

Kartierung und Vegetationsanalyse des „Kleinen Ahornbodens“, im Naturpark Karwendel

Felician Nöth, 51844413

Innsbruck, 13.07.2025

Masterarbeit

Eingereicht an der Universität Innsbruck, Institut für Ökologie zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

Masterstudium Ökologie und Biodiversität

Betreuer*in:

Assoz. Prof. Dr. Georg Leitinger

Institut für Ökologie

Mag. Hermann Sonntag

sonntagplus OG

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------|
| Inhaltsverzeichnis | II |
| Abbildungsverzeichnis | IV |
| Tabellenverzeichnis | VII |
| Abkürzungsverzeichnis | VIII |
| Danksagungen | IX |
| Abstract..... | X |
| Zusammenfassung | XI |
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1 Hintergrund und Motivation..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung der Masterarbeit | 3 |
| 2. Material und Methoden | 5 |
| 2.1 Geografische Lage..... | 5 |
| 2.2 Geologie | 8 |
| 2.3 Bergahorn <i>Acer pseudoplatanus</i> | 9 |
| 2.4 Kartierung der Bergahorne | 15 |
| 2.5 Vegetationsanalyse..... | 21 |
| 3. Ergebnisse..... | 27 |
| 3.1 Kartierung der Bergahorne | 27 |
| 3.2 Vegetationsanalyse..... | 37 |
| 4. Diskussion | 42 |
| 4.1 Kartierung der Bergahorne | 42 |
| 4.2 Vegetationsanalyse..... | 46 |
| 5. Fazit | 49 |
| 6. Management Empfehlungen:..... | 51 |
| Literaturverzeichnis | 53 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Anhang | 62 |
| Eidesstattliche Erklärung..... | 63 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Rudolphis Trompetenmoos (<i>Tayloria rudolphiana</i>) am Kleinen Ahornboden..... | 2 |
| Abbildung 2: Karte zeigt den Naturpark Karwendel (grün) und den Kleinen Ahornboden (rot). Orthobild (Land Tirol)..... | 6 |
| Abbildung 3: Klimadiagramm Hinterriß in Tirol. Dargestellt ist die monatliche Durchschnittstemperatur (°C) sowie monatliche Niederschläge in (mm) als klimatische Referenzdate für das Gebiet Kleiner Ahornboden. Die Mittelwerte beziehen sich auf die Zeit von 1980–2000. Quelle: Tirol Atlas 2013. | 7 |
| Abbildung 4: Bergahornweide Kleiner Ahornboden, im Hintergrund die Nordwände der Kaltwasserkarspitze..... | 8 |
| Abbildung 5: Verbreitungsgebiet des Bergahorns. Quelle:(EUFORGEN: (Caudullo et al., 2017))..... | 9 |
| Abbildung 6: Habitus eines Bergahorns am Kleinen Ahornboden | 11 |
| Abbildung 7: Gesunde Bergahorne trotzen einem extremen Überschotterungsereignis, im Hintergrund einige abgestorbene Fichten. | 12 |
| Abbildung 8: Ein alter Bergahorn mit viele Mikrohabitaten wie Baumhöhlen und Astverzweigungen..... | 13 |
| Abbildung 9: Der Kleine Ahornboden vor 1938, zur Schneeschmelze. Quelle: (Maier-Maschée, 1938). | 14 |
| Abbildung 10: Bergahorn-Bohrkerndaten am Großen Ahornboden. Quelle: Oberhuber 2023..... | 20 |
| Abbildung 11: Temporär eingezäunte Aufnahmefläche „Weide“, im Hintergrund ist der Wildschutzzaun zu erkennen, indem sich der Aufnahmestandort „Zaun“ befindet. | 22 |
| Abbildung 12: Zeigt ein Luftbild des UG "Kleiner Ahornboden". Die rote Linie markiert das Untersuchungsgebiet meiner Masterarbeit. Grüne Punkte kennzeichnen die Standorte der Vegetationsaufnahmen. Die orange umrandete Fläche stellt das eingezäunte Gebiet dar, während die roten Punkte alle Bergahorne aus der „Ahorndatenbank Tirol“ markieren. Gelb hervorgehoben sind jene Bergahorne, die als Naturdenkmal ausgewiesen sind. Orthofoto (Land Tirol). | 27 |

Abbildung 13: Zeigt anhand von Geländemodellen den zusammenhängenden Talboden des Kleinen Ahornbodens (hellblau). Im Zentrum befindet sich das Untersuchungsgebiet (rot) und angrenzend die Gebiete (orange) welche potentiell zum Kleinen Ahornboden hinzugezählt werden könnten. Außerdem sind die Bergahorne (blau) auch außerhalb des UG dargestellt. Orthofoto (Land Tirol). 28

Abbildung 14: Darstellung des Gebiets Kleiner Ahornboden auf der Plattform TIRIS. Die linke Karte zeigt in Grün den Hochwald im Karwendel, während nicht eingefärbte Bereiche im Norden überwiegend das Untersuchungsgebiet im Kleinen Ahornboden darstellen. Die schwarz umrandete Fläche entspricht der zuvor als potenzielle Fläche 1 beschriebenen Region. Die rechte Karte zeigt das Geländemodell des Gebiets, in dem eine ebene und zusammenhängende Fläche erkennbar ist, die mit der in Abbildung 11 dargestellten Fläche übereinstimmt. Quelle: TIRIS. 29

Abbildung 15: Zeigt die Bestandsentwicklung der Bergahorne (blauer/roter Punkt) im Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden (rote Linie). Orthofoto: Land Tirol. 30

Abbildung 16: Zeigt die Zunahme der Bergahorne am kleinen Ahornboden basierend auf Daten von 2000 und 2010 aus der Ahorndatenbank Tirol sowie der aktuellen Erhebung aus dem Jahr 2023. Zusätzlich ist die Anzahl der eingezäunten Bergahorne dargestellt. 31

Abbildung 17: Gepflanzter Bergahorn mit Schutzzaun am Kleinen Ahornboden. 32

Abbildung 18: Vergleich der Landschaftsentwicklung am Kleinen Ahornboden: Eine Analyse anhand von Orthobildern von 1982 und 2022. Quelle: Autor. Orthofoto: Land Tirol 32

Abbildung 19: Detailausschnitt I zeigt den südwestlichen Teil des Kleinen Ahornbodens. Quelle: Autor. 33

Abbildung 20: Der Detailausschnitt II zeigt den südöstlichen Teil des Kleinen Ahornbodens. Quelle: Autor. 34

Abbildung 21: Bergahornbestand und Altersentwicklung auf Schätzung der Borkenstruktur am Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden. Quelle: Ahorndatenbank Tirol (Daten 2000 und 2010) und Autor (Daten 2023). 35

Abbildung 22: Vergleich der Alterseinschätzung von Bäumen des UG Kleiner Ahornboden (n= 105) und der Stichprobe G.A (n=181) anhand zweier Methoden: Brusthöhendurchmesser (BHD) und Borkenstruktur. Die Einschätzung nach BHD basiert auf der Korrelation zwischen Stammdurchmesser und Alter (jung = 1 bis 100 Jahre, mittelalt = 101–300 Jahre, alt = über 300 Jahre). Die Einschätzung nach der Borke erfolgt anhand der

Ausbildung der Schuppenborke (jung = keine Schuppenborke, mittelalt = teilweise ausgebildet, alt = vollständig ausgebildet). Quelle Autor, Daten G.A (Fladerer, 2022)..... 36

Abbildung 23: Die Abbildung vergleicht die funktionellen Pflanzengruppen auf den beiden Untersuchungsflächen Zaun (blau) und Weide (orange), unterteilt in Gehölze, Gräser und krautige Pflanzen..... 39

Abbildung 24: Abgebrochener Ast eines „alten“ Bergahorns (*Acer pseudoplatanus*), vermutlich infolge von Schneelast und Sturm während eines frühen Wintereinbruchs..... 49

Abbildung 25: Funktionen der Bergahornweiden..... 62

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Einteilung der Bergahornbäume in 3 Altersklassen nach dem Stadium der Borkenbildung Quelle: (Sprenger, 2013). | 18 |
| Tabelle 2: Einteilung der Bergahornbäume in 3 Altersklassen nach dem Brusthöhendurchmesser. „Alt“=Bäume älter als 300 Jahre, „Mittelalt“= Bäume mit einem Alter zwischen 101 und 300 Jahren, „Jung“ 1-100 Jahre 20 Quelle: (Sprenger, 2013) & Autor..... | 20 |
| Tabelle 3: Funktionelle Gruppe und ihre Eigenschaften. | 23 |
| Tabelle 4: Zeigerwerte nach Ellenberg und ihre Bedeutung Quelle: Ellenberg. | 24 |
| Tabelle 5: Bewertung der potenziellen Kleinen Ahornboden Gebiete aus Abbildung 11 anhand der festgelegten Kriterien. | 28 |
| Tabelle 6: Vergleich der Deckungsanteile der Vegetationsschichten auf den Untersuchungsflächen. | 38 |
| Tabelle 7: Vergleich der Standorte anhand durchschnittlichen ökologischen Zeigerwerten nach Ellenberg. | 39 |
| Tabelle 8: Darstellung der berechneten Shannon- und Simpson-Diversität sowie Jaccard- und Sørensen-Ähnlichkeitsindizes für die beiden Untersuchungsflächen. | 40 |
| Tabelle 9: Vergleich der fünf häufigsten Gefäßpflanzenarten auf den Untersuchungsflächen mit einer Deckung zwischen 5 % und 15 %. | 62 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Baum | Bergahorn |
| BHD | Brusthöhendruckmesser |
| G.A | Großer Ahornboden |
| ha | Hektar |
| K.A | Kleiner Ahornboden |
| m ü.d.M. | Meter über dem Meeresspiegel |
| tiris | Tiroler Rauminformationssystem |
| UG | Untersuchungsgebiet |
| v.a. | vor allem |

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Betreuern Georg Leitinger und Hermann Sonntag für ihre fachliche Unterstützung und die wertvollen Anregungen.

Ebenso danke ich Erich Tasser und Sebastian Pilloni für ihre Hilfe bei den Vegetationsaufnahmen und das Einbringen ihrer fachlichen Kompetenz.

Ganz besonders möchte ich meiner Studienkollegin Magdalena Lutz für ihre tatkräftige Unterstützung bei den Vegetationsaufnahmen danken.

Meiner Familie gilt mein tiefster Dank, sie hat mir dieses Studium und die Anfertigung dieser Arbeit überhaupt erst ermöglicht. Ein besonderer Dank geht an meine Schwester Magdalena Kolbe und an meine Freundin Karoline Birsak für ihre Geduld, Ermutigung und ihre Unterstützung.

Abstract

This study examines the condition of the sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) population at the Kleiner Ahornboden and the impact of grazing on its development. A total of 105 sycamore maples are present in the area, the majority of which are younger individuals planted in recent decades. Depending on the evaluation method used, the proportion of old trees ranges between 16% and 33%. These old sycamore maples not only shape the landscape but are also of particular ecological value. However, due to their advanced age, a decline in these veteran trees can be expected in the medium term. The currently underrepresented middle age class (6% or 17%) highlights the need for targeted maintenance measures to preserve the old population and thereby ensure the long-term continuation of their ecological functions.

The results also show that the absence of traditional grazing has led to a marked increase in competitive woody species such as spruce and dwarf pine. This not only threatens the open character of the typical sycamore maple pastures but also their high biodiversity. The vegetation surveys conducted indicate species-rich sites, although the small number of sampling plots, particularly regarding moss vegetation, does not allow for comprehensive conclusions. To preserve the typical character of this cultural landscape, an adapted management approach is needed that ensures both the conservation of old individuals and the promotion of extensive land use. Only in this way can the structural diversity and biodiversity of the Kleiner Ahornboden be secured in the long term.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht den Zustand des Bergahornbestandes am Kleinen Ahornboden und den Einfluss der Beweidung auf dessen Entwicklung. Insgesamt befinden sich 105 Bergahorne im Gebiet, wobei der Großteil aus jüngeren, in den letzten Jahrzehnten gepflanzten Individuen besteht. Je nach gewählter Auswertungsmethode liegt der Anteil alter Bäume zwischen 16 % und 33 %. Diese alten Bergahorne prägen nicht nur das Landschaftsbild, sondern sind auch aus ökologischer Sicht besonders wertvoll. Aufgrund ihres fortgeschrittenen Alters ist jedoch mittelfristig mit einem Rückgang dieser Altbäume zu rechnen. Der aktuell schwach besetzte mittlere Altersbereich (6 % bzw. 17 %) verdeutlicht die Notwendigkeit gezielter Pflegemaßnahmen, um den Altbestand zu erhalten und dadurch die ökologischen Funktionen langfristig zu sichern.

Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass das Ausbleiben traditioneller Beweidung zu einer deutlichen Zunahme an konkurrenzstarken Gehölzen wie Fichte und Legföhre führt. Dies gefährdet nicht nur die Offenhaltung der charakteristischen Bergahornweiden, sondern auch deren hohe Artenvielfalt. Die durchgeführten Vegetationsaufnahmen deuten auf artenreiche Standorte hin, wenngleich die geringe Zahl an Probestellen, insbesondere im Hinblick auf die Moosvegetation, keine umfassenden Aussagen zulässt. Um den typischen Charakter dieser Kulturlandschaft zu bewahren, bedarf es eines angepassten Managements, das sowohl den Erhalt alter Individuen sicherstellt wie auch eine extensive Bewirtschaftung fördert. Nur so können die strukturelle Vielfalt und die Biodiversität des Kleinen Ahornbodens langfristig gesichert werden.

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Motivation

Der Kleine Ahornboden im Naturpark Karwendel, dem größten Naturpark Österreich, stellt wie der benachbarte „Großer Ahornboden (G.A)“ eine seltene, traditionelle Kulturlandschaft dar, eine sogenannte Bergahornweide. Diese ist geprägt durch das Zusammenspiel von Almweiden und Bergahornen (*Acer pseudoplatanus*) (Kiebacher et al., 2018).

In der Vergangenheit erlebte der G.A ein massives Ahornsterben, was die Ausarbeitung und Umsetzung eines umfassenden Managementplanes zur Folge hatte (Czell et al., 1966). Darauf aufbauend zeigten erneute Inventuren, dass der Bestand immer noch rückläufig ist und gerade ältere Bäume gefährdet sind (Fladerer, 2022).

Die Erfahrungen am G.A verdeutlichen die Dringlichkeit einer umfassenden Bestandsanalyse am Kleinen Ahornboden, um den Bestand und Zustand der Bäume auch dort zu dokumentieren und gegebenenfalls Maßnahmen zur Förderung der Verjüngung und langfristigen Erhaltung der Bergahornbestände zu entwickeln. Um die Vitalität des Bergahornbestandes am Kleinen Ahornboden abschätzen zu können, wird der Altersaufbau analysiert. Studien belegen, dass eine ausgewogene Altersstruktur, sprich das Vorhandensein von jungen, mittelalten und alten Bäumen entscheidend für die Vitalität und Resilienz von Wäldern ist (Drößler, 2006; Hanewinkel et al., 2014; Meyer et al., 2003). Viele der Bergahorne am Kleinen Ahornboden sind bereits mehrere hundert Jahre alt und zeichnen sich durch ihren Strukturreichtum aus, der selten vorkommenden Tier- und Pflanzenarten Lebensraum bietet. Das Zusammenspiel aus Weide- und Waldlandschaft hat eine bedeutende Rolle für die Biodiversität des Talbodens. Ein Beispiel für die botanische Bedeutung des Gebiets ist das Vorkommen des seltenen Rudolphis Trompetenmoos (*Tayloria rudolphiana*) siehe Abbildung 1. Das Rudolphis Trompetenmoos konnte fast ausschließlich auf der Borke alter Bergahornen nachgewiesen werden und kommt nur an wenigen Orten im Alpenraum vor (Kiebacher et al., 2018). Diese Vielfalt an Strukturen wie Baumhöhlen, offene Weide oder der schuppigen Borke bietet auch zahlreichen Tier- und Insektenarten Nahrung und Lebensraum. Vögel wie der Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*) oder Schmetterlinge wie der Blausieb (*Zeuzera pyrina*) sind auf diese Strukturen angewiesen (Hacker & Müller, 2006; Kiebacher et al., 2016; Schallhart, 2024).



Abbildung 1: Rudolph's Trompetenmoos (*Tayloria rudolphiana*) am Kleinen Ahornboden.

Der Kleinen Ahornboden ist ein wertvolles Beispiel für die Wechselwirkungen zwischen traditioneller Landnutzung (Weidewirtschaft) und einem Waldökosystem (Bergahorne). Vergleichbare Bewirtschaftungsformen findet man heute nur noch selten in Europa, beispielsweise bei Streuobstwiesen im Luzerner Seetal oder Lärchweiden im Toten Gebirge (Kurz, 2023).

Diese Beispiele der extensiven Bewirtschaftungsformen nehmen aber im gesamten Alpenraum ab und bedingen dabei einen besorgniserregenden Rückgang der Artenvielfalt (Dullinger, Dirnböck, Greimler & Grabherr, 2003). Ursache dafür ist, dass zunehmend mehr Almen aufgelassen bzw. brachgelegt werden, wodurch die artenreichen Almweiden zuwachsen und langfristig verloren gehen (Fischer et al., 2008). Unter dem Auflassen bzw. Brach legen einer Alm versteht man den dauerhaften Rückgang bzw. das vollständige Ausbleiben landwirtschaftlicher Nutzung auf ursprünglich landwirtschaftlich nutzbarem Gelände (Surber et al., 1973).

Zeitgleich findet auf vielen Almen v. a. nahe des Talbodens und günstig gelegene Flächen eine Intensivierung der Almwirtschaft statt, was zu einer Eutrophierung der Almweiden führt und somit ebenso einen Artenrückgang bewirkt (Bätzing, 1991; Gossner et al., 2016; Nascimbene et al., 2014).

Aus dem Bergahornschutzprogramm gibt es auf dem Kleinen Ahornboden eine mit Wildschutzaun gesicherte Fläche, die damit aus der traditionellen Bewirtschaftung ausgenommen ist. Das bietet uns die Möglichkeit, den Einfluss der Bewirtschaftung auf die Artzusammensetzung des Kleinen Ahornboden zu überprüfen und somit den Effekt einer Nutzungspause zu simulieren.

Vergleichbare Studien haben gezeigt, dass aufgelassene Almflächen häufig einen Rückgang der Artenvielfalt und eine Zunahme konkurrenzstarker Gehölze wie Legföhren oder Grünerlen erleben (Rudmann-Maurer et al., 2008). Der Vergleich der eingezäunten Fläche mit den beweideten Bereichen am Kleinen Ahornboden liefert wertvolle Erkenntnisse über die Rolle traditioneller Bewirtschaftung für den Erhalt der Kulturlandschaft.

Diese Masterarbeit wird somit eine wichtige Grundlage für zukünftige Schutz- und Pflegekonzepte liefern. Durch die systematische und vollständige Kartierung der Bergahorne werden belastbare Daten über den aktuellen Zustand des Bergahornbestandes am Kleinen Ahornboden gewonnen. Diese Daten werden nicht nur dazu beitragen, den ökologischen Wert des Gebiets besser zu verstehen, sondern können auch konkrete Empfehlungen für das zukünftige Management des Gebiets liefern.

1.2 Zielsetzung der Masterarbeit

Ziel dieser Masterarbeit ist es, den aktuellen Bestand sowie den ökologischen Zustand der Bergahorne am Kleinen Ahornboden zu erfassen und zu analysieren, inwiefern die bestehende Almbewirtschaftung das Ökosystem der Bergahornweide beeinflusst. Daraus sollen fundierte Managementempfehlungen für den zukünftigen Umgang mit dieser Kulturlandschaft abgeleitet werden.

Hierzu werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Kartierung des Bergahornbestandes:

Im ersten Schritt wird gemeinsam mit dem Naturpark Karwendel und den Österreichischen Bundesforsten das Untersuchungsgebiet (UG) am Kleinen Ahornboden definiert.

Anschließend wird der gesamte Bergahornbestand im UG georeferenziert erfasst. Neben der genauen Lokalisierung werden strukturelevante Parameter wie der Brusthöhendurchmesser (BHD) dokumentiert, um Rückschlüsse auf Altersstruktur und Vitalität der Bestände zu ermöglichen.

2. Orthobildanalyse:

Mittels historischer und aktueller Orthobilder wird die langfristige Veränderung der Landschaftsstruktur analysiert. Besonderes Augenmerk liegt auf der Entwicklung der Wald-Weidedynamik sowie auf der Ausbreitung konkurrenzstarker Gehölze wie etwa der Legföhre (*Pinus mugo*) und der Fichte (*Picea abies*).

3. Vegetationsanalyse:

Um die Auswirkungen von Beweidung und Wild auf die Vegetationszusammensetzung zu untersuchen, werden Vegetationsaufnahmen sowohl auf einer beweideten Fläche als auch auf einer seit 2010 eingezäunte Bergahornschutzzone durchgeführt. Letztere ist frei von Weide- und Wildtieren und dient als Referenz für eine bewirtschaftungsfreie Entwicklung der Vegetation.

