Biodiversität und gilt als Indikator für die Qualität und Struktur von Wäldern. Besonders im Naturpark Karwendel findet der Grauspecht geeignete Lebensräume in alten Laubmischwäldern auf Höhen zwischen 480 und 2200 m ü.NN. Durch Umweltveränderungen, wie die Verdrängung naturnaher Laubmischwälder, intensive Forstwirtschaft und die Aufgabe traditioneller Nutzungsformen, sind jedoch die Lebensräume des Grauspechts zunehmend bedroht.

Ziel dieser Masterarbeit war es, die aktuelle Verbreitung und Habitateignung des Grauspechts im Naturpark Karwendel zu untersuchen und die aktuellen Ergebnisse mit Daten einer ornithologischen Ersterhebung von 2011/2012 zu vergleichen. Die zentralen Forschungsfragen umfassten Veränderungen in der Verbreitung, den Einfluss von Umweltparametern und die Auswirkungen des Klimawandels auf die Habitateignung. Hierzu wurde eine Methodik angewandt, die auf den ornithologischen Erhebungen von Oberwalder et al. (2014) basierte. Es wurden fünf Flächen im Naturpark Karwendel ausgewählt und von März bis Juni 2024 insgesamt sechs Begehungen pro Fläche durchgeführt.

Die Untersuchung ergab eine Veränderung in der Verbreitung des Grauspechts im Vergleich zu 2011/2012, wobei die mittlere Individuenzahl von 0,31 (2011/2012) auf 0,58 (2024) anstieg. Während in der Fläche Zirl kein Vorkommen mehr festgestellt wurde, konnte auf der Fläche Arzl-Rum-Thaur eine deutliche Zunahme festgestellt werden. Die Dichteverteilung und die Analyse von Umweltparametern zeigten, dass die Population des Grauspechts eng mit bestimmten Lebensraumbedingungen verknüpft ist. Besonders wichtig sind strukturreiche Wälder mit hohem Anteil an Totholz und eine günstige Exposition. Zusätzlich hatte der Klimawandel positive Auswirkungen auf die Habitateignung in bestimmten Bereichen des Naturparks. Eine Modellierung der Habitateignung ergab, dass die südlichen und südöstlichen Bereiche des Naturparks als besonders geeignet für den Grauspecht gelten, während die nördlichen, steilen Hänge weniger geeignete Lebensräume sind.

Um den Bestand des Grauspechts langfristig zu sichern, sind gezielte Maßnahmen erforderlich, insbesondere die Förderung strukturreicher Laub- und Mischwälder mit einem hohen Anteil an Alt- und Totholz.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	5
Diagrammverzeichnis .....	5
Kartenverzeichnis .....	6
Abkürzungsverzeichnis .....	7
1. Einleitung .....	9
2. Grundlagen – Der Grauspecht ( <i>Picus canus</i> ) .....	11
2.1 Morphologie .....	11
2.2 Stimme .....	11
2.3 Verbreitung & Lebensraum .....	12
2.4 Nahrung & Verhalten .....	13
2.1.5 Bestandstrend und Gefährdungsursachen .....	14
3. Material & Methoden .....	15
3.1 Auswahl der Untersuchungsflächen .....	15
3.1.1 Vorstellung der Untersuchungsflächen .....	17
3.2 Methodik der Feldarbeit .....	20
3.3 Auswertung .....	21
3.3.1 Datenbereinigung und Erhebung von räumlichen Einflussparameter .....	21
3.3.2 Dichteverteilung .....	24
3.3.3 Revierabgrenzungen .....	25
3.3.5 Statistische Erklärung des Grauspechtvorkommens auf Basis der Umweltparameter .....	26
3.3.6 Flächige Modellierung der potenziellen Habitateignung .....	28
4. Ergebnisse .....	30
4.1 Ergebnisse der Referenzflächenkartierung .....	30
4.1.1 Entwicklung der Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024) .....	30
4.1.2 Dichteverteilung der Grauspechte in den Teilgebieten .....	32
4.2 Umweltparameter: Entwicklungen im Vergleich 2011/2012 und 2024 .....	34
4.2.1 Topographische Eigenschaften .....	34
4.2.2 Waldstruktureigenschaften .....	34
4.2.3 Waldtyp und Erhaltungszustand .....	36
4.2.4 Klima .....	36
4.3 Einfluss der Umweltparameter auf das Vorkommen des Grauspechts .....	39
4.3.1 Erklärung der Einzelfunde .....	39

4.3.2 Modellierung der Habitateignung auf das Vorkommen des Grauspechts im NP Karwendel .....	42
5. Diskussion .....	46
5.1 Methodische Diskussion .....	46
5.2 Verbreitung des Grauspechts im NP Karwendel .....	47
5.3 Einfluss der Umweltparameter auf das Vorkommen des Grauspechts .....	48
5.4 Auswirkungen des Klimawandels .....	50
6. Fazit und Ausblick .....	51
Danksagung .....	52
Literaturverzeichnis .....	53
Anhang .....	57
Anhang I Erhebungsbogen Feldarbeit .....	57
Anhang II Ergebnisse der Referenzflächenkartierung .....	58
Bestandserhebung der Spechte im NP Karwendel: Vergleich 2011/2012 mit 2024 .....	58
Anhang III Umweltparameter .....	60
Topographische Eigenschaften .....	60
Waldstruktureigenschaften .....	62
Waldtyp und Erhaltungszustand .....	64
Klima .....	65
Anhang IV Waldtypen und Erhaltungszustände im NP Karwendel .....	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Morphologie des Grauspechts ( <i>Picus canus</i> ) (Svensson 2023) .....	11
Abbildung 2 Ein weiblicher Grauspecht (Bild: Veerle Dezutter) .....	11
Abbildung 3 Typischer Lebensraum des Grauspechts: Strukturreiche Laub-Mischwälder mit geringer Kronendichte und offenen Flächen. Bilder: Veerle Dezutter .....	13

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der fünf untersuchten Flächen im NP Karwendel. ....	18
Tabelle 2 Empfohlene Erfassungszeiträume (dunkelblau) und Wertungsgrenzen (hellblau) für die Kartierung von Grauspechten gemäß Südbeck et al. (2005).....	20
Tabelle 3 Übersicht der verwendeten Datensätze. ....	23
Tabelle 4 Übersicht der Reviergrößen (min-max), durchschnittlichen Reviergrößen sowie der entsprechenden Radien pro Spechtart. Die Reviergrößen basieren auf den in der Literatur angegebenen Werten (Riemer et al. 2010; Zahner & Wimmer 2021). ....	24
Tabelle 5 Kategorisierung der Revierwahrscheinlichkeit.....	25
Tabelle 6 Getestete Umweltparameter für die punktuelle Regressionsanalyse des Grauspecht. ....	27
Tabelle 7 Die getestete Umweltparameter für die flächige Regressionsanalyse des Grauspechts.....	29
Tabelle 8 Bestandentwicklung des Grauspechts im NP Karwendel. ....	31
Tabelle 9 Übersicht alle getestete Umweltparameter, wobei $p < 0,05$ auf einen signifikanten Einfluss deutet.....	39
Tabelle 10 Lineare Regression der Umweltparameter in Bezug auf das Vorkommen des Grauspechts anhand der Einzelfunde. $p < 0,05$ deutet auf einen signifikanten Einfluss.....	41
Tabelle 11 Flächige lineare Regression der Umweltparameter in Bezug auf das Vorkommen des Grauspechts. $p < 0,05$ deutet auf einen signifikanten Einfluss. ....	43
Tabelle 12 Vergleich der Spechtfunde innerhalb und außerhalb der Untersuchungsflächen sowie im gesamten NP Karwendel zwischen den Jahren 2011/2012 und 2024. Insgesamt wurden sechs Spechtarten erfasst: Grauspecht (GS), Buntspecht (BS), Dreizehenspecht (DS), Grünspecht (GNS), Schwarzspecht (SWS) und Weißrückenspecht (WRS).....	58
Tabelle 13 Übersicht der topographische Eigenschaften zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024 innerhalb eines 15 Meter Radius um den Fundpunkten. ....	60
Tabelle 14 Übersicht der Waldstruktureigenschaften zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024 innerhalb eines 15 m Radius um den Fundpunkten. ....	62
Tabelle 15 Übersicht der Temperatur (°C) und Niederschlag (mm) zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024. ....	65

## Diagrammverzeichnis

Diagramm 1 Absolut Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024).....	59
Diagramm 2 Mittleren Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024).....	59
Diagramm 3 Anteile der einzelnen Arten an den Gesamtfunden. ....	59
Diagramm 4 Veränderung der prozentualen Verteilung der Geomorphologie zwischen 2011/2012 und 2024. ....	61
Diagramm 5 Veränderung der prozentualen Verteilung des Waldtyps zwischen 2011/2012 und 2024. ....	64
Diagramm 6 Veränderung der prozentualen Verteilung des Erhaltungszustands zwischen 2011/2012 und 2024. ....	64

## Kartenverzeichnis

Karte 1 Lage der sieben Flächen im NP Karwendel, die bereits durch Oberwalder et al. (2014) bearbeitet wurden 1. Vomper Loch, 2. Karwendeltal-Brunnenstein, 3. Gramaialm Hochleger, 4. Falzturn-Dristenalm, 5. Zirl, 6. Arzl-Rum-Thaur, 7. Achenwald. ....	16
Karte 2 Verortung der fünf Untersuchungsflächen im NP Karwendel: 1. Achenwald, 2. Falzturn-Dristenalm, 3. Vomper Loch, 4. Arzl-Rum-Thaur, 5. Zirl. ....	16
Karte 3 Darstellung der Untersuchungsflächen Achenwald (AW), Falzturn-Dristenalm (FD), Vomper Loch (VL), Arzl-Rum-Thaur (ART) und Zirl (Z). Kartengrundlage: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol – data.gv.at .....	19
Karte 4 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Falzturn-Dristenalm. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol. ....	32
Karte 5 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Vomper Loch. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol.....	33
Karte 6 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Arzl-Rum-Thaur. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol.....	33
Karte 7 Temperaturdifferenz in °C im NP Karwendel zwischen den Zeiträumen 2010-2012 und 2022-2024. Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV.; geodaten.bayern.de, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS. ....	37
Karte 8 Niederschlagsdifferenz in mm im NP Karwendel zwischen den Zeiträumen 2010-2012 und 2022-2024. Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV.; geodaten.bayern.de, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS. ....	38
Karte 9 Vorhersagekarte der Habitateignung für den Grauspecht im NP Karwendel. Die Farbskala zeigt die Habitateignung des Naturparks, wobei rot für sehr gut geeignete und blau für weniger geeignete Habitate steht. Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV.....	45
Karte 10 Waldtypen im Naturpark Karwendel. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol – data.gv.at, Earthstar Geographics. ....	66
Karte 11 Erhaltungszustände der Wälder im Naturpark Karwendel. Quelle: Earthstar Geographics.....	67

## Abkürzungsverzeichnis

30m D = 30 Meter Durchmesser

ART = Arzl-Rum-Thaur

AW = Achenwald

BFW = Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

BS = Buntspecht

bzw. = beziehungsweise

cm = Centimeter

DGM = Digitales Geländemodell

DOM = Digitales Oberflächenmodell

DS = Dreizehenspecht

EHZ = Erhaltungszustand

EHZ A = Erhaltungszustand A (hoch)

EHZ B = Erhaltungszustand B (mittel)

EHZ C = Erhaltungszustand C (gering)

EHZ E = Erhaltungszustand E (Ersatzgesellschaft)

FD = Falzturn-Dristenalm

GS = Grauspecht

GNS = Grünspecht

ha = Hektar

km = Kilometer

m = Meter

m ü.NN = Meter über Normal Null

NP = Naturpark

SWS = Schwarzspecht

u.a. = unter anderem

VL = Vomper Loch

WRS = Weißrückenspecht

Z = Zirl

z.B. = zum Beispiel

## 1. Einleitung

Der Grauspecht (*Picus canus*) ist eine weit verbreitete Spechtart, die in Österreich in allen Bundesländern vorkommt (Schneider 2018; Zahner & Wimmer 2021; Lehne 2022). Als typische Bewohner strukturreicher Landschaften bevorzugt die Art Übergänge zwischen Wäldern und halboffenen Kulturlandschaften (Andretzke et al. 2005; Oberwalder et al. 2014; Zahner & Wimmer 2021; Lee et al. 2023; Svensson 2023). Besonders bedeutend sind alte, höhlenreiche Bäume und eine reichhaltige Ameisenpopulation, die als Hauptnahrungsquelle dient (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021; Lehne 2022; Svensson 2023). Als Schlüsselart der mitteleuropäischen Wälder dient der Grauspecht als Indikator für die Habitatqualität strukturreicher Wälder. Die von ihm geschaffenen Baumhöhlen bieten Nist- und Schlafplätze für zahlreiche sekundäre Höhlennutzer wie Vögel, Säugetiere, Amphibien, Reptilien und Wirbellose und unterstützen damit seine Rolle als Schlüsselart im Wald (Zechner 2006; Drever et al. 2008; Gorman 2014). Zudem fungiert die Art als Indikator für die Habitatqualität und Strukturvielfalt von Wäldern und als Indikator für die Vogelvielfalt (Liesen 2012; Löhmus et al. 2015; Menon & Shahabuddin 2021).

In Tirol zeigt der Grauspecht eine Schwerpunktverbreitung in den nördlichen Kalkalpen, wobei die meisten Nachweise aus den Regionen, Außerfern, Karwendel und Brandenberger Alpen stammen, mit einer Besiedlung der Höhenlagen zwischen 480 und 2200 m ü.NN (Zahner & Wimmer 2021; Oberwalder et al. 2014; Lehne 2022). Im NP Karwendel sind altbaumreiche, zusammenhängende Laubmischwälder mit alten Buchenbeständen besonders wichtige Lebensräume (Oberwalder et al. 2014). Altbäume, Stangenhölzer und Ameisenhügel sind essenzielle Ressourcen für den Fortbestand des Grauspechts (Oberwalder et al. 2014; Grendelmeier et al. 2020). Während lichte, offene Wälder und Waldweiden ideale Bedingungen für die Nahrungssuche in den schneefreien Monaten bieten, spielen nämlich im Winter totholzbewohnende Insekten eine zentrale Rolle (Grendelmeier et al. 2020). Die Siedlungsdichten des Grauspechts sind im Naturpark Karwendel oft deutlich höher als in gut geeigneten Habitaten in Mitteleuropa, wobei die höchsten Siedlungsdichten in den Gebieten Inn- und Bächental festgestellt wurden, vor allem in südexponierten Gebieten zwischen 900 und 1700 m ü. M. (Oberwalder et al. 2014).

Trotz dieser Voraussetzungen ist die Bestandsentwicklung des Grauspechts im NP Karwendel bisher unzureichend dokumentiert. Darüber hinaus sind die langfristigen Auswirkungen von Umweltveränderungen auf den Grauspecht bisher kaum erforscht. Aufgrund der Zurückdrängung naturnaher Buchenwälder zugunsten von Nadelwald und der Aufgabe der Waldweide ist in den letzten Jahrzehnten ein Rückgang zu verzeichnen (Bauer et al. 2012; Oberwalder et al. 2014).

Diese Entwicklungen, zusammen mit der Intensivierung der Landnutzung, könnten negative Konsequenzen für die Art haben (Bauer et al. 2012; Sætersdal et al. 2019). Der Rückgang des Grauspechtbestandes lässt sich auf mehrere Ursachen zurückführen (Mikusiński & Angelstam 1998; Bauer et al. 2012; Dorresteijn et al. 2013; Zahner & Wimmer 2021):

1. **Lebensraumverlust:** Die Umwandlung strukturreicher Laub- und Mischwälder in nadelbaumdominierte Bestände sowie die Zerstörung von Auwäldern führen zu einem Verlust geeigneter Lebensräume für Grauspecht. Dieser Verlust wird zusätzlich durch die Entnahme von Altbäumen sowie von Schwach-, Bruch- und Totholz, die als potenzielle Höhlenbäume dienen, verstärkt. Auch die Veränderungen in Bergmischwäldern, wie die zunehmende Erschließung und Verjüngung, beeinträchtigen die Lebensräume des Grauspechts.
2. **Forstwirtschaftliche Veränderungen:** Der Übergang von Mittel- zu Hochwaldbetrieben sowie der Rückgang von Blößen und Waldrändern verringern wichtige Nahrungs- und Brutgebiete für den Grauspecht.
3. **Rückgang des Nahrungsangebots:** Der Rückgang von Ameisen, einer wichtigen Nahrungsquelle für den Grauspecht, wird durch die Eutrophierung der Landschaft, intensive landwirtschaftliche Nutzung, häufiges Mähen und Vegetationsverdichtung begünstigt.
4. **Natürliche Ursachen:** Kältewinter haben nur einen geringen Einfluss auf die Bestandsentwicklung des Grauspechts. Allerdings kann die erhöhte interspezifische Konkurrenz mit anderen Arten wie dem Grünspecht, dem Star oder dem Schwarzspecht zu weiteren Bestandsrückgängen führen.

Ziel dieser Masterarbeit ist es, das Vorkommen und die Habitateignung des Grauspechts im NP Karwendel zu untersuchen und mit der ornithologischen Grundlagenerhebung und damit der Ersterhebung vor zehn Jahren zu vergleichen. Im Fokus stehen dabei Veränderungen in der Verbreitung, in der Bedeutung von Umweltparameter sowie die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Habitate des Grauspechts.

Auf Grundlage dieser Zielsetzung ergeben sich drei zentrale Forschungsfragen:

1. Wie ist derzeit der Grauspecht im NP Karwendel verbreitet und wie hat sich die Verbreitung des Grauspechts im Vergleich zur Kartierung vor zehn Jahren verändert?
2. Welche Umweltparameter wie zum Beispiel Ameisenhügel, Totholz, Hangexposition und Hangneigung beeinflussen das Vorkommen des Grauspechts?
3. Lassen sich Auswirkungen des Klimawandels (Temperatur und Niederschlag) feststellen?

## 2. Grundlagen – Der Grauspecht (*Picus canus*)

### 2.1 Morphologie

Der Grauspecht (*Picus canus*) wird aufgrund seiner grau-grünen Tarnfarbe und seiner Vorliebe, Nahrung hauptsächlich am Boden zu suchen, auch als „Erdspecht“ bezeichnet (Zahner & Wimmer 2021). Der Grauspecht besitzt mehrere charakteristische Merkmale, die ihn deutlich vom ähnlich aussehenden Grünspecht (*Picus viridis*) abgrenzen (Svensson 2023) (Abbildung 1; Abbildung 2):

Mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 29 cm ist der Grauspecht im Vergleich zum Grünspecht kleiner und zeichnet sich durch einen runderen, kleineren Kopf sowie einen kürzeren und weniger kräftigen Schnabel aus. Das Kopfglied des Grauspechts ist einheitlich grau und sein bernsteinfarbenes Auge wird nur von wenig Schwarz umrahmt (Dierschke 2020; Svensson 2023). Zudem haben männliche Grauspechte einen roten Stirnfleck auf dem Vorderscheitel, während bei den Weibchen eine solche Färbung fehlt (Dierschke 2020; Svensson 2023).

Die Oberseite des Grauspechts ist überwiegend moosgrün, während der Grünspecht eine gelbgrüne Färbung aufweist. Diese moosgrüne Färbung stellt ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bei der Feldbeobachtung dar. Die Unterseite des Grauspechts ist ungebändert hellgrau und weist eine schwache Grüntönung auf (Svensson 2023).

### 2.2 Stimme

Bei den Grauspechten zeigt sich eine hohe individuelle Variabilität im Gesang (Bauer et al. 2012). Der Gesang, der oft als „gü-gü-gü“ beschrieben, besteht aus 6 bis 9 Pfeiftonen, die in der Tonhöhe abfallen und nach den ersten drei Tönen langsamer werden (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021). Der Gesang unterscheidet sich somit vom markanten, lachenden Ruf des Grünspechts und klingt eher melancholisch (Svensson 2023). Bei Beunruhigung äußern die Grauspechte gedämpfte „tjk“-Rufe (Bauer et al. 2012).

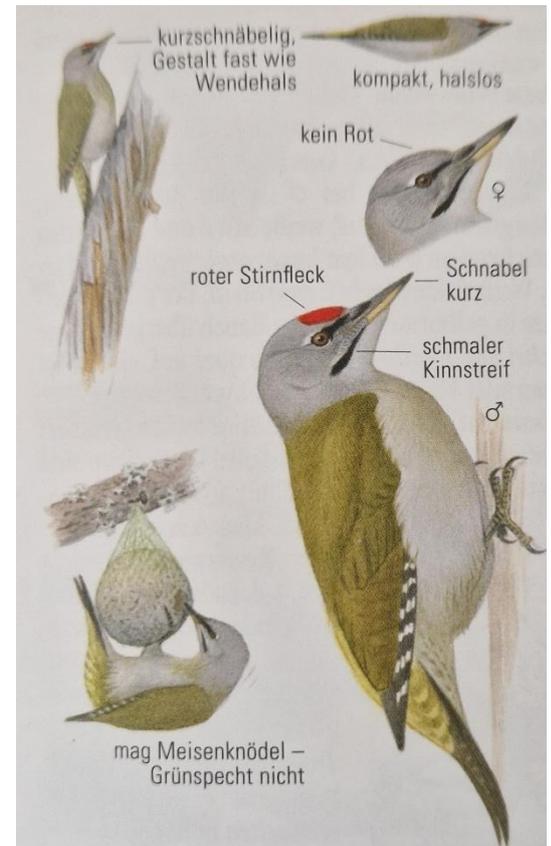


Abbildung 1 Morphologie des Grauspechts (*Picus canus*) (Svensson 2023)



Abbildung 2 Ein weiblicher Grauspecht (Bild: Veerle Dezutter)

Grauspechte trommeln häufig in lauten, schnellen Serien, die etwa 1,5 Sekunden dauern. Männliche Grauspechte trommeln während der Paarbildung und Balz 19 bis 39 Schläge (etwa 20 pro Sekunde) auf resonantem Holz oder Metall. Diese Trommelwirbel sind schneller und kürzer als die des Schwarzspechts (*Dryocopus marius*), länger als die des Buntspechts (*Dendrocopos major*) und haben eine geringere Frequenz als die des Kleinspechts (*Dryobates minor*) (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021; Svensson 2023).

### 2.3 Verbreitung & Lebensraum

Der Grauspecht besiedelt in einem langen, schmalen Streifen die Laubmischwälder Eurasiens und bevorzugt Übergänge zwischen Wäldern und halboffenen Kulturlandschaften. Im Westen reicht sein Verbreitungsgebiet bis in die Bretagne, im Norden bis nach Süd-Skandinavien. In Zentraleuropa ist der Grauspecht vor allem in den Mittelgebirgsregionen verbreitet, während er in den höheren Lagen der Alpen nur selten vorkommt (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021).

