

Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes

Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt

Tobias Liechti, Willem O. van der Knaap, Christoph Sperisen,
Urs Groner, Nicolas Küffer, Sandra Horat, Bernhard Roth



Oktober 2005

Herausgeber:

Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren

Initiator:

Walter Kälin, Rickenbach (SZ)

Projektleiter:

Tobias Liechti, BURGER+STOCKER

Autoren alphabetisch geordnet:

Thomas Burger, Martin Frei, Urs Groner, Sandra Horat, Willem. O. van der Knaap, Nicolas Küffer, Thomas Lampart, Jacqueline van F. N. Leeuwen, Tobias Liechti, Andreas Rigling, Bernhard Roth, Beatrice Senn, Christoph Sperisen, Ester Torp.

Bezugsquelle:

Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren c/o Amt für Wald, Jagd und Fischerei,
Bahnhofstrasse 20, 6430 Schwyz.

Preis:

Gedruckt Fr. 50.–, als pdf auf einer CD Fr. 10.–, exkl. Versandkosten.

Rechte:

Sämtliche Rechte liegen bei der Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren. Vor der Veröffentlichung von Auszügen aus der vorliegenden Dokumentation ist mit der Stiftung Rücksprache zu nehmen.

Fotos Titelseite:

Von links nach rechts: U. Groner, T. Liechti (3x), B. Roth, S. Lienert.

Inhaltsverzeichnis

Dank	II
Vorwort	III
1 Einführung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Fragestellung und Zielsetzung	1
1.3 Urwalddefinitionen	1
1.4 Vorgehen	3
1.5 Projektorganisation	4
2 Untersuchungsgebiet	6
2.1 Lage und Abgrenzung	6
2.2 Naturräumliche Grundlagen	10
3 Teilprojekte	17
3.1 Vorrat, Zuwachs und Bestandesstruktur	17
3.2 Forstliche und andere Nutzungen	28
3.3 Totholz	37
3.4 Altersdifferenzierung der Bäume	60
3.5 Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes	69
3.6 Einwanderungsgeschichte der Bödmerenfichte	81
3.7 Epiphytische und lignicole Flechten	94
3.8 Höhere Pilze	108
4 Synthese	122
4.1 Bemerkungen zur Zielsetzung	122
4.2 Aussagekraft der einzelnen Untersuchungen	122
4.3 Synthese der Ergebnisse	123
4.4 Überlagerte Karten	125
4.5 Urwald-Bereiche	129
5 Weitere Untersuchungen	132
5.1 Einleitung	132
5.2 Funde und Untersuchungen	132
6 Ausblick	134
7 Literatur	136
8 Anhang auf CD	

Dank

Allen, die zum Gelingen der Untersuchung „Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes“ beigetragen haben, danke ich ganz herzlich. Insbesondere dem Projektleiter Tobias Liechti vom Büro Burger+Stocker, Lenzburg, für die aufwendige Koordination aller Aktivitäten, für die Qualitätskontrolle der Teilbereiche und den umfassenden Schlussbericht.

Dank dem Kanton Schwyz und dem Oberforstamt, das die Untersuchung durch Einsatz seines Personals massgeblich unterstützt hat. Stefan Lienert für die Anregungen und die Auslösung der notwendigen finanziellen Mittel für das Vorprojekt.

Den folgenden Fachleuten und Verfasserinnen einzelner Unterkapitel möchte ich an dieser Stelle für ihren grossen Einsatz danken: Thomas Burger, Max Büchel, Urs Groner, Sandra Horat, W. O. van der Knaap, Nicolas Küffer, Thomas Lampart, Jacqueline F.N. van Leeuwen, Tobias Liechti, Andreas Rigling, Bernhard Roth, Josef Schelbert, Peter Schillinger, Beatrice Senn, Christoph Sperisen, Patrick Thee, Ester Torp.

Für fachliche Anregungen und die kritische Durchsicht einzelner oder mehrerer Kapitel danke ich besonders: Jürgen Bühl, Hans-Ulrich Frey, Stefan Lienert, Felix Lüscher, Daniel Mandallaz, Jean-François Matter.

Für die technische Unterstützung wird M. Kistler und Mitarbeiterinnen, swisstopo - Geodäsie, für die Ausleihe eines GPS-Geräts mit RDS-Empfänger gedankt.

Folgende Sponsoren haben die Finanzierung des Projektes sicher gestellt und es sei Ihnen für ihren finanziellen Beitrag ganz herzlich gedankt:

- Stiftung „AUREA BOREALIS“, Einsiedeln
- 245 Kunden der Firma „Reichmuth von Reding“, Seewen SZ. Jeder Geldgeber wurde mit einer Begehung im Urwald Bödmeren, unter Führung von Walter Kälin, belohnt. Idee zur Sammlung: Hanspeter Reichmuth, 6432 Rickenbach SZ.
- Eine „ungenannt sein“ wünschende Stiftung.

Walter Kälin

Die Verwirklichung dieses Projektes war nur dank dem unermüdlichen Einsatz und dem Glauben an die Sache von Walter Kälin möglich. Ohne ihn wäre es wohl kaum gelungen, das Projekt zum besseren Verständnis des Bödmerenwaldes zu realisieren und die Finanzen dafür zusammenzubringen. Ihm sei herzlich dafür gedankt.

Tobias Liechti

Vorwort

Im vorliegenden Bericht „Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes“ geht es um die Frage, wo und wie stark im Bödmerenwald Urwaldcharakter vorherrscht und wie weit der Bödmerenwald mit der Urwalddefinition von Leibundgut und Korpel übereinstimmt. Die Untersuchung wurde im ganzen Bödmerenwald durchgeführt, ohne Rücksicht auf sichtbare, stattgefundene menschliche Einflüsse. Die Resultate ergeben Klarheit (vgl. *Abbildung 4.5-2*).

Nördliche Region (Nutzwald-Bereich)

In der nördlichen Region, im Bereich der Prugelstrasse, 1971 erstellt, und der Stägenstrasse ist der Urwald seit ca. 40 Jahren verschwunden. Im Bereich des Alpweges Mittenwald-Bödmeralp geschah dies seit langer Zeit (Nutzwald-Bereich).

Menschliche Einflüsse, forstliche Eingriffe wie Durchforstungen und Verjüngungsschläge haben den Aufbau, die Struktur und die natürliche Entwicklung total verändert. Auf einer Fläche von ca. 107 ha ist kein Urwald mehr. Interessanterweise zeigen aber einige Charakteristiken, dass hier noch vor kurzer Zeit Urwald war.

Kernbereich

Im Zentrum des Untersuchungsgebietes ist ein breites Band Urwald, das praktisch unberührt die Jahrhunderte überdauert hat (Kern-Bereich).

Randbereiche

In den Randbereichen gegenüber den Alpgebieten sind Nutzungsspuren festzustellen (Rand-Bereich). Es handelt sich um Holzentnahmen für Brenn- und Hagh Holz, das von den Äplern herausgetragen wurde und in neuster Zeit wurden Käfernester mittels Helikopter entfernt. Eine industrielle Nutzung, wie Kahlschläge, systematische Durchforstung oder Spuren einer waldbaulichen Betriebsart gab es in diesen Waldgebieten nie. Die Rottenstruktur und die für den Bödmerenwald einmalige Textur mit verschiedenen Entwicklungsphasen (Jungwald-, Optimal-, Alters- und Zerfallsphase) und die sehr grosse Biodiversität blieb erhalten.

Damit sind die gemäss den Urwalddefinitionen wichtigsten Kriterien für echten Urwald absolut vorhanden. Die Einzel- „Nutzung“ der Bäume schmälern, als kleinflächige Eingriffe, den Urwaldcharakter nicht, wie dies Leibundgut in seiner Urwalddefinition ergänzend ausführt.

Verschiedene Aspekte

Der Mangel an Totholz wäre mit einer Reservierung rasch behoben. Käferbäume sind im Urwald ein Element der Zerfallsphase. Sie haben seit Jahrtausenden den natürlichen Lebenslauf des Waldes nicht gestört und müssen darum nicht entfernt werden.

Der Kernbereich und der Randbereich bilden zusammen eine Urwaldfläche von 265 ha.

Die vorliegende Untersuchung und die früheren Forschungen zeigen die sehr grosse Biodiversität und Unberührtheit des Urwaldes Bödmeren auf.

Pilze, die in der Schweiz nur im Bödmerenwald vorkommen oder in Europa sehr selten sind und sogar Pilze, die nur in entfernten Erdteilen gefunden wurden, weisen auf die Einmaligkeit des Bödmerenwaldes hin.

Das Binnenklima wurde nie beeinflusst, was durch die grosse Artenzahl der Flechten und das Vorkommen seltener Arten sowie der gegen 300 Moosarten bewiesen wird.

Die unterschiedlichsten Biotope, die mit ihren Pflanzengesellschaften intensiv wissenschaftlich untersucht worden sind, lassen mit 26 Hauptgesellschaften die mosaikartig verteilte und sehr artenreiche Flora aufleuchten. Weitere Untersuchungen, wie über die Vögel, Schnecken und Mäuse zeigen die Vielfalt.

Das Alter des Bödmerenwaldes, mit einem Durchschnittsalter von 183 Jahren und Bäumen bis zum Alter von 500 Jahren, lässt erkennen, dass in diesem Wald keine grossflächige Holznutzung gemacht wurde. Der Boden im Urwald ist intakt, weil er nur punktuell durch Bewirtschaftung beeinflusst worden ist. Eine Beweidung ist im Kernbereich nicht nachgewiesen und eine unmittelbare Störung durch Überhegen von Wild ist nicht feststellbar.

Die genetischen Untersuchungen an der Bödmerenfichte zeigen, dass sich die Einwanderungsgeschichte der Bödmerenfichte von derjenigen der Fichten in der übrigen Schweiz unterscheidet. Die Bödmerenfichte stellt somit eine besondere genetische Ressource dar, welche den Bödmerenwald besonders wertvoll macht.

Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt das vorliegende interdisziplinäre Forschungsprojekt folgende Ergebnisse:

1. Der Urwald in den Bödmeren ist ein primärer, echter Urwald, d.h. ein Wald ohne menschliche Einflüsse in Vergangenheit und Gegenwart, wie er in Europa nur selten vorkommt.
2. Die ausserordentliche Biodiversität dieses Urwaldes ist durch die Untersuchung bestätigt und wesentlich erweitert worden.
3. Die Forschung zeigt, in welcher kurzer Zeit eine in Jahrtausenden entstandene, einzigartige Lebensgemeinschaft unrettbar verändert werden kann.

Nach wie vor ist der Bödmerenwald, mit Ausnahme des nördlichen genutzten Teiles, der grösste Gebirgsfichten-Urwald in Europa, dessen vollständiger Schutz angestrebt werden muss.

p.s.

Das 2001 vorgeschlagene und leider abgelehnte Reservat umfasste den ganzen Bödmerenwald, incl. den genutzten nördlichen Teil und die unbestockte Gebiete im Süden, dies zur Schaffung eines Forschungsprojektes, um einerseits die Wiederentstehung, d.h. die Entwicklung eines Urwaldes von Beginn bis zum Klimawald beobachten und erforschen zu können.

Walter Kälin, 25.10.2005

1 Einführung

TOBIAS LIECHTI

1.1 Ausgangslage

Der Bödmerenwald gilt wegen seiner Lage, Ausdehnung, Ursprünglichkeit und Standortbedingungen als einmalig und wertvoll. Die Frage nach der Ursprünglichkeit wird jedoch kontrovers diskutiert und wurde noch nie grossflächig und interdisziplinär untersucht.