4. Erstellung von Managementmaßnahmen:

Basierend auf den Ergebnissen der Kartierung, Bildanalyse und Vegetationsuntersuchung werden konkrete Empfehlungen für eine angepasste Pflege und Bewirtschaftung des Gebiets formuliert. Ziel ist es, den ökologischen und landschaftlichen Wert der Bergahornweiden langfristig zu erhalten und zu fördern.

2. Material und Methoden

2.1 Geografische Lage

Der Kleine Ahornboden liegt in der Gemeinde Vomp (Bezirk Schwaz) und ist Teil des Karwendelgebirges, das sich in den nördlichen Tiroler Kalkalpen befindet, siehe Abbildung 2. Mit der Gründung des Naturschutzgebiet 1928 wurde auch der darin liegende Kleinen Ahornboden unter Schutz gestellt (Naturpark Karwendel). 1995 wurde das Karwendel als Natura 2000-Schutzgebiet ausgewiesen.

Im Gegensatz zum G.A., der als Ganzes als Naturdenkmal gilt, ist der Kleine Ahornboden nicht vollständig als Naturdenkmal geschützt. Allerdings befinden sich 21 als Naturdenkmäler ausgewiesene Bergahorne auf dem Gebiet (Land Tirol). Als Naturdenkmal werden Naturgebilde bezeichnet, die aufgrund ihrer Seltenheit, Eigenart oder Schönheit sowie wegen ihrer wissenschaftlichen, geschichtlichen oder kulturellen Bedeutung oder ihrer prägenden Wirkung auf das Landschaftsbild unter Schutz gestellt werden. Dazu zählen unter anderem alte oder seltene Bäume bzw. Baumgruppen, besondere Wasserläufe, Wasserfälle oder markante Felsformationen. Für die Unterschutzstellung ist die jeweilige Bezirksverwaltungsbehörde zuständig, die auch für den Erhalt und die Sicherung dieser Naturdenkmäler verantwortlich ist (§27 *Naturdenkmäler*. Tiroler Naturschutzgesetz, 2005). Rechtsgrundlage dafür bildet § 27 des Tiroler Naturschutzgesetzes. Dieser regelt, dass jede Veränderung, Entfernung oder Zerstörung eines Naturdenkmals einer naturschutzrechtlichen Bewilligung bedarf. Zudem sind Eigentümer oder Verfügungsberechtigte verpflichtet, Maßnahmen zum Schutz des Naturdenkmals zu ergreifen und Gefährdungen unverzüglich der Behörde zu melden.

Der Kleine Ahornboden befindet auf einer Höhe um die 1400 Meter über dem Meeresspiegel (m. ü.d.M.) und liegt damit in der hochmontanen Stufe am Übergang zur subalpinen Stufe. Umrahmt wird der Kleine Ahornboden von den markanten Gipfeln des Karwendelgebirges, darunter die Kaltwasserkarspitze und die Birkkarspitze, die mit 2.749 Metern die höchste Erhebung des Karwendel ist. Nördlich wird der Kleine Ahornboden vom Filzwald begrenzt, welcher in den Filzboden übergeht. Der Bach, welcher in der Regel nur zur Schneeschmelze Wasser führt und den Kleinen Ahornboden von Nordwesten kommend teilt, geht später in den Johannesbach über. Im Westen erhebt sich das Kaltwasserkar dessen Schotterreisen bis runter zum Johannesbach zieht und das Bachbett formt (Karte Karwendel).

Aufgrund seiner abgeschiedenen Lage ist der Kleine Ahornboden nur über Wander- oder Forstwege erreichbar. Der übliche Zugang erfolgt über eine Forststraße, die vom Rißtal bei Hinterriß

durch das Johannistal hinauf zum Ahornboden führt. Alternativ kann man ihn auch über das Karwendeltal und den Hochalmsattel erreichen. Der Kleine Ahornboden liegt an mehreren bekannten und hochfrequentierten Wander- und Mountainbikerouten, die zu bewirtschafteten Hütten wie der Ladizalm, der Falkenhütte und dem Karwendelhaus führen. Diese Hütten sind beliebte Ziele für Wanderer und Mountainbiker und machen den Kleinen Ahornboden zu einem bedeutenden Zwischenstopp auf dem Weg durch das Karwendelgebirge. Die genauen Koordinaten des Gebiet-Standortes lauten: Breitengrad 47,417186 Längengrad 11,467753.

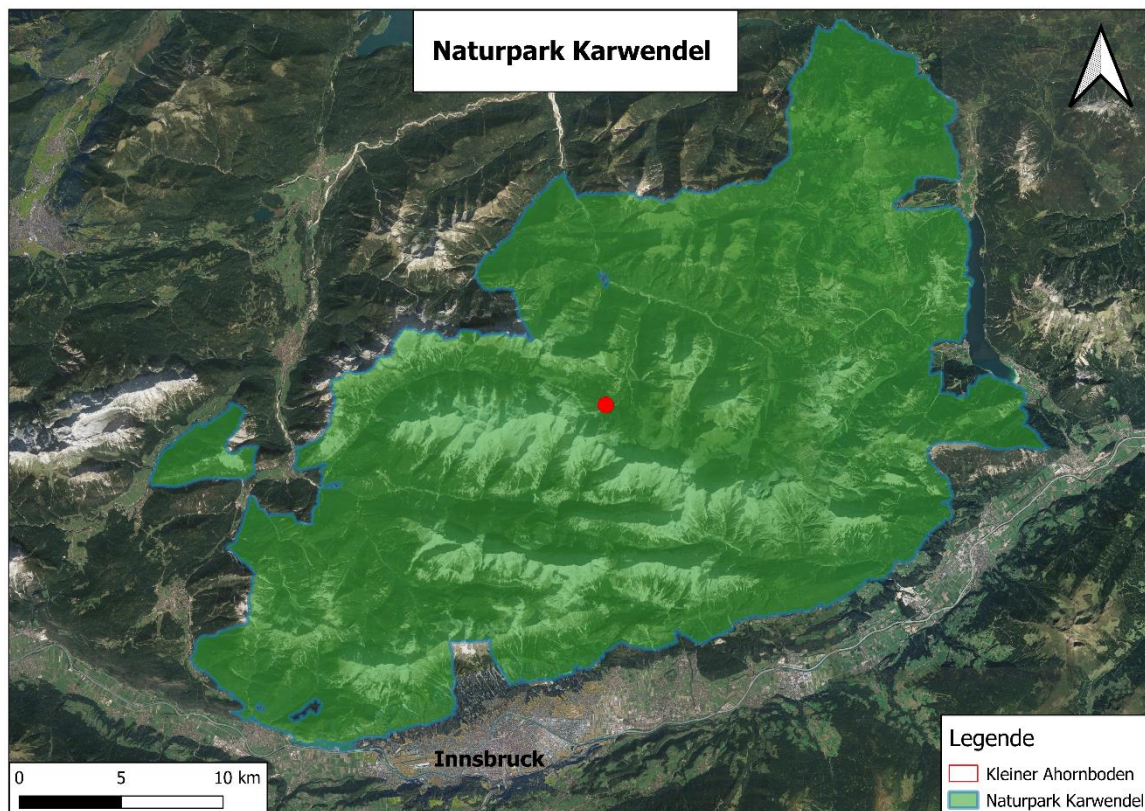


Abbildung 2: Karte zeigt den Naturpark Karwendel (grün) und den Kleinen Ahornboden (rot). Orthobild (Land Tirol).

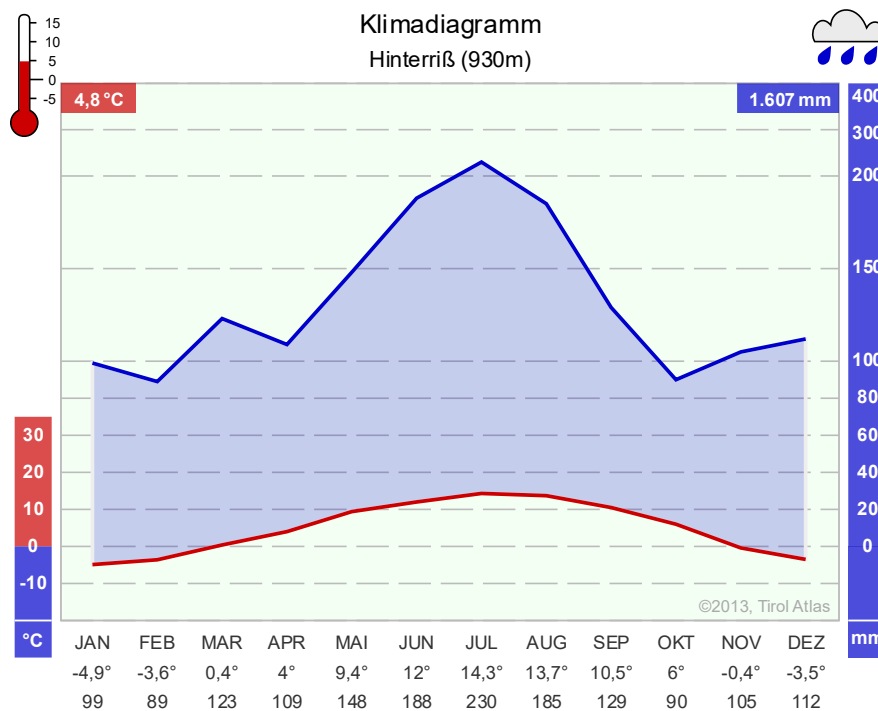


Abbildung 3: Klimadiagramm Hinterriß in Tirol. Dargestellt ist die monatliche Durchschnittstemperatur (°C) sowie monatliche Niederschläge in (mm) als klimatische Referenzdate für das Gebiet Kleiner Ahornboden. Die Mittelwerte beziehen sich auf die Zeit von 1980–2000. Quelle: Tirol Atlas 2013.

Die Klimamessstation Hinterriß liefert die nächstgelegenen Klimadaten zum Kleinen Ahornboden und zeigt, dass das Karwendelgebirge durch niedrige Durchschnittstemperaturen und hohe Niederschläge geprägt ist. Der Kleine Ahornboden liegt jedoch in einem Seitental und etwa 500 Höhenmeter oberhalb der Station auf etwa 1400 m. ü. d. M. Mit zunehmender Höhe nimmt die Luftfeuchtigkeit zu, während die Temperaturen weiter absinken, was das Klima am Kleinen Ahornboden noch rauer und feuchter gestaltet (Wang et al., 2011).

Das Klima im Karwendelgebirge zeichnet sich durch hohe Niederschlagssummen aus, wobei die meisten Niederschläge in den Sommermonaten Juli und August fallen. Da das Karwendel zu den nördlichen Randalpen gehört und ozeanisch geprägt ist, stauen sich von Norden her kommende Wolken, was auch in den Wintermonaten zu hohen Niederschlagsmengen und damit zu großen Schneemengen führt. Die kühlen Temperaturen auch im Sommer und die lange Schneebedeckung über den Winter hinweg tragen zusätzlich zum rauen Gebirgsklima bei.

Die Jahresdurchschnittstemperatur für die Region beträgt 4,8°C (siehe Abbildung 3). Diese Angabe stammt aus dem Jahr 2013. Zahlreiche wissenschaftliche Prognosen zeigen jedoch, dass die Temperatur in Gebirgsregionen in Zukunft deutlich stärker ansteigen wird als der globale Durchschnitt (Lee & Romero, 2023). Für den Kleinen Ahornboden bedeutet dies, dass er zunehmend stärkeren Klimaextremen ausgesetzt sein wird wie Starkregen, Hitzeperioden und

Dürre (Boeck et al., 2018). Diese Veränderungen könnten erhebliche Auswirkungen auf die Vegetation und die Wasserverfügbarkeit des Gebiets haben.

2.2 Geologie

Das Karwendelgebirge gehört zu den Nördlichen Kalkalpen und grenzt im Osten an das Rofangebirge, im Norden an das Estergebirge und im Westen an das Wettersteingebirge. Geologisch wird das UG durch die Überschiebung der Inntal-Decke auf die Lechtal-Decke geprägt, wobei der Kleine Ahornboden auf einem Schuttkegel liegt (Kilian, 2013).

Die Berghänge und Gipfel rund um den Kleinen Ahornboden bestehen aus verschiedenen Kalk- und Dolomitgesteinen, die das Erscheinungsbild der Landschaft stark prägen, siehe Abbildung 4. Das Kaltwasserkar weist eine markante Abfolge aus alpinem Muschelkalk auf, der südlich bei den Laliderer Wänden an Wettersteinkalk angrenzt (Ortner, 2018)



Abbildung 4: Bergahornweide Kleiner Ahornboden, im Hintergrund die Nordwände der Kaltwasserkarspitze.

2.3 Bergahorn *Acer pseudoplatanus*

2.3.1 Familie

Der Bergahorn wurde früher der Familie der Ahorngewächse (Aceraceae) zugeteilt (Roloff et al., 2010). Moderne molekulargenetische Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass er wie etwa die Rosskastanie, zur Familie der Seifenbaumgewächse (Sapindaceae) gehört (Aas, 2009).

In Mitteleuropa sind neben dem Bergahorn weitere Arten aus der Gattung der Ahorne (*Acer*) verbreitet. Dazu gehören der Spitzahorn (*Acer platanoides*) und der Feldahorn (*Acer campestre*), die in weiten Teilen Mitteleuropas vorkommen. Der Schneeball-Ahorn (*Acer opalus*) und der Französische Ahorn, auch als Felsen- oder Burgen-Ahorn bekannt (*Acer monspessulanum*), sind hauptsächlich in den Westalpen und im Mittelmeerraum anzutreffen. (Aeschimann et al., 2004).

2.3.2 Vorkommen

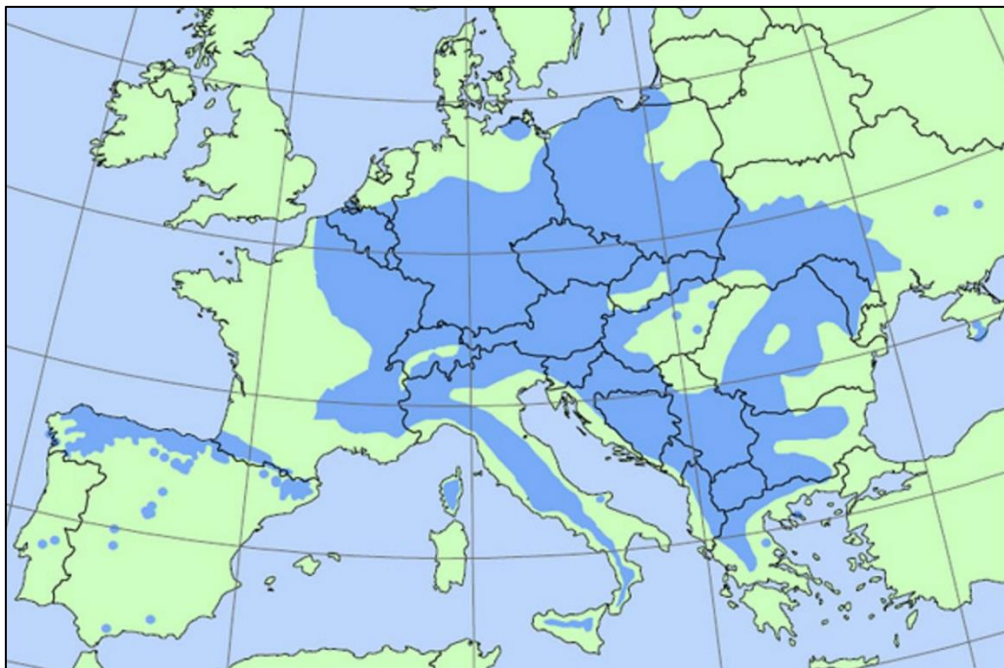


Abbildung 5: Verbreitungsgebiet des Bergahorns. Quelle:(EUFORGEN: (Caudullo et al., 2017)

Wie in Abbildung 5 zu sehen hat der Bergahorn heute ein breites Verbreitungsspektrum und bevorzugt dabei kühle und feuchte Nischen. Das Areal geht nördlich bis an die Norddeutsche Tiefebene, bei den Vorkommen an der Ostsee ist nicht geklärt, ob diese natürlich sind (Aeschimann et al., 2004). Im Süden geht das Verbreitungsgebiet entlang des Apennins und den Dinariden bis nach Sizilien und Nordgriechenland. Der Bergahorn ist ein äußerst widerstandsfähiger Baum, der sich flexibel an unterschiedliche Standortbedingungen anpasst (Roloff et al., 2010).

Typischerweise kommt er in buchenreichen Hügel- und Berglandschaften vor (Mayer, 1992). Er ist häufig an schattigen Hängen, Blockschutthalden und steilen Rutschhängen anzutreffen (Aeschimann et al., 2004). Die Verbreitung des Bergahorns ist charakteristisch für eine nemorale Breitlaubwaldart, und die Art wächst überwiegend in Edellaubmischwäldern sowie als Begleitbaumart in Gebirgs-Nadelwäldern (Schmidt, P., 2009). Seine bevorzugten Standorte sind nährstoff- und basenreich, langanhaltende Trockenheit oder Staunässe verträgt er dabei schlecht (Kutschera & Lichtenegger, 2002). Eine Besonderheit des Bergahorns ist seine Fähigkeit, als Laubbaum bis an die Waldgrenze vorzudringen; im Wallis kann er Höhenlagen von bis zu 2000 m erreichen (Roloff et al., 2010). Während der Eiszeiten wurde der Bergahorn aus den Alpen verdrängt, seine Refugien lagen wahrscheinlich im Mittelmeerraum (Burga & Perret 1998). Die Wiederbesiedlung erfolgte über den Schweizer Jura im Westen und um die Südostalpen (Roloff et al., 2010).

2.3.3 Beschreibung

Bergahorne können, je nach Standort und Bedingungen bis zu 40 Meter hochwachsen. Besonders dabei ist, dass Bergahorne Stämme mit gewaltigem Umfang ausbilden können. In der Schweiz steht ein Exemplar mit einem Umfang von 11,6 Metern und einem geschätzten Alter von über 800 Jahren (Brunner, 2009). Freistehende Individuen bilden in der Regel eine runde bis eiförmige Krone aus, wie in Abbildung 6 zu sehen (Roloff et al., 2010).



Abbildung 6: Habitus eines Bergahorns am Kleinen Ahornboden

Laut (Kutschera & Lichtenegger, 2002) besitzt der Bergahorn ein Herz-Senkwurzelssystem welches vergleichbar mit der Rotbuche ist. Spannend ist, dass vor allem im Oberboden die Feinwurzelintensität sehr hoch ist und somit die Hauptwurzelmasse in den oberen 70 cm Bodentiefe liegt. Mit einer intensiven Durchwurzelung kann er Kalksteinschutthalden stabilisieren und er verfügt über eine ausgeprägte Resilienz gegenüber Steinschlagschäden, das macht den Bergahorn auch zu einer wichtigen Schutzwaldbaumart (Mayer, 1992). Der Bergahorn zeigt zudem eine bemerkenswerte Toleranz gegenüber Überschotterungs-Ereignissen, die anderen Baumarten wie der Fichte oft stark zusetzen, wie in Abbildung 7 zu sehen. Diese Widerstandsfähigkeit gegenüber der Überlagerung durch Schutt und Geröll sorgt dafür, dass der Bergahorn in instabilen Gebirgslagen gedeihen kann (Zangerle, 2007).



Abbildung 7: Gesunde Bergahorne trotzen einem extremen Überschotterungsereignis, im Hintergrund einige abgestorbene Fichten.

Zusätzlich zu diesen Eigenschaften bildet der Bergahorn fast jährlich Samen, was ihm die Merkmale einer Pionierbaumart verleiht und seine Fähigkeit unterstreicht, neue Lebensräume schnell zu besiedeln (Schmidt, 2009).

2.3.4 Der Bergahorn als Lebensraum

Im Laufe dieser Recherche rückte immer mehr der Baum (Bergahorn) selbst als Lebensraum für eine große Reihe von Gefäßpflanzen-, Moos- und Flechtenarten in den Fokus (Fritz, 2009). Repräsentativ ist die umfassende Studie von Herrn Kiebacher, in der er die Bergahornweiden des Alpenraums analysiert (Kiebacher et al., 2018). Er fand 314 Moos und 232 Flechtenarten (davon 50 Arten gefährdet und damit 1/5 der bekannten Moos- und Flechtenarten der Schweiz (Kiebacher et al., 2016).



Abbildung 8: Ein alter Bergahorn mit viele Mikrohabitaten wie Baumhöhlen und Astverzweigungen.