Der Grauspecht bevorzugt strukturreiche Landschaften mit offenen Flächen und weitläufigen, nicht zu stark geschlossene Laub- und Mischwälder (Andretzke et al. 2005; Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021) (Abbildung 3). Im Gebirge kommt er auch vereinzelt in Nadelwäldern vor (Bauer et al. 2012; Lehne 2022). Geeignete Lebensräume sind etwa weiden- und pappelreiche Auwälder mit dichtem Ufergehölz sowie alte, totholzreiche Buchenmischwälder (Andretzke et al. 2005; Bauer et al. 2012). Seine Reviere umfassen im Durchschnitt 100 bis 300 Hektar und beinhalten große Waldflächen mit einer dichten Kraut-, Strauch- und Baumschicht sowie einem hohen Anteil an Alt- und Totholz. Auch urbane Lebensräume wie Parkanlagen oder Friedhöfe können als Lebensräume dienen (Andretzke et al. 2005; Zahner & Wimmer 2021). Der Grauspecht teilt seinen Lebensraum häufig mit dem Grünspecht, er ist jedoch stärker an geschlossene Waldstrukturen gebunden (Bauer et al. 2012).



Abbildung 3 Typischer Lebensraum des Grauspechts: Strukturreiche Laub-Mischwälder mit geringer Kronendichte und offenen Flächen. Bilder: Veerle Dezutter

## 2.4 Nahrung & Verhalten

Der Grauspecht ernährt sich hauptsächlich von Ameisen, besucht jedoch auch gelegentlich menschliche Futterstellen in Gärten (Andretzke et al. 2005; Bauer et al. 2012). Obwohl er weniger auf Ameisen spezialisiert ist als der Grünspecht, bevorzugt er baumbewohnende Ameisen als seine Hauptnahrungsquelle (Bauer et al. 2012). Darüber hinaus umfasst sein Nahrungsspektrum Schmetterlingslarven, Heuschrecken und holzbewohnende Käferlarven, die er besonders in Totholz findet (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021).

Im Vergleich zum Grünspecht ist die Zunge des Grauspechts kürzer und breiter, was auf seine vielseitigere Ernährung zurückzuführen ist. Diese Anpassung ermöglicht es ihm, sowohl Ameisen flächig aufzusammeln als auch Beute aus Spalten und morschem Holz zu extrahieren (Zahner & Wimmer 2021). Ein typisches Merkmal ameisenfressender Spechte ist, dass sie das Futter für ihre Jungen im Kropf speichern, was ihnen erlaubt, weiter entfernte Nahrungsquellen zu nutzen und größere Mengen zu transportieren (Zahner & Wimmer 2021).

Im schneereichen Winter sinkt der Anteil an Ameisen in seiner Nahrung. Dann verlagert sich seine Ernährung stärker auf Insekten, die in weichem Totholz leben. Der Grauspecht profitiert zudem von der Aktivität des Schwarzspechts, der Ameisennester unter dem Schnee freilegt und solche in Fichtenstämmen öffnet (Zahner & Wimmer 2021).

### 2.1.5 Bestandstrend und Gefährdungsursachen

Die Gesamtpopulation des Grauspechts in Europa wird auf 365.000 bis 609.000 geschlechtsreife Individuen geschätzt (BirdLife International 2021). Damit umfasst Europa rund 40% des weltweiten Verbreitungsgebiets der Art. Es wird dabei angenommen, dass die Population in Europa zunimmt (BirdLife International 2021). Diese Einschätzung ist jedoch unsicher, da der Zustand der Populationen in vielen Ländern nicht genau bekannt ist (BirdLife 2016).

In Österreich wird der Grauspecht als „Near Threatened“ eingestuft. Zwar liegt die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens innerhalb der nächsten 100 Jahre unter 10% dennoch zeigen Bestandsentwicklungen negative Tendenzen und in bestimmten Regionen besteht eine hohe Aussterbensgefahr (Dvorak et al. 2017). Aufgrund der schwierigen Erfassbarkeit und des verstreuten Vorkommens gibt es in Österreich nur unzureichende Daten zu langfristigen Bestandsentwicklungen (Bauer et al. 2012; Oberwalder et al. 2014). Dennoch lässt sich insgesamt ein negativer Trend erkennen (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021).

In Tirol wird der Grauspechtbestand auf etwa 1000 bis 1800 Brutpaare geschätzt, wobei fast drei Viertel dieser Population in den nördlichen Rand- und Zwischenalpen vorkommt (Lehne 2022). Als Hauptursachen für den Bestandsrückgang gelten der Rückgang naturnaher Waldwiesenübergängen und Laubmischwälder, eine intensive forstwirtschaftliche Nutzung sowie der Rückgang des Nahrungsangebots (Bauer et al. 2012; Dorresteijn et al. 2013; Zahner & Wimmer 2021).

### 3. Material & Methoden

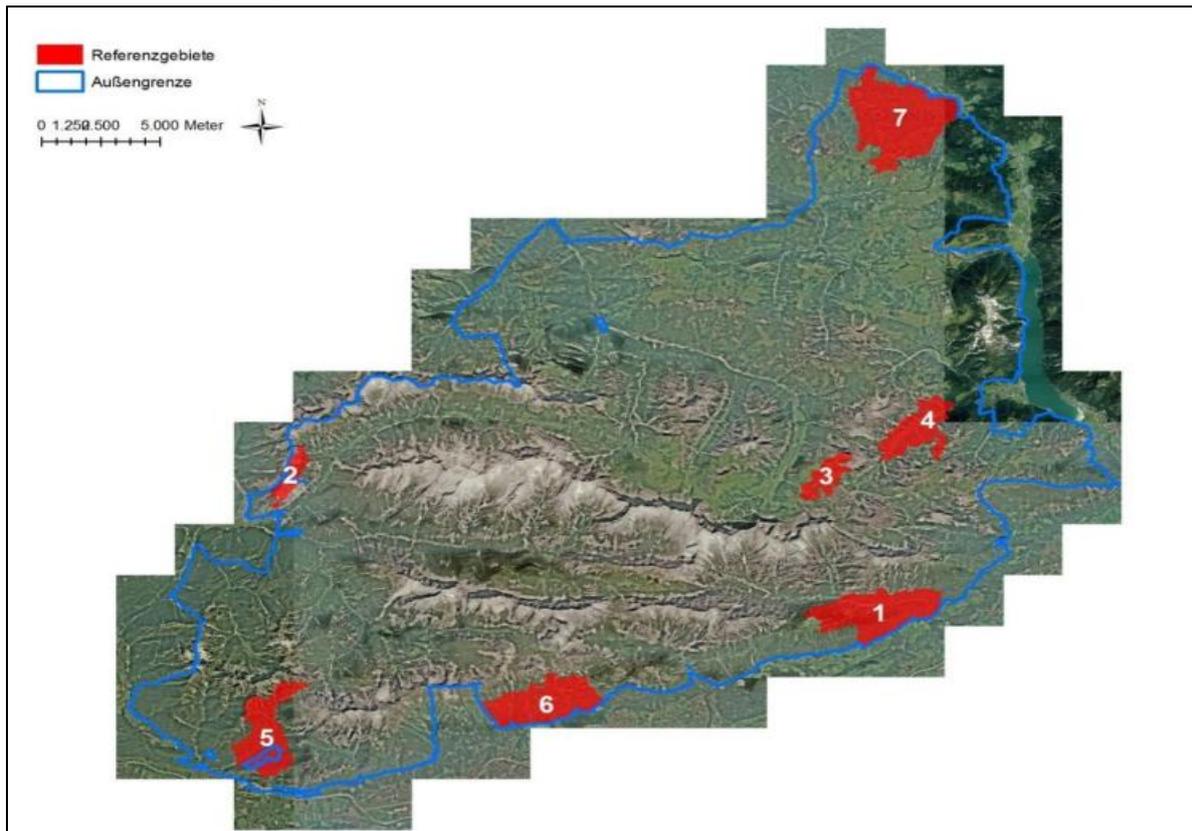
Im diesem Kapitel werden die methodischen Vorgehensweisen dieser Masterarbeit dargestellt. Dazu gehören die Auswahl der Untersuchungsflächen, die Vorgangsweise bei der Feldarbeit, die Digitalisierung der Daten, die Auswertung der Reviere und Spechtdichten, die Generierung der erklärenden Variablen, die Analyse des Habitatmodells sowie die Durchführung der statistischen Auswertungen.

Für die Erfassung des Grauspechts im NP Karwendel wurde größtenteils auf die gleichen Methoden zurückgegriffen, die bereits in der ornithologischen Grundlagenerhebung (Oberwalder et al. 2014) verwendet wurden. Es gab jedoch einige Anpassungen an der Methodik, insbesondere bei der Revierabgrenzung, da diese Methodik nicht vollständig nachvollziehbar war. Die in der Grundlagenerhebung verwendeten Daten stammen aus den Jahren 2011 und 2012, wobei die Ergebnisse in 2014 veröffentlicht wurden.

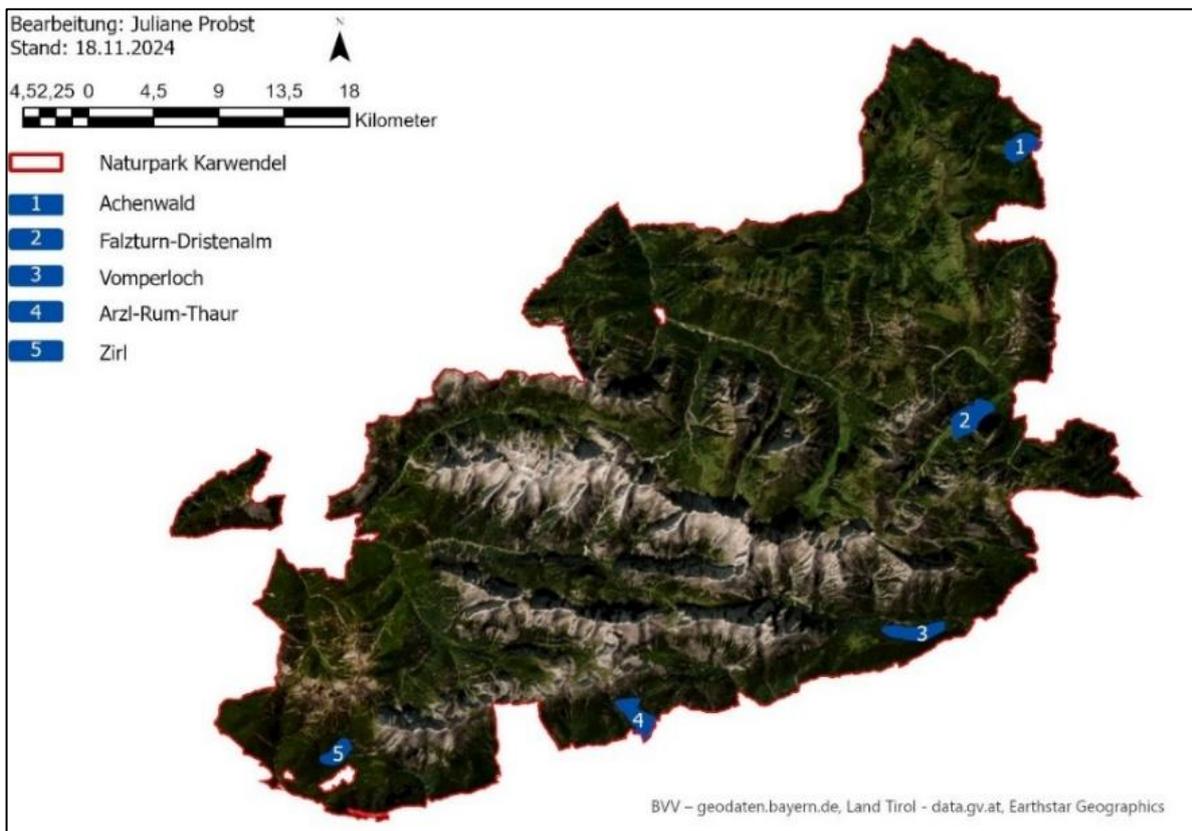
#### 3.1 Auswahl der Untersuchungsflächen

Die Auswahl der Untersuchungsflächen erfolgte auf Grundlage der ornithologischen Grundlagenerhebung (Oberwalder et al. 2014). Oberwalder et al. (2014) untersuchte im NP Karwendel sieben Flächen (Achenwald, Falzturn-Dristenalm, Vomper Loch, Gramaialm Hochleger, Arzl-Rum-Thaur, Zirl und Karwendel-Brunnenstein) mit einer Größe von jeweils 190 bis 1392 ha (Karte 1). Aufgrund der geringen bzw. fehlenden Population des Grauspechts wurden die Flächen Karwendel-Brunnenstein und Gramaialm Hochleger aus dieser Untersuchung ausgeschlossen. Für diese Arbeit wurden daher fünf Flächen am Rand des NP Karwendel ausgewählt (Karte 2). Die Flächengröße wurde so festgelegt, dass die Begehung jeder Fläche innerhalb eines Tages möglich war, weshalb die Flächengröße auf 145 bis 296 ha reduziert wurde. Während der Auswahl der Untersuchungsflächen wurde darauf geachtet, dass diese größtenteils mit den ursprünglichen Untersuchungsflächen von 2014 übereinstimmen, um eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Zudem wurden aus Sicherheitsgründen Bereiche mit einer Hangneigung über 40°, die schwer begehbar oder Fels geprägt waren, nicht betreten. Solche Bereiche wurden jedoch so weit wie möglich von angrenzenden Gebieten aus erfasst.

Nach der Auswahl der Flächen wurden die zuständigen Waldaufseher der jeweiligen Gemeinden informiert. Aufgrund von Lawinengefahr und laufenden Waldarbeiten mussten während der Begehungen einige Flächen angepasst werden, was dazu führte, dass alternative Wege genutzt werden mussten. Infolgedessen wurden bei früheren Begehungen Beobachtungen außerhalb der letztlich festgelegten Flächen gemacht.



Karte 1 Lage der sieben Flächen im NP Karwendel, die bereits durch Oberwalder et al. (2014) bearbeitet wurden  
 1. Vomper Loch, 2. Karwendeltal-Brunnenstein, 3. Gramaialm Hochleger, 4. Falzturn-Dristenalm, 5. Zirl, 6. Arzl-Rum-Thaur, 7. Achenwald.



Karte 2 Verortung der fünf Untersuchungsflächen im NP Karwendel: 1. Achenwald, 2. Falzturn-Dristenalm, 3. Vomper Loch, 4. Arzl-Rum-Thaur, 5. Zirl.

### 3.1.1 Vorstellung der Untersuchungsflächen

Die Fläche im Gebiet Achenwald (AW) liegt im äußersten Nordosten des NP Karwendel. Mit einer Größe von 242 ha erstreckt sich die Fläche vom Tiefental (983 m ü.NN) bis zur Almfläche der Falkenmoosalm, mit dem höchsten Punkt auf 1212 m ü.NN. Die Fläche besteht überwiegend aus Fichtenwäldern mit sowohl jungen als auch älteren Nadelholzbeständen und ist von kleinen Feuchtgebieten durchsetzt. Durch die Fläche durchziehen sich mäßig frequentierte Wanderwegen und Forststraßen (Karte 3). Aufgrund eines Fehlers überschneidet sich die 2024 untersuchte Fläche nicht mit der AW-Fläche aus der Grundlagenerhebung von Oberwalder et al. (2014). Die Achenwald-Fläche aus dem Jahr 2024 liegt außerhalb der Referenzfläche der Jahre 2010–2012. Um die Daten korrekt zu analysieren, wurde entschieden, Spechtfunde aus 2024 nicht als Teil des Referenzgebiets zu betrachten, sondern als kein Referenzgebiet einzuordnen.

Die Fläche Falzturn-Dristenalm (FD) erstreckt sich entlang des Falzturntals in Pertisau und umfasst 296 ha. Die Fläche erstreckt sich von der Brücke, kurz vor der Abzweigung zur Gramaialm, bis zum Alpengasthaus Falzturn (1077 m ü.NN). Die Talhänge weisen eine südliche, südöstliche und nördliche Exposition auf und sind von Fichten-Tannen-Buchenwäldern sowie Nadelwäldern bewachsen, während der Talboden im Sommer als Weidefläche und im Winter als Langlaufloipe genutzt wird. Die Mautstraße Richtung Alpengasthaus Falzturn und die Gramaialm sowie häufig genutzte Forst- und Wanderwege durchziehen die Fläche (Karte 3).

Die Fläche Vomper Loch (VL) erstreckt sich über 218 ha oberhalb des Vomper Baches, der sich in einer tiefen, von Felsabbrüchen eingerahmten Schlucht schlängelt. Die Fläche erstreckt sich als schmaler Streifen entlang der Felsabbrüche bis zur Waldgrenze von Umlberg (909 m ü.NN) zur Ganalm (1190 m ü.NN). Die Fläche ist vorwiegend nördlich exponiert und besteht hauptsächlich aus Laub-Nadel-Mischwald, wobei im Bereich der Ganalm auch Weidefläche vorhanden sind. Durch die Fläche befindet sich ein wenig frequentierter Forststraße Richtung Walderalm (1511 m ü.NN) (Karte 3).

Die Fläche Arzl-Rum-Thaur (ART) umfasst 246 ha und erstreckt sich vom Parkplatz der Thaurer Alm (855 m ü.NN) über die Thaurer Alm (1464 m ü.NN) bis zum Thaurer Roßkopf (1574 m ü.NN). Der Großteil der Fläche besteht aus Fichten-Tannen-Buchenwäldern, während oberhalb der Thaurer Alm regelmäßig Latschenfelder vorkommen. Die Fläche wird von stark frequentierte Wanderwegen und Forststraßen durchquert (Karte 3).

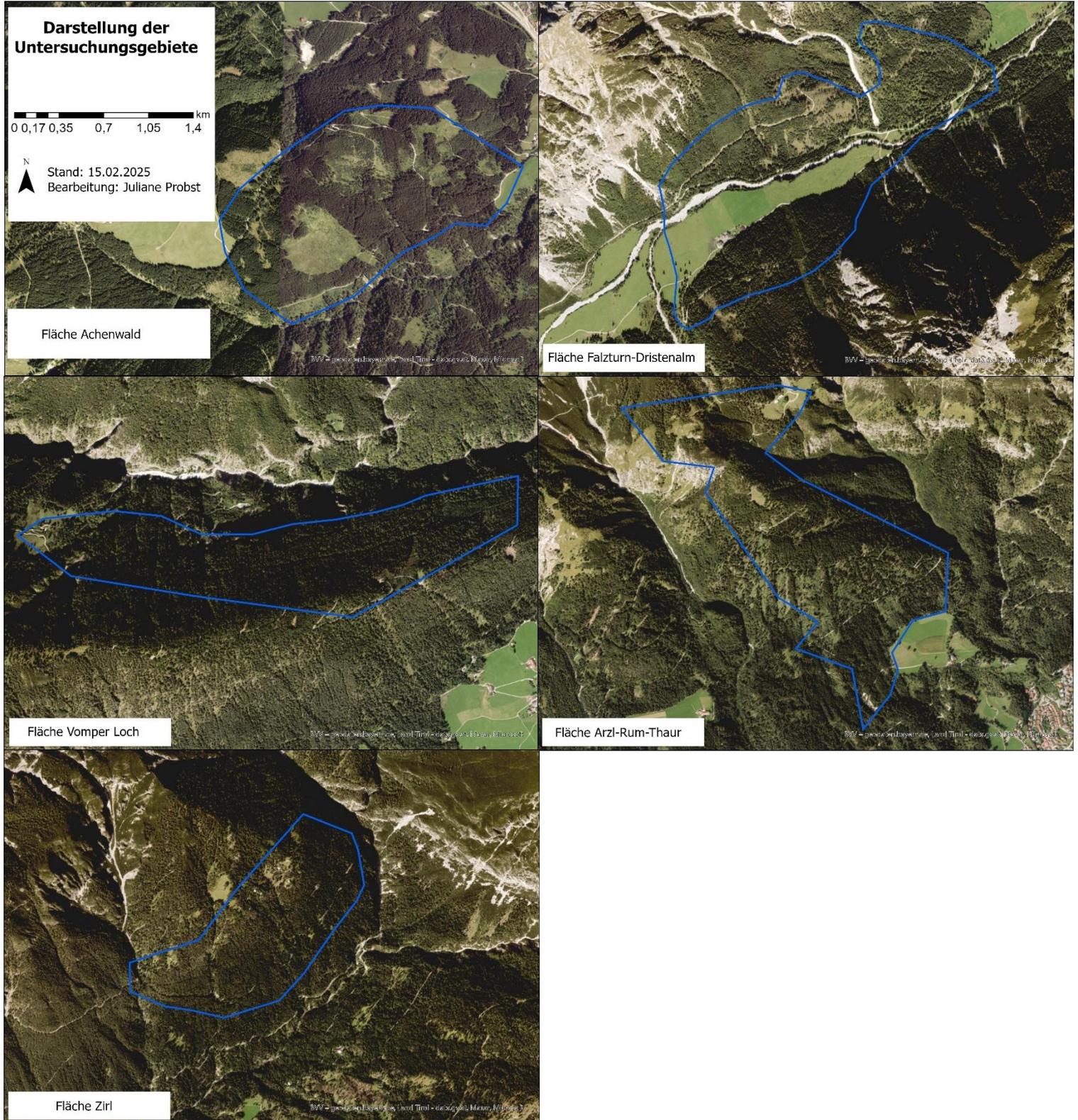
Die Fläche Zirl umfasst 145 ha und liegt an einem südostexponierten Hang im Fließewald. Die obere Grenze der Fläche wird durch die Garbersalm (1497 m ü.NN) definiert. Die Fläche besteht überwiegend aus Nadel- und Nadelmischwald, durchsetzt von kleinen Almflächen. Wenig bis regelmäßig frequentierte und Forststraßen durchqueren die Fläche (Karte 3).

Einige Flächen wurden aufgrund von Forstarbeiten oder wegen Lawinengefahr verkleinert. Dadurch wurden einige Funde außerhalb der endgültig definierten Flächen erfasst. Auch diese Funde wurden kein Referenzgebiet zugeordnet.

Die Tabelle 1 veranschaulicht die zentralen Merkmale der fünf untersuchten Flächen.

Tabelle 1 Übersicht der fünf untersuchten Flächen im NP Karwendel.

Fläche	Größe (ha)	Meereshöhe (m ü.NN)	Exposition	Hangneigung (°)	Waldtyp
Achenwald (AW)	242	983 - 1212	NO, O	0° - 44°	Nadelwald
Falzturn-Dristenalm (FD)	296	1019 - 1227	NW, SO	0° - 48°	Laub-Nadelmischwald
Vomper Loch (VL)	218	909 - 1190	N	6° - 60°	Nadelwald, Laub-Nadelmischwald
Arzl-Rum-Thaur (ART)	246	855 - 1574	S, SO	1° - 58°	Laub-Nadelmischwald, Latschenfelder
Zirl (Z)	145	1200 - 1497	S, SO	19° - 51°	Nadelwald, Nadelmischwald



Karte 3 Darstellung der Untersuchungsflächen Achenwald (AW), Falzturn-Dristenalm (FD), Vomper Loch (VL), Arzl-Rum-Thaur (ART) und Zirl (Z). Kartengrundlage: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol – data.gv.at

### 3.2 Methodik der Feldarbeit

Während der Brutsaison des Grauspechts wurden von Anfang März bis Anfang Juni 2024, gemäß dem standardisierten Erfassungszeitraum von Südbeck et al. (2005), auf den beschriebenen fünf Referenzflächen Kartierungen durchgeführt (Tabelle 2). Basis dafür bilden sechs Begehungen pro Fläche. Die Begehungen wurden vom Sonnenaufgang bis zum späten Vormittag durchgeführt, da der Grauspecht zu dieser Zeit besonders aktiv ist (Andretzke et al. 2005). Zwischen den Begehungsdurchgängen lagen sieben bis maximal 21 Tage (Bibby 1995). Die Begehungen fanden nicht bei starkem Nebel, starkem Niederschlag, starkem Frost ( $< -5^{\circ}\text{C}$ ) oder starkem Wind ( $> 4$ ) statt.