In der Literatur (z. B. KORPEL 1995) werden europäische Urwälder beschrieben. Es ist uns aber kein Projekt bekannt, in dem es um die Urwaldfeststellung ging. Meistens wurden die heute in Europa als Urwälder deklarierten Wälder von Experten als solche erkannt. Es gibt keine allgemein anerkannten Messgrössen für die Ursprünglichkeit eines Waldes.

1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Forschungsprojektes ist es, den Urwaldcharakter des Bödmerenwaldes zu beschreiben und zu beurteilen:

- ♦ Wo und wie stark herrscht im Bödmerenwald Urwaldcharakter vor?
- ♦ Vergleich des Bödmerenwaldes mit den Urwalddefinitionen von Leibundgut und Korpel, anhand von Merkmalen, die für Urwälder charakteristisch sind.

Es gibt offensichtlich Nutzungsspuren im Untersuchungsperimeter. Folglich kann nicht der ganze Bödmerenwald als unberührter Urwald gelten. Vielmehr gilt es herauszufinden, ob es Waldteile gibt, die noch weit gehend unberührt sind und als Urwaldreste gelten können.

1.3 Urwalddefinitionen

Folgende zwei Urwalddefinitionen werden im vorliegenden Projekt als Vergleichsbasis verwendet:

„Ein durch menschliche Einflüsse weder mittelbar noch unmittelbar in seinem Aufbau und Lebenslauf veränderten Wald. Örtlich erkennbare, kleinflächige Eingriffe und Einwirkungen durch Hirten, Jäger oder kriegerische Ereignisse, welche die Struktur und den Lebenslauf des Waldes nicht verändert haben, schliessen den Urwaldbegriff ebenso wenig aus, wie durch Blitzschlag, Windwurf, Insekten oder Pilze entstandene Schäden“ (LEIBUNDGUT 1978, S. 683).

„Unter einem Urwald versteht man eine Waldgemeinschaft, deren Zusammensetzung, Aufbau, Wachstum und andere Lebensprozesse durch Eigenschaften der Umwelt, vor allem des Klimas, bedingt sind. Der Urwald ist ein ökologisch stabilisierter Wald mit konsolidierten, dynamisch ausgewogenen Beziehungen zwischen Klima, Boden, Organismen, und bewahrt vor solchen menschlichen Einflüssen, die die Gesetzmässigkeiten der Lebensprozesse und die Struktur der Bestandesgebilde ändern würden“ (KORPEL 1995, S. 4).

Die Urwalddefinition und die charakteristischen Urwaldmerkmale aus KORPEL 1995 wurden für die Erarbeitung des Vorprojektes verwendet. Die Urwalddefinition von LEIBUNDGUT 1978 wurde vor allem für die Bewertung der Ergebnisse benutzt.

Im sog. Projektierungsprojekt (BURGER+STOCKER 2003) wurden verschiedene Urwaldmerkmale für ihre Eignung für den Bödmerenwald geprüft. *Tabelle 1.3-1* zeigt die für die vorliegende Untersuchung ausgewählten Merkmale.

Tabelle 1.3-1: Ausgewählte Merkmale als Indikator für den Urwaldcharakter im Bödmerenwald.

Merkmal	Methode	Bemerkung
Altersdifferenzierung der Bäume	Bohrkernentnahme und auszählen der Jahrringe	In einem Urwald findet die Verjüngung stetig statt, ausser nach Stürmen o.ä. Dies führt zu einer grossen Altersstreuung zwischen den einzelnen Bäumen auf kleiner Fläche.
Maximal- und Durchschnittsalter	Bohrkernentnahme und auszählen der Jahrringe	In einem Urwald erreichen die Bäume ihr physiologisches Alter und werden nicht vorzeitig geerntet. Das erreichbare Baumalter ist jedoch neben der Nutzung auch vom Standort und von Naturereignissen abhängig.
Totholz	Vermessen von Totholz bei Stichproben; Vergleich mit Vorrat	Bei der Totholzbeurteilung ist nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Totholzes (Abbaugrad) wichtig. Stürme und Käfer können auch im Wirtschaftswald schnell zu grossen Totholzmengen führen.
Konstanter Vorrat über grössere Flächen	Auswertung der Stichprobeninventuren	In einem Urwald im Klimaxstadium bleiben die Vorräte über grössere Flächen konstant. Dies gilt nicht für Wälder, die sich in einer Sukzession durch Bodenbildung etc. befinden. Hier nehmen die Vorräte in der Regel zu.
Fehlen von Nutzungsspuren	Suchen von Strünken mit Schnittflächen auf Stichprobenflächen	Strünke mit Schnittflächen sind das offensichtlichste Zeichen für Holznutzung.
Nutzungsgeschichte	Interview mit Altförster; sichten von forstlichen Archivdaten	Grössere Nutzungen sprechen gegen einen Urwald. Wichtig ist dabei die genaue Lokalisierung und Quantifizierung der Nutzung.
Autochthones Erbgut	DNS-Analyse von Mitochondrien, die aus den Nadeln gewonnen werden; Vergleich mit altem Erbgut	In einem Urwald wurde nie gepflanzt und die Bäume sollten ein autochthones Erbgut haben.
Pollenanalyse	Auszählen von Pollen aus einem Moorbohrkern.	Anhand der Pollen kann die Vegetations- und Nutzungsgeschichte (Einwanderung der Bäume, weideanzeigende Pflanzen etc.) rekonstruiert werden.
Indikatorarten für Waldkontinuität	Suchen von ausgewählten Indikatorarten auf Stichprobenflächen	Ausgewählte Flechten- und Pilzarten, die auf lange Kontinuität des Waldes angewiesen sind.
Verjüngung auf Holz	Verjüngungsstandort	In einem subalpinen Fichtenwald spielt die Verjüngung auf Totholz eine wichtige Rolle. Der Verjüngungsort kann Hinweise auf die Natürlichkeit des Waldes geben. (wurde nicht weiter behandelt.)

1.4 Vorgehen

Für die Planung, Partnersuche und Mittelbeschaffung wurde ein sog. Projektierungsprojekt durchgeführt (BURGER+STOCKER 2003). Darin wurden die Ziele festgelegt, Urwaldmerkmale beschrieben, Grundlagen zum Bödmerenwald besprochen und 10 Untersuchungen vorgeschlagen.

Das Umsetzungsprojekt, dessen Schlussbericht hier vorliegt, gliedert sich in 5 Phasen:

1. Phase: Methoden im Detail ausarbeiten, Feldarbeiten planen
2. Phase: Feldaufnahmen
3. Phase: Auswertung und Bericht Teiluntersuchung
4. Phase: Bewertung und Synthese über alle Teiluntersuchungen
5. Phase: Durchsicht von Fachexperten, Überarbeitung

Je nach Teilprojekt lag die volle Verantwortung für die Umsetzung von Phase 1, 2 und 3 bei den einzelnen Fachspezialisten (Flechten, Pilze, Genetik, Paläoökologie) oder die Arbeiten wurden im Team geleistet (Totholz, Vorrat, Nutzung, Altersuntersuchung).

Die Zusammenstellung und Redaktion des Gesamtberichtes, sowie die Bewertung und Synthese hat die Projektleitung durchgeführt.

Der Schlussbericht wurde verschiedenen Experten und Kenner des Bödmerenwaldes zur Durchsicht vorgelegt und anschliessend überarbeitet.

Phase	Früh. 04	Som. 04	Herb. 04	Win. 05	Früh. 05	Som. 05
1. Detailplanung, Methode						
2. Feldaufnahmen						
3. Erstellen Teilberichte						
4. Synthese aller Teilberichte						
5. Durchsicht, Überarbeitung						

Abbildung 1-4.1: Zeitlicher Ablauf des Projektes.

1.5 Projektorganisation

Die Arbeiten wurden mit pauschalen Verträgen zwischen der Stiftung und den Auftragnehmern vergeben.

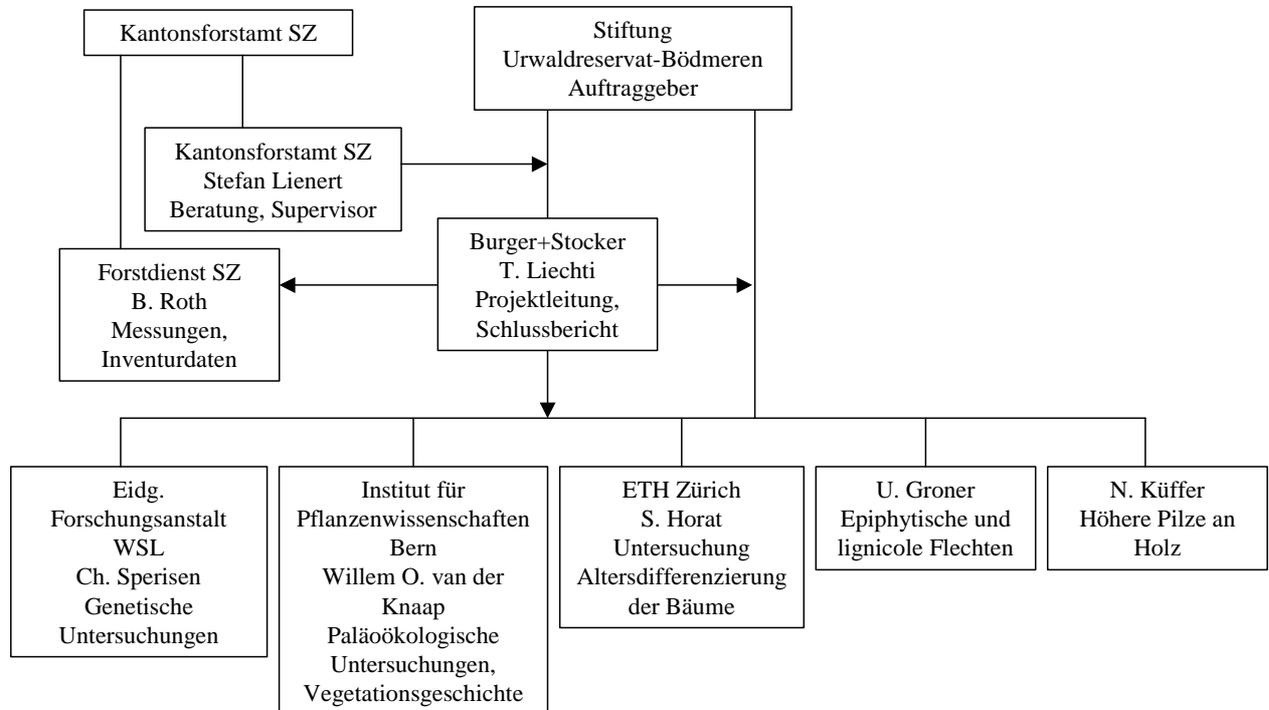


Abbildung 1-5.1: Organigramm der Projektorganisation.

Tabelle 1.5-2: Rolle der Projektmitarbeiter.

Rolle	Personen	Aufgabe
Auftraggeber	Walter Kälin	Vertreter des Projektes gegenüber der Stiftung und gegenüber Sponsoren, Qualitätskontrolle auf Auftragsseite, fachlicher Input zur Nutzungsgeschichte.
Supervisor	Dr. Stefan Lienert	Vertreter der Kantonsinteressen, Ansprechpartner bei Konflikten oder Problemen.
Projektleitung	Tobias Liechi	Koordination aller Aktivitäten, Qualitätskontrolle der Teilberichte, Zusammenstellung Schlussbericht, Synthese.
Qualitätssicherung	Thomas Burger	Unterstützung und Kontrolle der Projektleitung, Burger+Stocker intern.
Lektoren	Dr. Stefan Lienert Dr. Jean-François Matter Dr. Hans-Ulrich Frey Dr. Felix Lüscher	Fachliche Vernehmlassung des Schlussberichtes.