Durch ihren jahrhundertlang geformten Wuchs mit Baumhöhlen und abgebrochenen Ästen bieten sie zahlreichen Tierarten wertvollen Lebensraum und machen das Gebiet zu einem lokalen Hotspot der Biodiversität (Lindenmayer et al., 2013). Abbildung 8 zeigt einen alten Bergahorn am Kleinen Ahornboden mit einer Vielzahl an kleiner Mikrohabitate. 20 verschiedene Vogelarten wie etwa der Kleiber oder der Grünfink ernähren sich von den Früchten des Bergahorns und finden in seinen Baumhöhlen oder Astgabeln geeignete Nistmöglichkeiten (Schmidt, O., 2009). Es konnten bis zu 59 verschiedene Schmetterlingsarten, die an den Bergahornen leben, nachgewiesen werden (Aas, 2009)

2.3.5 Bergahornweiden im Karwendel

Der Bergahorn eignet sich mit seinen großen und breiten Baumkronen ideal als Schirmbaum für Bergweiden im Karwendelgebirge (Sonntag & Straubinger, 2019). Das weidende Vieh i. d. R. Rinder, findet unter dem Kronendach Schutz vor extremer Witterung und Sonneneinstrahlung. Außerdem ist das Laub des Bergahorns mit einem hohen Stickstoffgehalt ein guter Dünger für die seichten Böden (Pirc, 1994). Gegenüber anderen Baumarten hat der Bergahorn aufgrund seiner Wurzel Ausbildung und Überschotterungstoleranz in den schottereichen Gebieten des Karwendels einen natürlichen Selektionsvorteil (Haselwanter & Kutschera, 2000). Das Wurzelsystem des Bergahorns hat einen weiteren nützlichen Nebeneffekt: seine

bodenstabilisierende Wirkung, insbesondere an Flusssufern, macht ihn zu einem wichtigen Element der Ufersicherung. (Machatschek, 2002). Anstatt das Flussbett auszubaggern, wurden Bäume an den Ufern gepflanzt, umso den Flussverlauf zu festigen und ein Abtragen der Uferbänke zu vermeiden (Evette et al., 2009).

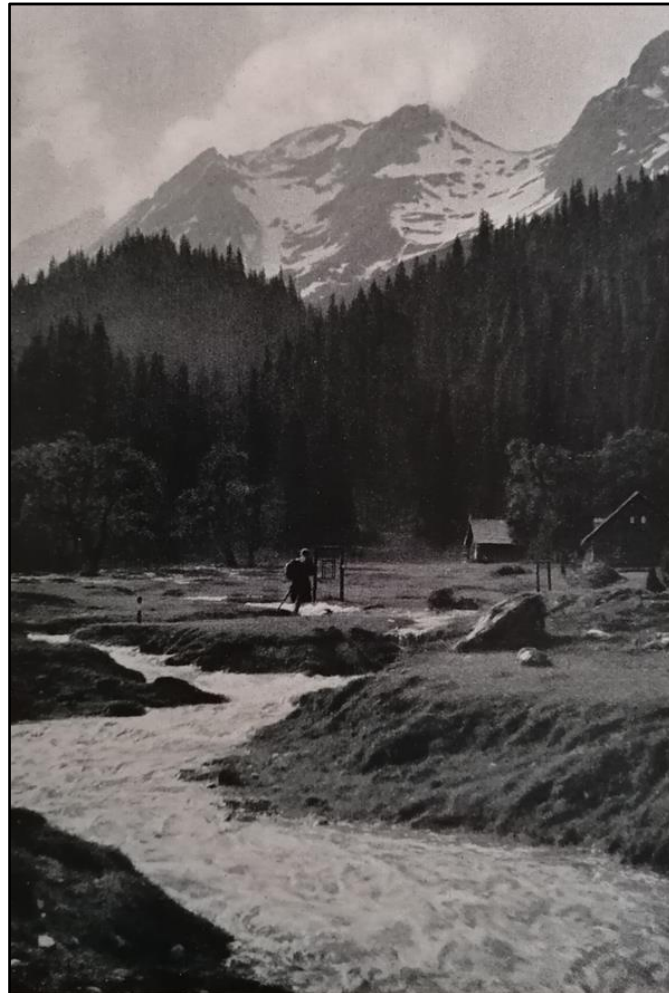


Abbildung 9: Der Kleine Ahornboden vor 1938, zur Schneeschmelze. Quelle: (Maier-Maschée, 1938).

In Abbildung 9 ist mittig am Bach eine Art Einzäunung zu erkennen, die jenen ähnelt, wie sie auch heute am Kleinen Ahornboden vorzufinden sind. Daraus lässt sich schließen, dass bereits um 1938 eine gezielte Förderung des Bergahorns stattgefunden haben könnte.

2.4 Kartierung der Bergahorne

2.4.1 Daten und Software

QGis

Für die Bestandsanalyse der Bergahorne wurde das Open-Source-Geoinformationssystem QGIS (Version 3.28.4) eingesetzt. Die Software diente primär der Interpretation von Orthobildern sowie der räumlichen Erfassung und Auswertung des Bergahornbestandes im UG-Kleiner Ahornboden.

Anwendungsbereiche:

1. Orthobildanalyse
2. Räumliche Datenerfassung
3. Kartographische Darstellung
4. Bestandsanalyse

Qfield

Zur Erfassung der einzelnen Bergahornindividuen im Gelände wurde die mobile Geodaten-Erfassungsanwendung QField in der Version 3.2.0 – Congo (b2ed1f v3.2.0), basierend auf Qt 6.6.2, eingesetzt. QField ist eine auf QGIS basierende Software, die für den Einsatz auf mobilen Endgeräten, insbesondere Smartphones, optimiert ist.

Die Anwendung ermöglicht eine geobasierte Datenerfassung direkt im Feld, wodurch eine präzise und effiziente Aufnahme der Bergahornstandorte gewährleistet wird. Die erfassten Daten können anschließend nahtlos in QGIS importiert und weiterverarbeitet werden.

Die App ermöglichte eine GPS-gestützte Standorterfassung sowie eine anpassbare Eingabe von Felddaten. Mit der Möglichkeit, Hintergrundkarten zu speichern, war die Anwendung auch offline einsetzbar.

Tiroler Rauminformationssystem

Das Tiroler Rauminformationssystem (tiris) wurde im Rahmen dieser Arbeit genutzt, um bestehende raumbezogene Informationen abzurufen und darzustellen. Insbesondere wurden darüber die Standorte der als Naturdenkmal ausgewiesenen Bergahorne sowie administrative Gebietsgrenzen überprüft. Diese Daten dienten als Grundlage für die Kartendarstellung im QGIS und zur Abgrenzung des Untersuchungsgebiets.

Orthobilder

Die in dieser Arbeit verwendeten Orthobilder wurden über das Open Data Portal des Landes Tirol bezogen. Sie dienten primär der Visualisierung und räumlichen Verortung der dokumentierten Bergahorne am Kleinen Ahornboden.

Darüber hinaus wurden die Orthobilder für die Analyse der Entwicklung des Kleinen Ahornbodens herangezogen, um langfristige Veränderungen in der Vegetation und Nutzung sichtbar zu machen. Hierfür wurden mittels der Software QGIS Orthobildern zwischen 1982 und 2022 miteinander verglichen und bearbeitet.

2.4.2 Gebietsgrenze Kleiner Ahornboden

Untersuchungsgebiet

Da keine offiziell festgelegten Gebietsgrenzen des Kleinen Ahornbodens existieren, wurde, in Zusammenarbeit mit einem Vertreter des Naturparks Karwendel, sowie der Bundesforste eine vorläufige Abgrenzung des Gebiets vorgenommen. Dies geschah mithilfe aktueller Orthobilder und der Ahorn-Daten des Landes Tirols. Die so definierte Fläche wird als Untersuchungsgebiet (UG) bezeichnet und kann als Grundlage für zukünftige Abgrenzungen des Kleinen Ahornbodens dienen.

Bei der Festlegung der Grenzen lag der Fokus auf halboffenen, flachen Waldweideflächen, die der charakteristischen Landschaft des Gebiets entsprechen und dessen Namensgebung prägen. Da sich alle als Naturdenkmal ausgewiesenen Bergahorne des Kleinen Ahornbodens innerhalb dieses Bereichs befinden, kann das UG auch als Kerngebiet des Kleinen Ahornbodens betrachtet werden.

Überprüfung und Erweiterung der Abgrenzungskriterien

Im Verlauf der Forschung wurden die initial festgelegten Grenzen kritisch hinterfragt. Die Abgrenzung von Nordwest bis Nordost ist optisch gut erkennbar, da sich das Gebiet hier deutlich vom Talboden abhebt. Im Osten und Süden des UG gibt es jedoch Flächen, bei denen nicht eindeutig geklärt werden konnte, weshalb sie nicht zum Kleinen Ahornboden gezählt werden sollten.

Zur Verfeinerung der Abgrenzungskriterien wurden folgende zusätzliche Methoden angewandt:

1. Analyse historischer Orthobilder
2. Auswertung digitaler Geländemodelle
3. Vor-Ort-Begehungen

Basierend auf diesen Untersuchungen wurden erweiterte Kriterien für die potenzielle Zugehörigkeit von Flächen zum Kleinen Ahornboden entwickelt. Folgende Kriterien sollen als Grundlage für zukünftige offizielle Abgrenzungen dienen:

1. Offene bis halboffene Fläche:

Kein dichter Wald oder Krummholzgürtel, auf dem Luftbild sollte erkennbar sein, dass sich Weide und Gehölze abwechseln.

2. Lage im Talboden

Digitale Geländemodelle zeigen einen zusammenhängenden Talboden auf einer Höhenlage von etwa 1400 m ü.d.M.

3. Vorkommen von Bergahornen in der Umgebung

Die Flächen sollten möglichst im nahen Umfeld zu Bergahornen stehen.

4. Verbindung zum Kerngebiet

Die Gebiete sollten an das UG bzw. Kerngebiet angrenzen.

2.4.3 Datenbank der Bergahorne des Landes Tirol

Im Jahr 2000 und 2010 wurden bereits am Kleinen Ahornboden Bergahorne georeferenziert aufgenommen. Diese Grundlage an Daten wurde mir für meine Masterarbeit vom Land Tirol zu Verfügung gestellt. Zusätzlich zum Standort wurde eine Altersklasseneinschätzung vorgenommen.

2.4.4. Daten Großer Ahornboden 2022

Im Jahr 2022 führte Elisabeth Fladerer eine vergleichbare Bestandsanalyse der Bergahorne am Großen Ahornboden durch. Trotz der zahlreichen Unterschiede zum UG ist die räumliche Nähe des G.A besonders interessant für einen Vergleich. Für diesen Zweck nutze ich eine von Elisabeth Fladerer erhobene Stichprobe, die einen repräsentativen Querschnitt der Datenlage des Großen Ahornbodens abbildet (Fladerer, 2022).

2.4.5 Aufnahme Parameter

Identifikationsnummer

Die dokumentierten Bäume wurden, wenn möglich, der vierstelligen Identifikationsnummer aus der "Ahorn-Bank" Tirol zugeordnet. Falls bisher keine ID vergeben wurde, habe ich eine eigene Identifikationsnummer vergeben. Da am Kleinen Ahornboden bisher noch keine Nummer über 3000 vergeben wurde, habe ich fortlaufend ab "3000" nummeriert.

Baumhöhe

Die Baumhöhe wurde mit dem Messgerät von Nikon Forestry Pro II gemessen. Dabei wird mit einem Laser-Entfernungsmesser die Höhe mittels einer Drei-Punkt-Messung präzise ermittelt. Durch die Entfernung und den Winkel zwischen der Baumspitze und Stammansatz wird die Baumhöhe automatisch berechnet (Nikon, 2022).

Standorte der Bäume

Beim Aufnehmen der Daten lokalisiert die QField App automatisch den Standort. Allerdings ist dies oft ungenau, besonders bei Bäumen, die sehr nahe beieinanderstehen, was eine mögliche Fehlerquelle darstellt. Deshalb wurden die Bäume mithilfe von Orthobildern exakt lokalisiert. Diese Methode ermöglicht eine präzisere Standortbestimmung und ist eine bewährte Praxis in der Baumkartierung (Heurich, 2006).

Schätzung des Baumalters nach der Borkenstruktur

Um eine Vergleichbarkeit der Daten zu ermöglichen, wurde das Baumalter nach dem Managementplan des Großen Ahornbodens geschätzt und in selben Altersklassen zugeteilt (Sprenger, 2013). Dabei habe ich die von Sprenger verwendete Methode der Alterseinteilung verwendet, siehe Tabelle 1. Dabei wird die Borkenstruktur sowie der Baum-Habitus berücksichtigt, siehe Tabelle 1 (Sprenger, 2013).

Tabelle 1: Einteilung der Bergahornbäume in 3 Altersklassen nach dem Stadium der Borkenbildung Quelle: (Sprenger, 2013).

| Abkürzung | Bedeutung | Beschreibung |
|-----------|-----------|---------------------------------|
| a | alt | Schuppenborke stark ausgeprägt |
| m | mittelalt | Schuppenborke bildet sich |
| j | jung | glatte Borke ohne Schuppenborke |

Brusthöhendurchmesser für Alterseinschätzung

Der Stammdurchmesser aller Bergahorne wurde auf Brusthöhe, in etwa 1,30 m Höhe gemessen. Im Folgenden wird hierfür der Begriff Brusthöhendurchmesser (BHD) verwendet. Die Messung erfolgte primär mittels einer Messkluppe. Bei Bäumen, deren Durchmesser die Kapazität der Messkluppe überstieg, wurde der Stammumfang mit einem Maßband gemessen. Dabei wurde darauf geachtet, das Maßband waagerecht und ohne Durchhang anzulegen. Der gemessene Umfang wurde in der Datenauswertung in den entsprechenden Durchmesser umgerechnet ($D = U/\pi$). Alle Bergahorne mit einem BHD von mindestens 10 cm wurden dokumentiert. Kleinere Exemplare blieben aufgrund ihrer geringeren Überlebenschancen unberücksichtigt (Eiberle & Nigg, 1987). Eine Ausnahme bildeten Bäume innerhalb von Zäunen. Diese wurden unabhängig von ihrer Größe erfasst, da der Zaun sie vor Fegeschäden, Wildverbiss oder Kratzschäden durch Rindvieh schützt. In diesen Fällen war jedoch keine BHD-Messung möglich.

Mithilfe des BHD können die Bäume einer Altersklasse zugeteilt werden, da der Durchmesser mit dem Alter der Bäume korreliert, was aber stark vom Standort beeinflusst wird (Lukaszkiwicz et al., 2005). Um ein exaktes Baumalter zu bestimmen, müssen präzisere Methoden wie das Auslesen von Stamm-Bohrkernen verwendet werden (Niklasson, 2002).

Mir wurde vom Professor Walter Oberhuber eine Vorlage zu Berechnung des ungefähren Alters von Bergahornen mittels Brusthöhendurchmesser gegeben. Für diese Vorlage verwendete Oberhuber 67 Stamm-Bohrkerne von Bergahornen vom Großen Ahornboden (Walter Oberhuber, persönliche Kommunikation, 16.10.2023). Die Ergebnisse aus den Bohrkernen zeigen einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen Baumalter und Baumdurchmesser, $p < 0,01$ und somit für eine Altersschätzung ausreichend (Abbildung 10). Nachdem Daten von Bergahornen des Großen Ahornboden stammen, ist die Entfernung sehr nahe und damit den klimatische und geologischen Wachstumsbedingungen sehr ähnlich.

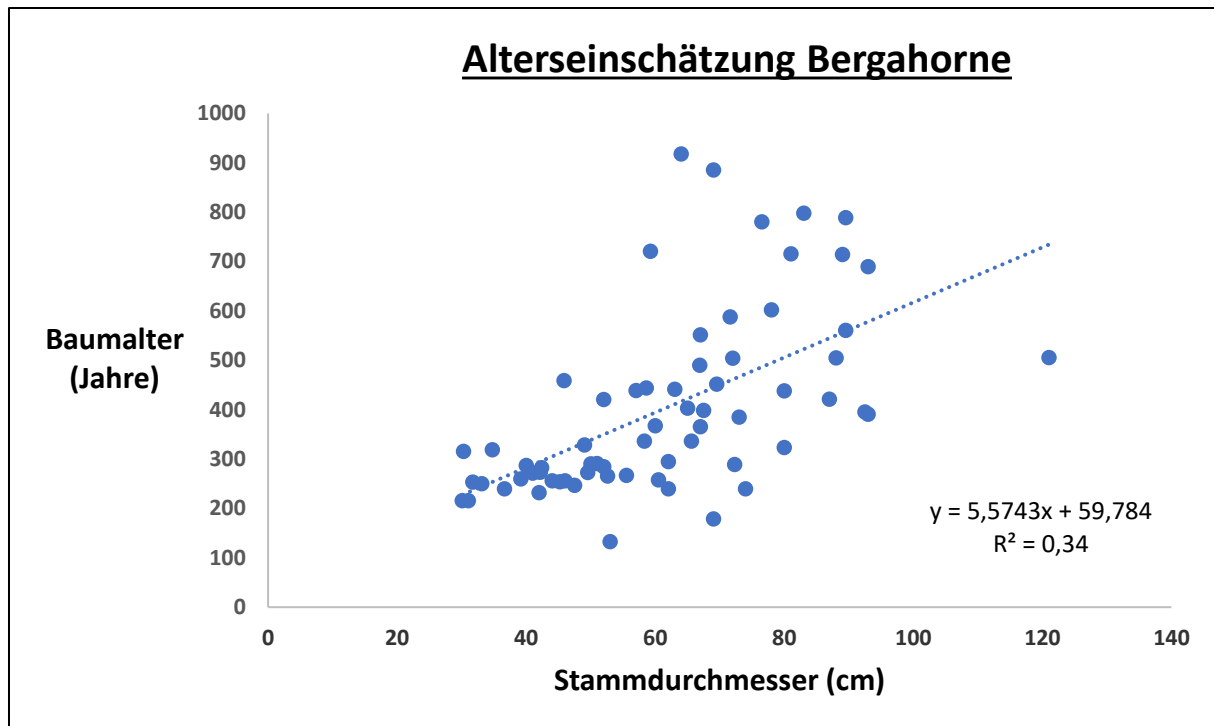


Abbildung 10: Bergahorn-Bohrkerndaten am Großen Ahornboden. Quelle: Oberhuber 2023.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass das Höchstalter von Bergahornen bei 600 Jahren liegt (Roloff et al., 2010). Analog zu der Alterseinschätzung nach der Borke habe ich die Ergebnisse in drei Altersklassen unterteilt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einteilung der Bergahornbäume in 3 Altersklassen nach dem Brusthöhendurchmesser. „Alt“=Bäume älter als 300 Jahre, „Mittelalt“= Bäume mit einem Alter zwischen 101 und 300 Jahren, „Jung“ 1-100 Jahre 20
Quelle: (Sprenger, 2013) & Autor.

| Abkürzung | Bedeutung | Alter nach Jahren | BHD (cm) |
|-----------|-----------|-------------------|-------------|
| a | alt | >300 | > 43 |
| m | mittelalt | 101-300 | 7 < BHD <43 |
| j | jung | 1-100 | < 7 |

Vergleich der Methoden der Alterseinschätzung

Um statistisch zu beurteilen, ob die Ergebnisse beider Schätzmethoden signifikant voneinander abweichen, wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Dieser Test ermöglicht es, die beobachteten Häufigkeiten der Altersklassenzuordnungen beider Methoden mit den erwarteten Häufigkeiten zu vergleichen und so auf mögliche systematische Unterschiede zwischen den Methoden zu schließen (Hellbrück, 2009):

$$\chi^2 = \sum \frac{E(O - E)^2}{E}$$

Dabei war das gewählte Signifikanzniveau bei ($\alpha=0,05$). Die Nullhypothese (H_0 : Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Methoden) und die Alternativhypothese (H_1 : Es gibt einen signifikanten Unterschied). Ist der p-Wert $< 0,05$ wird die Nullhypothese verworfen und es wird ein signifikanter Unterschied zwischen den Methoden angenommen (Stauche, 2007).

2.5 Vegetationsanalyse

Die Vegetationsanalyse dient der Überprüfung, wie sich die Weidenutzung auf die Diversität der Pflanzenarten auswirkt.

2.5.1 Vegetationsaufnahmen

Für die Vegetationsaufnahmen wird die Methode nach Braun-Blanquet angewendet, ergänzt durch die Erweiterung von Reichelt und Wilmanns (Jurko, 1974). Ziel dieser Methode ist es, den Anteil einzelner Arten in den jeweiligen Untersuchungsflächen zu erfassen und zu bewerten.

Die Vegetationsaufnahme wurde sowohl auf der eingezäunten Fläche als auch auf der offenen Weide durchgeführt. Auf einer Fläche von 5 x 5 Metern wurden alle vorkommenden Arten dokumentiert und ihre Häufigkeit geschätzt. Um sowohl Frühblüher als auch später blühende Arten zu erfassen, fanden die Aufnahmen im Juni und Juli 2024 statt.

Um verfälschte Ergebnisse durch Beweidung auf der offenen Weide zu vermeiden, wurde die Untersuchungsfläche mit einem Elektrozaun temporär geschützt (Abbildung 11). Der Zeitpunkt der ersten Aufnahme im Juni mag spät erscheinen, ist jedoch durch einen ungewöhnlich späten Schneefall im Frühjahr 2024 zu erklären, der das Blühen der Frühblüher verzögert hat. Es wurden lediglich die Gefäßpflanzen bestimmt und ausgewertet. Beide Standorte liegen auf derselben Höhenlage um die 1400 m. ü. d. M. .



Abbildung 11: Temporär eingezäunte Aufnahmefläche „Weide“, im Hintergrund ist der Wildschutzzaun zu erkennen, indem sich der Aufnahmestandort „Zaun“ befindet.