Tabelle 2 Empfohlene Erfassungszeiträume (dunkelblau) und Wertungsgrenzen (hellblau) für die Kartierung von Grauspechten gemäß Südbeck et al. (2005).

Februar			März			April			Mai			Juni		
A	M	E	A	M	E	A	M	E	A	M	E	A	M	E
			1	2	3									

Während der Begehungen wurden alle Spechtarten erfasst. Eine Klangattrappe wurde ausschließlich für die Kartierung des Grauspechts eingesetzt. An strategisch günstigen Beobachtungspunkten wurden 3-4 Rufreihen pro Minute abgespielt, sofern keine optische oder akustische Anwesenheit festgestellt werden konnte. Bei Reaktion des Grauspechts wurde das Abspielen sofort beendet. Die Klangattrappe wurde erst dann wieder verwendet, wenn ein Abstand von mindestens 300 Metern zum vorherigen Abspielort erreicht war, um ein Nachziehen des Grauspechts und damit eine doppelte Erfassung derselben Individuen zu verhindern (Andretzke et al. 2005).

Jeder Fund wurde in die NaturaList-App eingetragen, wobei die Koordinaten sowie relevante Anmerkungen dokumentiert wurden. Nach der Begehung wurden diese Funde in eine Excel-Tabelle sowie in ArcGIS Pro eingetragen. Wenn möglich, wurden während der Begehungen Fotos der beobachteten Individuen gemacht. Zudem wurde bei jedem Fund (Präsenzdaten) ein Erhebungsbogen (Anhang I) ausgefüllt, der auch in der ornithologischen Grundlagenerhebung verwendet wurde. In diesem Erhebungsbogen wurden unter anderem allgemeine Informationen, wie Beobachter, Datum, Uhrzeit, Teilgebiet und Begehungsdurchgang festgehalten. Darüber hinaus wurden Informationen zur Witterung und zum Verhalten der Spechte erfasst. Zusätzlich wurden in einem Umkreis von 30 Metern Daten (15 m Radius) zu den biotischen und abiotischen Standortfaktoren gesammelt, darunter der Vegetationstyp, die Bodendeckung, die Strauchschicht (bis 5 m Höhe), die Strukturelemente, die Totholzmenge, sowie die Nutzung des Gebiets.

### 3.3 Auswertung

Bei der Auswertung der Daten wurden sowohl die Spechtfunde aus dem Jahr 2024 berücksichtigt, als auch die Spechtfunde von Oberwalder et al. (2014), um einen zeitlichen Vergleich zu ermöglichen und die Habitateignung besser bestimmen zu können. Die Auswertung der Daten wurden mithilfe von ArcGIS Pro, Jamovi und Microsoft Excel durchgeführt.

#### 3.3.1 Datenbereinigung und Erhebung von räumlichen Einflussparameter

Die Analyse der Spechtfunde basiert auf der im Jahr 2024 durchgeführten Kartierung. Die Funde aus diesem Jahr sowie die erhobenen Umweltparameter wurden mit den Daten von Oberwalder et al. (2014) aus den Jahren 2011 und 2012 in einer Excel-Tabelle zusammengeführt. Vor der Integration wurde die Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit der Daten aus den Jahren 2011 und 2012 mit den aktuellen Daten überprüft. Da einige Funden aus 2011 und 2012 nicht die gleiche Qualität auswiesen wie die Daten aus 2024, wurden nur jene mit vergleichbarer Qualität in die Tabelle aufgenommen. Mit Qualität ist hierbei gemeint, dass für alle Umweltparameter, die während der Feldarbeit erhoben wurden, vollständige Daten bzw. ein vollständig ausgefüllter Erhebungsbogen, vorliegen.

Zudem wurden folgende Umweltparameter für jeden Beobachtungspunkt ermittelt (Tabelle 3):

- Meereshöhe (m ü.NN): Zur Berücksichtigung der Meereshöhe in den nachfolgenden Auswertungen wurde für jeden Fundpunkt aus den Jahren 2024 sowie 2011/2012 die Meereshöhe auf Basis des Aster GDEM in ArcGIS Pro extrahiert.
- Hangneigung (°): Die Hangneigung wurde auf Basis des Aster GDEM mit dem Tool „Slope“ in ArcGIS Pro berechnet.
- Hangexposition (°): Die Exposition wurde auf Basis des Aster GDEM mit dem Tool „Aspect“ in ArcGIS Pro berechnet. Dabei wurde die Hangexposition (°) in Nord- und Ostausrichtung unterteilt. Niedrigere Werte repräsentieren eine Süd- bzw. Westausrichtung, während höhere Werte auf eine Nord- bzw. Ostausrichtung hinweisen.
- Geomorphologie: Das Tool „Geomorphon-Landformen“ wurde auf Basis des Aster GDEM für die Klassifikation der Geomorphologie verwendet.
- Temperatur (°C) und Niederschlag (mm): Aus dem SPARTACUS-Datensatz (GeoSphere Austria) wurden 3-Jahresmittelwerte für die Zeiträume 2010-2012 und 2022-2024 berechnet. Für die Temperatur und Niederschlag wurden für beide Zeiträume Mittelwertkarten erstellt.

Weiters wurden für die Analysen diverse Datensätze des Landes Tirol genutzt, darunter

- Laserscandaten (Land Tirol) zur Ableitung der Baumstruktur: Aus der Differenz zwischen dem Digitalen Geländemodell (DGM) und dem Digitalen Oberflächenmodell (DOM) wird die Vegetationsbestandeshöhe und damit die Baumstruktur/-höhe im gesamten NP Karwendel abgeleitet.
- Waldtypen (Land Tirol 2020): Die Baumartenmischung der Wälder des Naturparks Karwendel unterteilt in 15 Hauptgruppen
- Erhaltungszustand der Wälder (Land Tirol 2020): Die Bewertung der Baumartenmischung im NP Karwendel erfolgt in die Klassen hoch (A), mittel (B) und gering (C). Wälder oder naturferne Ersatzgesellschaften, die keine der Kriterien für A, B oder C erfüllen, werden der Klasse E zugeordnet. Flächen, die nicht beurteilt werden können, erhalten die Klassifizierung N.

Schlussendlich wurden auch noch Daten des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) verwendet:

- Schadholzmengen: Gesamtmenge und aufgeteilt nach Ursachen (Borkenkäfer, Schnee und Wind) (Dokumentation der Waldschädigungsfaktoren BFW). Diese Schadholzmengen wurden in Rahmen der Dokumentation der Waldschädigungsfaktoren (DFW) erfasst. Die Daten wurden so aufbereitet, dass für die Zeiträume 2010-2012 und 2021-2023 die durchschnittlichen Schadholzmengen für die einzelnen Ursachfaktoren berechnet wurden. Zur Berechnung wurden ausschließlich Daten aus den Forstbezirken Innsbruck und Schwaz verwendet aufgrund der Lage der Untersuchungsflächen (Steyrer et al. 2022).

Tabelle 3 Übersicht der verwendeten Datensätze.

Umweltparameter	Datengrundlage	Räumliche Auflösung (m)	Quellzitat
Meereshöhe (m ü.NN)	Aster GDEM	30	NASA ( <a href="https://asterweb.jpl.nasa.gov">https://asterweb.jpl.nasa.gov</a> )
Hangneigung (°)	Aster GDEM	30	NASA ( <a href="https://asterweb.jpl.nasa.gov">https://asterweb.jpl.nasa.gov</a> )
Hangexposition (°)	Aster GDEM	30	NASA ( <a href="https://asterweb.jpl.nasa.gov">https://asterweb.jpl.nasa.gov</a> )
Geomorphologie	Aster GDEM	30	NASA ( <a href="https://asterweb.jpl.nasa.gov">https://asterweb.jpl.nasa.gov</a> )
DGM	Airborne Laserscandaten	0,50	Land Tirol (2020)
DOM	Airborne Laserscandaten	0,50	Land Tirol (2020)
Waldtyp	Land Tirol		Land Tirol (2020)
Erhaltungszustand	Land Tirol		Land Tirol (2020)
Temperatur (°C)	SPARTACUS	1000	GeoSphere Austria
Niederschlag (mm)	SPARTACUS	1000	GeoSphere Austria
Schadholzmenge durch Borkenkäfer, Schnee und Wind	Dokumentation der Waldschädigungsfaktoren (DWF)		Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)

Für die weitere Analyse wurden die Informationen aus all diesen Datensätzen in ArcGIS Pro für die jeweilige Standorten der Spechtfunde extrahiert. Zusätzlich wurde um die Beobachtungspunkte eine Buffer von 15 m gelegt und für diese Fläche Mittelwerte bzw. Häufigkeitsverteilungen für die Umweltparameter ermittelt.

### 3.3.2 Dichteverteilung

Für den Grauspecht (und auch alle anderen Spechtarten) wurde eine Dichtekarte sowohl für die Daten von Oberwalder et al. (2014) als auch für die Daten aus dem Jahr 2024 in ArcGIS Pro erstellt. Dazu wurde die Kerndichte ( $\text{km}^2$ ) für jeden Fund und jeden Begehungsdurchgang mithilfe des Tools „Kerndichte“ berechnet. Der Berechnungsradius entsprach dabei den Radius der durchschnittlichen Reviergröße für jede Art (Tabelle 4). Der Radius wurde nach folgender Formel berechnet:  $R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ , dabei steht  $R$  für den Radius (m) und  $A$  für die durchschnittliche Reviergröße (ha).

Tabelle 4 Übersicht der Reviergrößen (min-max), durchschnittlichen Reviergrößen sowie der entsprechenden Radien pro Spechtart. Die Reviergrößen basieren auf den in der Literatur angegebenen Werten (Riemer et al. 2010; Zahner & Wimmer 2021).

Spechtart	Wissenschaftlicher Name	Reviergröße (ha)	Durchschnittliche Reviergröße (ha)	Radius (m)
Grauspecht	<i>Picus canus</i>	100 – 300	200	312
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>	1 – 60	30,5	501
Dreizehenspecht	<i>Picooides tridactylus</i>	11 – 147	79	798
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	50 – 250	150	691
Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>	200 – 300	250	892
Weißrückenspecht	<i>Dendrocopos leucotos</i>	200	200	798

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl an Begehungen in den Jahren 2024 und 2011/2012 wurden aus den einzelnen Dichtekarten der Begehungen Mittelwertkarten erstellt, um eine vergleichbare Datengrundlage zu ermöglichen.

Für das Jahr 2024 lagen sechs Begehungen vor, auf deren Basis eine Mittelwertkarte berechnet wurde. Für die Jahre 2011 und 2012 umfassen insgesamt vier Begehungen. Aus diesen wurde jeweils ein Mittelwert berechnet. Um Veränderungen zwischen den Dichtekarten der Jahre 2024 und 2011/2012 darzustellen, wurde für jede Art eine Differentialkarte berechnet. Außerdem wurden die prozentuale Veränderungen der Mittelwerte pro Spechtart zwischen den Jahren 2011/2012 und 2024 berechnet.

### 3.3.3 Revierabgrenzungen

Die Revierabgrenzungen wurde in ArcGIS Pro anhand der Dichteverteilung der jeweiligen Spechtart und der durchschnittlichen Reviergröße durchgeführt. Diese Methodik wurde ebenfalls auf die Funden aus den Jahren 2011/2012 angewendet, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Oberwalder et al. (2014) bestimmte die Reviere auf Grundlage der Kriterien von Südbeck et al. (2005) sowie nach eigenen, artabhängigen Kriterien. Für den Grauspecht umfassten diese Kriterien: Revierrufe, Trommeln oder Paare sowie ein Mindestdistanz von 950 m zwischen Beobachtungspunkten bzw. 1200 m bei Einzelfundpunkten (Oberwalder et al. 2014). Da die angewandte Methodik nicht vollständig nachvollziehbar war, wurde in dieser Arbeit stattdessen die Dichteverteilung als Basis für die Revierabgrenzung verwendet. Zentrum für jedes Revier bildeten die höchsten mittleren Dichten. Um dieses Zentrum wurde jeweils ein Radius entsprechend der mittleren Reviergröße gelegt. Befand sich ein Fund außerhalb dieses Raumes wurde von einem nächsten Revier ausgegangen. Zudem wurde die Wahrscheinlichkeit eines tatsächlichen Revieres noch durch Beobachtungen vor Ort von 1 bis 5 eingestuft (Tabelle 5).

Tabelle 5 Kategorisierung der Revierwahrscheinlichkeit.

Wahrscheinlichkeitsklasse	Bedeutung
1.	Aktive Nisthöhle mit Nachwuchs, Nestbau, Paarungsverhalten, futtertragende Altvögel oder ausgeflogene Jungvögel
2.	Nachweis eines Paares, Angst- und Warnverhalten oder Verleiten
3.	Simultanbeobachtungen von mehreren Individuen der gleichen Art
4.	Revierbegründungen aus mindestens zwei Beobachtungen ohne spezifische Verhaltenshinweise
5.	Einzelbeobachtungen

### 3.3.5 Statistische Erklärung des Grauspechtvorkommens auf Basis der Umweltparameter

Um zu untersuchen, welche Umweltparameter das Vorkommen des Grauspechts beeinflussen, wurden lineare Regressionsmodelle mithilfe von Jamovi und ArcGIS Pro erstellt. Die Dichte jedes einzelnen Grauspechtfundes wurde mit Hilfe der dort vorkommenden Umweltparameter erklärt. Alle Umweltparameter wurden in einem 15 m Radius um einem Fundpunkt erfasst, mit Ausnahme der Meereshöhe, die punktgenau erfasst wurde. Für die Umweltparameter Waldtyp, Erhaltungszustand und Geomorphologie, wurden die prozentualen Anteile in einem 15 m Radius um die Fundpunkte verwendet. Für die Umweltparameter Überschirmung, Feuchtestellen, Wurzelteller, Ameisenhügel, stehendes sowie liegendes Totholz und Baumstümpfe, wurden die Zählungen innerhalb eines Radius von 15 m um die jeweiligen Fundpunkte verwendet. Diese Analysen wurden mit der Statistiksoftware Jamovi durchgeführt. Um das Modell zu optimieren, wurden weniger signifikante Parameter schrittweise ausgeschlossen. Dieser Reduktionsprozess erfolgte für den Grauspecht nach dem Schema:

1. Alle verfügbaren Umweltparameter wurden getestet (Tabelle 6)
2. Umweltparameter mit einem  $p > 0,9$  wurden entfernt
3. Umweltparameter mit einem  $p > 0,7$  wurden entfernt
4. Umweltparameter mit einem  $p > 0,4$  wurden entfernt
5. Schließlich wurden Umweltparameter mit einem  $p > 0,2$  entfernt, sodass im finalen Modell nur Umweltparameter verblieben, deren  $p < 0,2$  war.

Dieses schrittweise Vorgehen diente dazu, die Modellgüte ( $R^2$ ) zu optimieren.

Tabelle 6 Getestete Umweltparameter für die punktuelle Regressionsanalyse des Grauspecht.

Umweltparameter	
Meereshöhe (m ü.NN)	10 S (Subalpine Fichtenwälder)
Hangneigung (°)	14 Z (Zirbenwälder)
Nordausrichtung	Durchschnittliches Baumalter in Jahren
Ostausrichtung	EHZ 1 A (hoch)
Überschirmung (%)	EHZ 2 B (mittel)
Feuchtstelle (in m <sup>2</sup> )	EHZ 3 C (gering)
Wurzelteller (Stk)	EHZ 4 E (Ersatzgesellschaft)
Ameisenhügel (Stk)	EHZ 5 N (nicht beurteilt)
Totholz stehend (Stk)	Durchschnittliche Baumhöhe
Totholz liegend (Stk)	Maximale Baumhöhe
Baumstümpfe (Stk)	Standardabweichung der Baumhöhe
1 K (Kiefernwälder)	1 Ebene/Tal
2 M (Fichten-Tannen-Buchenwälder)	2 Gipfel/Grat/Schulter/Felssporn
3 G (Grauerlenwälder)	3 Hang/Unterhang
4 T (Fichten-Tannenwälder)	4 Senke/Mulde
5 Geb (Laubholzgebüsche)	Durchschnittliche Temperatur (°C)
6 B (Buchenwälder)	Durchschnittliche Niederschlagsmenge (mm)
7 Ei (Eichenmischwälder)	Mittlere Schadholzmenge durch Borkenkäfer (Vfm) in den Jahren 2021-2023; bzw. 2010-2012
8 L (Lärchenwälder)	
9 Lat (Latschengebüsche)	

### 3.3.6 Flächige Modellierung der potenziellen Habitateignung

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Habitatmodellierung im Jamovi wurde eine GIS-Modellierung für das gesamte Naturparkgebiet durchgeführt. Dabei wurden alle flächendeckend verfügbaren Umweltparameter auf Basis der Raster-Dichtepixel verwendet (Tabelle 7). Die Hangexposition wurde dabei in Nord- und Ostausrichtung unterteilt. Ebenso wurden für die Umweltparameter Waldtyp, Geomorphologie und Erhaltungszustand neue Raster erstellt. Dabei wurde für jeden Waldtyp, jede Geomorphologie und jeden Erhaltungszustand geprüft, ob diese im jeweiligen Rasterpixel vorkommen. Wurde ein Waldtyp, eine Geomorphologie oder ein Erhaltungszustand festgestellt, erhielt der Pixel den Wert 1, sonst wurde eine 0 eingetragen. Somit verfügte jeder Pixel über eine binäre Kodierung (0 oder 1). Diese Daten bildeten die Grundlage für die Regressionsanalyse.

Anhand der Regressionskoeffizienten des Regressionsmodell aus Jamovi wurde in ArcGIS Pro eine Potentialmodellierung für das gesamte Naturparkgebiet durchgeführt. Mit dem Tool „Raster Calculator“ wurde eine Vorhersagekarte zur Habitateignung des Grauspechts für den gesamten NP Karwendel erstellt.

Tabelle 7 Die getestete Umweltparameter für die flächige Regressionsanalyse des Grauspechts.

<b>Umweltparameter</b>	<b>Auflösung (m)</b>	<b>Datensatz</b>
Meereshöhe (m ü.NN)	30	Aster GDEM
Hangneigung (°)	30	Aster GDEM
Nordausrichtung	30	Aster GDEM
Ostausrichtung	30	Aster GDEM
Subalpine Fichtenwälder		Land Tirol
Latschengebüsche		Land Tirol
Buchenwälder		Land Tirol
Laubholzgebüsche		Land Tirol
Fichten-Tannenwälder		Land Tirol
Fichten-Tannen-Buchenwälder		Land Tirol
Gipfel/Grat/Schulter/Felssporn	30	Aster GDEM
Hang/Unterhang	30	Aster GDEM
Senke/Mulde	30	Aster GDEM
EHZ A		Land Tirol
EHZ B		Land Tirol
EHZ C		Land Tirol
EHZ E		Land Tirol
Temperatur Mittelwert (°C)	1000	SPARTACUS
Niederschlag Mittelwert (mm)	1000	SPARTACUS

## 4. Ergebnisse

Im folgendem Kapitel werden zunächst die zeitliche Entwicklung des Grauspechtpopulation beschrieben, gefolgt von der Darstellung der Dichteverteilung für die einzelnen Untersuchungsflächen sowie der Einfluss der Umweltparameter auf das Vorkommen des Grauspechts analysiert. Beruhend auf den gewonnenen Funktionszusammenhängen wird das Ergebnis einer Modellierung der Habitataignung für das gesamte Naturparkgebiet präsentiert.

### 4.1 Ergebnisse der Referenzflächenkartierung

#### 4.1.1 Entwicklung der Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024)

Die Anzahl der Funden variiert stark zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024 sowie in den einzelnen Teilgebieten (Tabelle 8) (Anhang II Tabelle 12; Anhang II Diagramm 1/2). In Falzturn-Dristenalm (FD) wurden 2011/2012 keine Individuen nachgewiesen, während 2024 3 Individuen nachgewiesen wurden (mittlere Individuenzahl 0,5). Im Vomper Loch (VL) blieb die Anzahl relativ gleich, in 2011/2012 wurde 1 Individuen beobachtet (0,25 pro Durchgang), in 2024 wurde ebenfalls 1 Individuum nachgewiesen (0,17 pro Durchgang). Deutlich zugenommen hat die mittlere Individuenzahl in Arzl-Rum-Thaur (ART), von 0,5 (2011/2012) auf 1,67 pro Durchgang (2024). In Zirl hingegen wurden 2011/2012 noch 2 Individuen nachgewiesen (Mittlere Anzahl 0,50), während 2024 keine mehr nachgewiesen wurde.

Innerhalb der vier gemeinsam untersuchten Flächen (FD, VL, ART, Z) wurden in den Jahren 2011/2012 insgesamt 5 Individuen bei 16 Durchgängen festgestellt, was einer mittleren Individuenzahl von 0,31 pro Durchgang entspricht. Im Jahr 2024 stieg diese Zahl auf 14 Individuen bei 24 Durchgängen, was einer mittleren Individuenzahl von 0,58 pro Durchgang entspricht.

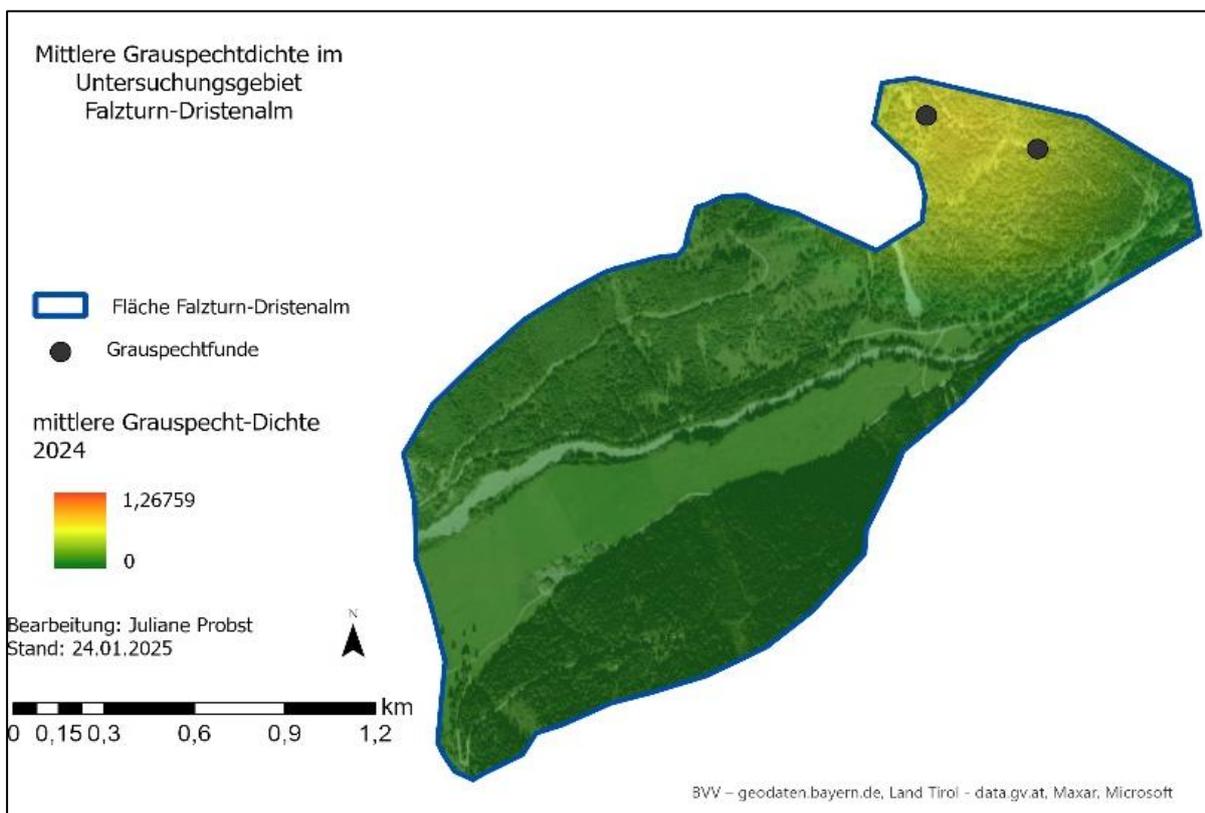
Der Grauspecht zählt im NP Karwendel weiterhin zu eine selten beobachtete Spechtart, nur 5,5% aller Spechtfunde im NP Karwendel sind Grauspechte (Anhang II Diagramm 3).