Rolle	Personen	Aufgabe
Fachspezialisten (Verantwortliche)	Sandra Horat	Altersuntersuchung
	Dr. Christoph Sperisen	Genetische Analyse
	Dr. W. O. van der Knaap	Vegetationsgeschichte, Paläoökologie
	Nicolas Küffer	Höhere Pilze
	Dr. Urs Groner	Epiphytische und lignicole Flechten
	Bernhard Roth	Feldaufnahmen Totholz, Verjüngung, Auswertung Inventur
	Tobias Liechti	Auswertung Nutzung und Totholz, Untersuchungsgebiet, Altersuntersuchung
Weitere involvierte Fachspezialisten	Patrick Thee	Luftbildauswertung, Beratung
	PD Dr. Beatrice Senn	Höhere Pilze, Pilzaufnahmen und Auswertung
	Dr. Andreas Rigling	Dendrochronologie, Beratung
	Jacqueline F.N. van Leeuwen	Pollenauswertung
	Ester Torp	Laboranalysen Genetik
	Thomas Lampart	Laboranalysen Genetik
	Max Büchel	Revierförster
	Josef Schelbert	Alt Revierförster Bödmerenwald, Informationen
	Jürgen Bühl	Transektmethode Totholz, Beratung
	Daniel Mandallaz	Statistische Beratung
	Peter Schillinger	Schiwa Forest GmbH, Feldaufnahmen Totholz etc.
		u.a.

2 Untersuchungsgebiet

TOBIAS LIECHTI

Zusammenfassung

Der Bödmerenwald ist ein abgelegener subalpiner Fichtenwald in den nördlichen Kalkalpen im Muotathal, Kanton Schwyz. Die Niederschläge im Gebiet sind mit 2'500 mm pro Jahr sehr hoch. Kennzeichnend für das Gebiet sind die durch Brüche und Karren stark gegliederte Topografie. Der Tongehalt des Ausgangsgesteins und die Exposition und Lage der Kleinstandorte sind die entscheidenden Grössen für die Vegetation. Das Gebiet ist hauptsächlich mit Fichten bestockt. Auf Kuppen und flachgründigen Plateaus wachsen auch Bergföhren und in Mulden Moorbirken. Im Jahre 1971 wurde ein Waldreservat von 4,8 ha ausgeschieden, dass 1983 auf 70 ha erweitert wurde.

2.1 Lage und Abgrenzung

2.1.1 Lage

Untersucht wird der eigentliche Bödmerenwald, so wie er auf *Abbildung 2-1.2* abgegrenzt wurde. Dieser liegt im Einzugsgebiet des Starzlenbaches im Muotathal im Kanton Schwyz unterhalb der Höhen des Pragelpasses und der Silberen. Der südliche Teil entwässert Richtung Bisistal. Der bewaldete Hauptteil des untersuchten Gebietes liegt zwischen 1'400 und 1'500 m über Meer. Einige kaum bewaldete Teile wie das Roggenstöckli sind höher als 1'600 m ü. M. (Gipfel Roggenstöckli 1'702 m ü. M.).

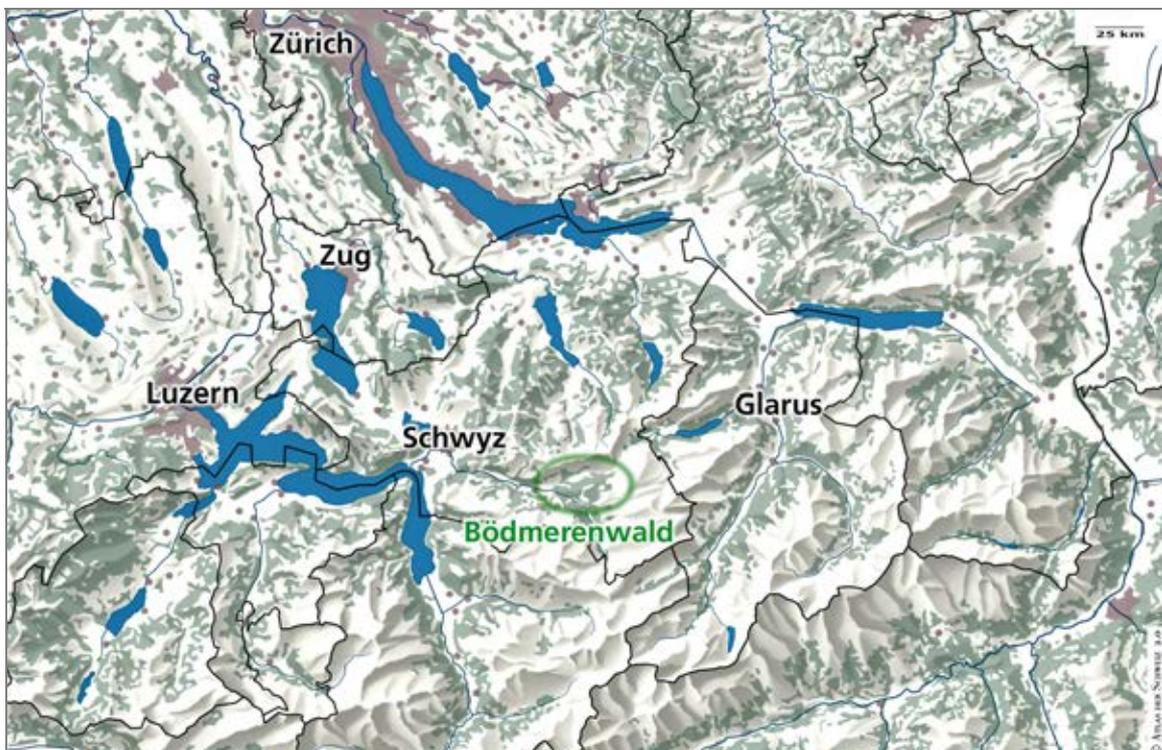


Abbildung 2.1-1: Lage des Bödmerenwaldes im Kanton Schwyz.

2.1.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Der Projektperimeter, der sog. „Bödmerenwald“, wurde nach folgenden, in ihrer Priorität abnehmenden Kriterien festgelegt:

1. Grenze zum stark beweideten oder genutzten Wald (Nord- und Westgrenze)
2. Waldgrenze zum umliegenden Alpgebiet (Süd-West-Grenze)
3. Grenze von ungestörten Waldsukzessionsflächen zum Weideland (Süd-Ost-Grenze)
4. Spezialfall Roggenstöckli (Flachmoor, spezieller geologischer Untergrund), das naturkundlich von grossem Interesse ist.

Die Detailuntersuchungen zu den unterschiedlichen Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes wurden wenn möglich auf dem vorhandenen Probeflächennetz (vgl. *Abbildung 2.1-3*) ausgeführt. Die Teilgebiete 3 (Roggenstöckli) und 7 (Äbнемatt) wurden daher wenig oder nicht bearbeitet. Sie sind auch kaum bestockt bzw. es handelt sich um einen Spezialfall (Roggenstöckli).

2.1.3 Abgrenzung der Teilgebiete

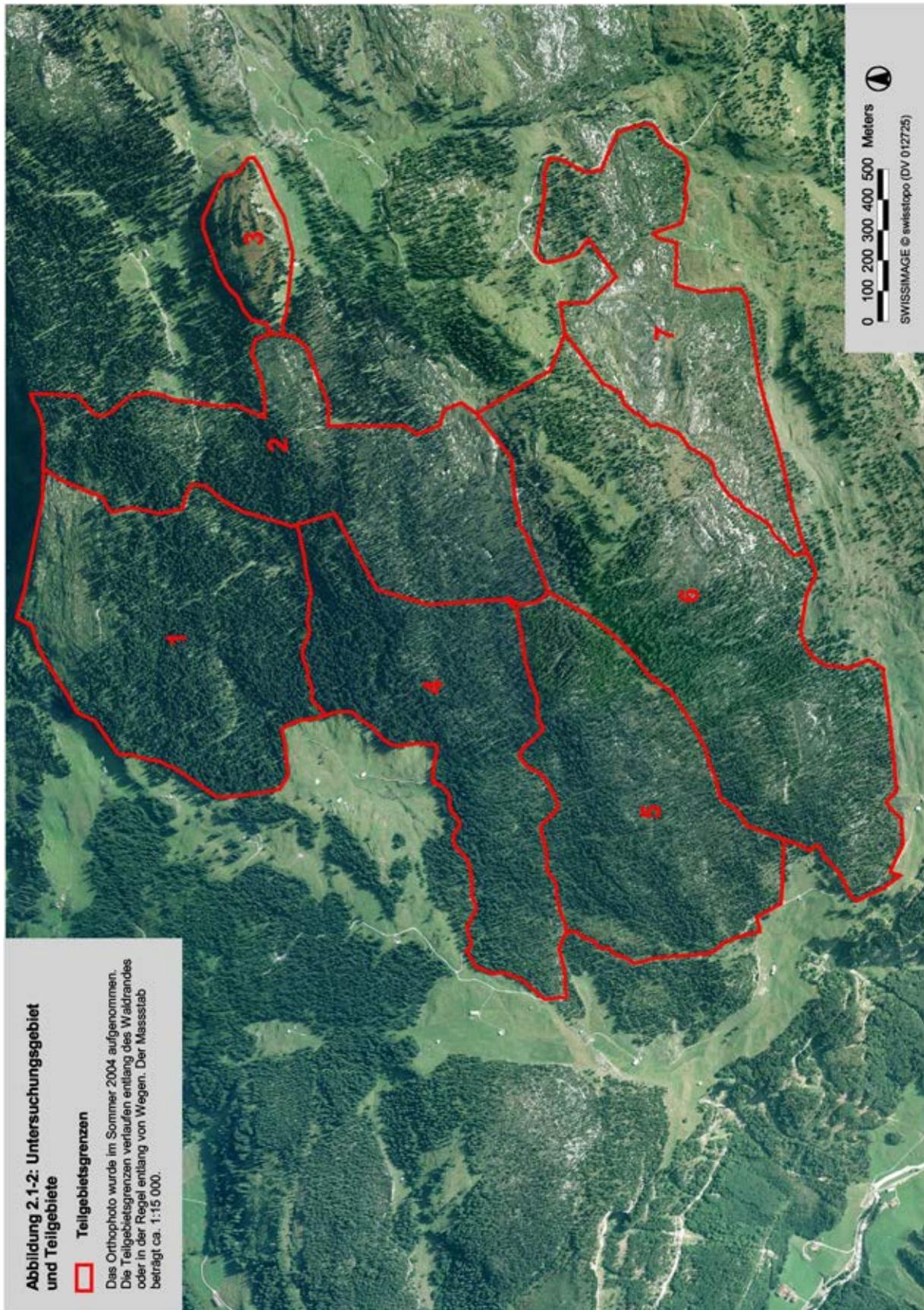
Zur besseren Handhabung und als Auswertungseinheit wurde das Untersuchungsgebiet in sieben ähnlich grosse Teilgebiete nach folgenden Kriterien aufgeteilt:

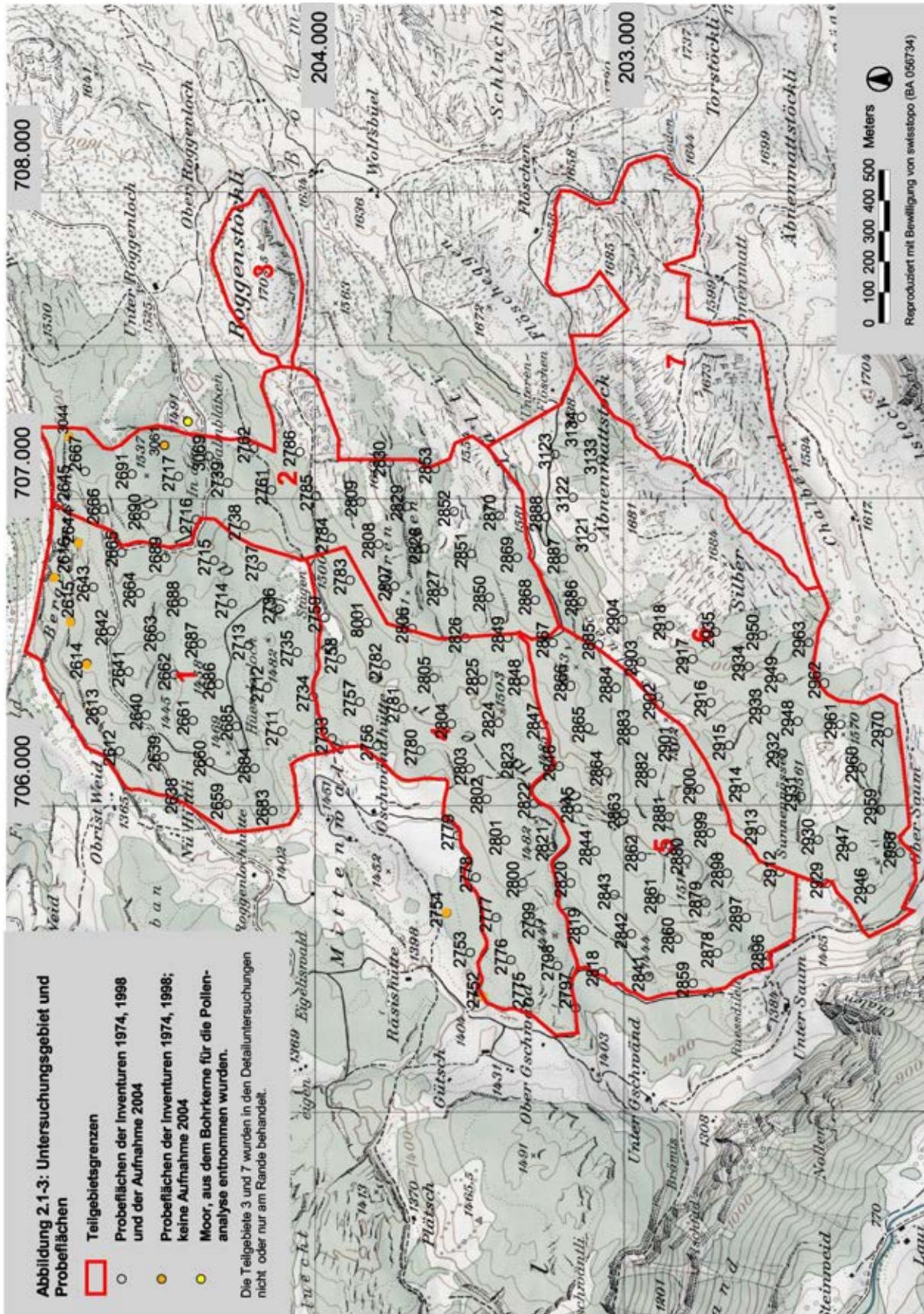
1. Nutzungsgrenzen (Reservat und Abgrenzung zum umgebenden Weideland)
2. Topgrafisch klar abgesetzte eigene Einheit (Roggenstöckli)
3. Wege / Strassen

Tabelle 2.1-1: Beschreibung und Fläche der Teilgebiete.

Teilgebiet	Fläche in ha	Davon Wald mit mind. Deckungsgrad 0.2	Beschreibung
Teilgebiet 1	72.6	70.2¹	Relativ wüchsiger Fichtenwald mit grosser geräumter Windwurffläche.
Teilgebiet 2	69.0	62.2	Ausgeschiedenes Reservat mit Fichtenwäldern und Föhren-Birkenwälder.
Teilgebiet 3	10.7	4.7	Roggenstöckli mit spezieller Lage und Geologie. Wurde nur bei der Totholzanalyse untersucht.
Teilgebiet 4	59.6	58.2	Mässig wüchsiger, alpnahe Fichtenwald.
Teilgebiet 5	62.2	61.6	Schlecht wüchsige und schlecht zugängliche Fichten und Föhren-Birkenwälder.
Teilgebiet 6	103.0	78.7	Schlechtwüchsige und schlecht zugängliche Fichten und Föhren-Birkenwälder.
Teilgebiet 7	49.7	13.5	Kaum bestockte Karstfläche, Waldsukzessionsflächen. Wurde nur bei der Totholzanalyse untersucht.
alle Teilgebiete	426.9	349.1	

¹ In diesem Wert ist die 13.2 ha grosse geräumte Sturmfläche mitenthalten.





2.2 Naturräumliche Grundlagen

2.2.1 Klima (nach BERTRAM 1994)

Charakteristisch für den nach Westen offenen Bödmerenwald sind die über das ganze Jahr verteilten hohen Niederschlagsmengen mit Maximum im Sommer und die extremen täglichen Temperaturschwankungen.

Niederschläge

Das Bödmerenwaldgebiet zählt mit über **2500 mm Niederschlag** zu den niederschlagsreichsten Gegenden der Schweiz. Im „Flöschenegg“ (1'653 m ü. M., 708.044/203.383) betragen sie im Jahresdurchschnitt gemäss einer 4-jährigen Messreihe der Arbeitsgemeinschaft Höllochforschung 2'600 mm (In: VON GRAEFE 1992). Die Niederschläge sind regelmässig über das Jahr verteilt mit einem Maximum zwischen Juni und August. Aus Sicht Niederschläge herrscht im Bödmerenwald ein ozeanisches Klima (BERTRAM 1994).

Ein grosser Anteil der Niederschläge fällt als **Schnee**, der im Frühling lange liegen bleibt. Auch im Juli kann noch Schnee fallen. In Mulden und Dolinen bleibt der Schnee fast das ganze Jahr liegen.

Die karrenreichen Böden in den Bödmeren entwässern unterirdisch in das grosse Höhlensystem des Höllochs (190 km ausgemessen) und trocknen daher sehr schnell aus. Es gibt keine Fliessgewässer und kaum Quellen. Nur in lehmreichen Mulden finden sich kleine Moore und ausgedehnte Hochstaudenfluren.

Temperatur und Wind

Das regionale Klima ist ozeanisch. Die **mittlere Temperatur beträgt +5,7°C**, die Monatsmittelwerte liegen bei -2°C bis -5°C im Januar und $+10^{\circ}\text{C}$ bis $+15^{\circ}\text{C}$ im Juli. Die kurze **Vegetationszeit** dauert von Mitte Juni bis Ende September. Die Temperaturunterschiede während eines Tages können sehr gross sein. Extreme Temperaturen finden sich insbesondere auf den verkarsteten Plateaus mit hoher sommerlicher Ein- und Ausstrahlung und in abflusslosen Dolinen-Becken, in denen sich während des ganzen Jahres Kaltluftseen bilden können.

Im Gebiet herrschen **Westwinde** vor (BERTRAM 1994, FREY & BICHSEL 2001).

2.2.2 Geologie (nach HANTKE 1995)

Geologie

Das Gebiet gehört zu den nördlichen Kalkalpen und ist aus Helvetischen Decken aufgebaut. Im **tektonisch** komplizierten Gebiet tritt die Obere Silberer-Schuppe, die höchste Zweigdecke der Axen-Decke, an die Oberfläche. Bei der Platznahme der Helvetischen Decken wurden sie verbogen und durch die darüber gleitende Druesberg-Decke in Längs- und Querbrüche zerschert. Von der Drusberg-Decke ist das Roggenstöckli als Klippe ausgebildet. Diese Vorgänge spielten sich am Übergang vom Miozän zum Pliozän vor gut 5 Millionen Jahren ab.

Stratigraphisch bestehen die Schichten aus Kreide-Sedimenten, hauptsächlich aus verschiedenen Kalksteinen. Auf der *Abbildung 2.2-1* sind die wichtigsten Gesteinsschichten eingezeichnet.

Wohl die auffälligste Erscheinung im Bödmerenwald bilden die zahllosen **Karrenspalten**, **Karrensclote** und eingebrochenen **Dolinen**. Ihre Entstehung ist durch die Tektonik vorgezeichnet; sie sind somit vor den Eiszeiten entstanden. Die nacheiszeitlichen Eintiefungen beschränkten sich an der Karstoberfläche auf die Bildung von Rinnenkarren mit Tiefen von 10 bis 50 cm.

An der Basis des Oberen Schrattenkalkes und im Seewer Kalk haben sich im Gebiet durch Ausbrechen von Gesteinen mehrere **Balmen** (Gesteinsnische oder Höhle unter einer überhängenden Wand) gebildet, wie z.B. westlich der Balmplätzen, nördlich der Prangelstrasse. Das Gebiet der Bödmeren ist von einem verästelten **Höhlsystem** durchsetzt.

Eine Eigenart des Bödmerenwaldgebiet bilden die **abflusslosen Becken**. Sie erscheinen als Tälchen oder längliche Senken, was ihre tektonische Entstehung unterstreicht. Sie wurden glazial überprägt, doch kommt dieser Überprägung bei der Bildung nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Frost, Gletschereis und lösendes Wasser haben zur Vertiefung und Ausweitung der Tälchen beigetragen.

Durch Aufschieben und Schrägstellen von Schichten sind **Sackungen** entstanden. Solche Sackungen findet man auf der Nord- und auf der Südseite des Fureneggen, südlich von Stägen und südlich der Schluecht. Auf der Nord-West-Seite des Fureneggen haben sich offene **Klüfte** gebildet.