2.5.2 Funktionelle Gruppen

Zur späteren Auswertung wurden die erfassten Pflanzenarten in funktionelle Gruppe zusammengefasst. Diese Einteilung erleichtert den Vergleich zwischen den Untersuchungsflächen und ermöglicht eine ökologisch relevante Interpretation der Vegetationszusammensetzung (Fry et al., 2014).

Funktionelle Gruppen sind nicht phylogenetische Gruppen von Arten die sehr ähnliche Eigenschaften in ihrer Rückwirkung zur Umwelt haben. Sie beruhen auf keiner klassischen taxonomischen Einteilung (Duckworth et al., 2000): Für diese Arbeit wurden 3 funktionelle Gruppen definiert, die sich an etablierten Klassifikationen orientieren, siehe Tabelle 3 (Herndl et al., 2011; Hicks et al., 1998).

Tabelle 3: Funktionelle Gruppe und ihre Eigenschaften.

| Funktionstyp | Erklärung |
|---------------------|---|
| Gehölze | Das können Bäume und Sträucher sein, sie haben alle gemeinsam, dass sie langlebige und verholzte Pflanzen sind, die den Winter überdauern (Fritsch et al., 2006). |
| Gräser | Unter Gräser versteht man Pflanzen welche über ihre gesamte Länge gleich dünne Stängel bzw. Halme ausbilden, ihre Blütenstände sind unscheinbar klein (Spohn et al., 2015). |
| Krautige | In der Regel sind damit auffällig blühende Pflanzen gemeint, die anhand ihrer Blütenstände, Blätter und Früchte systematisch bestimmt werden können (Bebber, 2023). |

2.5.2 Standortbeurteilung nach Zeigerwerte

Mit der Artzusammensetzung des Kleinen Ahornbodens lässt sich zusammen mit einer Analyse der Zeigerwerte eine Einschätzung zu den Standortbedingungen treffen.

Die ökologischen Zeigerwerten nach Ellenberg, charakterisieren die Standortansprüche der jeweiligen Pflanzenarten (Ellenberg et al., 1991).

Für jede in der Vegetationsaufnahme erfasste Art wurden die entsprechenden Zeigerwerte notiert. Anschließend wurden die durchschnittlichen Zeigerwerte unter Berücksichtigung der jeweiligen Art-Häufigkeit bzw. Deckung für die Aufnahmeflächen berechnet. Dafür wurden die in der Vegetationsaufnahme vergebenen Deckungsgrade in numerische Werte umgerechnet.

Tabelle 4: Zeigerwerte nach Ellenberg und ihre Bedeutung Quelle: (Ellenberg et al., 1991).

| Zeigerwert | Erklärung |
|----------------------------|---|
| Licht (L) | Gibt an, ob eine Pflanze lieber im Schatten oder in voller Sonne wächst. |
| Temperatur (T) | Zeigt die bevorzugte Klimazone der Pflanze an. |
| Kontinentalität (K) | Gibt an, ob eine Pflanze eher in ozeanischen (milde Winter, feuchte Sommer) oder kontinentalen Klimazonen (kalte Winter, trockene Sommer) vorkommt. |
| Feuchtigkeit (F) | Bezieht sich auf die Bodenfeuchtigkeit, in der eine Pflanze wächst. |
| Bodenreaktion (R) | Zeigt an, ob eine Pflanze saure oder basische Böden bevorzugt. |
| Stickstoff (N) | Zeigt an, ob eine Pflanze nährstoffreiche oder -arme Standorte bevorzugt. |

Die Berechnung der durchschnittlichen Zeigerwerten ermöglicht eine Einschätzung der Standortbedingungen am Kleinen Ahornboden (Tabelle 4).

2.5.3 Maße der Diversität und Ähnlichkeit

Sørensen-Index

Der Sørensen-Index dient dazu die „Ähnlichkeit“ der Artzusammensetzung zwischen den zwei Aufnahmen festzustellen. Der Sørensen-Index ist ein qualitativer Ähnlichkeitskoeffizient, das heißt er berücksichtigt keine Häufigkeiten bzw. Deckungsgrade, sondern nur die Präsenz oder Absenz von Arten (Chao et al., 2005).

$$S = \frac{2C}{A + B} * 100$$

S = Sørensen-Index (in Prozent von 0 % bis 100 %)

C = Anzahl der gemeinsamen Arten in beiden Stichproben

A = Anzahl der Arten in Stichprobe A

B = Anzahl der Arten in Stichprobe B

Ein Sørensen-Index von 0 % bedeutet, dass es keine gemeinsamen Arten gibt und 100 % bedeuten eine vollständige Übereinstimmung der vorkommenden Arten.

Jaccard-Index

Wie der Sørensen-Index stellt der Jaccard-Index Ähnlichkeit zwischen zwei Artgemeinschaften heraus. Allerdings gewichtet der Sørensen-Index gemeinsame Arten stärker da diese (siehe Formel) mit 2 multipliziert werden. Der Jaccard dagegen ist strenger, berücksichtigt allerdings keine Häufigkeiten (Möseler et al., 2009).

$$J = \left| \frac{A \cap B}{A \cup B} \right| * 100$$

J = Jaccard-Index (in Prozent von 0 % bis 100 %)

$|A \cap B|$ = Anzahl der gemeinsamen Elemente (z.B. Arten) in beiden Mengen (Schnittmenge)

$|A \cup B|$ = Anzahl der Gesamtelemente (z.B. alle Arten in beiden Stichproben zusammen, ohne Doppelungen)

Simpson-Index

Mit dem Simpson-Index wird die Diversität von Arten innerhalb einer Gemeinschaft beschrieben. Der Wert des Simpson-Index liegt zwischen 0 und 1. Je näher der Wert an 1 liegt, desto höher ist die Diversität der Gemeinschaft.

$$D = 1 - \left(\sum_{i=1}^R p_i^2 \right)$$

D=Simpson-Index

p_i =relativer Anteil der Art i an der Gesamtzahl der Individuen

R=Gesamtzahl der Arten in der Stichprobe

Shannon-Diversitätsindex

Auch bekannt als Shannon-Wiener-Index, ist ein Maß zur Quantifizierung der Artenvielfalt in einer Artengemeinschaft. Er berücksichtigt sowohl die Anzahl der vorkommenden Arten („species richness“) als auch deren relative Häufigkeit.

$$H' = -\sum_i p_i \cdot \ln p_i$$

H' = Shannon-Index

p_i : Der Anteil der Individuen der i-ten Art an der Gesamtzahl aller Individuen in der Gemeinschaft. Berechnet wird dies als $p_i = \frac{n_i}{N}$ wobei n_i die Anzahl der Individuen der i-ten Art und N die Gesamtzahl aller Individuen ist (Dušek & Popelková, 2017).

Species Evenness

Ist die Artengleichmäßigkeit und beschreibt, wie gleichmäßig die Individuen auf die verschiedenen Arten einer Lebensgemeinschaft verteilt sind (Morris et al., 2014).

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

E: Evenness

H': Shannon-Index

ln: natürliche Logarithmus

S: Anzahl der Arten

3. Ergebnisse

3.1 Kartierung der Bergahorne

3.1.1 Gebietsgrenzen Kleiner Ahornboden

Untersuchungsgebiet

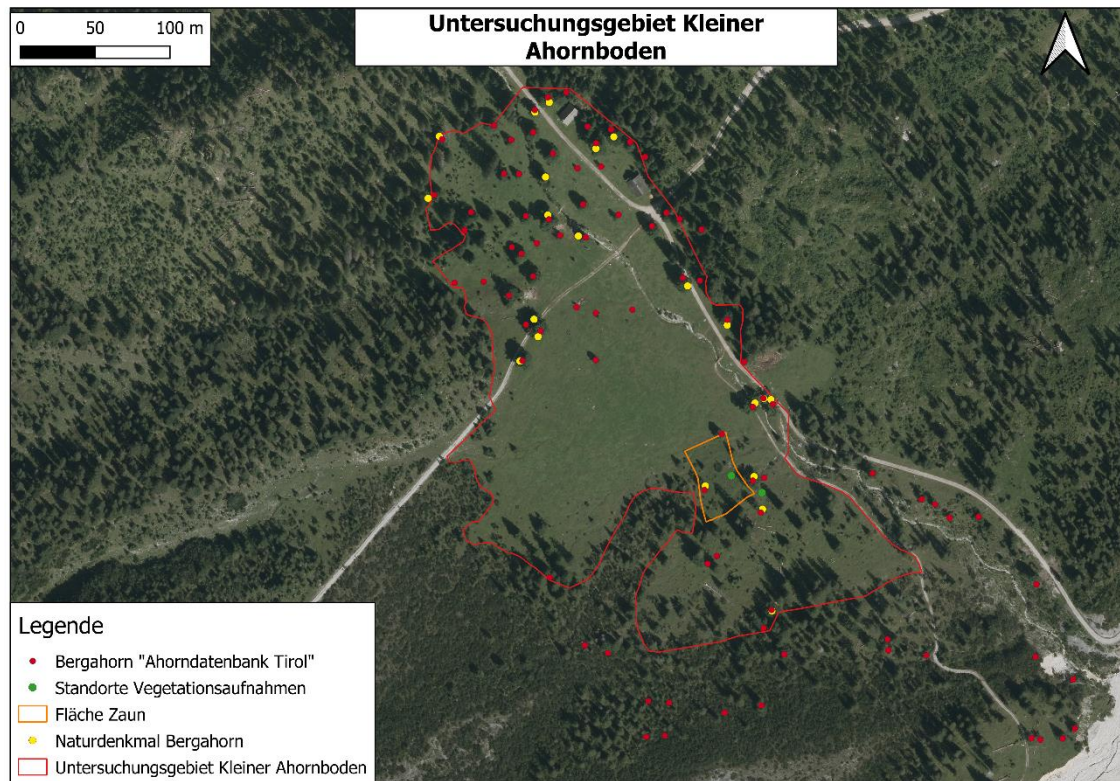


Abbildung 12: Zeigt ein Luftbild des UG "Kleiner Ahornboden". Die rote Linie markiert das Untersuchungsgebiet meiner Masterarbeit. Grüne Punkte kennzeichnen die Standorte der Vegetationsaufnahmen. Die orange umrandete Fläche stellt das eingezäunte Gebiet dar, während die roten Punkte alle Bergahorne aus der „Ahorndatenbank Tirol“ markieren. Gelb hervorgehoben sind jene Bergahorne, die als Naturdenkmal ausgewiesen sind. Orthofoto (Land Tirol).

Das UG wurde so festgelegt, dass es dem Namen entsprechend möglichst im Talboden liegt und weitgehend alle Bergahorne umfasst, die nicht im angrenzenden Wald oder dichten Krummholz stehen (Abbildung 12). Innerhalb des UG befindet sich die eingezäunte Fläche sowie die beiden Standorte der Vegetationsaufnahmen. Der Großteil in der Ahorndatenbank Tirol dokumentierten Bergahorne befinden sich innerhalb des UG. Daraus ergibt sich eine Untersuchungsfläche von insgesamt 6,2 Hektar (ha). Das UG ist umgeben von Wald bzw. im Süden bis Südwesten von einer dichteren Krummholzzone.

Überprüfung und Erweiterung der Abgrenzungskriterien

Zur exemplarischen Veranschaulichung wurden vier potenzielle Flächen identifiziert, die aufgrund mehrerer zutreffender Kriterien dem Kleinen Ahornboden zugeordnet werden sollten.

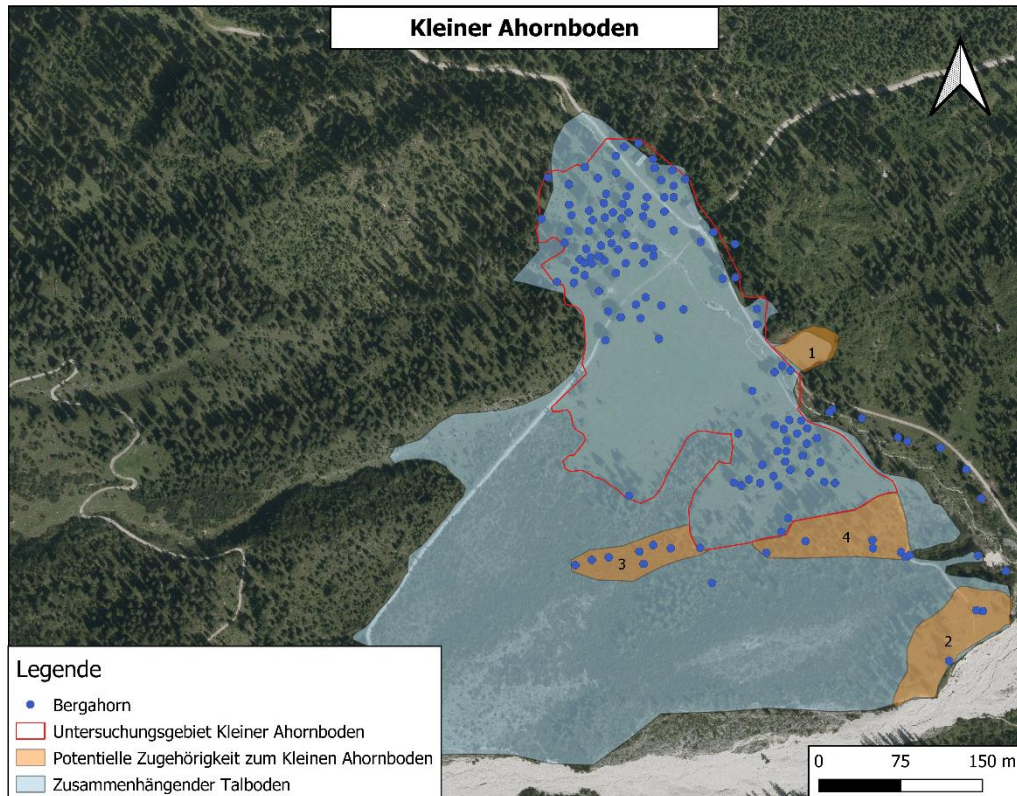


Abbildung 13: Zeigt anhand von Geländemodellen den zusammenhängenden Talboden des Kleinen Ahornbodens (hellblau). Im Zentrum befindet sich das Untersuchungsgebiet (rot) und angrenzend die Gebiete (orange) welche potentiell zum Kleinen Ahornboden hinzugezählt werden könnten. Außerdem sind die Bergahorne (blau) auch außerhalb des UG dargestellt. Orthofoto (Land Tirol).

Die orangenen markierten und nummerierten Flächen in **Abbildung 13** wurden aufgrund der Geländemorphologie und zutreffenden Eigenschaften wie Standorte der Bergahorne erstellt. Grundsätzlich war Voraussetzung das sie alle auf dem Talboden liegen.

Tabelle 5: Bewertung der potenziellen Kleinen Ahornboden Gebiete aus **Abbildung 11** anhand der festgelegten Kriterien.

| Gebiet | Bergahorne im nahen Umkreis | offen bis halboffen | Talbodenlage | Anschluss zum Kerngebiet | Notizen von Begehung |
|--------|--------------------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|---|
| 1 | ja | ja | ja | ja | große freie Fläche |
| 2 | ja | ja | ja | nein | offene Waldweide |
| 3 | ja | nein | ja | ja | mehrere alte Bergahorne in Krumholzzone |
| 4 | ja | ja | ja | ja | Bergahorne im Süden markieren Beginn der Krumholzzone |

Alle Gebiete weisen Bergahorne im nahen Umfeld auf und liegen im Talboden (Tabelle 5). Alle Flächen bis auf Gebiet 3 sind in offenen bis halboffenen Gelände wo sich Weide und Gehölzer abwechseln. Mit Ausnahme von Gebiet 2 grenzen alle Gebiete direkt an das Untersuchungsgebiet an. Anhand der Kriterien kommen die Gebiete 1 und 4 als Fläche des Kleinen Ahornbodens in Frage. Die Notizen aus den Begehungen ergänzen die Bewertung. Fläche 4 würde eine Erweiterung der Gebietsgrenzen an die südlichen Bergahornbestand die „natürliche Grenze“ unterstreichen, da ab dort die dichte Krumholzzone beginnt.

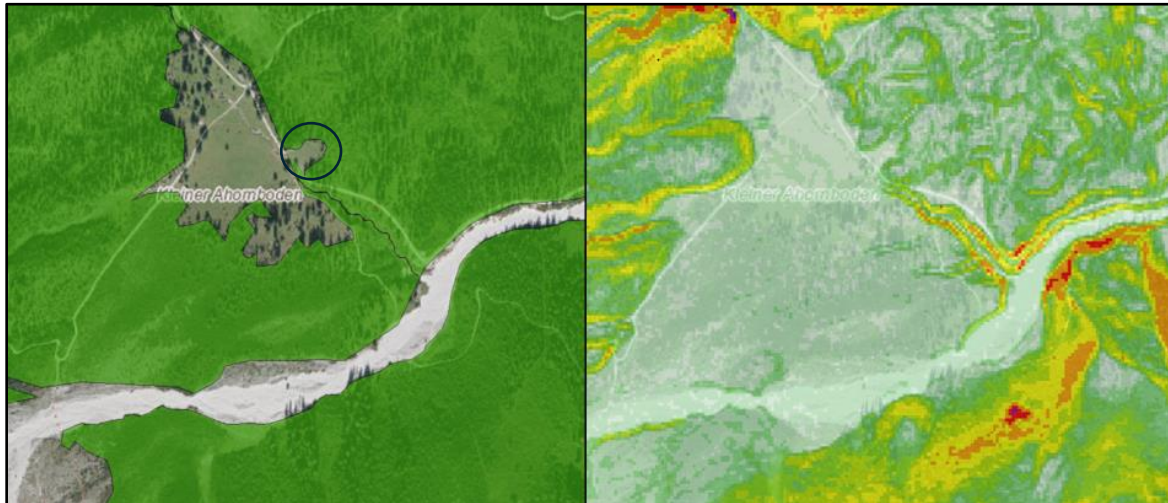


Abbildung 14: Darstellung des Gebiets Kleiner Ahornboden auf der Plattform tiris. Die linke Karte zeigt in Grün den Hochwald im Karwendel, während nicht eingefärbte Bereiche im Norden überwiegend das Untersuchungsgebiet im Kleinen Ahornboden darstellen. Die schwarz umrandete Fläche entspricht der zuvor als potenzielle Fläche 1 beschriebenen Region. Die rechte Karte zeigt die Hangneigung des Gebiets, Flächen welche weiß und grünlich hinterlegt sind entsprechen einer ebenen Fläche, gelb und rot bedeutet steiles Gelände. Quelle: TIRIS.

Die Karten in tiris (Abbildung 14) stützen meine Annahme, dass die schwarz umrandete Fläche (potenzielle Fläche 1, siehe Abbildung 13) dem Gebiet des Kleinen Ahornbodens zugeordnet werden sollte, da sie nicht den angrenzenden Hochwald zugeordnet wurden.

3.1.2 Bestandsanalyse

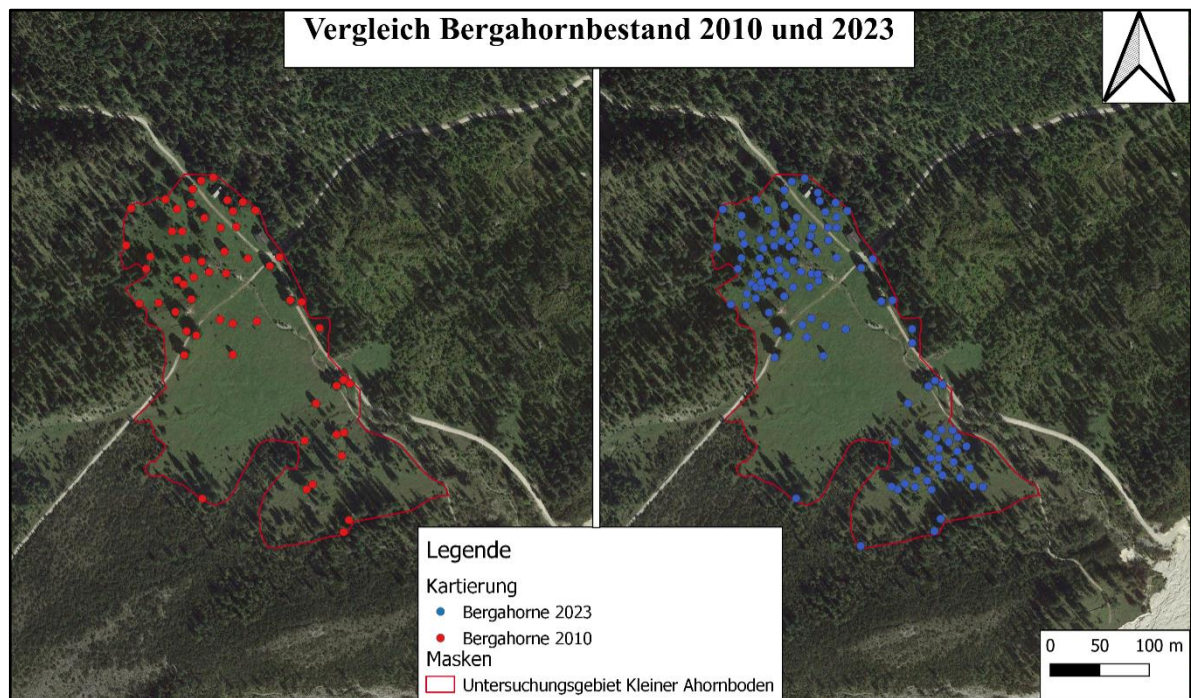


Abbildung 15: Zeigt die Bestandsentwicklung der Bergahorne (blauer/roter Punkt) im Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden (rote Linie). Orthofoto: Land Tirol.