Tabelle 8 Bestandsentwicklung des Grauspechts im NP Karwendel.

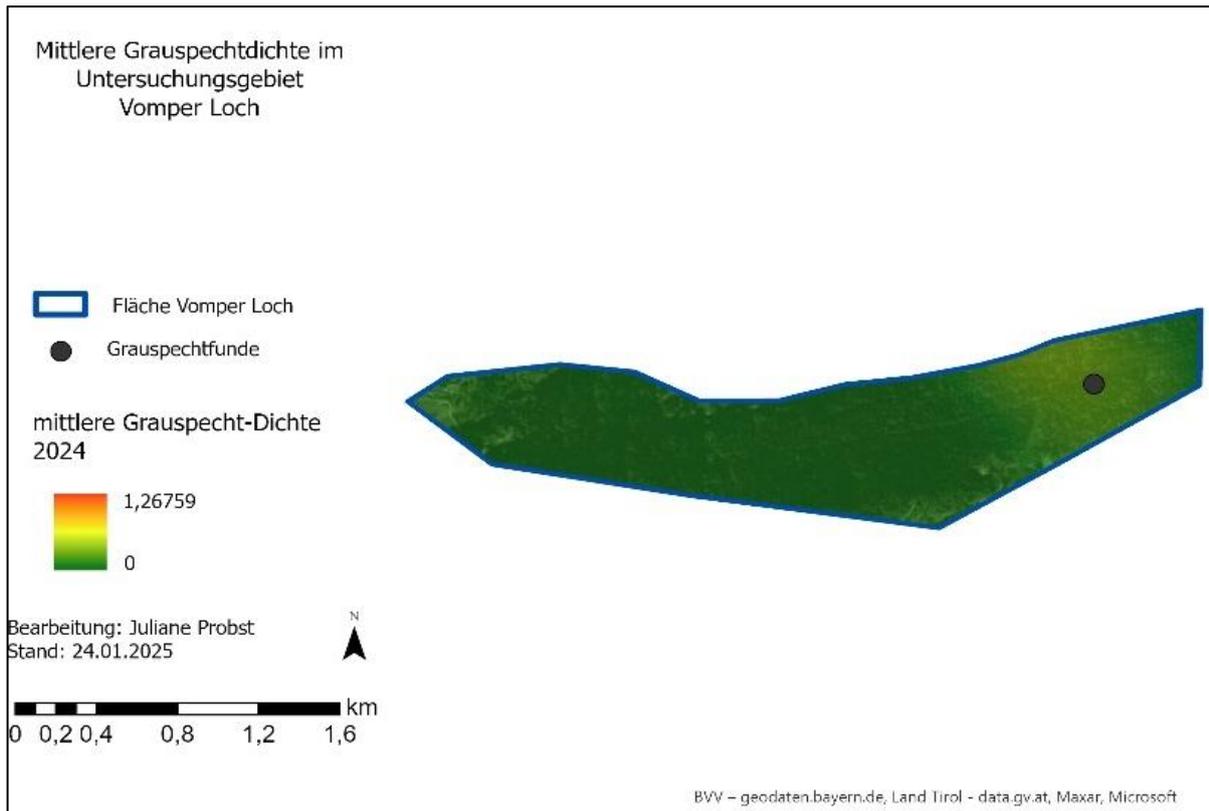
	<b>Jahr</b>	<b>Durchgänge (n)</b>	<b>Individuen (n)</b>	<b>Mittlere Individuenzahl (n pro Durchgang)</b>
<b>Falzturn- Dristenalm (FD)</b>	2011/2012	4	0	0,00
	2024	6	3	0,50
<b>Vomper Loch (VL)</b>	2011/2012	4	1	0,25
	2024	6	1	0,17
<b>Arzl-Rum-Thaur (ART)</b>	2011/2012	4	2	0,50
	2024	6	10	1,67
<b>Zirl (Z)</b>	2011/2012	4	2	0,50
	2024	6	0	0,00
<b>Anzahl innerhalb der vier gemeinsam untersuchten Flächen (FD, VL, ART, Z)</b>	2011/2012	16	5	0,31
	2024	24	14	0,58

#### 4.1.2 Dichteverteilung der Grauspechte in den Teilgebieten

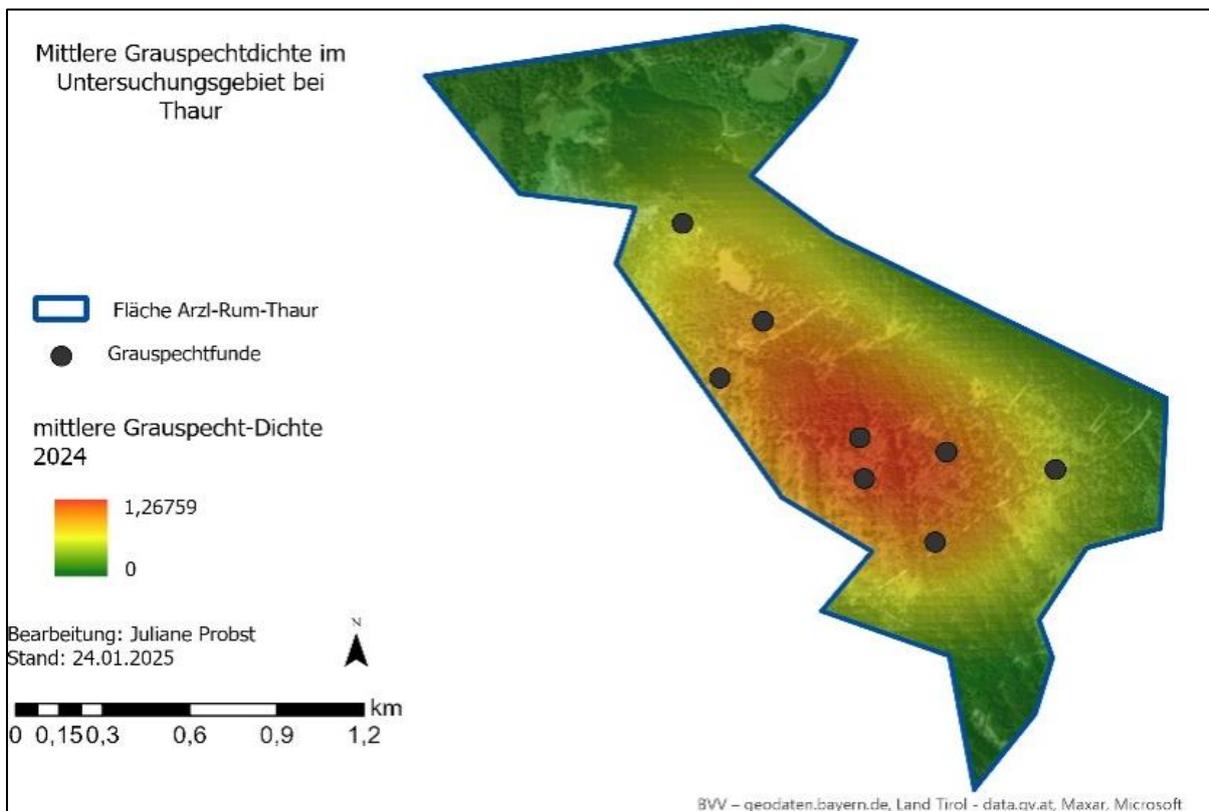
Die Analyse der mittleren Grauspechtdichte in den Teilgebieten zeigt deutliche Unterschiede in der Verbreitung und Häufigkeit der Art. Im Teilgebiet Falzturn-Dristenalm wurde eine maximale mittlere Grauspechtdichte von 1,0 Individuen nachgewiesen. Die in der Karte dargestellten Fundpunkte deuten auf eine tendenzielle Konzentration im nördlichen Bereich des Teilgebiets hin (Karte 4). Im Gegensatz dazu wurden im Teilgebiet Vomper Loch nur vereinzelt Grauspechte dokumentiert. Die mittlere Dichte liegt hier deutlich niedriger als in den anderen Teilgebieten (Karte 5). Das Teilgebiet Arzl-Rum-Thaur weist die höchste Dichte an Grauspechtfunden auf, mit einem besonders ausgeprägten Schwerpunkt im zentralen und südlichen Bereich. Die maximale mittlere Grauspechtdichte beträgt hier ebenfalls 1,27 (Karte 6).



Karte 4 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Falzturn-Dristenalm. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol.



Karte 5 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Vomper Loch. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol.



Karte 6 Mittlere Grauspechtdichte in 2024 auf der Fläche Arzl-Rum-Thaur. Die Farbskala zeigt die Dichteverteilung, wobei höhere Werte (rot) auf eine stärkere Präsenz der Art hinweisen. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol.

## 4.2 Umweltparameter: Entwicklungen im Vergleich 2011/2012 und 2024

Die Analyse der Umweltparameter erfolgte innerhalb eines 15 m Radius um die jeweiligen Fundpunkte. Die analysierten Parameter umfassen Habitatmerkmale, wie z.B. Meereshöhe (m ü.NN), Hangneigung und -exposition (°), Waldtyp, Erhaltungszustand, Geomorphologie, sowie klimatische Parameter, wie Temperatur (°C) und Niederschlag (mm). Für diese Analysen wurden nur die Funden die innerhalb der gemeinsam untersuchten Flächen (Tabelle 8) nachgewiesen wurden, berücksichtigt um einen Vergleich zwischen 2011/2012 und 2024 darzustellen.

### 4.2.1 Topographische Eigenschaften

Im Jahr 2024 lag die durchschnittliche Meereshöhe der Grauspechtfunde bei 1110 m ü.NN und damit unter dem Wert von 2011/2012 (1229 m ü.NN). Die Höhenverteilung der Funde reichte 2024 von 939 m ü.NN bis 1367 m ü.NN, während diese 2011/2012 zwischen 1135 m ü.NN und 1354 m ü.NN lag. Diese Verschiebung der Höhenverteilung zwischen den beiden Zeiträumen war knapp nicht signifikant ( $p = 0,064$ ) (Anhang III Tabelle 13).

Die durchschnittliche Hangneigung der Grauspechtfunde blieb zwischen den beiden Zeiträumen konstant. Im Jahr 2024 betrug die Hangneigung  $27,2^\circ$ , in den Jahren 2011/2012  $30,7^\circ$ . Dies zeigt, dass Grauspechte bevorzugt in mäßig geneigten Waldbereichen vorkommen. Die Hangexposition der Fundpunkte änderte sich leicht. Während 2011/2012 ein durchschnittlicher Wert von  $148^\circ$  festgestellt wurde, lag dieser im Jahr 2024 bei  $138^\circ$ . Dies deutet darauf hin, dass Grauspechte tendenziell südliche bis südöstliche Hanglagen bevorzugt (Anhang III Tabelle 13).

Die Nutzung der unterschiedlichen geomorphologischen Strukturen veränderte sich zwischen 2011/2012 und 2024. Während 2011/2012 noch 80,0% der Nachweise auf Hänge und Unterhänge entfielen, sank dieser Anteil 2024 auf 64,3%. Gleichzeitig stieg die Nutzung von Gipfeln, Graten, Schultern und Felsspornen von 20,0% auf 35,7% (Anhang III Diagramm 4). Diese Entwicklung deutet auf eine zunehmende Präferenz für exponierte Geländeformen hin.

### 4.2.2 Waldstruktureigenschaften

Der Grauspecht bevorzugt halboffene Waldflächen mit einem Überschirmungsgrad von 40 bis 50%. Die durchschnittliche Überschirmung über die gemeinsam untersuchten Flächen betrug 2024 durchschnittlich 42,5% im Vergleich zu den 49,0% in den Jahren 2011/2012 ( $p = 0,640$ ). Auch zwischen den einzelnen Untersuchungsflächen zeigten sich Unterschiede in der durchschnittlichen Überschirmung zwischen den Zeiträumen. Im Jahr 2024 lag die durchschnittliche Überschirmung bei 40% in der Fläche Arzl-Rum-Thaur, 45% in der Fläche Falzturn-Dristenalm und 60% im Vomper Loch.

In den Jahren 2011/2012 betragen die jeweiligen Werte 57,5% für Arzl-Rum-Thaur, 10% im Vomper Loch und 60% in der Fläche Zirl (Anhang III Tabelle 14).

Die durchschnittliche Anzahl der Wurzelteller über alle gemeinsam untersuchten Flächen hinweg stieg von 0,2 in 2011/2012 auf 0,9 im 2024. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,194$ ). Die durchschnittliche Anzahl der Wurzelteller lag im 2024 bei 0,3 in der Fläche Arzl-Rum-Thaur, 2,0 in der Fläche Falzturn-Dristenalm sowie 3,0 im Vomper Loch. In den Jahren 2011/2012 wurden hingegen durchschnittlich 0,5 Wurzelteller in Arzl-Rum-Thaur sowie 0 im Vomper Loch und Zirl rund um die Fundpunkte gezählt (Anhang III Tabelle 14).

Hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl an Ameisenhöfen konnte zwischen den beiden Erhebungszeiträumen 2024 und 2011/2012 kein Unterschied festgestellt werden. In beiden Untersuchungszeiträumen wurden in den gemeinsam untersuchten Flächen keine Ameisenhöfe nachgewiesen (Anhang III Tabelle 14).

Die Menge an stehendem und liegendem Totholz unterschied sich signifikant zwischen den beiden Zeiträumen (stehend:  $p = 0,042$ ; liegend:  $p = 0,024$ ). Im Jahr 2024 wurden über alle gemeinsam untersuchten Flächen hinweg durchschnittlich 5,1 liegende und 2,6 stehende Totholzstrukturen verzeichnet. Im Vergleich dazu lag der Wert im Zeitraum 2011/2012 bei 1,0 liegenden und 0,4 stehenden Totholzstrukturen. Die durchschnittliche Anzahl stehender Totholzstrukturen pro Fläche lag im Jahr 2024 bei 2,9 in Arzl-Rum-Thaur, 1,0 in Falzturn-Dristenalm und 4,0 im Vomper Loch, während im Zeitraum 2011/2012 durchschnittlich 0 in Arzl-Rum-Thaur und Vomper Loch und 1,0 in Zirl erfasst wurden. Liegende Totholzstrukturen wurden im Jahr 2024 mit 5,9 in Arzl-Rum-Thaur, 2,0 in Falzturn-Dristenalm und 6,0 im Vomper Loch gezählt. Während 2011/2012 die Werte bei 2,5 in Arzl-Rum-Thaur, 0 im Vomper Loch und Zirl lagen (Anhang III Tabelle 14).

Auch die Anzahl der Baumstümpfe war im Jahr 2024 mit durchschnittlich 9,1 über alle gemeinsam untersuchten Flächen höher als 2011/2012 (5,4), wobei dieser Anstieg statistisch nicht signifikant war ( $p = 0,512$ ). Die durchschnittliche Anzahl an Baumstümpfen pro Fläche betrug im Jahr 2024 5,2 in Arzl-Rum-Thaur, 25,0 in Falzturn-Dristenalm und 1,0 im Vomper Loch. Im Vergleich dazu lag die Anzahl im Zeitraum 2011/2012 bei 9,5 in Arzl-Rum-Thaur, 0 im Vomper Loch und 4,0 in Zirl (Anhang III Tabelle 14).

### 4.2.3 Waldtyp und Erhaltungszustand

Die Analyse der Waldtypen zeigt, dass sich die Nutzung durch der Grauspecht sich zwischen 2011/2012 und 2024 nicht verändert hat. Während in den Jahren 2011/2012 80,0% der Nachweise auf Fichten-Tannen-Buchenwälder entfielen, stieg dieser Anteil 2024 auf 85,7%. Gleichzeitig sank die Nutzung von Buchenwäldern von 20,0% auf 14,3%. Dies deutet darauf hin, dass Fichten-Tannen-Buchenwälder weiterhin das bevorzugte Habitat darstellen, während reine Buchenwälder eine etwas geringere Rolle spielen (Anhang III Diagramm 5).

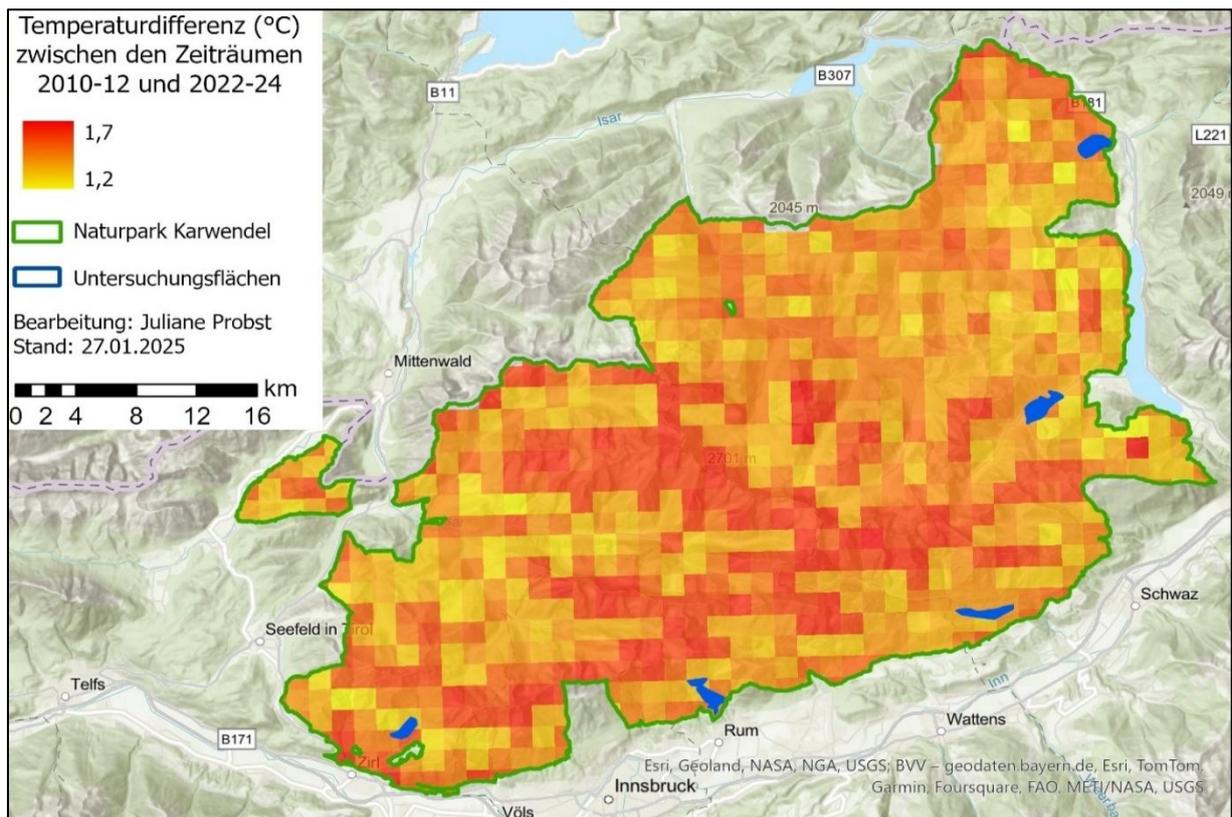
Die Analyse des Erhaltungszustands zeigt eine deutliche Verschiebung zwischen den beiden Zeiträumen. Während in den Jahren 2011/2012 noch 60,0% der Funde einem mittleren Erhaltungszustand (EHZ B) zugeordnet wurden, stieg dieser Anteil im Jahr 2024 auf 85,7%. Gleichzeitig sank der Anteil der nicht beurteilten Erhaltungszustände (EHZ N) von 40,0% in 2011/2012 auf 14,3% in 2024 (Anhang III Diagramm 6). Wird der EHZ N bei der Auswertung nicht berücksichtigt, entfallen in beiden Zeiträumen 100% der Funde auf den Erhaltungszustand B.