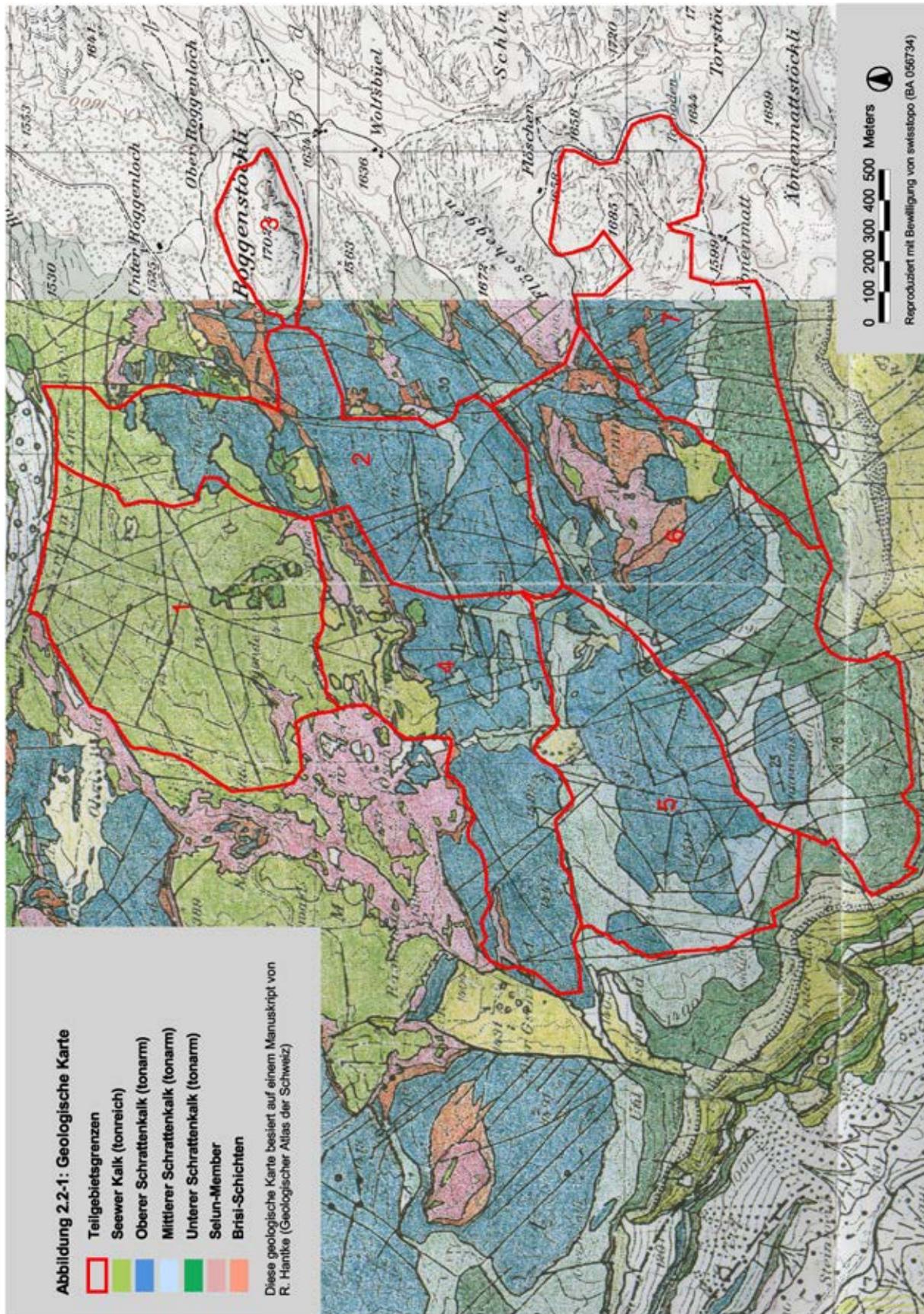
Das Gebiet besteht folglich aus mehreren Decken der helvetischen Decke, die aus verschiedenen Kalksteinen aufgebaut sind. Insbesondere die Karren und abflusslosen Becken sind charakteristisch für den Bödmerenwald.

Topografie und Bodenbildung

Abhängig von der geologischen Vielfalt ist auch die topographische Gestalt des Gebietes. Steil aufsteigende Felswände wechseln mit nur mässig geneigten Plateaulagen ab. Diese ausgeprägte Topografie verursacht kleinräumige Klimaunterschiede, die sich stark auf das Pflanzenwachstum auswirken und ein äusserst vielfältiges Vegetationsbild verursachen.

Auch wirken sich die vielfältigen geologischen Verhältnisse mit ihren stark unterschiedlichen Gesteinseigenschaften besonders stark auf die Bodenbildung aus. Entscheidend ist dabei vor allem der Tongehalt des Gesteins. So sind die Böden auf dem tonreichen Seewer Kalken vor allem im wüchsigen Teilgebiet 1 zu finden. Die tonarmen Böden auf den Oberen Schrattenkalken findet man verbreitet im Teilgebiet 5 und im Südteil des Reservates.

Zusammenfassend wird die Vielfalt der Kleinstandorte einerseits durch die extremen Reliefunterschiede, andererseits durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Kalkgesteine verursacht. Akzentuiert werden die Auswirkungen der Kleinstandorte und des Mikroklimas auf die Vegetation durch die Kälte und die lange Schneebedeckung im Gebiet (FREY & BICHSEL 2001).



2.2.3 Flora und Vegetation

Höhenstufen und Waldgesellschaften

Der Bödmerenwald liegt hauptsächlich in der subalpinen Stufe. Nur sehr vereinzelt an besonders wärmebegünstigten Steilhängen auf karbonathaltigem Untergrund finden sich letzte Vorposten der obermontanen Tannen-Buchenwälder.

Auf den tiefgründigen Böden der subalpinen Stufe dominieren Fichtenbestände, die im Gegensatz zur hochmontanen Tannen-Fichtenstufe rottig strukturiert sind. Der Wald besteht aus kleinen Gruppen, Rotten und Einzelbäumen, die bevorzugt auf nicht zu trockenen Kuppen und um alte Strünke wachsen. Diese werden von hochstauden- bzw. heidelbeerreichen Blössen umgeben. Gegen die natürliche Waldgrenze hin werden diese Flächen immer grösser und gehen in Alpmatten und Karrenfelder über.

Bereits auf 1750 m ü. M. ist die Wärmemenge für ein Baumwachstum auf grösseren Flächen zu gering. An besonders kalten Lagen ist die natürliche Waldgrenze schon weiter unten erreicht. So entsteht in der abflusslosen „Schluecht“ auf 1500 m ü. M. regelmässig ein Kältesee, der lediglich der Moorbirke und einigen Weidearten ein kümmerliches Aufkommen erlaubt.

Im Bereich der anstehenden Schrattenkalkplatten namentlich in Südexpositionen sowie auf äusserst flachgründigen Felskuppen finden sich Bestände mit aufrechter bzw. liegender Bergföhre. Das äusserst tonarme verwitternde Gestein verunmöglicht eine Ausbildung gründiger und wasserspeichernder Böden. Trotz der sehr hohen Niederschläge wird hier die periodische Trockenheit zum limitierenden Faktor für anspruchsvollere Baumarten (FREY & BICHSEL 2001).

Flora

Die Flora ist charakteristisch für die nördlichen Kalkalpen mit einer grossen Vielfalt an Kalk zeigenden Arten und Hochstauden. Säurezeigende Arten finden sich vorwiegend auf ausgelaugten Kuppen, Kreten und Hängen, vor allem auf harten Kalken.

Als bestandesbildende Baumart tritt praktisch nur die Fichte (*Picea abies*) auf. Auf günstigen Standorten sind vereinzelt Bergahorne (*Acer pseudoplatanus*) beigemischt, auf extremen Standorten der Karstplateaus sind meist nur strauchhohe Moorbirken (*Betula pubescens*) vorhanden. Auf exponierten Felsgräten und Kuppen wachsen Aufrechte Bergföhren (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*). Auffallend ist das beinahe vollständige Fehlen von Weisstanne (*Abies alba*) und Buche (*Fagus sylvatica*) (FREY & BICHSEL 2001).

In den Waldlücken und Dolinen gedeihen recht ausgedehnte und üppige Hochstaudenfluren mit Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*), Grauem Alpendost (*Adenostyles alliariae*) und grossem Farnreichtum. Eine ausführliche Beschreibungen der Flora des Bödmerenwaldes und der anschliessenden Karstlandschaften finden sich in SUTTER & BETTSCHART 1982; BETTSCHART 1990.

Hans-Ulrich Frey und Markus Bichsel haben Kleinstandortstypen für den Bödmerenwald entwickelt und eine minuziöse Streifenkartierungen im Reservat (Teilgebiet 2) durchgeführt. Sie haben nahezu 40 verschiedene Kleinstandortstypen ausgeschieden, die sie in 9 Vegetationskomplexe zusammenfassen konnten. Zudem haben sie 65 kreisförmige, systematisch verteilte Dauerbeobachtungsflächen von 3.14 m² Fläche eingerichtet (FREY & BICHSEL 2001). In *Tabelle 2.2-1* sind die Kleinstandortstypen mit quantitativen Angaben zusammengestellt.

Tabelle 2.2-1: Vegetationstypen im Teilgebiet 2 (Reservat) (FREY & BICHSEL 2001).

Vegetationstyp	%-Anteile ¹	Bemerkung
Zwergstrauchvegetation	27.3	S-Teil des Reservates
Rhododendron ferrugineum - Bergföhrentyp	1.2	in Gratlagen
Erica carnea - Felsentyp	4.1	südexponierte, warme Hanglagen
Calluna - Zwergstrauchtyp	3.4	exponierte Kuppen
Vaccinium myrtillus - Zwergstrauchtyp	13.2	mässig südexponiert, eher tiefgründig
Vaccinium gaultherioides - Zwergstrauchtyp	5.4	flache Kuppen
Offene Humusflächen	2.1	
Rohhumus - Typ	0.1	rein organisch
Xeromoder - Typ	0.2	trockene Nadelstreu
Rohhumus - Pioniermoos - Typ	1.8	degradierte Stadien ehemaliger Veg.
Bodensaure Rasenvegetation	14.6	
Molinia - Rasentyp	4.9	Zwischen Zwergstrauchbeständen
Gras - Vaccinium myrtillus - Typ	8.0	flache, leicht verkarstet Stellen
Ausbildung mit Calamagrostis villosa	1.7	eher tiefgründige, humose Böden
Fichtenwaldvegetation	19.6	Hauptsächlich N-Teil des Reservates
Vaccinium myrtillus - Oxalis - Fichtenwaldtyp	6.9	kühl-frische Standorte
Ausbildung mit Hylocomium umbratum	<0.1	
Ausbildung über Felskante	1.1	über kleinen Felsbänder
moosige Ausbildung	0.6	
Ausbildung mit Plagiothecium undulatum	0.1	eher trocken
Dryopteris dilatata - Fichtenwaldtyp	3.8	frische Hang- und Gratlagen
kahle Ausbildung ohne Moose	1.3	
Arthyrium distentifolium - Farnflurtyp	3.9	mässig durchlässige Mulden
Prenanthes purpurea - Fichtenwaldtyp	1.9	unter grossem Fichtenschirm
Schlagvegetation	2.1	
Rubus idaeus - Schlagflurtyp	2.1	An Strassenböschungen
Felsfluren, trockene Karst- und Schuttvegetation	9.1	
Erinus alpinus - Felsentyp	<0.1	südexponierte Felsbänder
flache Ausbildung	0.2	
trockener Karrenfeldtyp	7.8	mässig geeigneten trocken-warme Karren
Cardus defloratus - Kalkschutt-Typ	1.1	südexponierter Kalkschutt
schattig-feuchter Orthothecium rufescens - Felsentyp	<0.1	nordexponiert schattig, dunkel
Kalk-Rasenvegetation	7.2	
Calamagrostis varia - Rasentyp	1.2	feinerereich, südexponiert
Weide - Ausbildung	<0.1	
Dryas - Felsenkuppentyp	0.5	treppige Felsenköpfe, eher südexponiert
Sesleria - Rasentyp	1.0	steile, treppige Felsenhänge
Carex ferruginea - Sesleria - Rasentyp	3.4	flacher Nordhang auf Schrattekalk
Carex ferruginea - Crepis paludosa - Rasentyp	1.1	tonig, tiefgründig, auf Betlis-Kalk
Feucht-schattige Karstvegetation	11.0	
Ctenidium - Hypericum maculatum - Karrentyp	5.0	schattige Karrenfelsen
Ctenidium - Polystichum - Karrentyp	6.0	schattige, extreme Karrenfelsen
Ausbildung in Dolinen	<0.1	
Hochstaudenvegetation	4.5	
Lamium montanum - Chaerophyllum hirsutum - Staudentyp	1.5	schattige Karrenfelsen, tonreich
Cicerbita - Adenostyles alliariae - Hochstaudentyp	3.0	nährstoffreiche, schattige Mulden
Sumpf- und Moorvegetation	1.4	
Caltha - Sumpftyp	1.2	vernässte, wasserzügige Mulden
Carex canescens - Moortyp	0.2	mit stehendem saurem Wasser