Von 2010 auf 2023 hat der Bestand der Bergahorne sichtbar zugenommen. Am auffälligsten sichtbar ist dies in den südlichen und nördlichen Bereichen (Abbildung 15). Während gerade der zentrale Teil unverändert geblieben ist. Dabei sind nur Bergahorne innerhalb des UG dargestellt.

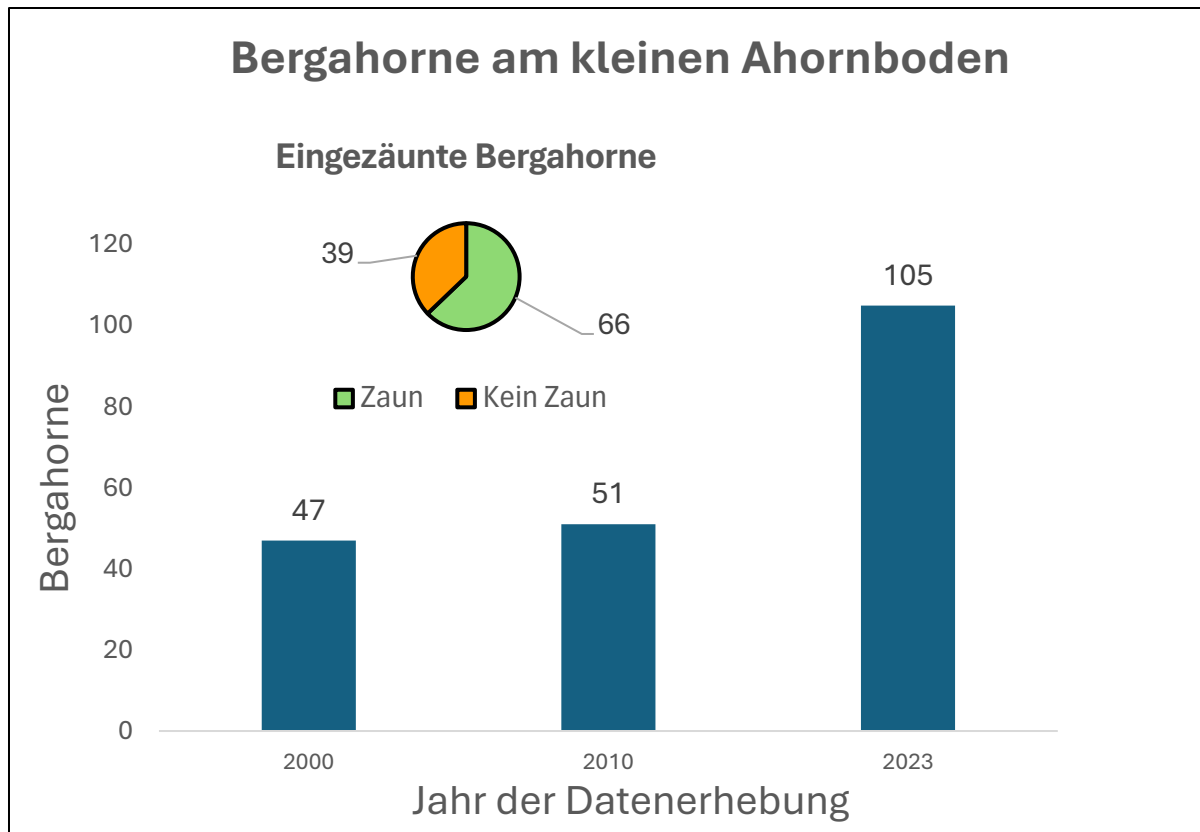


Abbildung 16: Zeigt die Zunahme der Bergahorne am kleinen Ahornboden basierend auf Daten von 2000 und 2010 aus der Ahorndatenbank Tirol sowie der aktuellen Erhebung aus dem Jahr 2023. Zusätzlich ist die Anzahl der eingezäunten Bergahorne dargestellt.

Bei der Kartierung im Jahr 2023 wurden insgesamt 105 lebende Bergahorne erfasst (Abbildung 16). Von den 21 Bergahornen, die als Naturdenkmal gelten, sind bereits zwei abgestorben. Im Vergleich zu 2010 sind im UG 53 überwiegend gepflanzte Bergahorne hinzugekommen. Die gepflanzten Bergahorne sind alle von einem Einzelschutzzaun umgeben und i. d. R. mit einer Widmungstafel versehen. In wenigen Fällen handelte es sich bei den neu hinzugekommenen Bäumen um ältere Bergahorne, die in den voran gegangenen Aufnahmen übersehen wurden. Analog zu den Daten aus der Ahorndatenbank Tirol wurde den 53 hinzugekommenen Bäumen eine 4-stellige Nummer zugeteilt.

Dass es sich bei den neu hinzugekommenen Bäumen um Pflanzungen handelt, wird daran erkannt, dass sie bisher keine ID-Nummer besitzen und mit einem Einzelschutzzaun versehen wurden. Frisch gepflanzte Bergahorne werden eingezäunt, da sie besonders anfällig für Wildschäden und Kratzschäden durch weidendes Rindvieh sind (Sprenger, 2013).

I. d. R. trägt der Einzelschutz eine Plakette, die angibt, wem der Baum gewidmet wurde bzw. wer die Pflanzung finanziert hat (Abbildung 17). Damit hat sich die Bergahornpopulation seit dem Jahr 2000 mehr als verdoppelt, wobei der Großteil der neuen Bäume eingezäunt ist.



Abbildung 17: Gepflanzter Bergahorn mit Schutzzaun am Kleinen Ahornboden.

3.1.3 Orthobildanalyse

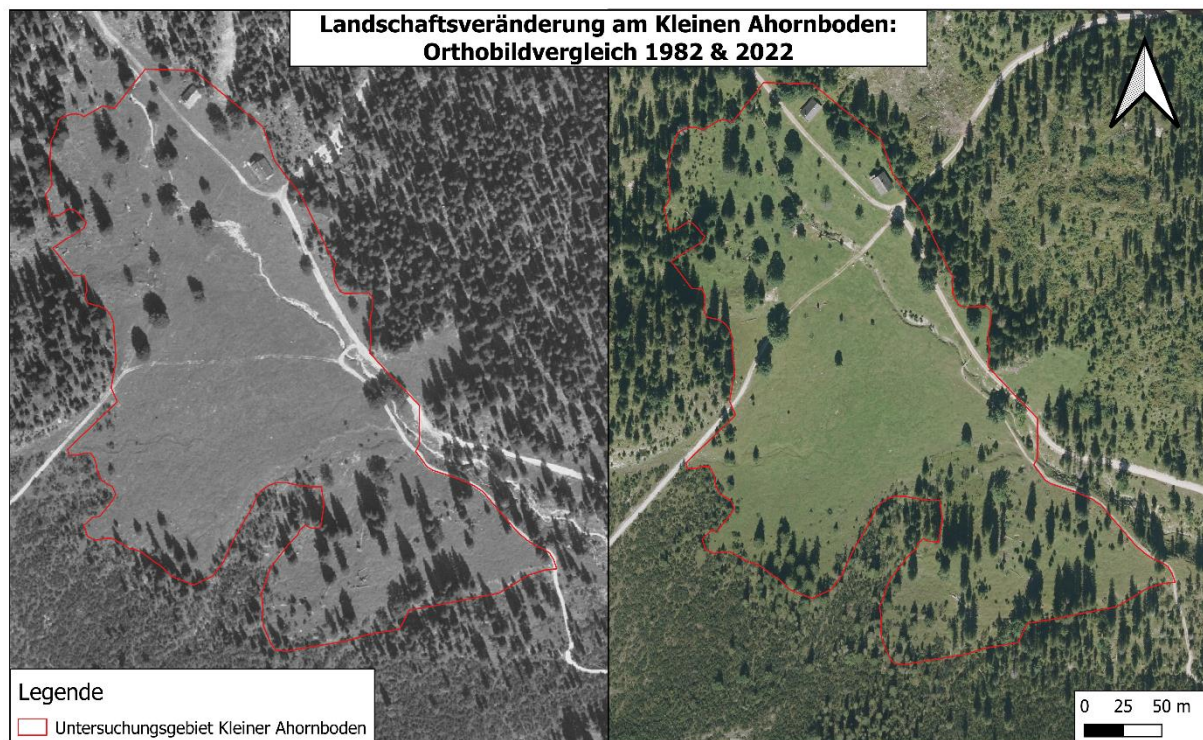


Abbildung 18: Vergleich der Landschaftsentwicklung am Kleinen Ahornboden: Eine Analyse anhand von Orthobildern von 1982 und 2022. Quelle: Autor. Orthobild: Land Tirol.

Abbildung 18 zeigt einen Vergleich von Orthobildern des Kleinen Ahornbodens aus den Jahren 1982 und 2022. Das UG ist in beiden Orthobildern rot umrandet. Eine visuelle Analyse der Orthobilder offenbart deutliche Unterschiede in der Waldbedeckung. Während das Orthobild

von 1982 eine geringere Baumdichte innerhalb des UG und in den umgebenden Gebieten aufweist, ist auf dem Orthobild von 2022 eine deutliche Zunahme der Waldbedeckung zu erkennen. Diese Zunahme betrifft sowohl die Fläche als auch die Dichte der Baumbestände. Die Waldbedeckung nimmt v.a. von den äußeren Rändern zu.

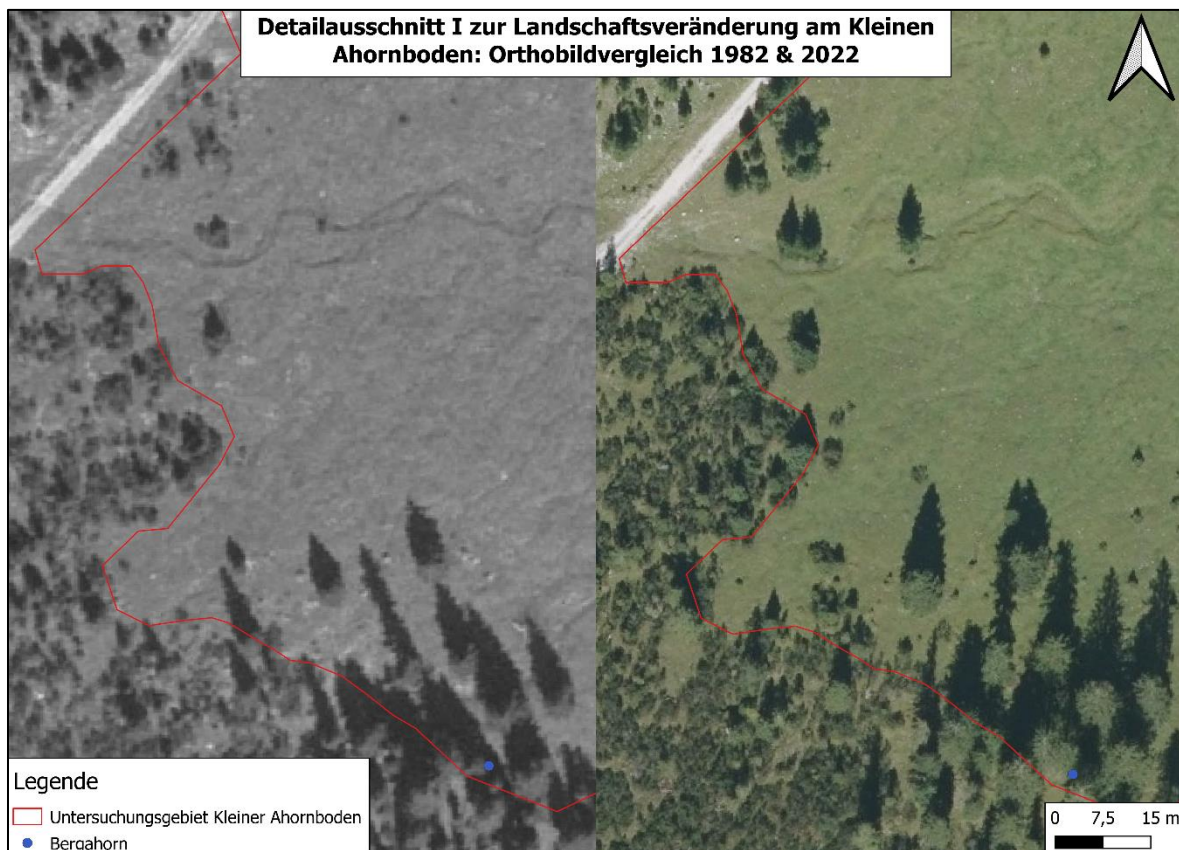


Abbildung 19: Detailausschnitt I zeigt den südwestlichen Teil des Kleinen Ahornbodens. Quelle: Autor.

Abbildung 19 zeigt einen detaillierten Ausschnitt des südwestlichen Teils des Kleinen Ahornbodens. Auch hier sind deutliche Veränderungen im Vergleich zwischen 1982 und 2022 erkennbar. Während das Orthobild von 1982 eine offene Fläche mit vereinzelt Gehölzen zeigt, hat sich bis 2022 die Gehölzvegetation deutlich ausgedehnt und verdichtet. Die dominierenden Baumarten in diesem Ausschnitt sind Fichte und Lärche. Bergahorne spielen in diesem Ausschnitt eine untergeordnete Rolle, da sich der Bestand dort nicht verändert hat.

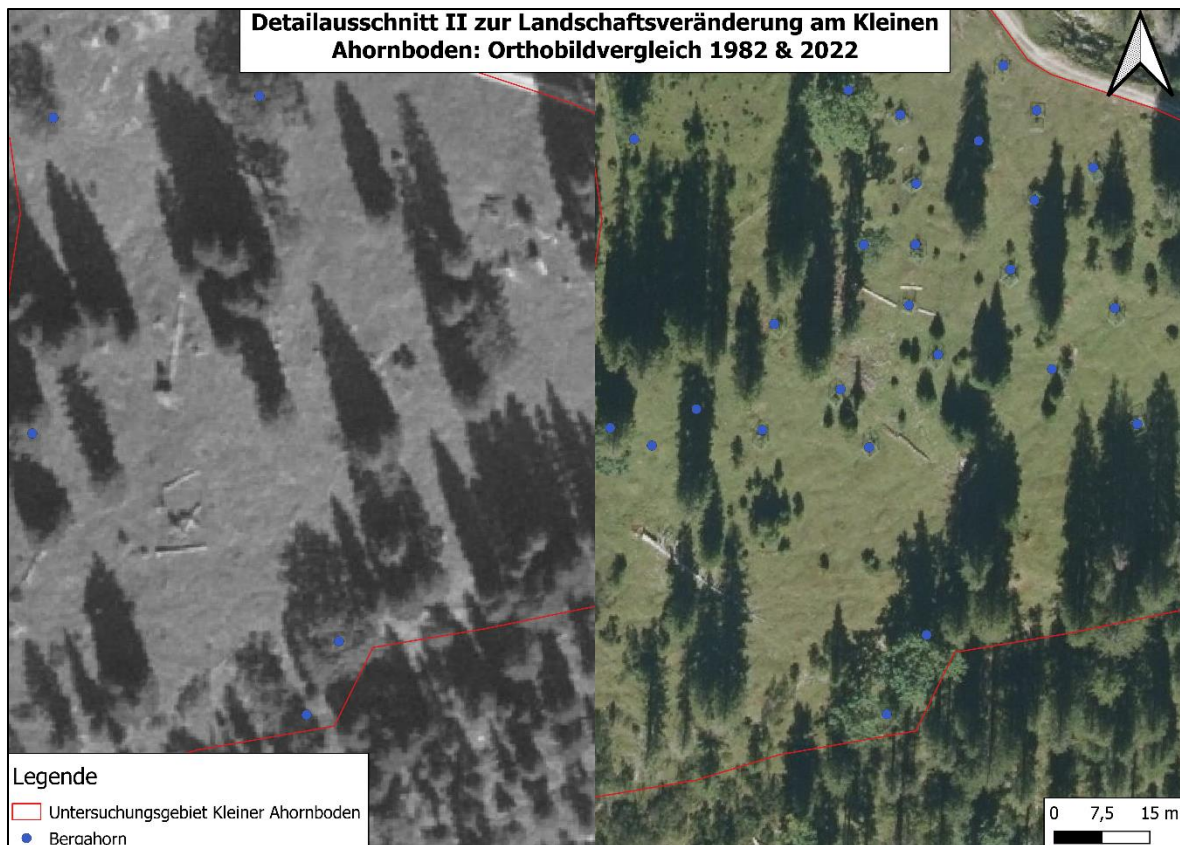


Abbildung 20: Der Detailausschnitt II zeigt den südöstlichen Teil des Kleinen Ahornbodens. Quelle: Autor.

Im Vergleich zu Abbildung 19 fällt bei diesem Ausschnitt vor allem die starke Zunahme an Bergahornen auf. 1982 waren lediglich fünf Bergahorne erkennbar, knapp 40 Jahre später sind zahlreiche weitere hinzugekommen. Wie auf dem Orthobild jedoch nur schwer zu erkennen ist, handelt es sich bei den neu hinzugekommenen Individuen ausschließlich um gepflanzte Bergahorne mit Einzelschutzeinrichtung. Aufgrund der großen Punktmarkierung wirken diese besonders dominant. Dennoch scheint der Großteil der Zunahme an Gehölzvegetation auch in diesem Ausschnitt durch Fichten und Lärchen verursacht zu sein.

3.1.4 Altersstruktur

Altersentwicklung im Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden

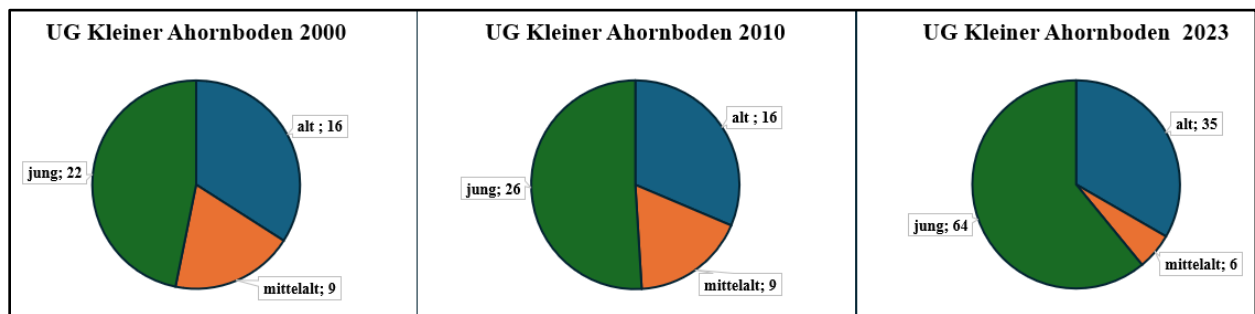


Abbildung 21: Bergahornbestand und Altersentwicklung auf Schätzung der Borkenstruktur am Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden. Quelle: Ahorn Datenbank Tirol (Daten 2000 und 2010) und Autor (Daten 2023).

Von 2000 bis 2010 zeigt sich im Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden nur eine geringe Zunahme der Bergahornpopulation. Die Gesamtzahl steigt in diesem Zeitraum lediglich um vier Individuen an; dabei nimmt die Anzahl „junger“ Bäume von 22 auf 26 zu. Die Altersklassen „mittelalt“ (9 Bäume) und „alt“ (16 Bäume) bleiben unverändert.

Im Zeitraum von 2010 bis 2023 hingegen wächst die Gesamtpopulation deutlich um 54 Bäume. Besonders markant ist die Zunahme in der Altersklasse „jung“, die sich von 26 auf 64 Individuen mehr als verdoppelt (Abbildung). Auch bei den „alten“ Bäumen ist ein signifikanter Anstieg zu beobachten: Während 2000 und 2010 jeweils 16 Bäume dieser Klasse zugeordnet wurden, sind es im Jahr 2023 bereits 35.