### 4.2.4 Klima

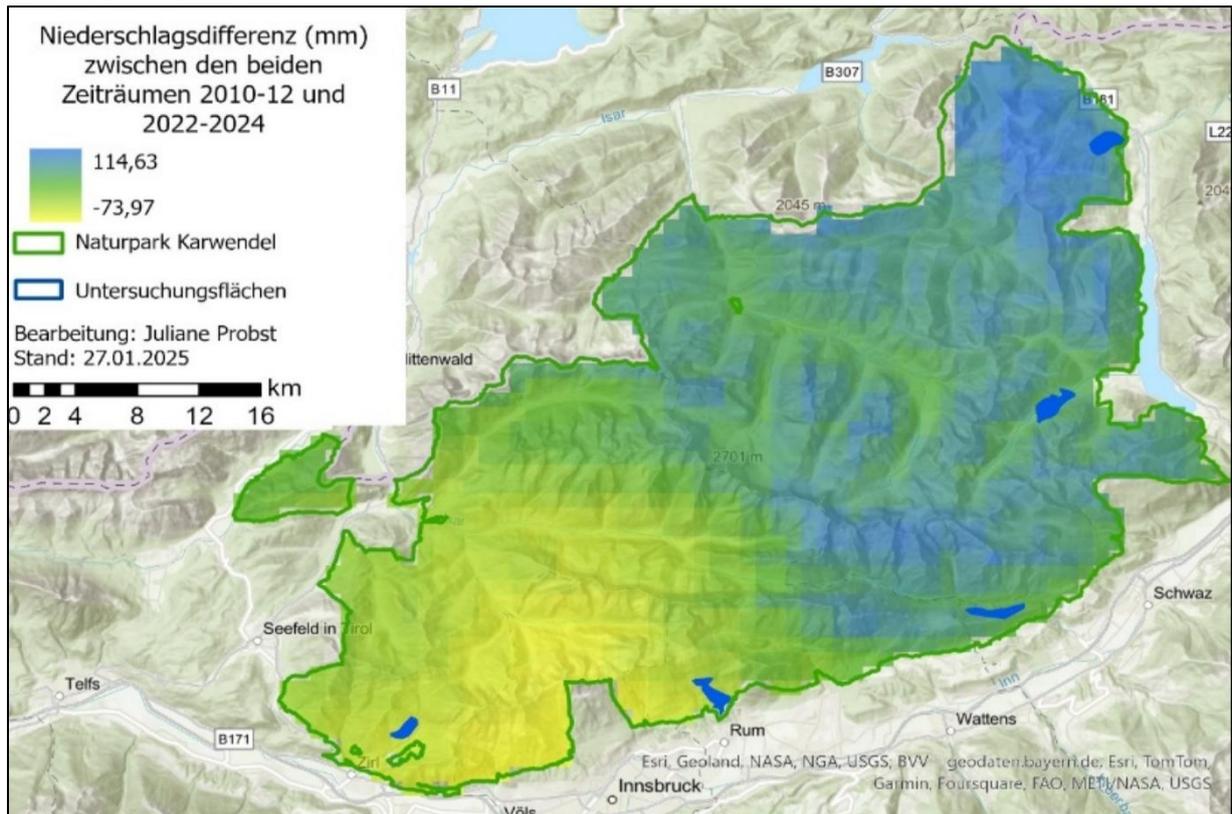
Betrachtet man die Differenzen zwischen den beiden betrachteten Zeiträume (2010-2012 und 2022-2024) im gesamten NP Karwendel sind deutliche Unterschiede zu verzeichnen. Die Temperaturdifferenzkarte zeigt eine durchgängige Erwärmung in allen Teilen des Naturparks (Karte 7). Besonders ausgeprägt sind die Temperaturanstiege im zentralen und südlichen Bereich, wo die Zunahme bis zu 1,7°C beträgt. In anderen Bereichen fallen die Temperaturanstiege mit 1,2°C etwas geringer aus. Die Karte zur Niederschlagsdifferenz verdeutlicht eine divergierende Entwicklung der Niederschlagsmengen, wobei die südöstlichen Bereiche des Naturparks stärkere Abnahmen bis zu 74,0 mm aufweisen (Karte 8). In den westlichen und nördlichen Bereichen des Naturparks sind hingegen Niederschlagszunahmen bis zu 114,6 mm zu verzeichnen.

Die Meereshöhe (m ü.NN) im Umfeld der Beobachtungspunkte blieb in beiden Zeiträumen ziemlich konstant (2024: 1110 m ü.NN; 2011/2012: 1229 m ü.NN). Seit der Ersterhebung 2011/2012 sind im NP Karwendel jedoch signifikante klimatische Veränderungen zu verzeichnen. Die mittlere Temperatur (°C) über alle gemeinsam untersuchten Flächen hinweg stieg von 5,8°C 2011/2012 auf 9,2°C im Jahr 2024 ( $p = 0,003$ ). Betrachtet man die einzelnen Flächen, lag die Durchschnittstemperatur 2024 in der Fläche Arzl-Rum-Thaur bei 9,5°C, in Falzturn-Dristenalp bei 7,9°C und bei 10,0°C im Vomper Loch. Im Vergleich dazu waren die Werte 2011/2012 deutlich niedriger. In der Fläche Arzl-Rum-Thaur betrug die mittlere Temperatur 5,4°C, im Vomper Loch 7,7°C und in Zirl 5,3°C (Anhang III Tabelle 15).

Auch die durchschnittliche Niederschlagsmenge (mm) hat abgenommen, jedoch nicht signifikant ( $p = 0,220$ ) (Anhang III Tabelle 15). Während diese 2011/2012 über alle gemeinsam untersuchten Flächen hinweg noch 1187,1 mm betrug, sank diese 2024 auf 1143,9 mm (Anhang III Tabelle 15). In der Fläche Arzl-Rum-Thaur reduzierte sich der Niederschlag von 1204,7 mm auf 1015,5 mm und im Vomper Loch von 1360,1 mm auf 1222,8 mm. In der Fläche Falzturn-Dristenalm wurde eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von 1545,4 mm im Jahr 2024 gemessen, während 2011/2012 keine Daten vorliegen. Die Fläche Zirl wies in 2011/2012 einen Niederschlag von 1083 mm auf (Anhang III Tabelle 15).



Karte 7 Temperaturdifferenz in °C im NP Karwendel zwischen den Zeiträumen 2010-2012 und 2022-2024. Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV.; geodaten.bayern.de, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS.



Karte 8 Niederschlagsdifferenz in mm im NP Karwendel zwischen den Zeiträumen 2010-2012 und 2022-2024.  
 Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV; geodaten.bayern.de, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS.

## 4.3 Einfluss der Umweltparameter auf das Vorkommen des Grauspechts

### 4.3.1 Erklärung der Einzelfunde

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der lineare Regression zur Erklärung der Einzelfunde anhand aller Umweltparameter dargestellt. Dabei wurden die Umweltparameter in einem 15 m Radius um die Fundpunkte erfasst.

Die Regressionsanalyse, worin alle getestete Umweltparameter berücksichtigt wurden, ergab eine Modellgüte mit  $R = 0,801$  und  $R^2 = 0,641$  ( $N = 60$ ). Damit werden 64,1 % der Varianz im Vorkommen des Grauspechts durch die untersuchten Umweltparameter erklärt (Tabelle 9). Dies zeigt, dass neben den analysierten Faktoren weitere Parameter eine Rolle spielen müssen. Allerdings sind die Voraussetzungen für eine lineare Regression nicht erfüllt, da die Daten nicht normal verteilt sind.

Tabelle 9 Übersicht alle getestete Umweltparameter, wobei  $p < 0,05$  auf einen signifikanten Einfluss deutet.

Umweltparameter	Schätzung	Std.- fehler	t	p
Interzept	1,89	1,41	1,34	0,193
Meereshöhe (m ü.NN)	-4,04E-4	7,32E-4	-0,55	0,586
Hangneigung (°)	0,00	0,01	0,40	0,693
Nordausrichtung	-0,96	2,52	-0,38	0,707
Ostausrichtung	0,99	2,91	0,34	0,736
Überschirmung (%)	-3,39E-4	0,00	-0,13	0,901
Feuchtstelle (in m <sup>2</sup> )	0,00	0,05	0,04	0,968
Wurzelteller (Stk)	-0,03	0,06	-0,43	0,670
Ameisenhügel (Stk)	-0,07	0,10	-0,64	0,529
Stehendes Totholz (Stk)	-0,07	0,03	-0,29	0,777
Liegendes Totholz (Stk)	0,017	0,02	1,02	0,319
Baumstümpfe (Stk)	2,63E-4	0,01	0,03	0,977
Kiefernwälder (%)	0,01	0,01	1,24	0,225
Fichten-Tannen-Buchenwälder (%)	0,00	0,00	-1,31	0,202
Grauerlenwälder (%)	-0,01	0,01	-0,71	0,484
Fichten-Tannenwälder (%)	-0,01	0,00	-1,63	0,116
Laubholzgebüsche (%)	-0,01	0,01	-0,98	0,338
Buchenwälder (%)	-0,01	0,00	-1,76	0,091

Eichenmischwälder (%)	-0,01	0,01	-1,55	0,135
Lärchenwälder (%)	-6,39E-4	0,06	-0,11	0,913
Latschengebüsche (%)	NaN	NaN	NaN	NaN
Subalpine Fichtenwälder (%)	0,00	0,00	-0,84	0,411
Zirbenwälder (%)	-0,01	0,01	-1,17	0,253
Durchschnittliches Baumalter in Jahren	0,00	0,00	-0,65	0,524
EHZ A (%)	8,91E-4	0,00	0,42	0,675
EHZ B (%)	0,00	0,00	0,66	0,516
EHZ C (%)	9,03E-4	0,00	0,35	0,728
EHZ E (%)	4,09E-5	0,00	0,02	0,988
EHZ N (%)	NaN	NaN	NaN	NaN
Maximale Baumhöhe (m)	0,00	0,03	0,05	0,959
Durchschnittliche Baumhöhe (m)	-0,01	0,04	-0,26	0,796
Standardabweichung der Baumhöhe (m)	0,05	0,10	0,53	0,602
Ebene/Tal (%)	0,00	0,01	-0,69	0,495
Gipfel/Grat/Schulter/Felssporn (%)	0,00	0,00	0,48	0,633
Hang/Unterhang (%)	0,00	0,00	0,39	0,702
Senke/Mulde (%)	NaN	NaN	NaN	NaN
Durchschnittliche Temperatur (°C)	-0,05	0,08	-0,64	0,526
Durchschnittliche Niederschlagsmenge (mm)	-5,37E-4	3,01E-4	-1,78	0,087
Mittlere Schadholzmenge durch Borkenkäfer	2,82E-6	3,88E-6	0,73	0,474

Um die Modellgüte ( $R^2$ ) zu optimieren, wurden weniger signifikante Parameter schrittweise eliminiert, bis nur noch Parameter mit einem  $p < 0,2$  verblieben. Diese Regressionsanalyse ergab eine moderate Modellgüte mit  $R = 0,725$  und  $R^2 = 0,525$  ( $N = 60$ ). Damit werden 52,5 % der Varianz im Vorkommen des Grauspechts durch die untersuchten Umweltparameter erklärt.

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge (mm) zeigt mit einem p-Wert von 0,008 und einem t-Wert von -2,77 einen signifikanten negativen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts. Dies deutet darauf hin, dass mit zunehmendem Niederschlag die Dichte des Grauspechts abnimmt (Tabelle 10).

Auch topographische Eigenschaften weisen signifikante Zusammenhänge auf. Die Meereshöhe ( $p = 0,039$ ,  $t = -2,12$ ) wirkt sich negativ auf das Vorkommen des Grauspechts aus, was auf eine geringere Dichte in höher gelegenen Lagen hindeutet. Die Hangneigung ( $p = 0,099$ ,  $t = 1,68$ ) zeigt einen positiven, knapp signifikanten Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts.

Bezüglich der Waldtypen zeigt sich, dass insbesondere bestimmte Waldtypen einen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts haben. Fichten-Tannenwälder ( $p = 0,015$ ,  $t = -2,52$ ) sowie reine Buchenwälder ( $p = 0,014$ ,  $t = -2,56$ ) wirken sich signifikant negativ aus. Weitere Waldtypen, wie Laubholzgebüsche ( $p = 0,052$ ,  $t = -2,00$ ), Fichten-Tannen-Buchenwälder ( $p = 0,071$ ,  $t = -1,85$ ) und Eichenmischwälder ( $p = 0,054$ ,  $t = -1,98$ ), sind zwar knapp nicht signifikant, weisen jedoch ebenfalls einen negativen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts auf.

Die Umweltparameter EHZ B ( $p = 0,105$ ,  $t = 1,65$ ) zeigt keinen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts, während EHZ C ( $p = 0,058$ ,  $t = 1,94$ ) knapp nicht signifikant ist.

Tabelle 10 Lineare Regression der Umweltparameter in Bezug auf das Vorkommen des Grauspechts anhand der Einzelfunde.  $p < 0,05$  deutet auf einen signifikanten Einfluss.

Umweltparameter	Schätzung	Std.-fehler	t	p
Interzept	1,66	0,33	4,99	<0,001
Meereshöhe (m ü.NN)	-3,93E-4	1,85E-4	-2,12	0,039
Hangneigung (°)	0,01	0,00	1,68	0,099
Fichten-Tannen-Buchenwälder (%)	0,00	0,00	-1,85	0,071
Fichten-Tannenwälder (%)	-0,01	0,00	-2,52	0,015
Laubholzgebüsche (%)	-0,01	0,00	-2,00	0,052
Buchenwälder (%)	0,00	0,00	-2,56	0,014
Eichenmischwälder (%)	-0,01	0,00	-1,98	0,054
Durchschnittliches Baumalter in Jahren	0,00	9,33E-4	-2,12	0,039
EHZ B (%)	0,00	0,00	1,65	0,105
EHZ C (%)	0,00	0,00	1,94	0,058
Durchschnittliche Niederschlagsmenge (mm)	-4,41E-4	1,59E-4	-2,77	0,008

#### 4.3.2 Modellierung der Habitataignung auf das Vorkommen des Grauspechts im NP Karwendel

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der flächigen linearen Regression der Umweltparameter auf die Grauspechtdichte dargestellt. Dabei wurden alle flächig vorhandenen Umweltparameter unter Verwendung von Raster-Dichtepixeln in Jamovi analysiert.

Die flächige lineare Regression der Umweltparameter auf die Dichtewerte der Grauspechte zeigt eine moderate Modellgüte,  $R = 0,774$  und  $R^2 = 0,599$  ( $N = 98541$ ), das bedeutet dass, 59,9% der Varianz der Dichtewerte durch die Umweltparameter erklärt werden können. Die Analyse der Umweltparameter zeigt, dass alle Parameter einen hohen signifikanten Einfluss auf die Dichteverteilung der Grauspechte haben (Tabelle 11).

Die Hangexposition hat einen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts. Sowohl die Nordausrichtung ( $p < 0,001$ ,  $t = -41,62$ ) als auch die Ostausrichtung ( $p < 0,001$ ,  $t = -112,26$ ) wirken sich negativ auf das Vorkommen des Grauspechts aus, das deutet darauf hin, dass Grauspechte Süd- bzw. Westhänge bevorzugt. Die Hangneigung ( $p < 0,001$ ,  $t = -197,86$ ) und die Meereshöhe ( $p < 0,001$ ,  $t = -7,81$ ) beeinflussen die Grauspechtdichte ebenso signifikant negativ.

Die Waldtypen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für das Vorkommen des Grauspechts. Buchenwälder ( $p < 0,001$ ,  $t = 21,94$ ), Fichten-Tannenwälder ( $p < 0,001$ ,  $t = 26,17$ ), Fichten-Tannen-Buchenwälder ( $p < 0,001$ ,  $t = 40,50$ ), Laubholzgebüsche ( $p < 0,001$ ,  $t = 19,14$ ), Latschengebüsche ( $p < 0,001$ ,  $t = 6,44$ ) sowie subalpine Fichtenwälder ( $p < 0,001$ ,  $t = 9,18$ ) zeigen alle einen positiven Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts.

Hinsichtlich der Geomorphologie zeigen sich ebenfalls signifikante Einflüsse. Senke/Mulde ( $p < 0,001$ ,  $t = 7,03$ ), Gipfel/Gratbereiche ( $p < 0,001$ ,  $t = 6,98$ ) sowie Hang/Unterhanglagen ( $p = 0,020$ ,  $t = 2,33$ ) zeigen einen positiven signifikanten Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts.

Die verschiedenen Erhaltungszustände (EHZ) zeigen überwiegend negative Effekte auf das Vorkommen des Grauspechts. Besonders EHZ A ( $p < 0,001$ ,  $t = -12,66$ ), EHZ C ( $p < 0,001$ ,  $t = -39,48$ ) und EHZ E ( $p < 0,001$ ,  $t = -39,04$ ) zeigen einen negativen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts. Nur EHZ B ( $p < 0,001$ ,  $t = 8,25$ ) zeigt einen signifikant positiven Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts. Dies deutet darauf hin, dass der Grauspecht in mäßig erhaltenen Wäldern häufiger vorkommt als in Wäldern der EHZ A, in Wäldern der EHZ C oder in Ersatzgesellschaften (EHZ E).

Die mittlere Temperatur ( $p < 0,001$ ,  $t = -41,62$ ) sowie der mittlere Niederschlag ( $p < 0,001$ ,  $t = -7,81$ ) weisen beide einen signifikant negativen Einfluss auf, was darauf hinweist, dass kühlere und trockenere Standorte bevorzugt werden.

Tabelle 11 Flächige lineare Regression der Umweltparameter in Bezug auf das Vorkommen des Grauspechts.  $p < 0,05$  deutet auf einen signifikanten Einfluss.

Umweltparameter	Schätzung	Std.-fehler	t	p
Interzept	0,79	0,01	73,62	<0,001
Meereshöhe (m ü.NN)	-3,82E-4	4,90E-5	-7,81	<0,001
Hangneigung (°)	-4,28E-4	2,16E-6	-197,86	<0,001
Nordausrichtung	-0,02	4,53E-4	-41,62	<0,001
Ostausrichtung	-0,07	6,57E-4	-112,26	<0,001
Subalpine Fichtenwälder	0,01	9,41E-4	9,18	<0,001
Latschengebüsche	0,10	0,02	6,44	<0,001
Buchenwälder	0,15	0,00	21,94	<0,001
Laubholzgebüsch	0,11	0,01	19,14	<0,001
Fichten-Tannenwälder	0,10	0,00	26,17	<0,001
Fichten-Tannen-Buchenwälder	0,13	0,00	40,50	<0,001
Senke/Mulde	0,02	0,00	7,03	<0,001
Gipfel/Grat	0,02	0,00	6,98	<0,001
Hang/Unterhang	0,01	0,00	2,33	0,020
EHZ A	-0,03	0,00	-12,66	<0,001
EHZ B	0,02	0,00	8,25	<0,001
EHZ C	-0,08	0,00	-39,48	<0,001
EHZ E	-0,08	0,00	-39,04	<0,001
Temperatur - Mittelwert	-0,02	4,53E-4	-41,62	<0,001
Niederschlag - Mittelwert	-3,82E-4	4,90E-5	-7,81	<0,001

Basierend auf den Funktionszusammenhängen aus der flächigen linearen Regression wurde eine Potentialberechnung anhand der Dichtewerte des Grauspechts in ArcGIS Pro für die Habitateignung des Grauspechts im NP Karwendel durchgeführt. Diese Habitatmodellierung zeigt eine deutliche räumliche Differenzierung der Habitateignung (Karte 9). Alle analysierten Umweltparameter zeigten einen hohen signifikanten Einfluss auf die Dichteverteilung des Grauspechts (Tabelle 11).

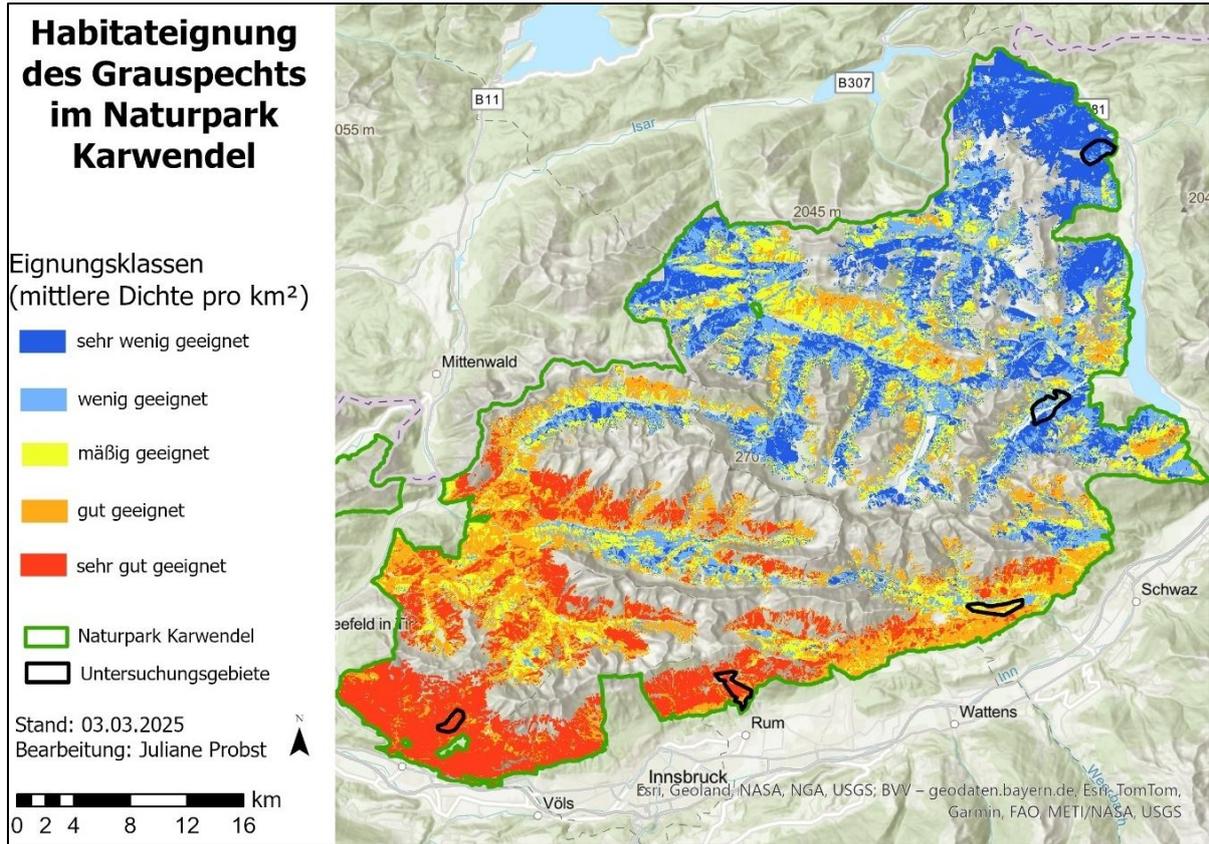
Besonders geeignete Lebensräume für den Grauspecht befinden sich vorwiegend im südlichen und südöstlichen Bereich des Naturparks Karwendel. Diese Regionen sind laut Modellierung überwiegend als „gut geeignet“ bis „sehr gut geeignet“ eingestuft (Karte 9).

Im Gegensatz dazu werden die nördliche Bereiche rund um Achenwald, obwohl sie aus Fichten-Tannen-Buchenwäldern bestehen (Anhang IV Karte 10), lediglich als „sehr wenig geeignet“ bis „wenig geeignet“ klassifiziert. Viele dieser Flächen weisen einen Nordausrichtung auf, was sich signifikant negativ auf das Vorkommen des Grauspechts auswirkt. Darüber hinaus dominieren in diesen Bereichen die Erhaltungszustände A und E (Anhang IV Karte 11), die ebenfalls einen signifikanten negativen Einfluss haben. Zusätzlich ist in diesem Gebiet eine deutliche Zunahme der Niederschlagsmengen zu verzeichnen (Karte 8), was ebenfalls das Vorkommen des Grauspechts negativ beeinflusst.

Ähnlich wie im Bereich Achenwald ist auch das Gebiet rund um Falzturn-Dristenalm überwiegend als „sehr wenig geeignet“ bis „wenig geeignet“ eingestuft. Der Großteil dieser Fläche weist ebenfalls eine Nordausrichtung auf, was sich signifikant negativ auf die Habitataignung auswirkt. Zudem sind die Südhänge in diesem Bereich sehr steil, was einen weiteren negativen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts hat. Einzelne kleinere Gebiete sind jedoch als „mäßig geeignet“ bewertet. Diese Flächen zeichnen sich durch eine Südausrichtung, geringere Hangneigung und das Vorkommen von Fichten-Tannen-Buchenwäldern aus.

Die südlichen Bereichen des Naturparks, insbesondere die Regionen Vomper Loch, Arzl-Rum-Thaur und Zirl, sind hingegen überwiegend als „gut geeignet“ bis „sehr gut geeignet“ eingestuft. Diese Flächen bestehen vorwiegend aus südexponierten Hängen mit Fichten-Tannen-Buchenwäldern. Eine Abnahme der Niederschlagsmengen, insbesondere in den Bereichen Arzl-Rum-Thaur und Zirl, hat hier einen positiven Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts und trägt wesentlich zur hohen Eignung dieser Regionen bei.