¹Gemäss Stichprobenaufnahmen n=65, wobei 1.1% auf Strassen fallen

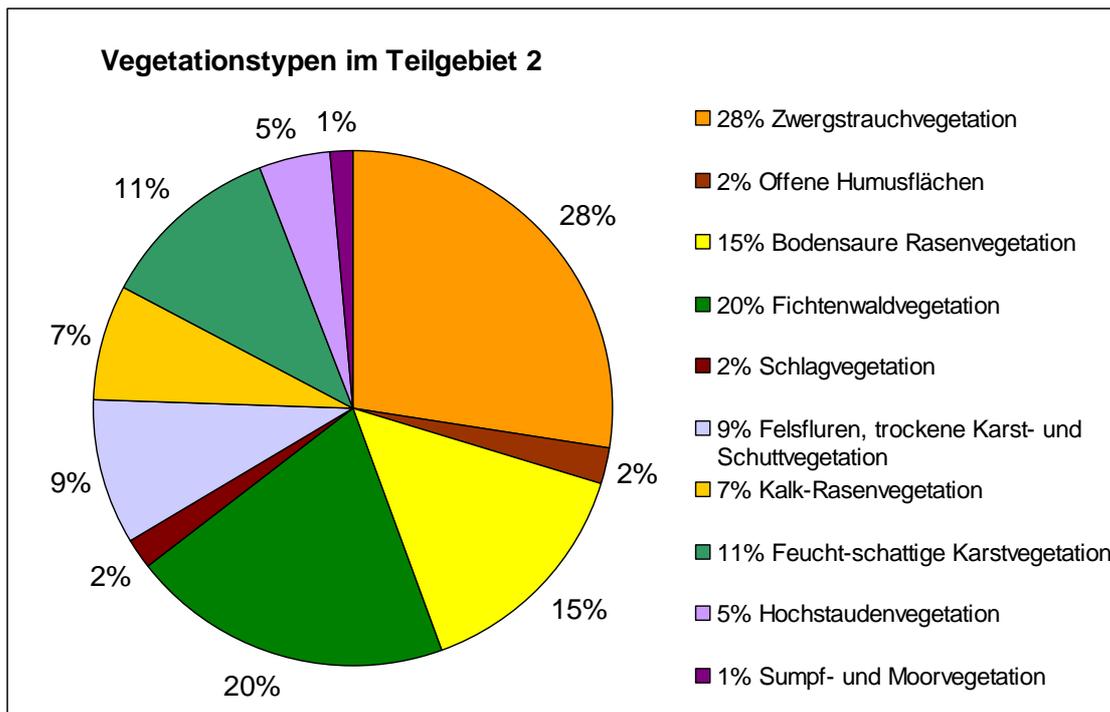


Abbildung 2.2-2: Anteile der Vegetationstypen im Teilgebiet 2 (FREY & BICHSEL 2001).

2.2.4 Boden, Vegetations- und Nutzungsgeschichte

Bodenbildung und Vegetation

In den Kaltzeiten des Eiszeitalters wie schon in den Kühlzeiten des ausgehenden Tertiärzeit verfirnte das Gebiet der Silberer und Twärenen. Ein Eispanzer bedeckte das Areal des heutigen Bödmerenwaldes mehrmals. In die Zeit des Vorstosses und des Abschmelzens der Gletscher fällt die jüngste Verkarstung (GRONER 1985). Auf Karstflächen konnte erst Jahrtausende nach dem Abschmelzen des Eises, nach einer langen Bodenbildungsphase, Wald hochkommen. Diese sehr **langsame Entwicklung** hat vermutlich dazu geführt, dass sich im Gebiet immer noch Pioniere halten konnten. Dazu gehören die lockeren Birkenbestände von *Betula pubescens*. Auch liegt die Waldgrenze sehr tief, was neben dem harten Klima auch mit der nur mühsam vorankommenden Bodenbildung zusammenhängen könnte (HANTKE 1995).

Eine Pollenanalyse aus einer Bohrstelle der Alp Tor hat gezeigt, dass 10'000-9'000 Jahre vor heute Birke und Föhre in die Gegend der Alp Tor vordrangen (SIDLER 2001). Die Ausbreitung des subalpinen Fichtenwaldes im Gebiet Bödmerenwald geschah gemäss einer zweiten Bohrung nahe des Reservates vor ca. 7'000 Jahren. Die Tanne hat das Gebiet vor der Fichte besiedelt. Ihre Verbreitung nahm später, vermutlich im frühen Mittelalter, ab (VAN DER KNAAP 2003).

Nutzung

Mit der Landnahme im Muotathal im 10. Jahrhundert entwickelte sich eine bescheidene Alpwirtschaft. Dabei hat sich die land- und forstwirtschaftliche Nutzung des Gebietes im Verlauf der Geschichte nach den besonderen geologischen und pflanzengesellschaftlichen Voraussetzungen der Bödmerenregion ausgerichtet. Die Spuren der traditionellen Bewirtschaftungsweise spiegeln sich in

der Waldverteilung. Wo das Gestein leicht zu nährstoffreichen Böden verwitterte, wurde schon vor langer Zeit der Wald gerodet und der Boden alpwirtschaftlich genutzt. Auf den verkarsteten Hochflächen blieb der Wald stehen, wobei im wegsameren Gelände das Stammholz genutzt wurde, während in den entlegenen und schwer zugänglichen Gebieten der Wald sich selber überlassen blieb (THEE, HANTKE, KÄLIN, LEIBUNDGUT, SCHWARZENBACH 1987).

Reservat

Im Jahre 1971 wurde nördlich der Passstrasse im Teilgebiet 2 ein 4,8 ha grosses Waldreservat ausgeschieden. Es basiert auf einem Dienstbarkeitsvertrag zwischen der Waldbesitzerin Oberallmeind-Korporation und der ETH Zürich.

Im Jahre 1983 wurde das Waldreservat auf rund 70 ha vergrössert. Das Waldreservat steht seit dem 25. Juli 1984 unter Obhut der Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren. Ihr obliegt als Vertragspartner der Oberallmeind-Korporation Schwyz die Verantwortung für die Erhaltung, Betreuung und Erforschung des Waldreservates.

1991 brachte der Sturm „Vivian“ den Baumbestand nördlich der Passstrasse im Teilgebiet 1 und teilweise auch in angrenzenden Flächen im Reservat zu Fall. Dazu kam ein starker Borkenkäferbefall. Die geschädigten Flächen ausserhalb des Reservates wurden darauf hin vollständig geräumt.

2001 wurde eine Erweiterung des Reservates auf 450 ha angestrebt. Dies wurde jedoch von den Bürgern der Oberallmeind-Korporation entgegen dem Antrag des Verwaltungsrates abgelehnt.

3 Teilprojekte

3.1 Vorrat, Zuwachs und Bestandesstrukturen

BERNHARD ROTH UND TOBIAS LIECHTI

Zusammenfassung

Die forstlichen Inventurdaten von 1974 und 1998, sowie die Luftbilder von 2003 wurden für jede Probefläche ausgewertet und nach Teilgebieten gruppiert. Es liess sich 1998 ein mittlerer Vorrat von 241 m³/ha ausmachen, wobei dieser zwischen den Teilgebieten stark variiert (min 193 m³/ha; max. 306 m³/ha). Der Zuwachs liegt im Mittel bei 2.9 m³/ha u. Jahr. In den aufgelösten Fichten-Föhren-Wäldern liegt er bei nur 1.6 m³/ha u. Jahr, in den produktiven Fichtenwäldern auf tonreichem Seewer Kalk mit fortgeschrittener Bodenentwicklung hingegen bei 4.3 m³/ha u. Jahr. Die meisten Bestände haben einen lockeren bis aufgelösten Kronenschluss, einen Deckungsgrad zwischen 0.4 und 0.6 und sind stufig strukturiert. Im letzten Jahrhundert hat der durchschnittliche Vorrat im Bödmerenwald eher zugenommen.

3.1.1 Einleitung

Vorrat und Zuwachs sind wichtige forstliche Grössen und eignen sich zur Charakterisierung eines Gebietes. Sie beschreiben indirekt die Waldstruktur und die Wuchsverhältnisse eines Waldes. Der Vorrat ist auch die Referenzgrösse, mit der die Stärke einer Nutzung verglichen werden kann.

In einem Urwald, der sich in einem Klimaxstadium befindet, sollte der Vorrat über eine grössere Fläche theoretisch konstant bleiben. Wenn eine Nutzung unterbleibt, fällt der Zuwachs als Totholz aus. Somit ist der Zuwachs eine wichtige Grösse, um die potenzielle Totholzmenge abzuschätzen.

Der Deckungsgrad bzw. Kronenschluss gibt zudem Auskunft über die Strukturen und Lichtverhältnisse im Gebiet.

3.1.2 Material und Methode

Grundlagen

1. Orthofoto Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren / WSL (infrarot) sowie Orthofoto © Swisstopo 2003 (Lizenz: Kanton Schwyz, Baudepartement, Dienststelle Vermessung)
2. Bestandeskarte Kantonsforstamt (Ingenieurbüro Scherrer AG, Nesslau, 1987-1996): „Scherrerkarte“
3. Geologischer Atlas der Schweiz, Manuskript, R. Hantke 2004.
4. Gliederung nach Wuchskategorien: Karte 1:12'500 von Dr. H. U. Frey, (Atragene, Chur, Mai 2000)
5. Übersichtsplan 1:10'000 Kt. SZ, Baudepartement, Dienststelle Vermessung, Digitalfotos der Feldaufnahmen (B. Roth, P. Schilliger, 2004)
6. Inventurdaten 1974 und 1998 (inkl. D7-Messungen und Baumhöhen 1974)
7. Nutzungskontrollen (zusammengestellt von Max Büchel, Revierförster Bödmeren SZ 2005)
8. Feldaufnahmen (B. Roth, P. Schilliger, 2004)

Aufnahmemethode 1974

Kontrollstichprobeninventur nach Schmid-Haas mit einem Stichprobennetz mit gleichseitigen Dreiecken (Seitenlänge 150m) mit 1 Probefläche auf 2 ha. Die Aufnahme­fläche beträgt 300 m² (Radius 9.77 m, abhängig von der Neigung korrigiert). Die Kluppschwelle war 8 cm (für die Auswertung 1974 bis 1998 wurden nur BHD ab 16 cm berücksichtigt). Unterschieden wurden die Baumarten Fichte, Tanne, Föhre, Buche, Bergahorn und übriges Laubholz. Es wurden keine Aufnahmen von liegendem/stehendem Totholz gemacht. Die D7- und Höhenmessungen wurde zusätzlich an 232 Bäumen vorgenommen.

Aufnahmezeitpunkt: Mai bis September 1974. Versicherung der Stichprobenzentren mit einem Alurohr und einer bis zwei roten Markierungen (Stein, Fels und/oder Baum)

Datenqualität: BHD- und D7-Messungen auf den Zentimeter genau, ab BHD > 80 cm erfolgte die Messung mit Umfangmessband; Höhenmessungen auf den Meter genau.

Equipe: Walter Kälin jun. (Sohn von Forstingenieur Walter Kälin), Kurt Immoos, Peter Steinegger

Aufnahmemethode 1998

Kontrollstichprobeninventur wie 1974 mit folgenden Änderungen: Kluppschwelle 16 cm, Abgänge wurden getrennt nach Nutzung (Code = 1) oder natürlichem Abgang (stehend oder liegend dürr (Code = 2)) erhoben. Die D7- oder Höhenmessungen wurde nicht wiederholt. Versicherungen an Fels, Stein oder Baum mit orangener Farbe erneuert. Verschollene Alurohre wurden nicht ersetzt.