Altersstruktur Untersuchungsgebiet Kleiner und Großer Ahornboden

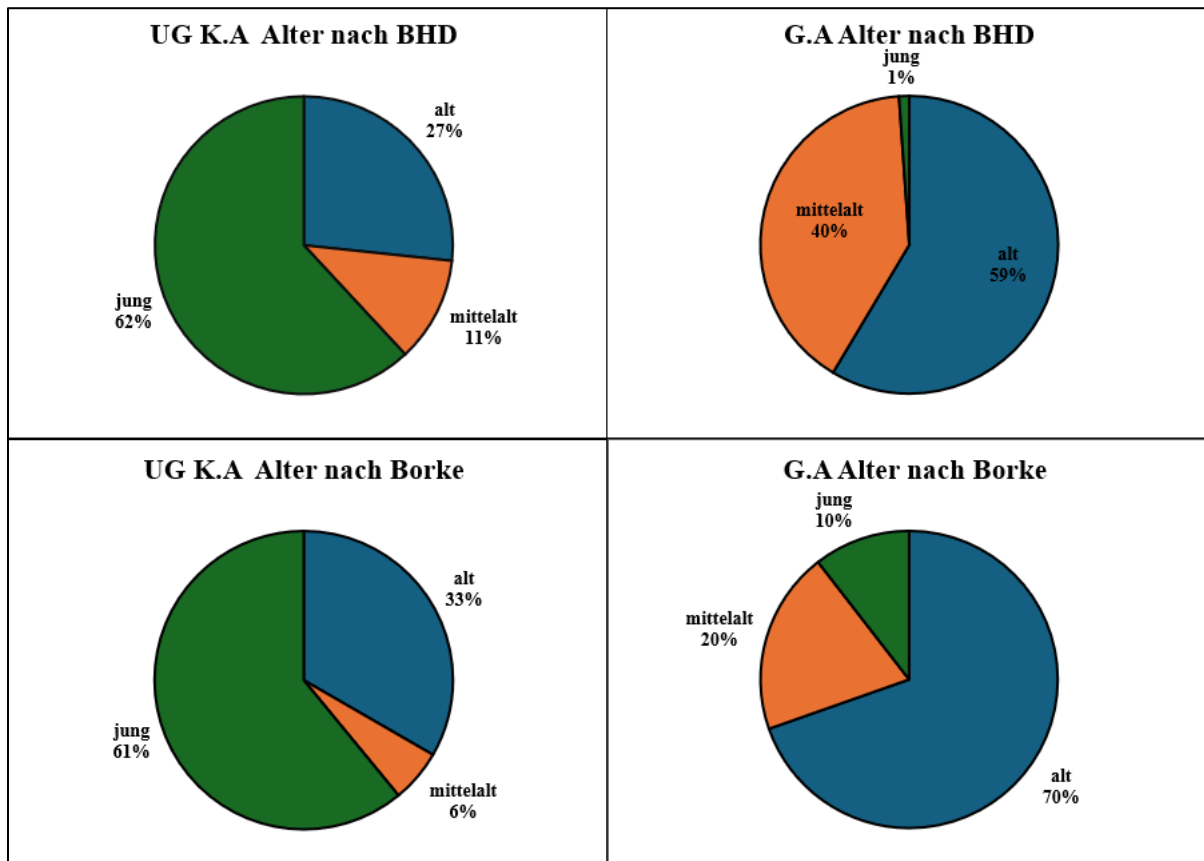


Abbildung 21: Vergleich der Alterseinschätzung von Bäumen des UG Kleiner Ahornboden (n= 105) und der Stichprobe G.A (n=181) anhand zweier Methoden: Brusthöhendurchmesser (BHD) und Borkenstruktur. Die Einschätzung nach BHD basiert auf der Korrelation zwischen Stammdurchmesser und Alter (jung = 1 bis 100 Jahre, mittelalt = 101–300 Jahre, alt = über 300 Jahre). Die Einschätzung nach der Borke erfolgt anhand der Ausbildung der Schuppenborke (jung = keine Schuppenborke, mittelalt = teilweise ausgebildet, alt = vollständig ausgebildet). Quelle Autor, Daten G.A (Fladerer, 2022)

Die in Abbildung 21 dargestellten Altersklassenverteilungen zeigen deutliche Unterschiede sowohl zwischen den beiden Untersuchungsgebieten als auch zwischen den angewandten Altersschätzmethoden (BHD und Borke).

Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden

Am UG Kleiner Ahornboden dominiert bei beiden Methoden die Klasse der jungen Individuen: Laut BHD Methode sind 62 % der Bäume „jung“, laut Borken-Methode 61 %. Die Gruppe der „mittelalten“ Bäume ist jeweils am geringsten vertreten (11 % bei BHD, 6 % bei Borke). Der Anteil „alter“ Bäume liegt bei 27 % (BHD) bzw. 33 % (Borke). Insgesamt ergibt sich damit eine vergleichbare Altersstruktur, wobei die Borkenmethode leicht höhere Anteile „alter“ und niedrigere Anteile „mittelalter“ Individuen ausweist.

Großer Ahornboden

Am G.A zeigt sich ein anderes Bild: Die BHD-Methode ergibt 59 % „alte“, 40 % „mittelalte“ und nur 1 % „junge“ Bäume. Nach der Borkenmethode steigt der Anteil „alter“ Individuen auf 70 %, während „mittelalte“ auf 20 % und „junge“ auf 10 % kommen. Hier ist besonders auffällig, dass die Borkeneinschätzung mehr „junge“ Bäume erkennt als die BHD-Methode.

Zusammenfassend zeigt sich, dass das UG Kleiner Ahornboden im Vergleich zum G.A eine deutlich höhere Anzahl junger Bäume aufweist, während im G.A insbesondere nach der Altersschätzung mit der Borkenmethode, mehr alte Bäume vorkommen.

Chi-Quadrat-Test

Die erkennbaren Unterschiede zwischen den Methoden wurden mithilfe eines Chi-Quadrat-Test statistisch überprüft. Die Ergebnisse des UG Kleiner Ahornboden weisen keinen signifikanten Unterschied auf ($p = 0,25 > 0,05$). Am G.A dagegen ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen beiden Methoden der Altersbestimmung ($8,13 \times 10^{-7} < 0,05$).

3.2 Vegetationsanalyse

3.2.1. Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsstruktur zeigte sowohl innerhalb des eingezäunten Bereichs als auch auf der beweideten Fläche eine hohe Artenvielfalt. Innerhalb der umzäunten Fläche wurden insgesamt 61 Gefäßpflanzenarten erfasst, während auf der beweideten Fläche 64 Arten nachgewiesen wurden. In der Gesamtbetrachtung der beiden Flächen konnten insgesamt 82 verschiedene Pflanzenarten identifiziert werden, davon sind 43 Arten auf beiden Flächen vertreten gewesen. Besonders auffällig war das hohe Vorkommen von Bergahorn-Keimlingen (*Acer pseudoplatanus*) auf beiden Flächen, allerdings ließen sich keine Bergahorne aus den vorherigen Jahren ausmachen, die über das Keimlingsstadium hinwegkamen.

Tabelle 6: Vergleich der Deckungsanteile der Vegetationsschichten auf den Untersuchungsflächen.

| Typ | Zaun | Weide |
|-------------------|------|-------|
| Fels/Geröll/Streu | 6% | 3% |
| Moosschicht | 35% | 40% |
| Grasschicht | 60% | 65% |
| Krautschicht | 30% | 35% |
| Strauchschicht | 15% | 0% |
| Baumschicht | 0% | 0% |

Grundsätzlich zeigen beide Flächen eine ähnliche Schichtung mit kleineren Abweichungen. In der Fläche Zaun ist der Anteil an „Fels/Geröll/Streu“ mit 6 % doppelt so hoch wie auf der Weide (3%). Die Moosschicht ist auf beiden Flächen ähnlich ausgeprägt, mit einem leichten Unterschied von 40 % auf der Weide und 35 % im Zaun (Tabelle 6).

Die Grasschicht zeigt in beiden Flächen hohe Deckungsanteile und ist damit die dominierende Vegetationsschicht (Weide: 65 %, Zaun: 60 %). Auch die Krautschicht weist vergleichbare Werte auf und liegt bei 35 % auf der Weide und 30 % im Zaun. Auf beiden Flächen ist keine Baumschicht bzw. Bäume vorhanden.

Eine Strauchschicht ist ausschließlich in der Fläche Zaun mit einem Anteil von 15 % vorhanden. Auf der Weide fehlt diese Schicht vollständig. Die Strauchschicht bildenden Arten waren dabei *Picea abies*, *Pinus mugo* und *Salix caprea*. *Acer pseudoplatanus* war dabei nur als Keimling vorhanden und somit nicht in der Strauchschicht vorhanden.

3.2.2 Funktionelle Gruppen

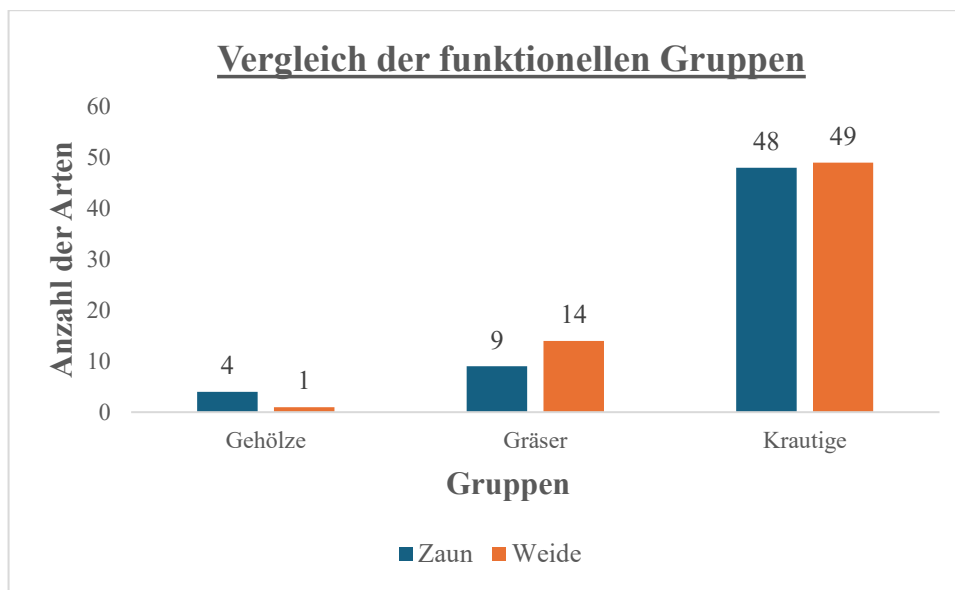


Abbildung 22: Die Abbildung vergleicht die funktionellen Pflanzengruppen auf den beiden Untersuchungsflächen Zaun (blau) und Weide (orange), unterteilt in Gehölze, Gräser und krautige Pflanzen.

Generell zeigt die Abbildung 22, dass anhand der absoluten Artenanzahl nur geringe Unterschiede zwischen den Standorten feststellbar sind. Die Anzahl bei den krautigen Arten ist mit 48 (Zaun) und 49 (Weide) nahezu identisch. Bei der Gruppe der Gräser zeigt sich die größte Diskrepanz, 9 (Zaun) verglichen mit 14 Arten (Weide). Innerhalb des Zaunes treten vier Gehölzarten auf, auf der beweideten Fläche lediglich eine Art, womit der Unterschied in der Artenzahl vergleichsweise gering ausfällt.

3.3.3 Standortbeurteilung nach Zeigerwerte

Tabelle 7: Vergleich der Standorte anhand durchschnittlichen ökologischen Zeigerwerten nach Ellenberg.

| STANDORT | L | T | K | F | R | N |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| ZAUN | 7 | 2 | 3 | 4 | 6 | 3 |
| WEIDE | 7 | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 |

Die ökologischen Zeigerwerte liefern Hinweise auf die Umweltbedingungen, unter denen die Pflanzen an den beiden Standorten wachsen. Generell zeigen sich nur geringe Unterschiede mit Ausnahme der Feuchte (F) und der Reaktionszahl (R) siehe Tabelle 7. Beide Standorte lassen sich als wie folgt nach Ellenberg charakterisieren:

Der Zeigerwert ($L=7$) deutet daraufhin, dass beide Standorte einer temporären Besonnung ausgesetzt sind bzw. dass eine vollständige Sonneneinstrahlung durch umliegende Vegetation oder Landschaftsstrukturen eingeschränkt ist. Die Temperaturwerte ($T = 2$) zeigen, dass beide Flächen einem kühlen Temperaturregime unterliegen, wie es für kalte und subalpine Höhenlagen typisch ist. Auch hinsichtlich der Kontinentalitätszahl ($K=3$) gibt es keine Unterschiede zwischen den Standorten; die Vegetation ist an ein ozeanisch bis subozeanisch geprägtes Klima mit hohen Niederschlagsmengen angepasst. Deutlichere Unterschiede zeigen sich hingegen bei der Bodenfeuchte und der Bodenreaktion. Während die Pflanzenarten innerhalb des Zauns mit einem Feuchtwert von $F = 4$ auf trockene bis mittelfeuchte Böden hinweisen, deutet der Wert von $F = 5$ auf der Weide auf mittelfeuchte Standorte hin.

Auch die Bodenreaktion unterscheidet sich leicht: Der Zaunstandort weist mit einem Wert von $R=6$ überwiegend schwachsauren Boden auf, während auf der Weide ($R=5$) Pflanzenarten dominieren, die an mäßig saure Böden angepasst sind. Pflanzenarten beider Standorte sind typisch für stickstoffarme und nährstoffarmen Flächen.

3.2.3 Maße der Diversität und Ähnlichkeit

Tabelle 8: Darstellung der berechneten Shannon- und Simpson-Diversität sowie Jaccard- und Sørensen-Ähnlichkeitsindizes für die beiden Untersuchungsflächen.

| Index | Standort-Zaun | Standort-Weide |
|------------------|---------------|----------------|
| Jaccard | 52% | |
| Sørensen | 69% | |
| Shannon | 3,81 | 3,84 |
| Shannon-Evenness | 0,96 | 0,92 |
| Simpson | 0,67 | 0,68 |

Ähnlichkeitsmaße:

Bezüglich der floristischen Ähnlichkeit weisen die beiden Standorte gemäß dem Jaccard-Index eine Überschneidung von 52 % auf, was auf gewisse Unterschiede in der Artenzusammensetzung hinweist (Tabelle 8). Der Sørensen-Index, der Arten doppelt zählt, wenn sie an beiden Standorten vorkommen, ergibt mit 69 % eine etwas höhere floristische Ähnlichkeit.

Diversitäts Indizes:

Die Auswertung der Diversitätsindizes zeigt, dass die Artenvielfalt an den beiden Standorten „Zaun“ und „Weide“ weitgehend vergleichbar ist und eine relativ diverse Artenvielfalt aufweist (Mayer, 2021). Der Shannon-Index liegt am Standort-Zaun bei 3,81 und am Standort-Weide bei 3,84. Diese nahezu identischen Werte deuten auf eine ähnlich hohe Artenvielfalt beider Standorte hin. Die Shannon-Evenness, die das Verhältnis der tatsächlichen Diversität zur maximal möglichen angibt, beträgt 0,96 am Standort-Zaun und 0,92 am Standort-Weide. Damit ist die Gleichverteilung der Arten am Standort-Zaun geringfügig höher, was auf eine etwas gleichmäßigere Verteilung der Individuen auf die vorhandenen Arten schließen lässt.

4. Diskussion

4.1 Kartierung der Bergahorne

4.1.1 Gebietsgrenzen Kleiner Ahornboden

Die fehlende offizielle Abgrenzung des Kleinen Ahornboden stellt eine zentrale Herausforderung für die Forschung und Schutzmaßnahmen dar. Im Zuge der Analyse wurden angrenzende Flächen identifiziert, die aufgrund ihrer Charakteristik „offenes bis halboffenes Weideland“ mit „Bergahorn-Bestand“ potenziell zum Kleinen Ahornboden zugeordnet werden könnten. Die Auswertung zeigt, dass insbesondere die Gebiete 1 und 2, auf Basis dieser Kriterien als Teil des Kleinen Ahornbodens betrachtet werden können.

Die Festlegung offizieller Grenzen würde nicht nur die wissenschaftliche Arbeit erleichtern, sondern auch eine konsistente Grundlage für Naturschutzmaßnahmen und Landschaftsmanagement im Gebiet des Kleinen Ahornbodens schaffen. Wie in Punkt 3.1.3 gezeigt, erschwert die zunehmende Verbuschung und Waldbedeckung die Abgrenzung zusätzlich, da ehemals offene Weideflächen zunehmend von Krummholz und Wald bedeckt werden. Langfristig könnte dies dazu führen, dass Flächen, die heute noch als Teil des Kleinen Ahornboden gelten, durch natürliche Sukzession nicht mehr die festgelegten Kriterien erfüllen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer zeitnahen Festlegung offizieller Gebietsgrenzen, um den offenen Charakter der Landschaft zu bewahren. Die dargestellten Kriterien sollen dabei veranschaulichen unter welchen Gesichtspunkten eine Abgrenzung vorgenommen werden könnte.

4.1.2 Bestandsanalyse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse zeigen, dass verstärkte Pflanzungen maßgeblich zu der Bestandszunahme beigetragen haben. Außerdem erscheinen die Schutzmaßnahmen eine zentrale Rolle für den Bestandserhalt zu spielen.

Besonders auffällig war das hohe Vorkommen von Bergahorn-Keimlingen (*Acer pseudoplatanus*) sowohl innerhalb des Wildschutzzauns als auch auf den beweideten Flächen. Allerdings wurden bis auf wenige Ausnahmen keine Bergahorne im Jugendstadium nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass zwar günstige Keimbedingungen herrschen, der Bergahorn sich jedoch langfristig ohne entsprechenden Schutz, nicht etablieren kann. Eine mögliche Ursache dafür ist der Fraß und Trittschäden durch Wild oder Weidetiere (Gill, 1992). Innerhalb des Zauns ist ein Einfluss der Beweidung ausgeschlossen, dennoch gelingt es den Keimlingen offenbar nicht, sich dauerhaft zu etablieren. Ein entscheidender Faktor könnte die schnelle Ausbildung eines

ausreichend großen Wurzelsystems sein, um die Jungpflanzen mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen. Zudem könnten Mäuse als Fraßfeinde eine bedeutende Rolle spielen. Sie schädigen vor allem die Rinde junger Bäume, was bereits im frühen Entwicklungsstadium zum Absterben führen kann (Reinmoser, 2017). Im gesamten Bereich innerhalb des Wildschutzzaunes wurde nur an wenigen Stellen v.a. am Rand des Zaunes Jungbäume, die älter als ein Jahr waren, nachgewiesen.

Mein grundlegendes Ziel war es, alle Bergahorne zu erfassen, deren Überlebenschancen als relativ hoch einzuschätzen sind. Daher wählte ich ein Mindest-BHD von 10 cm. Ab diesem Durchmesser gelten Bäume als Stangenholz und sind weniger anfällig für Wildschäden (Hauk et al., 2016). In anderen Ländern wie der USA ist ein Minimum BHD von 12,7 cm üblich (Hoover & Smith, 2020). Nach meinen Berechnungen entspricht ein BHD von 10 cm einem geschätzten Baumalter von über 100 Jahren. Dies führt dazu, dass keine genauen Zahlen zu Bäumen im Jugendstadium vorliegen, da diese aufgrund der gewählten Methodik nicht systematisch erfasst wurden. Daher könnte rückblickend dieses Mindestmaß als zu hoch angesetzt betrachtet werden. Aus meinen persönlichen Beobachtungen trifft dieser Fall aber nur in wenigen Fällen zu. Der Großteil der Bergahorne, deren BHD unter 10 cm lag, sind eingezäunte Pflanzungen, welche kartiert aber nicht vermessen wurden und somit in der Statistik erscheinen.

In der österreichischen Waldinventur variieren die Messkriterien je nach Probefläche; häufig wird ein Mindest-BHD von 5 cm in Kombination mit einer Mindesthöhe von 130 cm verwendet (Hauk et al., 2016). Für zukünftige Untersuchungen der Bergahorne am Kleinen Ahornboden erscheint diese Schwelle ebenfalls sinnvoll, insbesondere im Hinblick darauf, dass die Jugendklasse nach Sprenger (2013) bis zu einem Alter von 100 Jahren reicht, was einem BHD von bis zu 7 cm entspricht.

4.1.3 Orthobildanalyse

Die Orthobildanalyse verdeutlicht die fortschreitende Bewaldung des Untersuchungsgebiets, die sich insbesondere von den Randzonen, bestehend aus Wald- und Krummholzzonen, in Richtung Weidegebiet und somit dem Kerngebiet des UG ausdehnt. Dies kann dazu führen, dass das weidende Vieh verstärkt auf die verbleibenden offenen Weideflächen ausweicht, da Rinder nachweislich Koniferenwälder sowie von Zwergsträuchern geprägte Weideflächen meiden (Rivero et al., 2021). Infolgedessen kommt es zu einer ungleichmäßigen Beweidung, die sich in einer verstärkten Nutzung bestimmter Teilbereiche manifestiert. Dies kann wiederum zu einer Intensivierung der Beweidung bei gleichbleibendem Viehbestand führen, was mit einer

erhöhten Trittschädigung der Vegetation sowie einer potenziellen Verschlechterung der Weidebedingungen einhergeht (Camacho et al., 2008; Gómez-García et al., 2023).