Die Erhaltungszustände der Wälder variieren im gesamten Naturpark von EHZ A bis EHZ E (Anhang IV Karte 11). Obwohl der Erhaltungszustand EHZ B einen positiven Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts haben sollte, ist dieser Zustand nur in sehr geringem Umfang im NP Karwendel vorhanden.



Karte 9 Vorhersagekarte der Habit­eignung für den Grauspecht im NP Karwendel. Die Farbskala zeigt die Habit­eignung des Naturparks, wobei rot für sehr gut geeignete und blau für weniger geeignete Habit­e steht. Quelle: Esri, Geoland, NASA, NGA, USGS; BVV.

## 5. Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfragen diskutiert. Zur besseren Einordnung werden die in der Einleitung formulierten Forschungsfragen an dieser Stelle nochmals aufgeführt:

1. Wie ist derzeit der Grauspecht im NP Karwendel verbreitet und wie hat sich die Verbreitung des Grauspechts im Vergleich zur Kartierung vor zehn Jahren verändert?
2. Welche Umweltparameter wie zum Beispiel Ameisenhügel, Totholz, Hangexposition, und Hangneigung beeinflussen das Vorkommen des Grauspechts?
3. Lassen sich Auswirkungen des Klimawandels (Temperatur und Niederschlag) feststellen?

### 5.1 Methodische Diskussion

Die Erhebungen in den Untersuchungsflächen waren zum Teil erschwert. In der Fläche Falzturn-Dristenalm erschwerten Forstarbeiten die Begehungen, sodass einige Bereiche während unterschiedlicher Begehungen nicht betreten werden konnten. Zudem stellte die Lawinengefahr im nördlichen Bereich der Fläche eine weitere Einschränkung dar, da bestimmte Abschnitte aus Sicherheitsgründen nicht zugänglich waren. Diese Faktoren könnten zu einer reduzierten Nachweisrate geführt haben. Auch in der Untersuchungsfläche Vomper Loch mussten aufgrund von Forstarbeiten Anpassungen gemacht werden. Ebenso wie in der Untersuchungsfläche Arzl-Rum-Thaur aufgrund der Schneelage und erhöhter Lawinengefahr. Diese Bereiche wurden jedoch nach Möglichkeit akustisch von nahe gelegenen Wanderwegen überwacht.

Die Erfassung der Umweltparameter, wie der Überschirmungsgrad, die Anzahl an Ameisenhügeln, die Anzahl an Wurzeltellern, die Anzahl der Baumstümpfe sowie die Anzahl an stehenden und liegenden Totholz erfolgte durch Zählungen innerhalb eines 15 m Radius um die jeweiligen Fundpunkte. Durch dieser Vorgehensweise können Abweichungen bei der Erfassung nicht ausgeschlossen werden.

Eine weitere methodische Unsicherheit ergibt sich aus den verwendeten Daten zu den Waldtypen und Erhaltungszuständen (EHZ), die auf Erhebungen aus dem Jahr 2018 basieren (Land Tirol 2020). Ob diese Daten als verlässliche Grundlage für Vergleiche zwischen den Jahren 2011/2012 und 2024 dienen können, muss kritisch betrachtet werden. Es ist davon auszugehen, dass sich die Waldtypen im Untersuchungsgebiet nur wenig verändert haben. Dennoch könnten kleinräumige Veränderungen durch Kahlschläge, Aufforstungen, Windwürfe oder Borkenkäferbefall stattgefunden haben. Bei den Erhaltungszustände hingegen ist eher davon auszugehen, dass es häufiger zu Änderungen kommen kann, da diese sensibler auf kleinräumige Störungen reagieren und somit eher zwischen den Kategorien wechseln können.

Ein weiterer methodischer Aspekt betrifft die Größe der Untersuchungsflächen, die zwischen 145 ha und 296 ha lagen. Da Grauspechte Reviergrößen von 100 bis 300 ha aufweisen können (Zahner & Wimmer 2021), besteht die Möglichkeit, dass die Flächen teilweise zu klein waren, um die Grauspechtpopulation zuverlässig zu erfassen. Besonders wenn Reviere die Grenzen der Untersuchungsflächen überschritten, könnte dies zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Populationsdichte geführt haben. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass innerhalb einer Fläche nur ein Revier erfasst wurde, obwohl in diesem Gebiet potenziell mehrere Reviere vorhanden sein können, aber aufgrund der geringen Größe der Untersuchungsflächen nicht erfasst wurden. Besonders in schneereichen Wintern kann sich das Revier des Grauspechts aufgrund der Nahrungssuche vergrößern (Rolstad & Rolstad 1995), wobei es jedoch nach der Festlegung der Bruthöhle wieder auf etwa 100 ha reduziert wird (Südbeck et al. 2008).

Zur Erweiterung der Untersuchung wurde im Rahmen einer Regressionsanalyse eine Hochrechnung vorgenommen, um eine Habitateignungskarte für den gesamten Naturpark Karwendel zu erstellen. Die Hochrechnung wurde gemacht, um bestehende Erfassungslücken zu überbrücken, aber können jedoch eine vollständige Kartierung des Naturparks nicht vollständig ersetzen. Bei der Hochrechnung wurden die durch die Kartierungen erhobenen Daten berücksichtigt. Dennoch bleibt unklar, ob der Grauspechtbestand eines Gebietes tatsächlich vollständig erfasst werden konnte. Zudem stellt sich die Frage, ob die untersuchten Flächen repräsentativ für das gesamte Naturpark sind.

## 5.2 Verbreitung des Grauspechts im NP Karwendel

Die mittlere Individuenzahl des Grauspechts über alle gemeinsam untersuchten Flächen hinweg hat im Vergleich zu der Ersterhebung deutlich zugenommen. Während diese im Zeitraum 2011/2012 noch bei 0,31 lag, stieg diese im Jahr 2024 auf 0,58. Dieses Ergebnis ist als positiv zu bewerten, da zahlreiche Studien von einem rückläufigen Bestand des Grauspechts berichten (vgl. Müller 2011; Kämpfer-Lauenstein 2017; Weis 2017). Auch im Alpenraum gilt die Art als generell unregelmäßig und zerstreut verbreitet (Lehne 2022). In Tirol hingegen zeigt sich ein Verbreitungsschwerpunkt in den nördlichen Kalkalpen, insbesondere in buchenreichen Mischwäldern (Lehne 2022). Die beobachtete Zunahme des Bestandes könnte auf mehrere positive Einflüsse im Lebensraum des Grauspechts zurückzuführen sein. Ein wesentlicher Faktor ist die Zunahme von Totholzbeständen, die sowohl für die Nahrungssuche als auch als Bruthabitat eine entscheidende Rolle spielen (Südbeck 2008; Pakkala 2020; Zahner & Wimmer 2021; Zawadzka & Zawadzki 2022). Diese Zunahme von Alt- und Totholz könnte die Habitatqualität des Grauspechts deutlich verbessert haben (Mollet et al. 2009). Eine Studie von Mollet et al. (2009) dokumentierte die Bestandsentwicklung des Grauspechts über einen Zeitraum von 13 Jahren. Dabei zeigte sich ein schwankender Verlauf, in einigen Jahren stieg der Bestand an, insgesamt war jedoch ein negativer Trend zu verzeichnen. Ein weiterer relevanter Aspekt ist die Waldstruktur auf den untersuchten Flächen. Fast alle Untersuchungsflächen bestehen überwiegend aus strukturreichen Mischwäldern, die vom Grauspecht besonders bevorzugt werden (Zechner 2006; Rassati 2014). Aufgrund der jährlichen Bestandsschwankungen ist es essenziell, die Populationsentwicklung des Grauspechts über mehrere Jahren hinweg zu erfassen. Nur durch ein kontinuierliches jährliches Monitoring lässt sich beurteilen, ob tatsächlich ein stabiler, steigender Trend des Bestands vorliegt.

Betrachtet man die einzelnen Untersuchungsflächen, zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen der Grauspechtpopulation zwischen den beiden Erhebungszeiträumen. Besonders auffällig ist das vollständige Verschwinden des Grauspechts in der Fläche Zirl. Während dort vor zehn Jahren noch 2 Individuen (Mittelwert 0,50) nachgewiesen wurden (Oberwalder et al. 2014), konnten im Jahr 2024 nur Grünspechte beobachtet werden obwohl Zirl anhand der Habitateignungskarte als „sehr gut geeignet“ eingestuft wurde. Der Grünspecht (*Picus viridis*) gilt als möglicher Konkurrent des Grauspechts, insbesondere in klimatisch begünstigten Lagen und bei milden Wintern, wo die Konkurrenz verstärkt auftritt (Kämpfer-Lauenstein 2017). Aufgrund seiner kräftigeren Muskulatur ist der Grünspecht besser an die Nahrungssuche am Boden angepasst, während der Grauspecht flexibler bei der Nahrungssuche ist (Südbeck & Brandt 2004). Beim direkten Aufeinandertreffen ist der Grünspecht meist die dominante Art (Kämpfer-Lauenstein 2017). Es ist möglich, dass der Grünspecht im Jahr 2024 in Zirl den Grauspecht verdrängt hat.

Die höchsten Dichtewerte des Grauspechts wurden in der Fläche Arzl-Rum-Thaur festgestellt, die in der Habitataignungskarte als „sehr gut geeignet“ eingestuft wurde. Hier dominieren Fichten-Tannen-Buchenwälder mit einer strukturreichen Vegetation und offene Flächen und damit die optimale Lebensraumbedingungen für den Grauspecht bieten (Pühringer Sulzbacher & 2009; Liesen 2012). Die Südexposition dieser Fläche stellt einen weiteren günstigen Faktor dar, da Grauspechte sonnenexponierte Hänge aufgrund der Ameisenverfügbarkeit bevorzugen (Pühringer & Sulzbacher 2009). Zudem wurde in dieser Fläche eine Abnahme der Niederschlagsmengen festgestellt, was zu einer weiteren Verbesserung der Habitataignung beiträgt, da trockenere Standorte für die Nahrungssuche bevorzugt werden (Pühringer & Sulzbacher 2009). Diese Habitatmerkmale können daher die hohe Eignung dieser Fläche für den Grauspecht erklären.

Im Vomper Loch konnten im Jahr 2024 drei Grauspechte nachgewiesen werden, wobei zwei Individuen von der gegenüberliegenden Hangseite eingeflogen kamen. Dieses Verhalten könnte darauf hindeuten, dass sich der Reviermittelpunkt möglicherweise nicht innerhalb der untersuchten Fläche lag, sondern auf der gegenüberliegenden Hangseite befindet. Dort handelt es sich um einen südexponierten Hang mit einem höheren Anteil an Mischwald, der dem bevorzugten Habitat des Grauspechts entspricht (Liesen 2012). Im Gegensatz dazu ist die Fläche Vomper Loch nordexponiert, was gemäß Pühringer & Sulzbacher (2009) tendenziell weniger geeignet für den Grauspecht ist (Pühringer & Sulzbacher 2009). Zusätzlich weist der Wald auf der untersuchten Fläche einen hohen Überschirmungsgrad auf, was für den Grauspecht ebenfalls ungünstig ist, da er laut Lee et al. (2023) offener Wälder bevorzugt. Dennoch konnten im Vomper Loch ähnliche Fundzahlen wie in 2011/2012 nachgewiesen werden.

In der Fläche Falzturn-Dristenalm wurden drei Individuen nachgewiesen, beide im nördlichen Bereich der Fläche. Dieser Teil ist überwiegend von Fichten-Tannen-Buchenwäldern geprägt und weist eine Süd- bis Südostexposition auf, was den Habitatpräferenzen des Grauspechts entspricht (Pühringer & Sulzbacher 2009).

Im Gegensatz dazu konnten in der Fläche Achenwald keine Grauspechte festgestellt werden. Dies steht im Einklang mit der Habitataignungskarte, die das Gebiet als „sehr wenig geeignet“ bis „wenig geeignet“ eingestuft. Die untersuchte Fläche besteht hauptsächlich aus nordexponierte Hänge, wobei der Grauspecht südexponierte Hänge bevorzugt (Pühringer & Sulzbacher 2009).

### 5.3 Einfluss der Umweltparameter auf das Vorkommen des Grauspechts

Die erfassten Habitatparameter – darunter Überschirmungsgrad, Anzahl an Ameisenhügeln, Wurzeltellern, Baumstümpfen sowie stehendes und liegendes Totholz – basieren auf Zählungen. Diese wurden innerhalb eines 15 m Radius um die Fundpunkte erfasst, sodass gewisse Abweichungen nicht auszuschließen sind.

Die Höhenverteilung der Grauspechtfunde zeigt im Jahr 2024 eine durchschnittliche Meereshöhe von 1110 m ü.NN, wobei die Höhenverteilung von 939 m ü.NN bis 1367 m ü.NN reichte. Im Vergleich dazu lagen die Funde aus den Jahren 2011/2012 zwischen 1135 m ü.NN und 1354 m ü.NN, mit einer durchschnittlichen Höhe von 1229 m ü.NN. Diese Werte entsprechen der bekannten Höhenverbreitung des Grauspechts in Tirol, wo die Art Höhenlagen zwischen 480 m ü.NN bis 2200 m ü.NN besiedelt. Besonders bevorzugt werden dabei Höhenlagen zwischen 700 m ü.NN und 1000 m ü.NN, wobei der Schwerpunkt der Verbreitung in den Mischwäldern der nördlichen Kalkalpen zwischen 700 m ü.NN und 1400 m ü.NN liegt (Lehne 2022).

Der Lebensraum des Grauspechts besteht bevorzugt aus offenen Laubmischwäldern, die von strukturreichen, halboffenen Landschaften umgeben sind (Zechner 2006). Umweltparameter wie zum Beispiel Totholz und Ameisenhügel sind für den Grauspecht essentiell und oft wichtiger als das besiedelte Habitat selbst (Lehne 2022). Zwischen den Untersuchungszeiträumen veränderte sich der Waldtyp kaum. In beiden Zeiträumen wurden die meisten Nachweise in Fichten-Tannen-Buchenwäldern nachgewiesen, gefolgt von reinen Buchenwäldern. Waldtypen, in denen Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) Teil des Bestandes sind, werden vom Grauspecht bevorzugt (Zechner 2006; Rassati 2014).

Die Überschirmung (Kronenschlussdichte) lag sowohl in den Jahren 2011/2012 als auch 2024 durchschnittlich bei 40 bis 50%. Der Grauspecht bevorzugt Mischwälder mit halboffenen bis offenen Lebensräumen (Zechner 2006; Müller 2011; Zahner & Wimmer 2021). Diese Präferenz hängt mit dem höheren Vielfalt an Ameisen in offenen Flächen zusammen (Dauber et al. 2006), welche eine wichtige Nahrungsquelle darstellen. Lee et al. (2023) stellte fest, dass das Vorkommen des Grauspechts in Wäldern mit einer Kronenschlussdichte über 50% sank. Somit wirkt sich die zunehmende Verdichtung der Wälder negativ auf die Habitateignung aus (Müller 2011; Lee et al. 2023). Ein hoher Anteil an Grenzlinien, etwa durch Kahlfelder, Waldwiesen oder Windwürfe sowie ein Mosaik unterschiedlicher Altersklassen könnte die Habitateignung zusätzlich verbessern (Pühringer & Sulzbacher 2009; Liesen 2012; Herbst & Fink 2016). Allerdings zeigte die Modellierung der Habitateignung, dass Flächen im Erhaltungszustand E einen negativen Einfluss auf das Vorkommen des Grauspechts haben. Dies könnte auf eine dichte Strauchschicht oder Naturverjüngung zurückzuführen sein, die den Zugang zu Ameisen auf dem Boden erschwert (Müller 2011).

Obwohl der Grauspecht stark von Ameisen als Hauptnahrungsquelle abhängig ist (Rolstad & Rolstad 1995; Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021), wurden in beiden Untersuchungszeiträumen keine Ameisenhügel dokumentiert. Dieses Ergebnis lässt sich durch methodische sowie ökologische Faktoren erklären. Die Erfassung der Ameisenhügel beschränkte sich auf einen 15 m Radius um die Fundpunkte. Bei einer Reviergröße von 100 bis 300 ha (Zahner & Wimmer 2021) wurde nur ein sehr kleiner Ausschnitt des tatsächlichen genutzten Lebensraums erfasst. Es ist daher möglich, dass sich Ameisenhügel außerhalb des untersuchten Radius, jedoch innerhalb des Reviers, befinden. Zudem zeigte Vandegehuchte et al. (2017), dass in Schweizer Wäldern im Durchschnitt nur etwa 1,4 Ameisenhügel pro Hektar vorkommen. Bei dieser geringen Dichte ist die Wahrscheinlichkeit, zufällig einen Ameisenhügel innerhalb des 15 m Radius zu finden, sehr gering. Außerdem ist der Grauspecht flexibler in seiner Nahrungswahl als der Grünspecht (Bauer et al. 2012; Zahner & Wimmer 2021) und sucht auch in weichem Totholz nach Insekten (Müller 2011; Grendelmeier et al. 2020), besonders im Winter bei Schnee und Frost (Rolstad & Rolstad 1995; Müller 2011; Zahner & Wimmer 2021).

Die Anzahl an stehenden und liegenden Totholzstrukturen rund um die Fundpunkte nahm zwischen den beiden Zeiträumen signifikant zu. Die genaue Ursache dieser Entwicklung lässt sich auf Basis der vorliegenden Daten nicht bestimmen. Mögliche Ursachen könnten jedoch in veränderten forstlichen Bedingungen, natürlichen Störereignissen wie Windwurf oder Borkenkäferbefall oder auch in einer Förderung von Totholz liegen. Totholz spielt wichtige Rolle sowohl für die Nahrungssuche im Winter als auch als Bruthabitat (Südbeck 2008; Pakkala 2020; Zahner & Wimmer 2021; Zawadzka & Zawadzki 2022). Zudem werden Bruthöhlen bevorzugt in Totholz angelegt, oft auch unter Wiederverwendung alter Höhlen (Pakkala 2020).

## 5.4 Auswirkungen des Klimawandels

Seit der Ersterhebung in den Jahren 2011/2012 haben sich die klimatischen Bedingungen im NP Karwendel signifikant verändert. Die mittlere Temperatur an den Fundpunkten stieg von 5,8°C auf 9,2°C an, während die durchschnittliche Niederschlagsmenge von 1187,1 mm auf 1143,9 mm sank. Betrachtet man die Differenzen zwischen den beiden Zeiträume über den gesamten NP hinweg, zeigt sich ebenfalls eine mittlere Temperaturzunahme von 1,7°C, während die Niederschlagsmengen im Durchschnitt leicht zugenommen hat, aber deutliche räumliche Variationen aufweist.

Der Klimawandel kann zu einer Zunahme von Störungen in Wäldern, wie zum Beispiel Windwürfe oder Schädlingsbefall, führen. Diese Veränderungen können sich sowohl negativ als auch positiv auf den Lebensraum des Grauspechts auswirken. Der Grauspecht ist auf strukturreiche Wälder mit einem hohen Anteil an Totholz sowie auf offene Flächen angewiesen, da er in abgestorbenen Bäumen brütet und sich von Ameisen ernährt (Pühringer & Sulzbacher 2009; Bauer et al. 2012; Liesen 2012; Zahner & Wimmer 2021). Eine Zunahme der Windwurfflächen kann sich positiv auf den Grauspechtbestand auswirken, da sie die Nahrungssuche erleichtert (Herbst & Fink 2016) und zusätzlich neues Totholz schafft. Jedoch birgt die Zunahme von Schädlingsbefall die Gefahr, dass Bäume entfernt werden und somit Totholzstrukturen sowie Brutbäume verloren gehen. Da der Grauspecht in hohem Masse von solchen Strukturen abhängig ist, könnte dies langfristig negative Auswirkungen auf den Bestand haben (Müller 2011; Grendelmeier et al. 2020).

## 6. Fazit und Ausblick

Diese Arbeit hat gezeigt, dass sich die Verbreitung des Grauspechts im Naturpark Karwendel in den letzten zehn Jahren verändert hat. Die mittlere Individuenzahl stieg von 0,31 (2011/2012) auf 0,58 (2024). Diese Zunahme ist insgesamt als positiv zu werten, obwohl einzelne Flächen, wie die Fläche Zirl, einen vollständigen Rückgang des Bestands verzeichneten. Insbesondere die Zunahme von Totholzbeständen und strukturierten Mischwäldern könnten möglicherweise zur Verbesserung des Lebensraums beigetragen haben und dazu auch zur Bestandszunahme. Die Analyse der Umweltparameter verdeutlicht die hohe Bedeutung von offenen Waldstrukturen, stehenden und liegenden Totholzstrukturen sowie die Verfügbarkeit von Ameisenhöfen für das Vorkommen des Grauspechts.

Aufgrund der möglich jährlichen Bestandsschwankungen ist es essenziell, die Populationsentwicklung des Grauspechts über mehrere Jahren hinweg zu erfassen. Nur durch ein kontinuierliches jährliches Monitoring lässt sich beurteilen, ob tatsächlich ein stabiler, steigender Trend des Bestands vorliegt. Künftige Erhebungen sollten flächendeckende Kartierungen umfassen, die sowohl größere Flächen als auch zusätzliche Umweltparameter berücksichtigen. Ein besonderer Fokus sollte dabei auch auf den Einfluss von Konkurrenzarten wie dem Grünspecht sowie auf Habitatveränderungen durch Klimawandel, forstwirtschaftliche Maßnahmen und natürliche Störungen gelegt werden, um die Lebensraumbedingungen des Grauspechts besser zu verstehen.

Um den Bestand des Grauspechts zu sichern und zu fördern, sollten gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Habitatqualität genommen werden. Dazu gehört insbesondere der Erhalt und die Förderung offener, strukturreicher Laub- und Mischwälder mit einem hohen Anteil an Alt- und Totholz. Es kann zudem hilfreich sein, abgestorbene Bäume auf Windwurfflächen stehen und liegen zu lassen, um zusätzliche Nahrungs- und Brutgebiete zu schaffen. Besonders geeignete Habitate sollten zudem während der Brutzeit weitgehend ungestört bleiben.

Im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels ist es wichtig, klimaresiliente, strukturreiche Mischwälder zu fördern, die auch unter veränderten Temperatur- und Niederschlagsbedingungen als geeigneter Lebensraum für den Grauspecht dienen können. Schließlich sollten die Lebensraumbedingungen des Grauspechts weiter erforscht werden, da noch zahlreiche Aspekte seines Vorkommens und seiner Habitatansprüche unzureichend geklärt sind.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Prov.-Doz. Dr. Erich Tasser (Universität Innsbruck) bedanken, der mich während der gesamten Masterarbeit mit seinem Fachwissen, seiner Geduld und seiner konstruktiven Unterstützung begleitet hat.

Mein besonderer Dank gilt auch an Mag. Hermann Sonntag (sonntagplus, in Vertretung des Naturparks Karwendel) die mir diese Gelegenheit gegeben hat, mich im Rahmen meiner Masterarbeit mit diesem Thema auseinanderzusetzen.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung und Ihr Vertrauen in meine Arbeit!