Datenqualität: BHD-Messungen auf Zentimeter genau wie 1974, ab 80 cm mit Umfangmessband. Offensichtliche Falschmessungen von 1974 wurden korrigiert.

Aufnahmezeitpunkt: Juni/Juli 1998

Equipe: Holdener Alois (Vorarbeiter OAK bis 2000); Schilliger Peter (Förster, Schiwa Forest GmbH, Weggis)

Inventurdaten und Originalaufnahmeblätter 1974 (inkl. Angaben über Verjüngung unter 8 cm!) und 1998 finden sich beim Kantonsforstamt Schwyz.

Methode Luftbildauswertung

Anhand des Luftbildes und der geologischen Karte wurden die bei der Betriebsinventur 1998 festgelegten Bestände einer von 5 Wuchskategorien zugeordnet. Diese Zuordnung geschah gutachtlich durch Bernhard Roth, der das Gebiet wegen der Feldaufnahmen im Sommer 2004 gut kennt.

Auswertung

Die untersuchte Fläche umfasst 340 ha und 171 Probeflächen. Die Holzvorratsdaten der Inventuren 1974 und 1998 wurden pro Probefläche miteinander verglichen. Der Zuwachs berechnet sich aus der Summe der Volumenzunahmen aller Bäume pro Probefläche, hochgerechnet auf die Hektare, ohne Einwuchs. Die Tariftabelle für die Bestimmung des Vorrats aus dem Durchmesserwerten findet sich im Anhang.

Die Vorratsangaben werden in diesem Bericht immer mit Kubikmeter angegeben, auch wenn es sich eigentlich um Tariffestmeter (Schaftholz in Rinde) handelt.

3.1.3 Resultate und Diskussion

Vorrat und Vorratsentwicklung

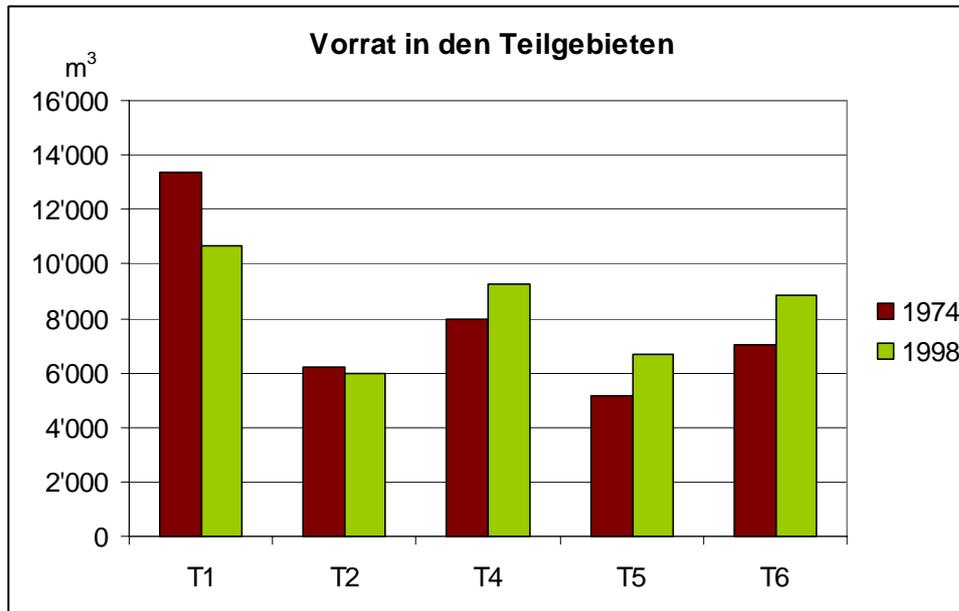


Abbildung 3.1-1: Gesamtvorrat der einzelnen Teilgebiete der Stichprobenaufnahmen 1974 und 1998 in m³.

Tabelle 3.1-1: Durchschnittliche Vorratsentwicklung in den einzelnen Teilgebieten.

Teilgebiet	V 1974 [m ³ /ha]	V 1998 [m ³ /ha]	Diff. total [m ³ /ha]	Diff. ohne N [m ³ /ha]	Nutzung 1974-98 [m ³ /ha]
Teilgebiet 1	381	306	-75 (n=35)	110 (n=11)	223
Teilgebiet 2	200	193	-7 (n=31)	-10 (n=29)	2
Teilgebiet 4	215	250	35 (n=37)	82 (n=22)	61
Teilgebiet 5	161	209	48 (n=32)	70 (n=25)	25
Teilgebiet 6	189	239	50 (n=37)	61 (n=32)	20
alle Teilgebiete	231	242	10 (n=172)	54 (n=119)	331

Legende:

V 1974:	Vorrat 1974 in m ³ /ha, alle Probeflächen
V 1998:	Vorrat 1998 in m ³ /ha, alle Probeflächen
Diff.:	Differenz
N:	Probeflächen, auf denen zwischen 1974 und 1998 genutzt wurde
n:	Anzahl vergleichener Probeflächen
Nutzung	Nutzung in m ³ /ha zwischen 1974 und 98 ohne Zuwachs an Nutzungsvolumen

Das **Holzvolumen im Bödmerenwald** betrug 1998 durchschnittlich 241 m³/ha mit Streuung zwischen den Teilgebieten von rund 200 m³/ha bis rund 300 m³/ha. Der mittlere Vorrat hat sich zwischen 1974 (231 m³/ha) und 1998 (242 m³/ha) über den ganzen Bödmerenwald wenig verändert. In der betrachteten Periode waren also Nutzung bzw. Abgänge und Zunahme (Einwuchs und Zuwachs) ähnlich gross. Die Vorratsentwicklung in den einzelnen Teilgebieten verlief unterschiedlich:

Im **Teilgebiet 1** fand eine Vorratsreduktion zwischen 1974 und 1998 um knapp 20% statt. Diese ist bedingt durch die starke Zwangsnutzung infolge des Vivian-Windwurfs 1991. Untersucht man die Vorratsentwicklung der wenigen, nicht durch Nutzung beeinflusster Punkte, so stellt man in den 25 Jahren eine Vorratszunahme um fast 30% fest.

Im Reservat, **Teilgebiet 2**, nahm der Vorrat leicht ab, auch hier bedingt durch das Windwurfereignis bzw. Käferschäden. Vergleicht man die Vorratsveränderungen pro Probeflächenpunkt, so ist das Bild uneinheitlich und von Zu- und Abnahmen geprägt. Die über die gesamte Teilfläche relativ stabilen Vorräte und die starke Differenzierung im Detail spricht dafür, dass es sich hier um einen Waldteil in sehr natürlichem Stadium handelt, der zudem nahe eines Klimaxstadiums steht. Da sich die Nutzungsspuren vor allem entlang der Strasse auf Flächen ohne Sturmschäden finden, hat ihr Ausschluss eine stärkere durchschnittliche Volumenabnahme zur Folge.

Im **Teilgebiet 4** nahmen die Vorräte in der untersuchten Periode um 16% zu. Die Zunahme ist auf Probeflächen ohne Nutzungen zwischen 1974 und 1998 gut doppelt so hoch. Die Vorratszunahme trotz Nutzung von 61 m³/ha in der untersuchten Zeitperiode zeigt, dass die Vorräte in diesem Gebiet sich nicht in einem Gleichgewicht befinden, wie man das von einem unberührten Wald erwarten würde. Die Bonität des Standortes lässt einen Vorrat von 350 m³/ha erwarten. Gemäss W. Kälin gab es hier schon früh relativ grosse Nutzungen entlang der Wege. Die heutige Nutzung ist geringer, und es erklärt sich somit die Vorratszunahme.

Im **Teilgebiet 5** ist trotz Nutzung eine durchschnittliche Vorratszunahme von fast 30% erfolgt. Dies lässt sich mit einer Reaktion des Waldes auf Nutzungen oder Windwürfe in der Vergangenheit erklären; evtl. spielt auch die Klimaerwärmung und die Stickstoffanreicherung eine Rolle.

Mit der gleichen Begründung erklärt sich die Vorratszunahme um 26% im **Teilgebiet 6**.

Tabelle 3.1-3: Vorratsveränderungen im Bödmerenwald über die Zeit gemäss KÄLIN 1982.

Jahr	Holzvorrat m ³ pro ha	Quelle
1878	130	Schätzung Kantonsoberförster Schedler; Starzlen- Bödmeren-Gebiet.
1934	219	Wirtschaftsplan, 1. Vollkluppierung
1956	217	Wirtschaftsplan, 2. Vollkluppierung
1974	272 (231)	Wirtschaftsplan; in Klammern Wert gemäss Analyse Roth 2004, Stichprobeninventur
1998	242	Wert gemäss Analyse Roth 2004, Stichprobeninventur

Ein Vergleich mit den Angaben von KÄLIN 1982 unterstützt die Annahme, dass sich die Wuchsbedingungen in den **letzten Jahrzehnten** im Bödmerenwald verbessert haben oder früher viel grössere Nutzungen geschahen (siehe *Tabelle 3.1-3*). Die zweite Annahme wird durch die vorhandenen Daten über alte Nutzungen in sofern bestätigt, als dass auch Ende des 19. Jahrhunderts genutzt wurde. (vgl. *Kapitel 3.2*). Beim Vergleich der Werte gemäss *Tabelle 3.1-3* ist jedoch zu bedenken, dass nicht genau die gleichen Gebiete verglichen wurden und vor allem die Vorräte mit unterschiedlichen Verfahren evaluiert wurden. Die Zahlen, die mit gleicher Methode erhoben wurden, sind meist ähnlich. Trotzdem darf tendenziell eine Vorratszunahme angenommen werden.