Aus einer Studie von Tappeiner (2007) am Großen Ahornboden ging hervor, dass eine erhöhte Beweidungsintensität mit einer gesteigerten Bodendichte sowie einem erhöhten Stickstoffeintrag einhergeht. Diese beiden Faktoren wirken sich in Kombination negativ auf die Vitalität der Bergahorne aus (Tappeiner, 2007). Der durch die Ausscheidungen des Weideviehs bedingte Stickstoffeintrag führt zu einer Anreicherung von organischem Stickstoff im Oberboden, was die Bildung oberflächennaher Feinwurzeln begünstigt (Neitzke, 1990). Gleichzeitig reduziert die durch Viehtritt verursachte Bodenverdichtung das Porenvolumen und beeinträchtigt sowohl die Struktur als auch den Wasserhaushalt des Bodens (Bohner et al., 2017). Diese Verdichtung verringert die Nährstoffverfügbarkeit und -aufnahme, da Nährstoffe für die Wurzeln schwerer zugänglich sind und deren Aufnahmekapazität abnimmt (Schroeder, 1992). Bei sehr starker Verdichtung können die Wurzeln zudem nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden, was zu anaeroben Bedingungen im Wurzelraum führt (Gaertig, 2001; Hildebrand, 1987). Dies wirkt sich wiederum negativ auf die Photosyntheseleistung, das Wachstum der Bäume und die Vitalität der Bäume aus (Ma et al., 2022).

Wichtig zu betonen ist das aus der Bildanalyse (siehe Abbildung 18) zunehmende Bewaldung und Verbuschung überwiegend auf die Ausbreitung von Fichten und Legföhren zurückzuführen ist. Der Bergahorn spielt dabei eine untergeordnete Rolle und etabliert sich meist nur dann erfolgreich, wenn er gezielt gepflanzt und durch Schutzmaßnahmen wie Zäune vor Fraß geschützt wird. Durch diese zunehmende Verbuschung beginnen sich die charakteristischen Landschaftsstrukturen Weide, Wald und Krummholzzone zunehmend zu vermischen, wodurch eine klare Abgrenzung der Gebietsgrenzen des Kleinen Ahornboden immer schwieriger wird.

Vermehrt spielt der Klimawandel eine zentrale Rolle für zukünftige Entwicklung alpiner Kulturlandschaften. Mit der stetigen Erwärmung werden die bisher limitierende Faktoren des Baumwachstums wie Temperatur und Vegetationsperiode zunehmend abgeschwächt (Jacob et al., 2018). Dies führt dazu, dass die Waldgrenze weiter nach oben steigt (MacDonald et al., 1993) und die Wiederausbreitung von Wald auf aufgelassenen Almen begünstigt wird (Tardella et al., 2020). Offene Waldweiden wie die Bergahornweiden werden dabei zunehmend durch geschlossenen Waldstrukturen verdrängt (Mayer et al., 2004). Die langfristigen Auswirkungen dieser Veränderungen sind für die Biodiversität des Kleinen Ahornboden noch unklar. Der Klimawandel verstärkt damit die Dringlichkeit, gezielte Schutz- und Bewirtschaftungsmaßnahmen

zu entwickeln, um die derzeitige Strukturvielfalt und die Anpassungsfähigkeit des Gebiets zu bewahren.

4.1.4 Altersstruktur

Altersentwicklung im Untersuchungsgebiet Kleiner Ahornboden

In Abbildung ist ein starker Anstieg der „junger“ Bäume zu erkennen dieser lässt sich eindeutig darauf zurückführen, dass in den letzten 15 Jahren zahlreiche Bergahorne gepflanzt und gezielt geschützt wurden. Der deutliche Anstieg in der Kategorie „alte Bäume“, von 2010 auf 2022 ist hingegen unerwartet und lässt sich nicht allein durch den natürlichen Alterungsprozess erklären. Ein genauer Abgleich der Daten anhand der Identifikationsnummern ergab, dass in mehreren Fällen Bäume anders eingestuft wurden als in meiner Erhebung. Da es sich um eine subjektive Einschätzung handelt, sind kleinere Abweichungen (z. B. zwischen „mittelalt“ und „jung“ oder zwischen „alt“ und „mittelalt“) grundsätzlich zu erwarten. Allerdings fanden sich in über zehn Fällen starke Diskrepanzen, bei denen Bäume als „jung“ klassifiziert wurden, obwohl ihre tatsächliche Größe und der BHD darauf hindeuteten, dass sie einer anderen Altersklasse zugeordnet werden müssten. In diesen Fällen war nicht die subjektive Einschätzung, sondern eine fehlerhafte Klassifizierung in der Ahorn Datenbank Tirol die Ursache. Hinzu kommt, dass meine Erhebung mehrere „alte“ Bergahorne darstellt, welche bisher noch nicht erfasst wurden, was den starken Anstieg zusätzlich erklärt.

Vergleich der Methoden zur Alterseinschätzung

Wie in Kapitel 3.3.2 dargestellt, zeigen die beiden Methoden zur Altersschätzung der Bergahorne, basierend auf Brusthöhendurchmesser und Borkenbeschaffenheit, teils deutliche Diskrepanzen. Diese Unterschiede sind jedoch nicht an beiden Standorten gleichermaßen ausgeprägt. Während am G.A. ein signifikanter Unterschied zwischen den Methoden festgestellt wurde, wichen die Ergebnisse am Kleinen Ahornboden nicht signifikant voneinander ab. Die BHD-Methode basiert auf der Annahme einer linearen Beziehung zwischen dem Stammdurchmesser und dem Alter eines Baumes. Sie kann als objektiv betrachtet werden, da sie auf messbaren Parametern beruht. Jedoch ist diese Korrelation nicht immer eindeutig: Zuwachsraten können stark von klimatischen Bedingungen, Standorteigenschaften (z. B. Boden, Nährstoffe) und individuellen Wuchsbedingungen beeinflusst sein. Besonders in heterogenen oder extremen Standorten, wie es bei alpinen Bergahornbestände oft der Fall ist, kann dies zu Fehleinschätzungen führen. In der Fachliteratur wird deshalb auf die Einschränkungen dieser Methode hingewiesen, und manche Autoren raten von ihrer alleinigen Anwendung ab (Kiebacher et al., 2018).

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die gewählte Altersklasseneinteilung. In dieser Arbeit wurde wie im „Management Plan des Großen Ahornbodens“ beschrieben, eine Einteilung nach Sprenger (2013) verwendet („alt“=>300). Laut Roloff et al. (2010) können Bergahorne ein Alter von bis zu 600 Jahren erreichen, und dendrochronologische Untersuchungen belegen sogar Exemplare mit über 800 Jahren. Ein Baum mit einem Alter von 300 Jahren befindet sich demnach nicht im Endstadium seines Lebenszyklus, sondern eher in der mittleren Lebensphase. Diese Diskrepanz macht deutlich, dass die Definition von Altersklassen immer relativ zur potenziellen Lebensspanne der jeweiligen Baumart gesehen werden muss. Eine Einteilung wie die nach Sprenger kann daher zu einer systematischen Verzerrung der Altersstruktur führen und die Interpretation der Ergebnisse signifikant beeinflussen.

Im Gegensatz dazu basiert die Methode der Borkenstruktur auf der subjektiven Einschätzung des Beobachters, was eine große Fehlerquelle darstellen kann. Die Übergänge zwischen den Altersklassen, insbesondere zwischen „mittelalt“ und „alt“, sind fließend und oft schwer zu definieren. Die Borkenstruktur verändert sich mit dem Alter des Baumes, aber die genaue Klassifikation dieser Veränderung hängt stark vom Beurteilenden ab. Je nach Erfahrung, Schulung und Wahrnehmung des Beobachters kann die Einschätzung variieren. Daher ist die Methode besonders anfällig für subjektive Fehler, was zu unterschiedlichen Altersklassifizierungen führt. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Wahl der Methode einen erheblichen Einfluss auf die Interpretation der Altersstruktur haben kann.

4.2 Vegetationsanalyse

4.2.1 Vegetationsaufnahmen

Da in dieser Arbeit lediglich zwei Flächen miteinander verglichen wurden, sind die Ergebnisse als erste indikative Momentaufnahme zu verstehen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße lassen sich keine statistisch belastbaren Aussagen über generelle Zusammenhänge zwischen Beweidung und Vegetationsstruktur am Kleinen Ahornboden treffen. Vielmehr liefern die Daten erste Hinweise auf mögliche Effekte der Bewirtschaftung, die in zukünftigen Studien mit größerem Stichprobenumfang vertieft untersucht werden sollten.

Trotz der begrenzten Datenbasis zeigen sich klare floristische Unterschiede, insbesondere auf in Bezug der funktionellen Gruppen außerdem weisen beide Standorte, obwohl keine Moos- und Flechtenarten dokumentiert wurden, eine relative hohe Gesamtartenzahl auf.

4.2.2 Funktionelle Gruppen

Obwohl es in der Gesamtartenzahl zwischen den Standorten nur wenig Unterschiede gibt, zeigt der Vergleich der funktionellen Gruppen, dass die Beweidung als Störfaktor einen Einfluss auf die Artenkombination hat. Besonders relevant ist dabei der Unterschied innerhalb der Gehölze, rein quantitativ recht gering, allerdings wahrscheinlich mit den weitreichendsten Folgen, da die Gehölze einen erheblichen Einfluss auf die Vegetation haben (Dullinger, Dirnböck & Grabherr, 2003). Studien zeigen, dass die Zunahme von Gehölzen in speziellen Pionierbaumarten wie der Legföhre (*Pinus mugo*) zu einem Rückgang der Artenvielfalt führen (Dullinger, Dirnböck, Greimler & Grabherr, 2003). Dieses Ergebnis steht repräsentativ für viele Almen im Alpenraum, deren Bewirtschaftung eingestellt wurde, auf lange Sicht ist auf diesen Flächen mit einem starken Rückgang der Artenvielfalt zu rechnen, da diese von den Gehölzen verdrängt werden (Maurer et al., 2006).

4.2.3 Standortbeurteilung nach Zeigerwerte

Die klimatischen Zeigerwerte wie etwa der Temperatur und der Kontinentalität bestätigen die Klimadaten in Abbildung 3 des Tirol Atlas. Sie verdeutlichen, dass das Gebiet um den Kleinen Ahornboden unter ozeanischem Klimaeinfluss steht, was in Kombination mit den Gebirgsketten zu Staueffekten und damit zu hohen Niederschlagsmengen führt, ein typisches Merkmal der Randalpen (Perzl & Walter, 2012; Schraffl, 2010).

Widersprüchlich mögen zunächst die Trockenzeiger erscheinen, doch dies relativiert sich, wenn man die Bodenbeschaffenheit berücksichtigt. Beide Standorte weisen nur eine minimale Bodentiefe mit äußerst geringer Humusauflage auf. Dies bedeutet, dass kaum Wasser gespeichert werden kann, da es typisch für das Kalk und Dolomit Gestein rasch versickert und somit den meisten Pflanzenwurzeln nicht mehr zur Verfügung steht (Chen et al., 2018).

Obwohl sich die Standorte in einer Kalkregion befinden, können die leicht sauren Bodenbedingungen durch den Säureeintrag aus Niederschlägen erklärt werden. Kohlendioxid in der Luft reagiert mit Regenwasser zu Kohlensäure, die das Calciumcarbonat des Kalkgesteins langsam auflöst, wodurch sich der pH-Wert des Bodens verringert (Ulrich & Malessa, 1989). Das Ergebnis der Stickstoffzahl bestätigt zudem die stickstoff- und nährstoffarmen Bedingungen des Gebiets. Dies deutet darauf hin, dass der Boden weitgehend extensiv genutzt wurde, sodass es nicht zu einem erhöhten Nährstoffeintrag kam (Kiehl, 2009).

4.2.4 Maße der Diversität und Ähnlichkeit

Die nahezu identischen Shannon- und Simpson-Index-Werte der beiden Flächen (Weide: 3,84; Zaun: 3,81) lassen darauf schließen, dass sich die Gesamtartenvielfalt zwischen beweideter Fläche und eingezäunter Kontrollfläche nur geringfügig unterscheidet. Der Jaccard-Index hingegen zeigt mit einer floristischen Überschneidung von lediglich 52 % eine deutliche Differenz in der Artenzusammensetzung. Dies deutet darauf hin, dass die mehrjährige Brachlegung im Bereich des Zauns bereits sichtbare Auswirkungen auf die floristische Zusammensetzung hat, siehe Abbildung 22.

Angesichts der eingeschränkten Datenbasis ist dieses Ergebnis jedoch als indikative Momentaufnahme zu verstehen, die erste Hinweise auf die Wirkung von Beweidung bzw. Nutzungsruhe liefert

5.Fazit

Obwohl der Kleine Ahornboden als Standort bekannt ist, fehlt bislang eine offizielle, amtlich festgelegte Gebietsabgrenzung. Für eine sinnvolle Abgrenzung ist es essenziell, nicht nur den aktuellen Vegetationsaufbau zu berücksichtigen, sondern auch weitere Faktoren wie digitale Geländemodelle sowie das Vorkommen weiterer Bergahorne in der Umgebung des Kerngebietes einzubeziehen. Als Orientierung könnten die in dieser Arbeit entwickelten Kriterien (vgl. Kapitel 3.1.1) dienen. Nur auf Basis einer allgemeingültigen Abgrenzung ist es möglich, strukturelle Veränderungen korrekt zu erfassen und langfristig zu beobachten.

In den kommenden Jahrzehnten ist mit einer deutlichen Veränderung der Altersstruktur des Bergahornbestandes zu rechnen. Je nach verwendeter Methode liegt der Anteil alter Bäume derzeit bei 27 % bzw. 33 %. Diese Bäume werden in absehbarer Zeit absterben, wobei gerade sie aufgrund ihrer ökologischen Funktionen eine zentrale Rolle im Bestand einnehmen.

Gerade die Auswirkungen des Klimawandels und der damit verbundene Anstieg an Extremwetterereignisse könnte die sehr alten Bergahorne am Kleinen Ahornboden gefährden (Rajczak et al., 2013).



Abbildung 23: Abgebrochener Ast eines „alten“ Bergahorns (*Acer pseudoplatanus*), vermutlich infolge von Schneelast und Sturm während eines frühen Wintereinbruchs.

Ereignisse wie in Abbildung 23 verdeutlichen, wie sich plötzliche Wetterextreme auf alte Bergahorne auswirken können. Umso wichtiger ist es, dass ausreichend mittelalte Individuen nachrücken, um entstehende Lücken zu schließen. Dieser mittlere Altersbereich ist mit 11 % bzw. 17 % allerdings unterrepräsentiert. Das Naturpark Management Karwendel hat diese Problematik erkannt und durch verstärkte Pflanzmaßnahmen von Bergahornen bereits gegengesteuert. Dennoch wird es einige Zeit dauern, bis die jungen Bäume das notwendige Alter erreicht haben, um die ökologischen Funktionen der Altbäume übernehmen zu können. Daher sind Pflegemaßnahmen zu entwickeln, die den Erhalt der bestehenden Altbäume so lange wie möglich sicherstellen.

Das Gebiet des Kleinen Ahornbodens steht vor tiefgreifenden strukturellen Veränderungen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Gehölze wie Legföhre und Fichte zunehmend in Konkurrenz mit dem Lebensraum des Bergahorns treten, insbesondere auf Flächen, die nicht mehr beweidet werden. Infolgedessen verschwinden die charakteristischen, artenreichen und halboffenen Ahornweiden nach und nach. Eine angepasste Bewirtschaftung ist daher von zentraler Bedeutung (siehe Punkt 6 „Management Empfehlungen“).

Nur durch eine extensive Nutzung kann die Biodiversität sowie die strukturelle Vielfalt der Landschaft langfristig erhalten werden (Bugalho et al., 2011). Der Kleine Ahornboden stellt eine Kulturlandschaft dar, deren Fortbestand stark von der richtigen Bewirtschaftung abhängt. Obwohl diese Form der Landnutzung immer mehr in Vergessenheit geriet, könnte die Bergahornweide unter dem Begriff Agroforst eine Renaissance erleben (Brandolini et al., 2023). Hinsichtlich der Folgen des Klimawandels wie Dürre und Extremwetterereignissen müssen landwirtschaftliche genutzte Strukturen so umgebaut werden, damit sie widerstandfähiger werden (Beule et al., 2024). Für den Kleinen Ahornboden bedeutet dies, den Bestand der Bergahorne gezielt zu fördern und zu erhalten.

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich konkrete Management-Empfehlungen ableiten, die im Folgenden vorgestellt werden.

6. Management Empfehlungen:

6.1 Pflegemaßnahme zur Erhaltung der Waldweide

Traditionelle Pflegemaßnahmen wie das Schwenden, sprich das regelmäßige Entfernen konkurrenzstarker Baumarten wie Fichten und Latschenkiefern, spielen eine Rolle für den Erhalt der offenen Landschaftsstruktur und der charakteristischen Bergahornbestände am Kleinen Ahornboden (Lang & Aigner, 2013). Ohne diese Eingriffe schreitet die Sukzession fort, wodurch lichtbedürftige Arten verdrängt und die halboffene Weidelandschaft langfristig geschlossen würde (Dullinger, Dirnböck & Grabherr, 2003; Maurer et al., 2006). Während Viehbeweidung ebenfalls eine bedeutende Rolle spielt, kommt dem gezielten menschlichen Eingriff eine Schlüsselrolle zu, insbesondere beim Rückschnitt konkurrenzstarker Gehölze. Um den hohen Artenreichtum dieser Magerstandorte langfristig zu sichern, ist weithin eine extensive Beweidung unerlässlich (Mariotte et al., 2013).

6.2 Pflanzungen von Bergahornen

Die Verjüngung der Bergahornbestände wurde in den letzten Jahren erfolgreich durch den Naturpark Karwendel initiiert (Sonntag & Straubinger, 2019). Eine zentrale Maßnahme stellt dabei das Programm „Ahornpatenschaft“ dar, das zur Nachpflanzung junger Bergahorne beiträgt (Naturpark Karwendel). Bisher konzentrierten sich diese Pflanzungen jedoch überwiegend auf den Nord- und Südteil des Gebietes. Der zentrale Bereich der offenen Weideflächen blieb bislang ausgespart, obwohl gerade diese Zone ökologisch von einer gezielten Anreicherung mit Bergahornen profitieren könnte. Bergahorne tragen nicht nur zur Strukturvielfalt bei, sondern leisten über Laubabwurf auch einen Beitrag zur sanften Nährstoffanreicherung, fördern den Wasserrückhalt und stabilisieren den Boden (Kiebacher et al., 2018). Gleichzeitig gilt es, die Bedürfnisse der Alpgenossenschaft zu berücksichtigen und in die Gestaltung miteinzubeziehen. Zusätzliche Pflanzungen könnten kurzfristig als Einschränkung der Weideflächen wahrgenommen werden. Im Gegenzug ließe sich jedoch durch gezielte Entnahme konkurrenzstarker Gehölze wie Fichten und Legföhren neues Weideland schaffen. Ein Ausgleich, von dem sowohl der Naturschutz als auch die Almwirtschaft profitieren könnten, wie ähnliche Kooperation im Alpenraum beweisen (Lang & Aigner, 2013).

6.3 Offizielle Gebietsabgrenzung

Für zukünftige Forschungsarbeiten sowie für ein effektives Management des Kleinen Ahornbodens ist die Festlegung einer offiziell anerkannten Gebietsgrenze von zentraler Bedeutung. Das in dieser Studie verwendete UG kann dabei als Grundlage dienen, sollte jedoch im Rahmen weiterer Erhebungen kritisch hinterfragt und gegebenenfalls angepasst werden. Eine umfassende Evaluierung unter Einbeziehung ökologischer, topografischer und administrativer Aspekte wird empfohlen, um eine ganzheitliche und nachhaltige Abgrenzung zu gewährleisten.

6.4 Naturdenkmäler kennzeichnen und schützen um Altbäume zu erhalten:

Laut den Online-Daten des Tiroler Raum-Informationssystems befinden sich am Kleinen Ahornboden 21 Bergahorne die als Naturdenkmal ausgewiesen wurden. Diese Bäume sind jedoch bislang nicht wie gesetzlich vorgeschrieben vor Ort gekennzeichnet (§27 *Naturdenkmäler*: Tiroler Naturschutzgesetz, 2005). Eine sichtbare und eindeutige Kennzeichnung ist nicht nur rechtlich verpflichtend, sondern fördert die Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit und stärkt die regionale Identität (Draganchuk, 2019). Fehlt diese Kennzeichnung besteht die etwa die Gefahr, dass forstliche oder landwirtschaftliche Maßnahmen vorgenommen werden, die das Naturdenkmal direkt oder indirekt schädigen (Loos et al., 2022). Eine konsequente Beschilderung stellt somit einen einfachen, aber wirkungsvollen Beitrag zum Schutz dieser ökologisch und kulturell wertvollen Einzelexemplare dar.

Die als Naturdenkmäler ausgewiesenen Bergahorne am Kleinen Ahornboden sind allesamt sehr alt und zeichnen sich durch eine hohe Strukturvielfalt sowie zahlreiche Mikrohabitate aus, von denen viele Tier-, Pilz- und Pflanzenarten profitieren (Lindenmayer et al., 2013). Wie in Kapitel 4.1.3 dargelegt, kann sich Beweidung jedoch unter bestimmten Umständen negativ auf die Vitalität dieser Altbäume auswirken (Tappeiner, 2007). Daher sollte geprüft werden, wie diese ökologisch besonders wertvollen Individuen gezielt geschützt werden können. Eine mögliche Maßnahme wäre die selektive Umzäunung einzelner Bäume. Insbesondere jener, die bevorzugt als Lagerplätze von Weidevieh genutzt werden. Diese Schutzzäune müssten ausreichend groß dimensioniert sein, um den sensiblen Wurzelbereich mit einzuschließen (Bauschmann, 2024).