## Literaturverzeichnis

- Andretzke, H., Schikore, T., & Schröder, K. (2005). Grauspecht. In Südbeck (Hrsg.), *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands* (S. 448-449). Radolfzell.
- Bauer, H.-G., Bezzel, E., & Fiedler, W. (2012). *Picus canus – Grauspecht*. In H.-G. Bauer, E. Bezzel & W. Fiedler (Hrsg.), *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas: Ein umfassendes Handbuch zu Biologie, Gefährdung und Schutz* (S. 773-776). AULA-Verlag
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., & Hill, D. A. (1995). *Methoden der Feldornithologie: Bestandserfassung in der Praxis*. Neumann Verlag GmbH.
- BirdLife International. (2016). *Picus canus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22726503A86924320.<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22726503A86924320.en>
- BirdLife International. (2021). *European Red List of Birds*. Publications Office of the European Union.
- Dauber, J., Bengtsson, J., & Lenoir, L. (2006). Evaluating effects of habitat loss and land-use continuity on ant species richness in seminatural grassland remnants. *Conservation Biology*, 20(4), 1150-1160.
- Dierschke, V. (2020). *Welcher Vogel ist das?* Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Dorresteijn, I., Hartel, T., Hanspach, J., von Wehrden, H., & Fischer, J. (2013). The conservation value of traditional rural landscapes: The case of woodpeckers in Transylvania, Romania. *PLoS ONE*, 8(6), e65236.
- Drever, M. C., Aitken, K. E. H., Norris, A. R., & Martin, K. (2008). Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health, and harvest. *Biological Conservation*, 141(3), 624-634.
- Dvorak, M., Landmann, A., Teufelbauer, N., Wichmann, G., Berg, H.-M., & Probst, R. (2017). Erhaltungszustand und Gefährdungssituation der Brutvögel Österreichs: Rote Liste (5. Fassung) und Liste für den Vogelschutz prioritärer Brutvögel (1. Fassung). *Egretta*, 55, 4-42.
- Gorman, G. (2014). *Woodpeckers of the world: The complete guide*. Bloomsbury Publishing Plc, London.
- Grendelmeier, A., et al. (2020). Entwicklung der Brutvögel im Schweizer Wald: Gewinner und Verlierer. *Forum für Wissen*, 100, 89-97.

Herbst, C., & Finck, P. (Hrsg.). (2016). *Wisente im Rotheraargebirge: Erkenntnisse aus den ersten Jahren der Freisetzungsphase 2013-2015* (BfN-Skripten 441). Bundesamt für Naturschutz.

Kämpfer-Lauenstein, A. (2017). Bestandsentwicklung des Grauspechts *Picus canus* im Arnsberger Wald 1985–2015. *Charadrius*, 53(1-2), 28-32.

Land Tirol (2020). *Waldtypisierung Tirol – Sonderstandorte Naturpark Karwendel, Teil C: Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen im Wald*. Amt der Tiroler Landesregierung, Gruppe Forst, Abt. Forstplanung.

Lee, S.-Y., Lee, J., & Sung, H.-C. (2023). The impact of forest characteristics, and bird and insect diversity on the occurrence of the Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major* and Grey-headed Woodpecker *Picus canus* in South Korea. *Bird Study*, 70(3), 161-171.

Lehne, F. (2022). Grauspecht. In Lentner et al. (Hrsg.), *Atlas der Brutvögel Tirols: Verbreitung, Häufigkeit, Lebensräume* (S. 266-268). Berenkamp.

Liesen, J. (2012). Der Grauspecht *Picus canus* im Kottenforst bei Bonn – historische und aktuelle Verbreitung sowie Diskussion möglicher Rückgangsursachen. *Charadrius*, 48(1), 12-22.

Löhmus, A., Nellis, R., Pullerits, M., & Leivits, M. (2016). The potential for long-term sustainability in seminatural forestry: A broad perspective based on woodpecker populations. *Environmental Management*, 57(5), 558-571.

Menon, T., & Shahabuddin, G. (2021). Assessing woodpeckers as indicators of bird diversity and habitat structure in managed forests. *Biodiversity and Conservation*, 30(9), 1689-1704.

Mikusiński, G., & Angelstam, P. (1998). Economic geography, forest distribution, and woodpecker diversity in Central Europe. *Conservation Biology*, 12(1), 200-208.

Mollet, P., Zbinden, N., & Schmid, H. (2009). Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 160(11), 334-340.

Müller, J. (2011). Mögliche Ursachen von Bestandsveränderungen beim Grauspecht *Picus canus*. *Charadrius*, 47(1), 35-42.

Oberwalder, J., Frühauf, J., Lumasegger, M., Gstir, J., Pollheimer, M., Pollheimer, J. (2014). *Ornithologische Grundlagenerhebung im Natura 2000 und Vogelschutzgebiet Karwendel: Endbericht*. Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz.

- Pakkala, T., Tiainen, J., Pakkala, H., Piha, M., & Kouki, J. (2020). Nest tree characteristics of Grey-headed Woodpeckers (*Picus canus*) in boreal forests. *Ornis Fennica*, 97(3), 89-100.
- Pakkala, T., Tiainen, J., Pakkala, H., Piha, M., & Kouki, J. (2021). Dynamics of the cavities of Grey-headed Woodpeckers (*Picus canus*) reveal their long- and short-term ecological roles in boreal forests. *Acta Ornithologica*, 56(2), 199-208.
- Pühringer, N., & Sulzbacher, B. (2009). Erhebung von Spechten und Eulen im Nationalpark Kalkalpen im Jahr 2008. In *NP Kalkalpen – Schriftenreihe* (Bd. 10, S. 19-34). Nationalpark OÖ Kalkalpen.
- Rassati, G. (2014). Responsiveness to acoustic stimulation, distribution and habitat preferences of the Grey-headed Woodpecker, *Picus canus*, and the Three-toed Woodpecker, *Picoides tridactylus*, in Friuli-Venezia Giulia (North-eastern Italy). *Rivista Italiana di Ornitologia - Research in Ornithology*, 84(1), 41-52.
- Riemer, S., Schulze, C. H., & Frank, G. (2010). Siedlungsdichte und Habitatwahl des Grünspechts *Picus viridis* im Nationalpark Donau-Auen (Niederösterreich). *Vogelwarte*, 48, 275-282.
- Rolstad, J., & Rolstad, E. (1995). Seasonal patterns in home range and habitat use of the Grey-headed Woodpecker *Picus canus* as influenced by the availability of food. *Ornis Fennica*, 72(1), 1-13.
- Sætersdal, M., Gjerde, I., & Heegaard, E. (2019). Woodpeckers in Western Norway: The White-backed Woodpecker is still the most common species. *Ornis Norvegica*, 42, 28-35.
- Schneider, M. (2018). Untersuchung der Lebensraumansprüche des Grauspechts *Picus canus* und seiner Verbreitungsgrenze in Niedersachsen. *Ornithologischer Anzeiger*, 57, 84-86.
- Steyrer, G., Hoch, G., & Lackner Ch. (2022) [Red.]: Waldschutzsituation 2020 bis 2021 in Österreich: Erhebungen und Diagnose des BFW und Dokumentation der Waldschädigungsfaktoren 2020 bis 2021. *Forstschutz Aktuell*, 67, 103S.
- Südbeck, R., & Brandt, T. (2004). Grün- und Grauspecht sind unterschiedlich - manchmal wissen sie es aber nicht. *Falke*, 51, 78-81.
- Südbeck, P., et al. (2005). *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. Radolfzell.
- Südbeck, P., Bauer, H.-G., Boschert, M., Boye, P., & Knief, W. (2007). Rote Liste der Brutvögel Deutschlands – 4. Fassung, 30. November 2007. *Berichte zum Vogelschutz*, 44, 23-81.

Südbeck, P., Peerenboom, C., & Laske, V. (2008). Zur aktuellen Bestandsgröße des Grauspechts *Picus canus* in Niedersachsen – Versuch einer Abschätzung. *Vogelkundliche Berichte Niedersachsen*, 40, 223-232.

Svensson, L., et al. (2023). *Der Kosmos Vogelführer – Alle Arten Europas, Nordafrikas und Vorderasiens* (S. 252-253). KOSMOS.

Vandegheuchte, M. L., Wermelinger, B., Fraefel, M., Baltensweiler, A., Düggelin, C., Brändli, U.-B., Freitag, A., Bernasconi, C., Cherix, D., & Risch, A. C. (2017). Distribution and habitat requirements of red wood ants in Switzerland: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 212 (Part A), 366-375.

Weiss, J. (2017). Spechte in Nordrhein-Westfalen – ein Überblick. *Charadrius*, 53(1–2), 14-23.

Zahner, V., & Wimmer, N. (2021). *Spechte & Co.: Sympathische Hüter heimischer Wälder* (2. Aufl., S. 134-137). AULA-Verlag.

Zawadzka, D., & Zawadzki, G. (2022). Nest trees selected by the grey-headed woodpecker in northeastern Poland. *Sylwan*, 166(9), 566-578.

Zechner, L. (2006). Die Spechtfauna auf zehn ausgewählten Waldflächen im Nationalpark Gesäuse 2004 & 2005. Nationalpark Gesäuse GmbH.

# Anhang

## Anhang I Erhebungsbogen Feldarbeit

Avifauna NP Karwendel

Felderhebungsblatt  
Vers.20110222

<b>Allgemein</b>		Uhrzeit	Begehungsdurchgang	
lfd. Nr.	GPS-Nr.	Datum	Teilgebiet	
Name	Foto-Nr.	Rasterfeld		
<b>Witterung</b>	Wind	Niederschlag	Bewölkung	Anmerkung/Notiz
Temperatur	<input type="radio"/> windstill <input type="radio"/> leicht <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> stark	<input type="radio"/> kein Niederschlag <input type="radio"/> kurzer/leichter Niederschlag <input type="radio"/> andauernder leichter Niederschlag <input type="radio"/> Dauerregen	<input type="radio"/> sonnig <input type="radio"/> heiter <input type="radio"/> bewölkt <input type="radio"/> Nebel	
<input type="text"/> °C				

**Beobachtungsinformationen**

Art  | M  | W  | juv.  | immat.  | indet.

**Verhaltenscode**

- |  |                                      |  |   |   |
|--|--------------------------------------|--|---|---|
| <input type="radio"/> Losung (H)                             | <input type="radio"/> Rupfung (H)    | <input type="radio"/> Trommeln (S)                   | <input type="radio"/> Angst- oder Warnverhalten (A)   | <input type="radio"/> brütender Altvogel (ON)     |
| <input type="radio"/> Federn (H)                             | <input type="radio"/> Reaktion       | <input type="radio"/> singendes Männchen (S)         | <input type="radio"/> Bau von Nest / Nistmaterial (B) | <input type="radio"/> Altvogel tragen Futter (FY) |
| <input type="radio"/> Spuren (H)                             | <input type="radio"/> Klangattr. (H) | <input type="radio"/> Paare (P)                      | <input type="radio"/> Verleiten (DD)                  | <input type="radio"/> Nest mit Eiern (NE)         |
| <input type="radio"/> Rufe (H)                               |                                      | <input type="radio"/> Balzverhalten(D)               | <input type="radio"/> gebrauchtes Nest (UN)           | <input type="radio"/> Junge im Nest (NY)          |
| <input type="radio"/> Sandbadeplatz (H)                      |                                      | <input type="radio"/> Kopula (D)                     | <input type="radio"/> Nesthocker/Nestflüchter (FL)    | <input type="radio"/> kein Bruthinweis (0)        |
| <input type="radio"/> zur Brutzeit im geeigneten Habitat (H) |                                      | <input type="radio"/> wahrscheinlichen Nistplatz (N) |   |   |

**Standortbeschreibung (Abiotik)**

XY-Koordinaten	X <input type="text"/>	Y <input type="text"/>	Seehöhe (m)	<input type="text"/>	Morphologisches Relief (30m D) <input type="radio"/> homogen <input type="radio"/> wenig strukturiert <input type="radio"/> mittel strukturiert <input type="radio"/> stark strukturiert	
<input type="radio"/> Punktgenau	<input type="radio"/> Entfernt	Neigung (5°- Schritte)	<input type="text"/>	Exposition (8 Stufen)		<input type="text"/>

**Standortbeschreibung (Biotik)**

**Vegetationstyp**

- |                                     |  |  |   |                                  |   |
|-------------------------------------|--|--|---|----------------------------------|---|
| <input type="radio"/> Fließgewässer | <input type="radio"/> Rohboden                 | <input type="radio"/> Hochstaudenflur    | <input type="radio"/> Feldgehölz          | <input type="radio"/> Schuttflur | <input type="radio"/> Anthr. Standorte    |
| <input type="radio"/> Stillgewässer | <input type="radio"/> Grünland intensiv        | <input type="radio"/> Zwergstrauchheiden | <input type="radio"/> Laubwald            | <input type="radio"/> Fels       | <input type="radio"/> anthr. Bauwerk      |
| <input type="radio"/> Moore         | <input type="radio"/> montane, subalpine Rasen | <input type="radio"/> Laubgebüsch        | <input type="radio"/> Laub-Nadelmischwald | <input type="radio"/> Blockflur  | <input type="radio"/> Siedlungen, Verkehr |
| <input type="radio"/> Schneetälchen | <input type="radio"/> alpine Rasen             | <input type="radio"/> Nadelgebüsch       | <input type="radio"/> Nadelwald           | <input type="radio"/> sonstiges  | <input type="text"/>                      |

**Bodendeckung (30m D)**

Flächen abtrennbar:	<input type="radio"/> großflächig	<input type="radio"/> kleinflächig	Zwergst. < 0.5m	<input type="text"/>	<b>Strauchschicht (30m D, bis 5m)</b> Arten <input type="text"/> Deckung (%) <input type="text"/> Höhe (m) <input type="text"/>
			Zwergst. > 0.5m	<input type="text"/>	
<input type="text"/> Schnee	<input type="text"/> Fels	<input type="text"/> Farn	<input type="text"/> Verjüngung	<input type="text"/>	
<input type="text"/> Wasser	<input type="text"/> Rohboden	<input type="text"/> Gräser	<input type="text"/> Flechten	<input type="text"/>	
<input type="text"/> Schotter	<input type="text"/> Streu	<input type="text"/> Kräuter	<input type="text"/> Totholz	<input type="text"/>	
<input type="text"/> Geröll	<input type="text"/> Moos	<input type="text"/> Hochstauden	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

**Baumschicht (30m D)**

Arten	<input type="text"/>	Anteile 10tel	<input type="text"/>	Wuchsklasse (m)	Verjüngung	Bestandslücken
				<input type="radio"/> Blöße	<input type="radio"/> Baumholz I	<input type="radio"/> keine
				<input type="radio"/> Jungwuchs	<input type="radio"/> Baumholz II	<input type="radio"/> punktuell
				<input type="radio"/> Dichtung	<input type="radio"/> Starkholz	<input type="radio"/> lokal
				<input type="radio"/> Stangenholz	<input type="radio"/> flächig	<input type="radio"/> 1/2 Baumlänge
				Überschirmung %	<input type="text"/>	<input type="radio"/> 1 Baumlänge

**Strukturelemente (30m D)**

Feuchtstellen (in m²)	<input type="text"/>	<b>Totholz (Stk., 30m D)</b>	NH	LH	<b>Nutzung/Entwicklungsdynamik (m)</b> <input type="radio"/> Mahd <input type="radio"/> Weide <input type="radio"/> Waldweide <input type="radio"/> Femelung/ Lochhieb <input type="radio"/> keine <input type="radio"/> Einzelstammentnahme <input type="radio"/> Kahlschlag (ab 0,2 ha) <input type="radio"/> anthrop. Sukzession <input type="radio"/> natürl. Sukzession <input type="text"/>
Wurzelteller (Stk.)	<input type="text"/>	Totholz stehend <20 BHD	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Ameisenhügel (Stk.)	<input type="text"/>	Totholz stehend >20 BHD	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Sonstige:	<input type="text"/>	Totholz liegend <20 BHD	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		Totholz liegend >20 BHD	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		Baumstümpfe (Anzahl)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Störung / Gefährdung	Maßnahmenvorschläge
<input type="text"/>	<input type="text"/>



## Anhang II Ergebnisse der Referenzflächenkartierung

### Bestandserhebung der Spechte im NP Karwendel: Vergleich 2011/2012 mit 2024

Innerhalb der vier Untersuchungsflächen – Falzturn-Dristenalm (FD), Vomper Loch (VL), Arzl-Rum-Thaur (ART) und Zirl (Z) – wurden im Jahr 2011/2012 insgesamt 95 Spechte nachgewiesen, während die Anzahl im Jahr 2024 auf 116 Funde anstieg (Tabelle 13). Besonders auffällig ist der Anstieg der Nachweise für den Buntspecht (BS) und den Schwarzspecht (SWS), während die Funde des Grauspechts (GS) eine Abnahme von 22 auf 14 Funde verzeichnet.

Tabelle 12 Vergleich der Spechtfunde innerhalb und außerhalb der Untersuchungsflächen sowie im gesamten NP Karwendel zwischen den Jahren 2011/2012 und 2024. Insgesamt wurden sechs Spechtarten erfasst: Grauspecht (GS), Buntspecht (BS), Dreizehenspecht (DS), Grünspecht (GNS), Schwarzspecht (SWS) und Weißrückenspecht (WRS).

	Jahr	GS	BS	DS	GNS	SWS	WRS	Gesamt
<b>FD</b>	2011/2012	0	4	4	3	4	0	15
	2024	3	18	4	0	4	2	31
<b>VL</b>	2011/2012	1	7	3	1	7	0	21
	2024	1	3	2	0	10	0	16
<b>ART</b>	2011/2012	2	11	0	6	1	0	24
	2024	10	15	0	1	18	2	46
<b>Z</b>	2011/2012	2	10	3	3	6	0	35
	2024	0	10	2	7	4	0	23
<b>Anzahl innerhalb der gemeinsam untersuchten Flächen</b>	2011/2012	5	32	10	13	18	0	95
	2024	14	46	8	8	36	4	116
<b>Kein Referenzgebiet</b>	2011/2012	223	337	114	117	262	43	1079
	2024	2	17	0	0	10	0	29
<b>Anzahl im gesamten NP Karwendel</b>	2011/2012	228	369	124	130	280	43	1174
	2024	16	63	8	8	46	4	145

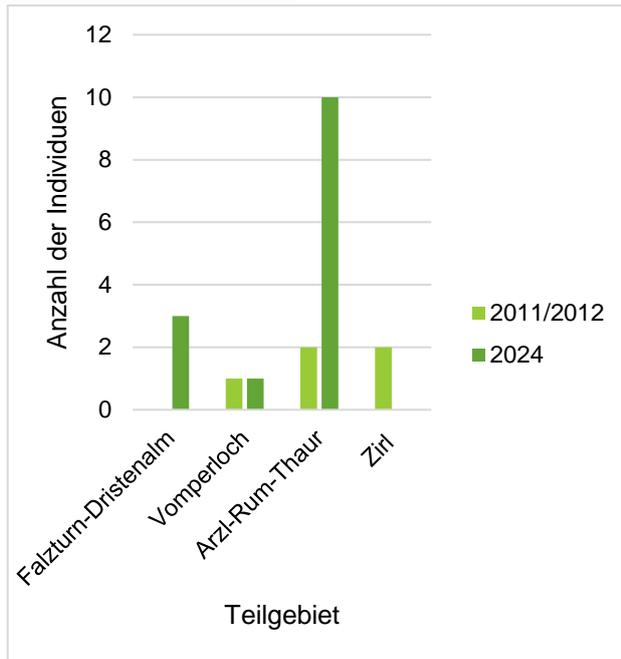


Diagramm 1 Absolut Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024).

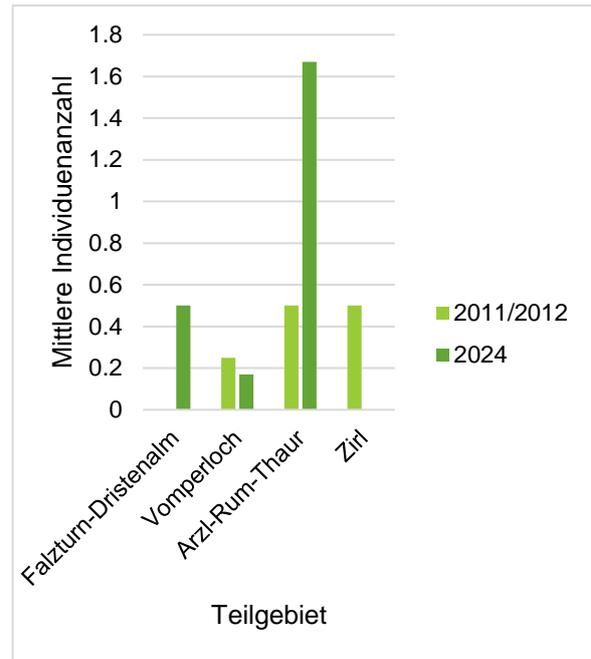


Diagramm 2 Mittleren Anzahl der Grauspechtfunde in den Teilgebieten im NP Karwendel (2011/2012 vs. 2024).

Die Auswertung zeigt eine deutliche Dominanz des Buntspechts, der 43,45 % der Gesamtfunden ausmacht. Der Schwarzspecht folgt mit einem Anteil von 31,72 %. Der Grünspecht stellt 11,03 % der Gesamtfunden dar, während der Dreizehenspecht und der Grauspecht mit jeweils 5,52 % einen geringeren Anteil haben. Der Weißrückenspecht ist mit 2,76 % die seltenste nachgewiesene Art (Diagramm 3).

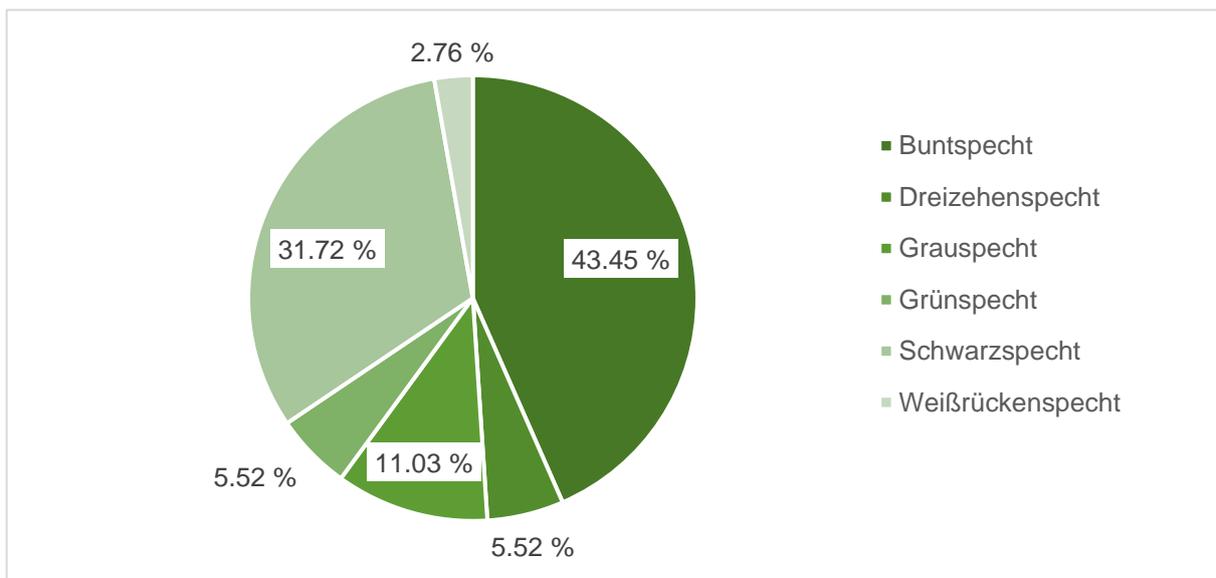


Diagramm 3 Anteile der einzelnen Arten an den Gesamtfunden.