Literaturverzeichnis

- Aas, G. (2009) "Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*): Verwandschaft, Verbreitung und Biologie", *LWF-Wissen*, No. 62.
- Aeschimann, D, Lauber, K, Moser, DM & Theurillat, J-P (Hg.) (2004) *Flora alpina: Ein Atlas sämtlicher 4500 Gefäßpflanzen der Alpen*, 3258066000.
- Bätzing, W. (1991) *Die Alpen - Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft.*, München, C.H. Beck.
- Bauschmann, G. (2024) "Verbissschutz bei Obstbäumen", *Weidewelt* [Online]. Verfügbar unter <https://www.weidewelt.de/fachbeitr%C3%A4ge/positionspapiere/>.
- Beule, L., Böhm, C. & Schneider, J. (2024) "Potentiale der Agroforstwirtschaft zur Klimaanpassung und Klimaschutz", *Agrarforschung zum Klimawandel: Konferenz der Deutschen Agrarforschungsallianz; 11.-14.03.2024, Potsdam; Programm und Beiträge*, S. 305.
- Boeck, H. J. de, Hiltbrunner, E., Verlinden, M., Bassin, S. & Zeiter, M. (2018) "Legacy Effects of Climate Extremes in Alpine Grassland", *Frontiers in plant science*, No. 9.
- Bohner, A., Gehmacher, P., Bodner, G. & Strauss, P. (2017) "Bodenverdichtung im Dauergrünland und ihre Auswirkung auf die Grünlandvegetation", *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, No. 2, S. 113–129.
- Brandolini, F., Compostella, C., Pelfini, M. & Turner, S. (2023) "The Evolution of Historic Agroforestry Landscape in the Northern Apennines (Italy) and Its Consequences for Slope Geomorphic Processes", *Land*, No. 5.
- Brunner, M. (2009) *Baumriesen der Schweiz*, Zürich, Werd.
- Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J. & Pausas, J. G. (2011) "Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services", *Frontiers in Ecology and the Environment*, No. 5, S. 278–286.
- Camacho, O., Dobremez, L. & Capillon, A. (2008) "Shrub encroachment in pastures in the Alps", *Revue de géographie alpine*, 96-3, S. 89–100.
- Caudullo, G., Welk, E. & San-Miguel-Ayanz, J. (2017) "Chorological maps for the main European woody species", *Data in brief*, Vol. 12, S. 662–666.

- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K. & Shen, T.-J. (2005) "A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data", *Ecology Letters*, No. 2, S. 148–159.
- Chen, Z., Hartmann, Andreas, Wagener, Thorsten & Goldscheider, N. (2018) "Dynamics of water fluxes and storages in an Alpine karst catchment under current and potential future climate conditions", *Hydrology and Earth System Sciences*, No. 22.
- Czell, A., Schiechl, H. M., Stauder, S. & Stern & R (1966) "Erhaltung des Naturschutzgebietes "Großer Ahornboden" durch technische und biologische Maßnahmen".
- Draganchuk, O. (2019) *Besucherlenkung in sensiblen Lebensräumen des Nationalparks Gesäuse am Beispiel der Fließgewässer*, Universität Wien.
- Drößler, L. (2006) *Stand structure and dynamic of two virgin beech forests in Slovakia*, Dissertation, Göttingen.
- Duckworth, J. C., Kent, M. & Ramsay, P. M. (2000) "Plant functional types: an alternative to taxonomic plant community description in biogeography?", *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, Vol. 24, No. 4, S. 515–542.
- Dullinger, S., Dirnböck, T. & Grabherr, G. (2003) "Patterns of Shrub Invasion into High Mountain Grasslands of the Northern Calcareous Alps, Austria", *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, No. 4, S. 434–441.
- Dullinger, S., Dirnböck, T., Greimler, J. & Grabherr, G. (2003) "A resampling approach for evaluating effects of pasture abandonment on subalpine plant species diversity", *Journal of Vegetation Science*, No. 2, S. 243.
- Dušek, R. & Popelková, R. (2017) "Theoretical view of the Shannon index in the evaluation of landscape diversity", *AUC GEOGRAPHICA*, No. 2, S. 5–13.
- Eiberle, K. & Nigg, H. (1987) "Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald", *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, No. 138, S. 747–785.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulißen, D. (1991) "Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa", *Scripta Geobotanica*, No. 18.
- Evette, A., Labonne, S., Rey, F. & et al. (2009) "History of Bioengineering Techniques for Erosion Control in Rivers in Western Europe", *Environmental Management*, No. 43, S. 972–9884.

- Fischer, M., Rudmann-Maurer, K., Weyand, A. & Stöcklin, J. (2008) "Agricultural Land Use and Biodiversity in the Alps", *Mountain Research and Development*, Vol. 28, No. 2, S. 148–155.
- Fladerer, E. (2022) "Establishing a sound scientific base for an evaluation and a reissue of the management plan "Landscape protection area Großer Ahornboden in the Alpine Park Karwendel"".
- Fritsch, J., Meyer, F., Hecker, U., Röster, H. & Schroeder, F. (2006) *Gehölzflora: mit Knospen und Früchteschlüssel*, 12. Aufl., Quelle & Meyer.
- Fritz, Ö. (2009) "Vertical distribution of epiphytic bryophytes and lichens emphasizes the importance of old beeches in conservation", *Biodiversity and Conservation*, No. 18, S. 289–304.
- Fry, E. L., Power, S. A. & Manning, P. (2014) "Trait-based classification and manipulation of plant functional groups for biodiversity–ecosystem function experiments", *Journal of Vegetation Science*, Vol. 25, No. 1, S. 248–261.
- Gaertig, T. (2001) "Bodengashaushalt, Feinwurzeln und Vitalität von Eichen.", *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen*, No. 40.
- Geschichte Naturpark Karwendel*, Naturpark Karwendel.
- Gill, R. (1992) "A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: Impact on Trees and Forests", *Forestry*, No. 65.
- Gómez-García, D., Aguirre de Juana, Á. J., Jiménez Sánchez, R. & Manrique Magallón, C. (2023) "Shrub encroachment in Mediterranean mountain grasslands: Rate and consequences on plant diversity and forage availability", *Journal of Vegetation Science*, Vol. 34, No. 1.
- Gossner, M. M., Lewinsohn, T. M., Kahl, T., Grassein, F., Boch, S., Prati, D., Birkhofer, K., Renner, S. C., Sikorski, J., Wubet, T., Arndt, H., Baumgartner, V., Blaser, S., Blüthgen, N., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Jorge, L. R., Jung, K., Keyel, A. C., Klein, A.-M., Klemmer, S., Krauss, J., Lange, M., Müller, J., Overmann, J., Pašalić, E., Penone, C., Perović, D. J., Purschke, O., Schall, P., Socher, S. A., Sonnemann, I., Tschapka, M., Tschardt, T., Türke, M., Venter, P. C., Weiner, C. N., Werner, M., Wolters, V., Wurst, S., Westphal, C., Fischer, M., Weisser, W. W. & Allan, E. (2016) "Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities", *Nature*, No. 7632, S. 266–269.

- Hacker, H. & Müller, J. (2006) *Die Schmetterlinge der bayerischen Naturwaldreservate: Eine Charakterisierung der süddeutschen Waldlebensraumtypen anhand der Lepidoptera*.
- Hanewinkel, M., Kuhn, T., Bugmann, H., Lanz, A. & Brang, P. (2014) "Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage", *Forestry*, No. 4, S. 525–534.
- Haselwanter, G. & Kutschera, L. (2000) *Der Berg-Ahorn im Karwendel: Wurzelstudien im Landschaftsschutzgebiet Großer Ahornboden* [Online].
- Hauk, E., Niese, G. & Schadauer, K. (2016) *Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Waldinventur*.
- Hellbrück, R. (2009) "Chi-Quadrat Tests: Angewandte Statistik mit R: Eine Einführung für Ökonomen und Sozialwissenschaftler".
- Herndl, M., Kandolf, M., Bohner, A., Krautzer, Bernhard, Graiss, W. & Schink, M. (2011) *Wurzelparameter von Gräsern, Kräutern und Leguminosen als Grundlage zur Bewertung von Trockenheitstoleranz im Grünland*.
- Heurich, M. (2006) *Evaluierung und Entwicklung von Methoden zur automatisierten Erfassung von Waldstrukturen aus Daten flugzeuggetragener Fernerkundungssensoren*.
- Hicks, D. J., Smith, T. M., Shugart, H. H. & Woodward, F. I. (1998) "Plant Functional Types: Their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change", *Systematic Botany*, Vol. 23, No. 1, S. 102.
- Hildebrand, E. E. (1987) "Die Struktur von Waldböden – ein gefährdetes Fließgleichgewicht.", *Allg. Forst Zeitschrift*, No. 42, S. 424–426.
- Hoover, C. M. & Smith, J. E. (2020) "Selecting a Minimum Diameter for Forest Biomass and Carbon Estimation: How Low Should You Go?", *General Technical Report NRS*, No. 196 [Online]. Verfügbar unter https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs196.pdf (Abgerufen am 5 März 2025).
- Jacob, D., Kotova, L., Teichmann, C., Sobolowski, S. P., Vautard, R., Donnelly, C., Koutroulis, A. G., Grillakis, M. G., Tsanis, I. K., Damm, A., Sakalli, A. & van Vliet, M. T. H. (2018) "Climate Impacts in Europe Under +1.5°C Global Warming", *Earth's Future*, Vol. 6, No. 2, S. 264–285.
- Jurko, A. (1974) "G. Reichelt et O. Wilmanns Vegetationsgeographie", *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, Vol. 9, No. 3, S. 276.

- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen *Karte Karwendel* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bev.gv.at/> (Abgerufen am 31 Oktober 2024).
- Kiebacher, T., Bergamini, A., Scheidegger, C. & Bürgi, M. (2018) *Bergahornweiden im Alpenraum.: Kulturgeschichte, Biodiversität und Rudolphis Trompentenmoos.*, Zürich, Bristol-Stftung; Bern, Haupt. 235 S.
- Kiebacher, T., Keller, C., Scheidegger, C. & Bergamini, A. (2016) "Hidden crown jewels: the role of tree crowns for bryophyte and lichen species richness in sycamore maple wooded pastures", *Biodiversity and Conservation*, No. 9.
- Kiehl, K. (2009) "Renaturierung von Kalkmagerrasen", *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*, S. 265–282.
- Kilian, S. (2013) "Bericht 2012 über geologische und strukturgeologische Aufnahmen im Karwendelgebirge auf Blatt 2223 Innsbruck und auf Blatt 2217 Hinterriß" [Online]. Verfügbar unter <https://www.karwendel.org/geologie-strukturgeologie-karwendel/>.
- Kurz, P. (2023) "Lärchweiden im Toten Gebirge, Dachsteingebiet und der Osterhorngruppe: Struktur und Dynamiken ihrer Vegetation im Gefolge von Rücknahme und Aufgabe der Nutzung", *STAPFLA*, No. 1, S. 13–28.
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (2002) *Wurzelatals mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher*, Graz, L. Stocker.
- Land Tirol [Online]. Verfügbar unter data.tirol.gv.at.
- Lang, A. & Aigner, S. (2013) "Almprojekt Oberbayern – Ein Instrument zur Zusammenführung von Landwirtschaft und Naturschutz", *ANLiegen Natur*, 35(2), S. 76–80 [Online]. Verfügbar unter https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an35209lang_et_al_2013_almprojekt.pdf.
- Lee, H. & Romero, J. (2023) "Climate Change 2023: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", S. 35–115 [Online]. Verfügbar unter <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/resources/how-to-cite-this-report/> (Abgerufen am 15 November 2024).
- Lindenmayer et al. (2013) "New Policies for Old Trees: Averting a Global Crisis in a Keystone Ecological Structure", *Conservation Letters*, Vol. 7, No. 1, S. 61–69.
- Loos, E., König, K. & Reitshammer, D. (2022) "Naturschutzrecht in Salzburg, Kommentar-Teil 1(Naturschutzgesetz".

- Lukaszkiwicz, J., Kosmala, M., Chrapka, M. & Borowski, J. (2005) "Determining the Age of Streetside *Tilia cordata* Trees with a DBH-Based Model", *Arboriculture & Urban Forestry*, Vol. 31, No. 6, S. 280–284.
- Ma, J., Rukh, G., Ruan, Z., Xie, X., Ye, Z. & Liu, D. (2022) "Effects of Hypoxia Stress on Growth, Root Respiration, and Metabolism of *Phyllostachys praecox*", *Life (Basel, Switzerland)*, No. 6 [Online]. DOI: 10.3390/life12060808.
- MacDonald, G. M., Edwards, T. W. D., Moser, K. A., Pienitz, R. & Smol, J. P. (1993) "Rapid response of treeline vegetation and lakes to past climate warming", *Nature*, Vol. 361, No. 6409, S. 243–246.
- Machatschek, M. (2002) "Laubgeschichten: Gebrauchswissen einer alten Baumwirtschaft, Speise-und Futterlaubkultur".
- Maier-Maschée, W. (1938) *Achtung Gams: Ein Bilderbuch für Jäger und Bergsteiger*, J. Neumann Neudamm und Berlin.
- Mariotte, P., Buttler, A., Kohler, F., Gilgen, A. K. & Spiegelberger, T. (2013) "How do subordinate and dominant species in semi-natural mountain grasslands relate to productivity and land-use change?", *Basic and Applied Ecology*, No. 14, S. 217–224.
- Maurer, K., Weyan, A., Fischer, M. & Stöcklin, J. (2006) "Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps.", *Biological Conservation*, No. 130, S. 438–446.
- Mayer, A. C., Stöckli, V., Gotsch, N., Konold, W. & Kreuzer, M. (2004) "Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung | Forest grazing in alpine regions: a re-evaluation of a multi-usage tradition", *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, Vol. 155, No. 2, S. 38–44.
- Mayer, H. (1992) *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*, Fischer.
- Mayer, R. (2021) "Gelenkte Weideführung und Herdenschutz auf der Spisser Schafberg-Alm und der Lader Heuberg-Alm" [Online]. Verfügbar unter https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/land-forstwirtschaft/agrar/LWSJF/Grosse_Baeutegreifer/Vegetationskundliche_Erhebungen.pdf.
- Meyer, P., Tabaku, V. & v. Lupke, B. (2003) "Die Struktur albanischer Rotbuchen-Urwälder - Ableitungen für eine naturnahe Buchenwirtschaft. Structural Characteristics of Albanian

- Beech (*Fagus sylvatica* L.) Virgin Forests - Deductions for Semi-Natural Forestry", *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, No. 1, S. 47–58.
- Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D., Socher, S. A., Sonnemann, I., Wäschke, N., Wubet, T., Wurst, S. & Rillig, M. C. (2014) "Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories", *Ecology and evolution*, No. 18.
- Möseler, B. M., Sievers, R. & Alvarez, M. (2009) "Diversitätsanalyse unter Verwendung des Programmes DiversityCalc am Beispiel eines Wald-Transektes vom Aremberg in der Osteifel", *Decheniana : Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens*, Vol. 162, S. 67–78.
- Nascimbene, J., Fontana, V. & Spitale, D. (2014) "A multi-taxon approach reveals the effect of management intensity on biodiversity in Alpine larch grasslands", *The Science of the total environment*, Vol. 487, S. 110–116.
- Naturpark Karwendel *Bergahorn Patenschaften am Kleinen Ahornboden* [Online]. Verfügbar unter <https://www.karwendel.org/bergahorn-patschaften-am-kleinen-ahornboden/>.
- Neitzke, M. (1990) "Einfluß von Ammonium- und Nitratstickstoff auf die Entwicklung von Buchenjüngpflanzen", *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, No. 4, S. 225–228.
- Niklasson, M. (2002) "A comparison of three age determination methods for suppressed Norway spruce: implications for age structure analysis", *Forest Ecology and Management*, Vol. 161, 1-3, S. 279–288.
- Nikon (2022) *Gebrauchsanleitung Nikon Forestry II* [Online]. Verfügbar unter <https://www.bedienungsanleitung.ng/nikon/forestry-pro-ii/anleitung?p=33>.
- Ortner, H. (2018) "Bericht 2018 über geologische Aufnahmen im Karwendelgebirge auf den Blättern UTM NL 32-03-17 Hinterriß und UTM NL 32-03-23 Innsbruck".
- Perzl, F. & Walter, D. (2012) *Die Lawinen-schutzwirkung des Waldes im Klimawandel*, Bundesforschungszentrum.
- Pirc, H. (1994) "Ahorne".

- Rajczak, J., Pall, P. & Schär, C. (2013) "Projections of extreme precipitation events in regional climate simulations for Europe and the Alpine Region", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, No. 118.
- Reinmoser, F. & S. (2017) "Richtiges Erkennen von Wildschäden am Wald", *Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie* [Online]. Verfügbar unter https://wildlife.reimoser.info/document/2017_Reimoser_Erkennen_Wildschaeden_low.pdf.
- Rivero, M. J., Grau-Campanario, P., Mullan, S., Held, S. D. E., Stokes, J. E., Lee, M. R. F. & Cardenas, L. M. (2021) "Factors Affecting Site Use Preference of Grazing Cattle Studied from 2000 to 2020 through GPS Tracking: A Review", *Sensors (Basel, Switzerland)*, No. 8.
- Roloff, A., Weisberger, H., Lang, U. M. & Stimm, B. (2010) *Bäume Mitteleuropas – Von Aspe bis Zirbelkiefer*, Weinheim, Verlag Wiley-VCH.
- Rudmann-Maurer, K., Weyand, A., Fischer, M. & Stöcklin, J. (2008) "The role of landuse and natural determinants for grassland vegetation composition in the Swiss Alps", *Basic and Applied Ecology*, Vol. 9, No. 5, S. 494–503.
- Schallhart, S. (2024) "Conservation study on the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) in the study area "Großer Ahornboden" (Karwendel, Tyrol)".
- Schmidt, O. (2009) "Bergahorn als Lebensraum für Tiere", *LWF-Wissen*, No. 62, S. 36–40.
- Schmidt, P. (2009) "Der Bergahorn- eine typische Mischwald-Baumart süd-mitteleuropäischer Bergwälder", *LWF-Wissen*, No. 62.
- Schraffl, F. (2010) "Dendroökologische Untersuchungen zum Coniferenwachstum auf Moorstandorten im Alpenpark Karwendel".
- Schroeder, D. (1992) "Bodenkunde in Stichworten."
- Sonntag, H. & Straubinger, F. (2019) *Großer Ahornboden: Eine Landschaft erzählt ihre Geschichte*, 2. Aufl., Berenkamp Verlag.
- Spohn, M., Marianne Golte-Bechtle, M., Spohn & Roland (2015) *Was blüht denn da?*, Kosmos.
- Sprenger, D. (2013) *Managementplan Landschaftsschutzgebiet Großer Ahornboden im Naturpark Karwendel* [Online], Tirol. Verfügbar unter <https://www.karwendel.org/managementplan-grosser-ahornboden/> (Abgerufen am 24.10.24).
- Stauche, H. (2007) *Grundlagen der Statistik nicht nur lernen sondern begreifen*.

- Surber, E., Amiet, R. & Kobert, H. (1973) "Das Brachlandproblem in der Schweiz", *Berichte der Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, No. 112.
- Tappeiner, U. (2007) "Studie zu den potentiellen Auswirkungen der Bewirtschaftung auf den Ahornbestand im Landschaftsschutzgebiet „Großer Ahornboden“: Abschlußbericht zum 2. Teilprojekt".
- Tardella, F. M., Bricca, A., Goia, I. G. & Catorci, A. (2020) "How mowing restores montane Mediterranean grasslands following cessation of traditional livestock grazing", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 2020, Volume 295 [Online]. Verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106880>.
- Tiroler Naturschutzgesetz (2005) §27 *Naturdenkmäler*.
- Ulrich, B. & Malessa, V. (1989) "Tiefengradienten der Bodenversauerung", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, No. 152, S. 81–84.
- Wang, K., Sun, J. & Cheng, G. & Jiang, H (2011) "Effect of altitude and latitude on surface air temperature across the Qinghai-Tibet Plateau", *Journal of Mountain Science*, No. 8, S. 808–816.
- Zangerle, P. (2007) "Dendroökologische Analyse des Einflusses von Überschotterungsereignissen auf ein hochmontanes Waldökosystem:: Fallstudie in den Nördlichen Kalkalpen".

Anhang

Tabelle 9: Vergleich der fünf häufigsten Gefäßpflanzenarten auf den Untersuchungsflächen mit einer Deckung zwischen 5 % und 15 %.

| Zaun | Weide |
|---------------------------|----------------------------|
| <i>Hippocrepis comosa</i> | <i>Acer pseudoplatanus</i> |
| <i>Carex firma</i> | <i>Carlina acaulis</i> |
| <i>Dryas octopetala</i> | <i>Homogyne alpina</i> |
| <i>Plantago atrata</i> | <i>Thymus preacox</i> |
| <i>Soldanella alpina</i> | <i>Soldanella alpina</i> |



Abbildung 24: Funktionen der Bergahornweiden.

Eidesstattliche Erklärung

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Magister-/Master-/Diplomarbeit/Dissertation eingereicht.

13.07.2025

Datum



Unterschrift