## Anhang III Umweltparameter

### Topographische Eigenschaften

Die Tabelle 13 gibt einen Überblick über die topographischen Eigenschaften der Untersuchungsflächen in den Jahren 2011/2012 und 2024. Erfasst wurden die Meereshöhe (m ü. NN), die Hangneigung (°) sowie die Hangexposition (°).

Tabelle 13 Übersicht der topographische Eigenschaften zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024 innerhalb eines 15 Meter Radius um den Fundpunkten.

Jahr	Teilgebiet	Meereshöhe (m ü.NN)	Hangneigung (°)	Hangexposition (°)
2024	Arzl-Rum-Thaur	1122	23,84	177,84
	Arzl-Rum-Thaur	1024	31,62	129,51
	Arzl-Rum-Thaur	1049	28,71	166,81
	Arzl-Rum-Thaur	1049	28,71	166,81
	Arzl-Rum-Thaur	939	39,92	141,88
	Arzl-Rum-Thaur	1265	36,91	154,71
	Arzl-Rum-Thaur	1265	36,91	154,71
	Arzl-Rum-Thaur	956	28,71	166,81
	Arzl-Rum-Thaur	1367	30,03	164,96
	Arzl-Rum-Thaur	1185	35,40	187,75
	<b>Durchschnitt Arzl-Rum-Thaur</b>	<b>1122</b>	<b>32,08</b>	<b>161,18</b>
	Falztorn-Dristenalm	1059	11,28	79,16
	Falztorn-Dristenalm	1090	8,70	119,36
	Falztorn-Dristenalm	1090	8,70	119,36
	<b>Durchschnitt Falztorn-Dristenalm</b>	<b>1080</b>	<b>9,56</b>	<b>105,96</b>
	Vomperloch	1079	31,36	7,47
	<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>1110</b>	<b>27,20</b>	<b>138,37</b>
2011/2012	Arzl-Rum-Thaur	1180	32,21	197,72
	Arzl-Rum-Thaur	1244	39,43	197,70
	<b>Durchschnitt Arzl-Rum-Thaur</b>	<b>1212</b>	<b>35,82</b>	<b>197,71</b>
	Vomperloch	1231	25,98	12,85
	Zirl	1135	27,79	198,43
	Zirl	1354	27,99	131,19
	<b>Durchschnitt Zirl</b>	<b>1245</b>	<b>27,89</b>	<b>164,81</b>
	<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>1229</b>	<b>30,68</b>	<b>147,58</b>

Das Diagramm 4 zeigt die prozentuale Verteilung der Geomorphologie-Klassen, in denen Grauspechte in den Jahren 2011/2012 und 2024 nachgewiesen wurden.

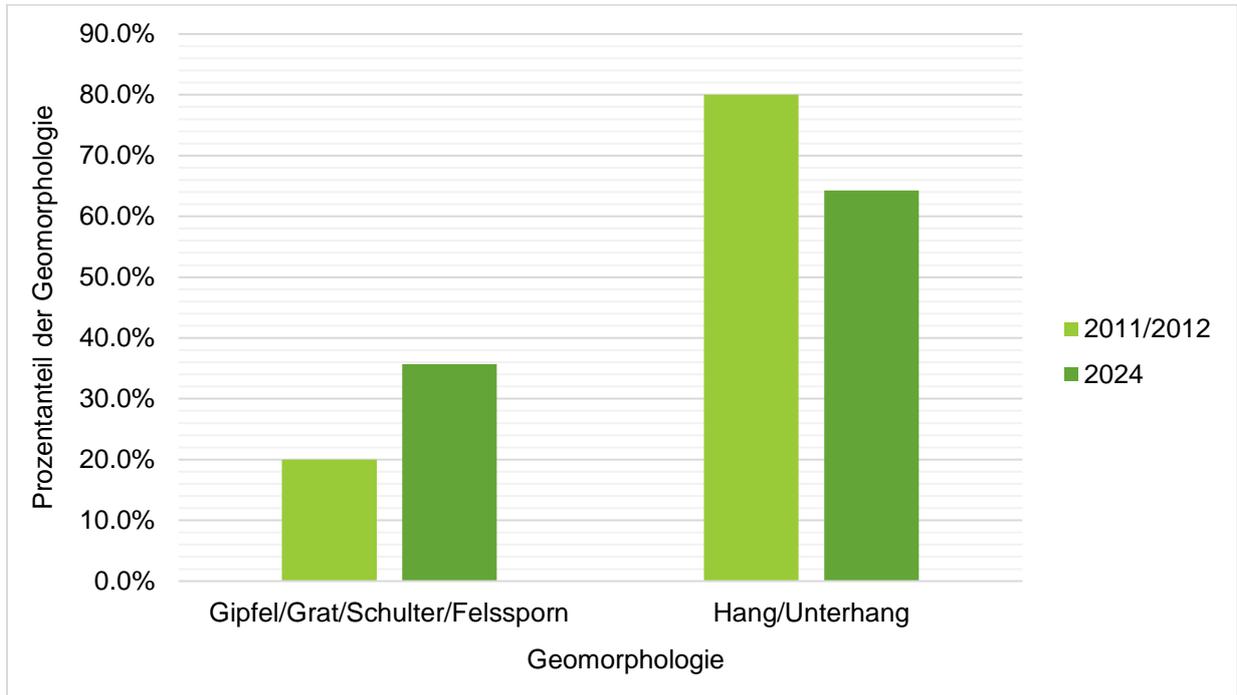


Diagramm 4 Veränderung der prozentualen Verteilung der Geomorphologie zwischen 2011/2012 und 2024.

## Waldstruktureigenschaften

Übersicht der Waldstruktureigenschaften der Untersuchungsflächen in 2011/2012 und 2024. Erfasst wurden die Überschirmung, die Wurzelteller, die Ameisenhügel sowie stehendes und liegendes Totholz und die Baumstümpfe (Tabelle 14).

Tabelle 14 Übersicht der Waldstruktureigenschaften zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024 innerhalb eines 15 m Radius um den Fundpunkten.

Jahr	Teilgebiet	Überschirmung (%)	Wurzelteller (Stk)	Ameisenhügel (Stk)	Stehendes Totholz (Stk)	Liegendes Totholz (Stk)	Baumstümpfe (Stk)
2011/2012	Arzl-Rum-Thaur	30	1	0	0	5	19
	Arzl-Rum-Thaur	85	0	0	0	0	0
	<b>Durchschnitt (ART)</b>	<b>57,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>	<b>9,5</b>
	Vomperloch	10	0	0	0	0	0
	Zirl	50	0	0	0	0	6
	Zirl	70	0	0	2	0	2
	<b>Durchschnitt (Z)</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
	<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>49</b>	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>	<b>5,4</b>
2024	Arzl-Rum-Thaur	30	0	0	1	2	8
	Arzl-Rum-Thaur	40	0	0	5	14	0
	Arzl-Rum-Thaur	40	0	0	5	14	0
	Arzl-Rum-Thaur	40	0	0	5	14	0
	Arzl-Rum-Thaur	50	0	0	3	0	2
	Arzl-Rum-Thaur	10	1	0	0	5	17
	Arzl-Rum-Thaur	10	1	0	0	5	17
	Arzl-Rum-Thaur	40	1	0	5	1	2
	Arzl-Rum-Thaur	70	0	0	1	2	3
	Arzl-Rum-Thaur	70	0	0	4	2	3
	<b>Durchschnitt (ART)</b>	<b>40</b>	<b>0,3</b>	<b>0</b>	<b>2,9</b>	<b>5,9</b>	<b>5,2</b>

Falzturn-Dristenalm	15	2	0	3	4	15
Falzturn-Dristenalm	60	2	0	0	1	30
Falzturn-Dristenalm	60	2	0	0	1	30
<b>Durchschnitt (FD)</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>25</b>
Vomperloch	60	3	0	4	6	1
<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>42,5</b>	<b>0,85714286</b>	<b>0</b>	<b>2,57142857</b>	<b>5,07142857</b>	<b>9,142857143</b>

## Waldtyp und Erhaltungszustand

In beiden Zeiträumen wurden die 2 gleichen Waldtypen (Fichten-Tannen-Buchenwälder und Buchenwälder) durch den Grauspecht verwendet (Diagramm 5).

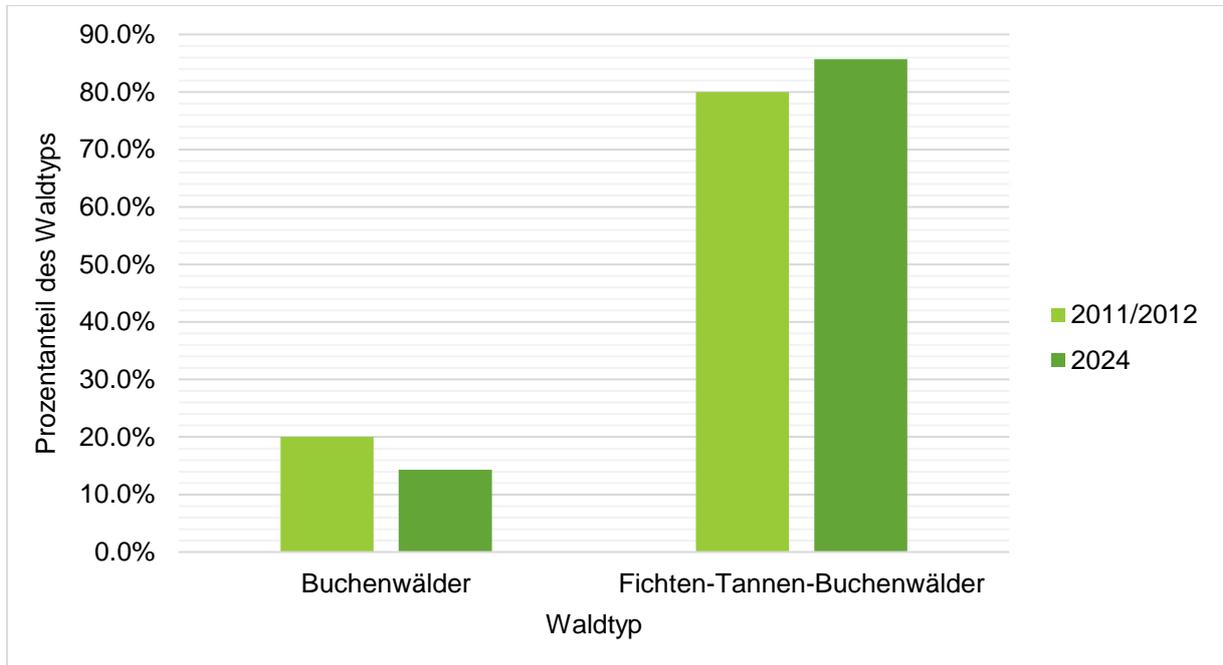


Diagramm 5 Veränderung der prozentualen Verteilung des Waldtyps zwischen 2011/2012 und 2024.

Die prozentuale Verteilung der Erhaltungszustandsklassen (EHZ) an den Grauspecht-Fundorten zeigt sowohl in 2011/2012 als auch im 2024 einen Schwerpunkt auf EHZ B (Diagramm 6).

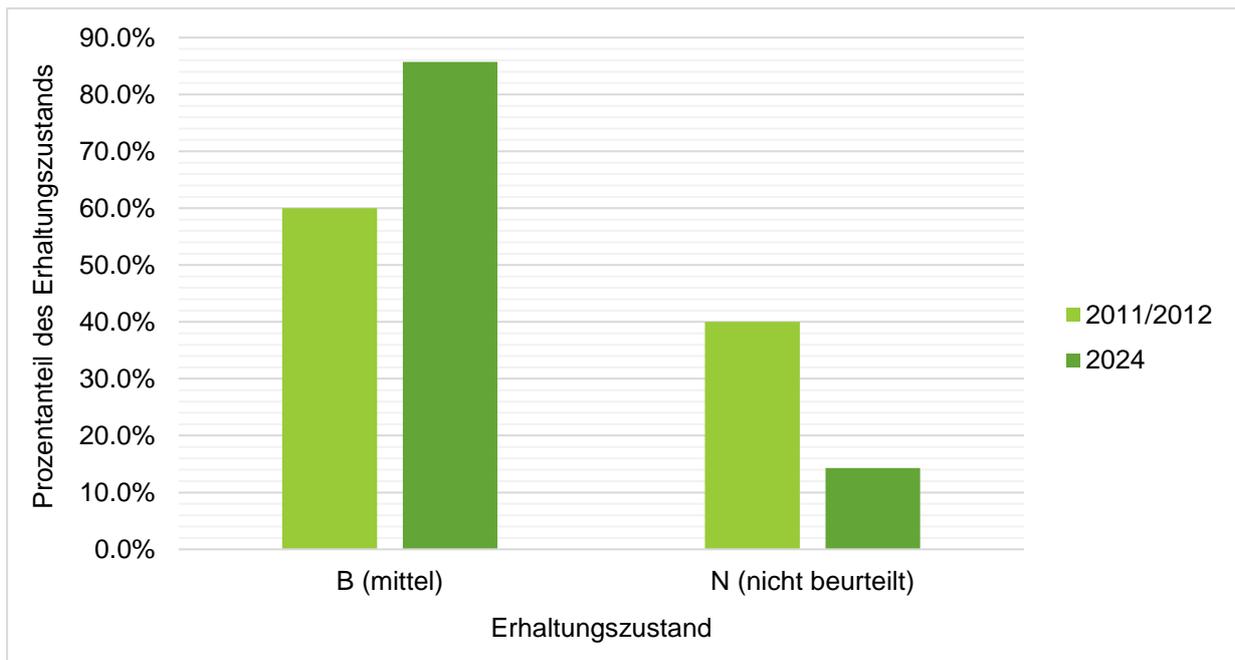


Diagramm 6 Veränderung der prozentualen Verteilung des Erhaltungszustands zwischen 2011/2012 und 2024.

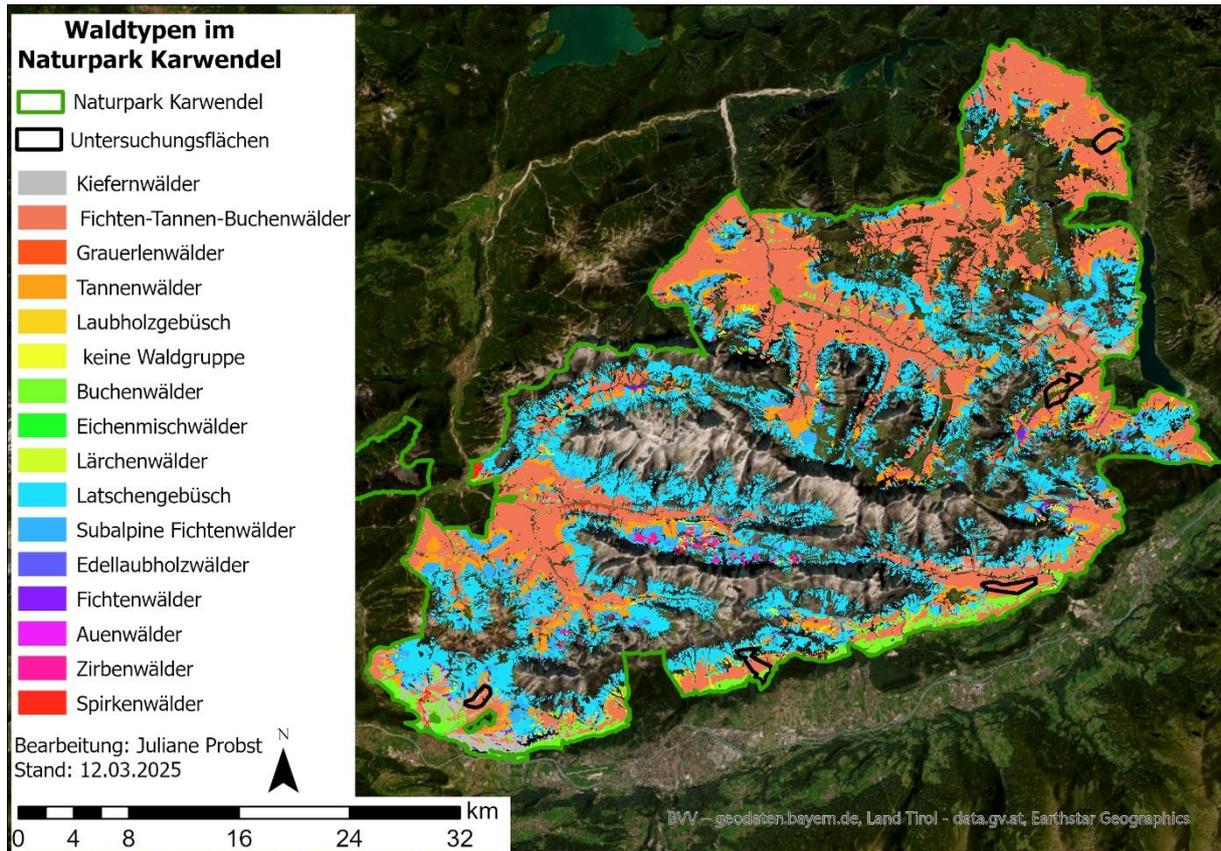
## Klima

Der Durchschnitt der Temperatur im 2024 betrug 9,2 °C, während der Niederschlag bei 1143,9 mm lag. Im Vergleich dazu lag die durchschnittliche Temperatur in 2011/2012 bei 5,8 °C und der Niederschlag bei 1187,1 mm (Tabelle 15).

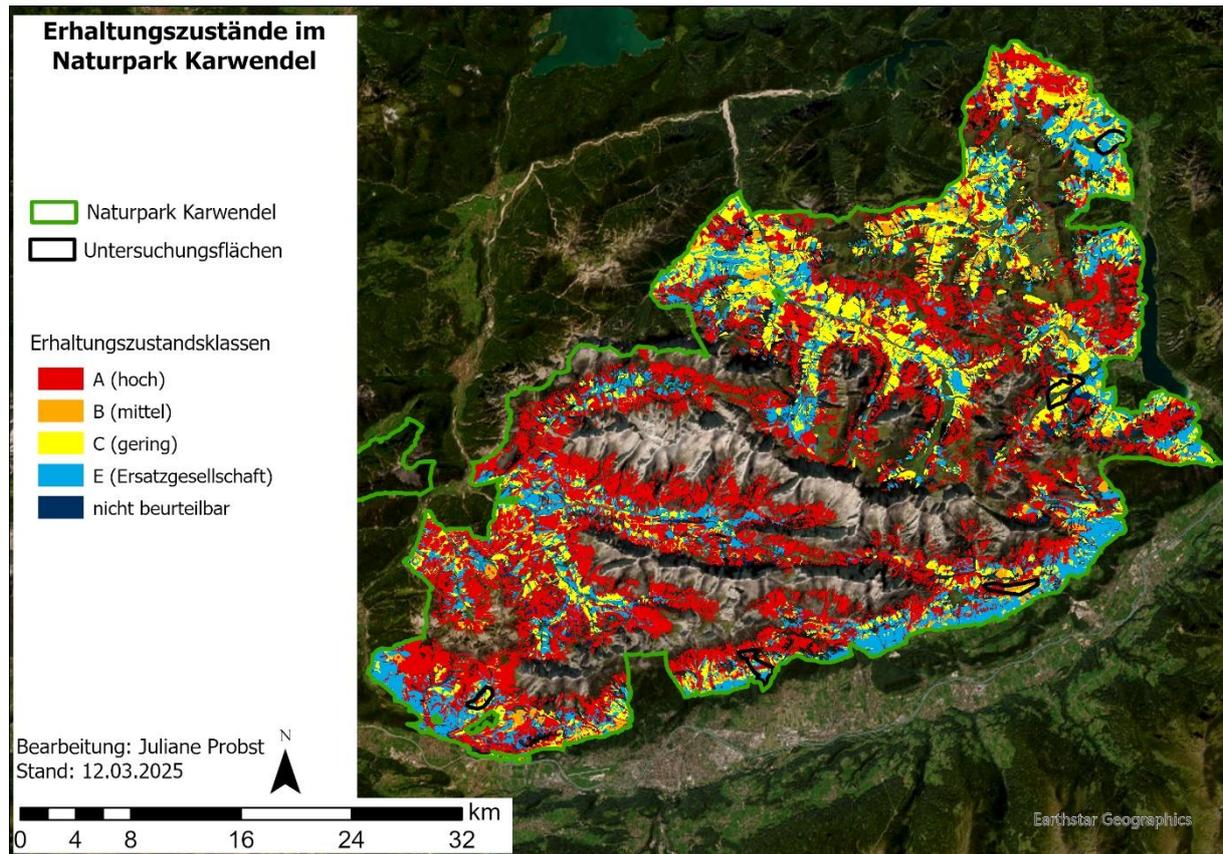
Tabelle 15 Übersicht der Temperatur (°C) und Niederschlag (mm) zwischen den Zeiträumen 2011/2012 und 2024.

Jahr	Teilgebiet	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
2011/2012	Arzl-Rum-Thaur	5,4	1204,7
	Arzl-Rum-Thaur	5,4	1204,7
	<b>Durchschnitt (ART)</b>	<b>5,4</b>	<b>1204,7</b>
	Vomperloch	7,7	1360,1
	Zirl	6,4	1008,2
	Zirl	4,1	1157,8
	<b>Durchschnitt (Z)</b>	<b>5,25</b>	<b>1083</b>
	<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>5,8</b>	<b>1187,1</b>
2024	Arzl-Rum-Thaur	10,3	962,6
	Arzl-Rum-Thaur	7,4	1143,1
	Arzl-Rum-Thaur	7,4	1143,1
	Arzl-Rum-Thaur	10,5	950,1
	Arzl-Rum-Thaur	7,4	1143,1
	Arzl-Rum-Thaur	10,3	962,6
	<b>Durchschnitt (ART)</b>	<b>9,45</b>	<b>1015,5</b>
	Falztorn-Dristenalm	7,9	1545,4
	Falztorn-Dristenalm	7,9	1545,4
	Falztorn-Dristenalm	7,9	1545,4
	<b>Durchschnitt (FD)</b>	<b>7,9</b>	<b>1545,4</b>
	Vomperloch	10	1222,8
	<b>Gesamt Durchschnitt</b>	<b>9,157142857</b>	<b>1143,857143</b>

## Anhang IV Waldtypen und Erhaltungszustände im NP Karwendel



Karte 10 Waldtypen im Naturpark Karwendel. Quelle: BVV – geodaten.bayern.de, Land Tirol – data.gv.at, Earthstar Geographics.



Karte 11 Erhaltungszustände der Wälder im Naturpark Karwendel. Quelle: Earthstar Geographics.