Baumarten

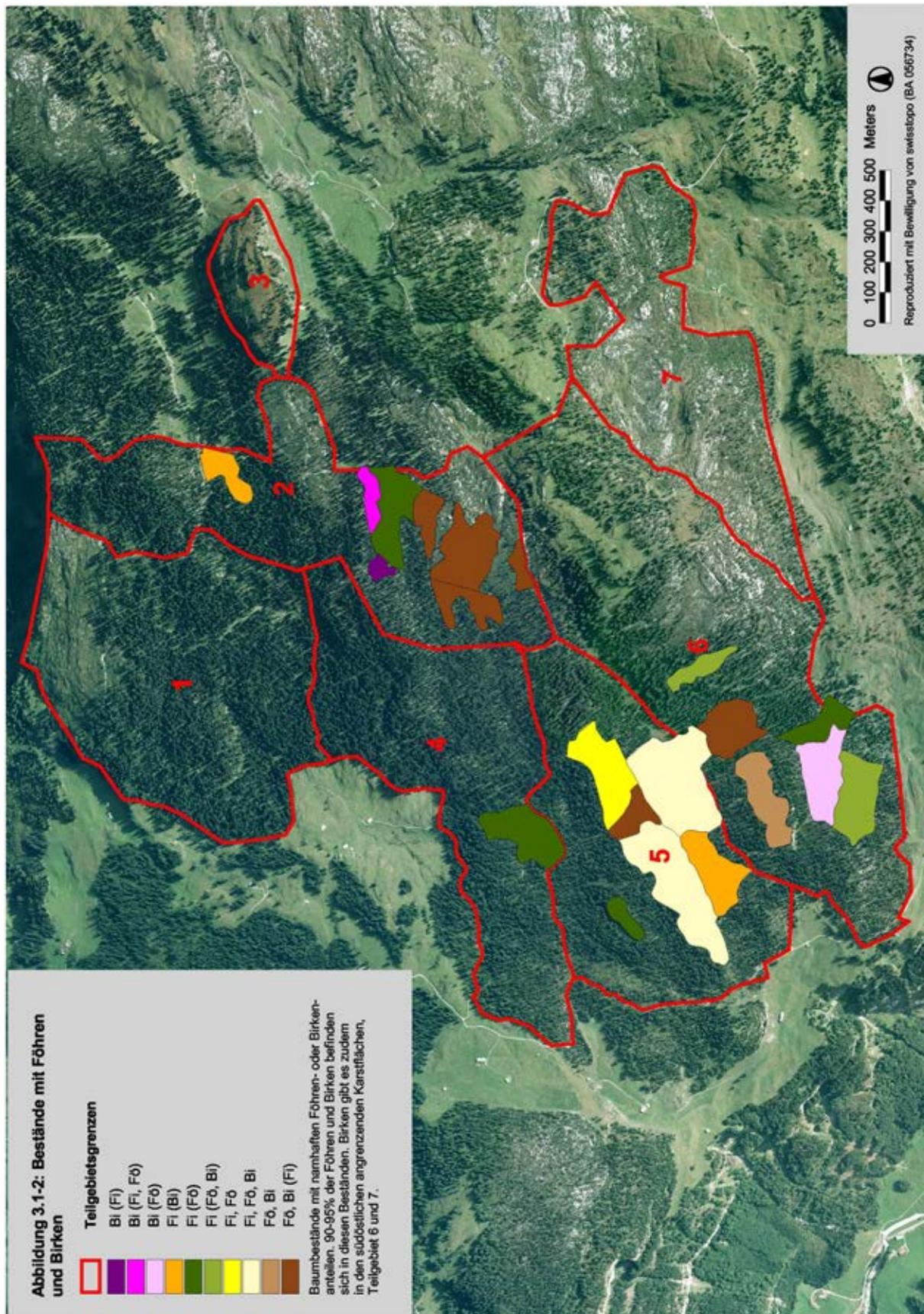
Tabelle 3.1-4: Stammzahl und Vorrat nach Baumarten 1998 über alle 171 Probeflächen.

Baumart	Stammzahl ¹ [Stück]	Vorrat ² [m ³]	Anteil am Vorrat [%]
Fichte	1'016	1'201.2	97
Bergföhre	30	23.0	2
Tanne	10	13.1	1
Bergahorn	5	5.4	0.4
Übriges Laubholz	3	0.9	0
Total für alle Probeflächen	1'064	1'243	100
pro Probefläche	6	7.3	
pro ha	207	242	

¹ Kluppschwelle 16 cm; ² Stehendmass

Das Gebiet wird heute hauptsächlich von der Fichte dominiert. Auf trockenen Kuppen kommt die Bergföhre vor. In grossen kalten Mulden findet sich zudem die Moorbirke (übriges Laubholz). Unter den übrigen Baumarten figurieren verschiedene Weiden und Sorbus-Arten, wobei diese wohl nur selten die Kluppschwelle von 16 cm erreichen (vgl. *Abbildung 3.1-2*).

In der Bödmerenwaldregion wurden im 19. Jahrhundert auf Kahlschlägen Fichtensamen unbekannter Herkunft ausgebracht. Im Untersuchungsperimeter wurde wahrscheinlich kein fremdes Saatgut eingebracht, da hier auch keine Kahlschläge stattfanden. Hingegen wurden Pflanzversuche mit Arven gemacht. Von den 5000 gepflanzten Arven sind noch einige Exemplare in der Gegend des Furreneggens im Teilgebiet 2 vorhanden (KÄLIN 1982).



Zuwachs

Tabelle 3.1-5: Zuwachs und Baumhöhen pro Teilgebiet in m³.

Gebiet	Zuwachs Mittelwert [m ³ /ha u. J.]	Baumhöhen ab 50 cm BHD [m]
Teilgebiet 1	4.48 (sd ¹ 2.1)	31.3
Teilgebiet 2	2.44 (sd 2.3)	29.0
Teilgebiet 4	3.53 (sd 1.9)	25.7
Teilgebiet 5	2.77 (sd 1.9)	26.4
Teilgebiet 6	2.64 (sd 1.9)	25.1
Alle Teilgebiete	2.85 (sd 2.0)	-

¹ Das untere Quartil des Zuwachses aller Probeflächen beträgt $q_{1/4} = 1.24$, das obere Quartil $q_{3/4} = 4.04$. Die Standardabweichung (sd) für alle Probeflächen beträgt 2.0.

Der Zuwachs für den Bödmerenwald liegt im Mittel über alle Probeflächen bei 2.9 m³/ha und Jahr. Die Werte schwanken zwischen 0 und maximal 9.5 m³/ha, mit einer Standardabweichung von 2.0. Die relative grosse Streuung hat mit der geringen Grösse der Probefläche (300 m²) und der standörtlichen Heterogenität des Gebietes zu tun. Die Baumhöhen ab 50 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) geben ebenfalls einen Hinweis auf die Bonität. Jedoch entspricht diese nicht der Bonität im Alter von 50 Jahren.

Die Zuwachsraten pro Teilgebiet sind in erster Linie durch die Geologie vorgezeichnet. Auf tonreichen Seewer Kalken stocken die wüchsigen Fichtenwälder mit Zuwächsen über 4 m³/ha und Jahr. Die tonarmen Schratzenkalke bilden einen viel weniger wüchsigen Untergrund mit mittleren Zuwachs unter 2 m³/ha und Jahr. Vorratsreiche Bestände in Zufuhrlagen können aber auch hier grössere Zuwächse bringen.

Auf der anderen Seite ist der vorhandene Vorrat für den Zuwachs entscheidend, denn Holz kann nur an Holz wachsen. Das Teilgebiet 1 wurde durch den Sturm Vivian und die folgende Zwangsnutzung im Norden so beeinträchtigt, dass grosse Flächen unbestockt sind und folglich auch keinen Zuwachs verzeichnen.

Tabelle 3.1-6: Verhältnis von Vorrat zu Zuwachs für jedes Teilgebiet.

Teilgebiet	Vorrat 1974 [m ³ /ha]	Zuwachs Mittelwert [m ³ /ha u. J.]	Verhältnis Vorrat/Zuwachs
Teilgebiet 1	381	4.48	1.18
Teilgebiet 2	200	2.44	1.22
Teilgebiet 4	215	3.53	1.64
Teilgebiet 5	161	2.77	1.72
Teilgebiet 6	189	2.64	1.40
alle Teilgebiete	231	2.85	1.23

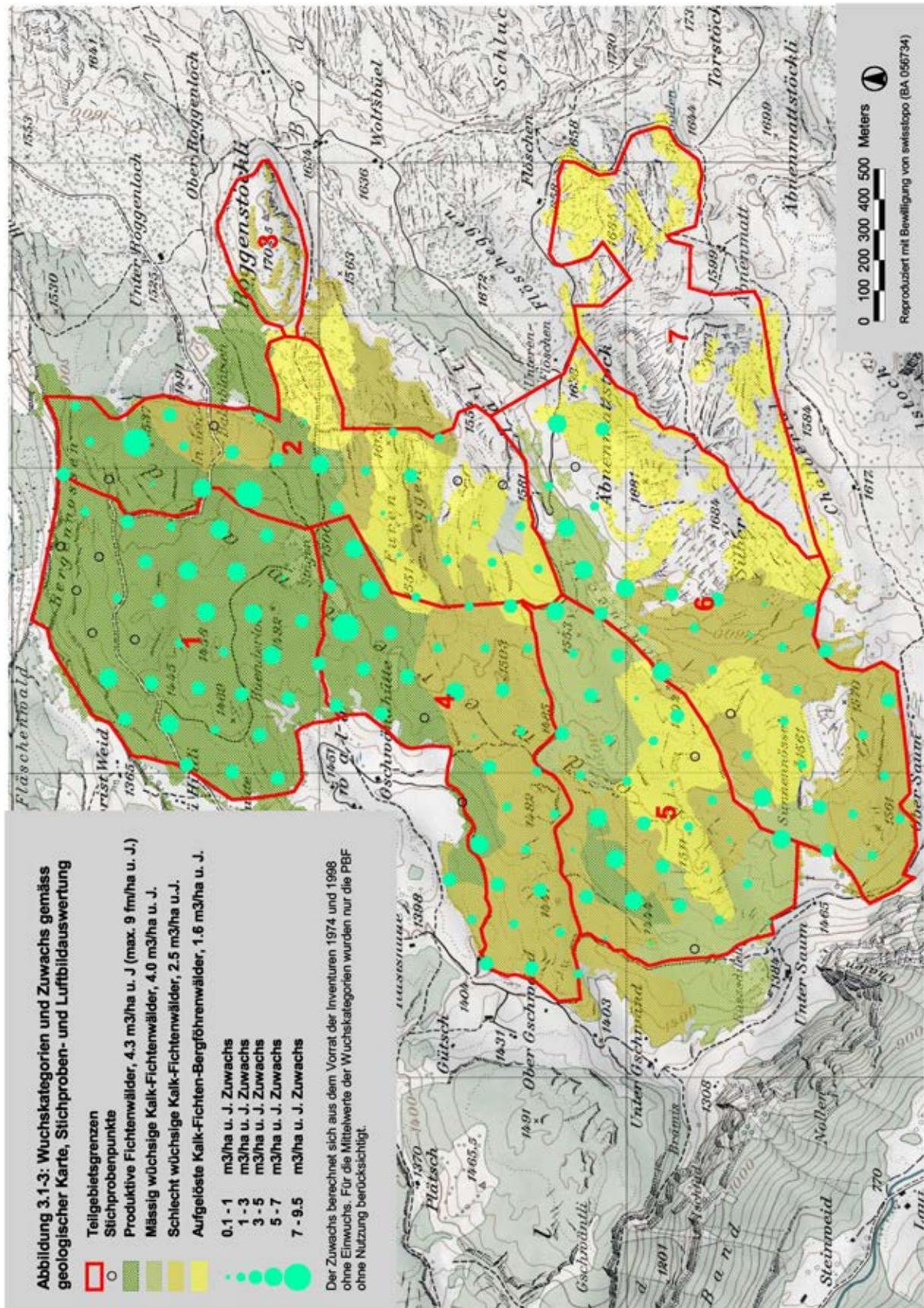
Der jährliche Zuwachs beträgt im Mittel 1.2 % des Vorrates. Dieser Wert streut erstaunlich wenig trotz unterschiedlichen Bodenverhältnissen in den einzelnen Teilgebieten.

Wuchskategorien

Mit der Hilfe der geologischen Karte, dem Luftbild (Orthofoto) und eines ersten Entwurfes von Hans Ulrich Frey (FREY 2000) wurden vier Wachstumskategorien ausgeschieden (*Abbildung 3.1-3*).

Tabelle 3.1-7: Wachstumskategorien gemäss Luftbildanalyse.

Wachstumskategorie	Zuwachs im Mittel [m ³ /ha u. J.]	Baumhöhen [m] ab 50 cm BHD	Pflanzensoziologische Zuordnung gemäss FREY 2000
Produktiver Fichtenwald	4.27 (sd 2.1)	30.8	57V, 57s, 60, 60A, 60*, 48, 49, 60C
Mässig wüchsiger Kalk-Fichtenwald	3.97 (sd 1.7)	26.4	53, 53w, 60*
Schlecht wüchsiger Kalk-Fichtenwald	2.54 (sd 1.7)	24.2	53, 53w, 60*
Aufgelöster Kalk-Fichten- Bergföhrenwald	1.56 (sd 1.2)	23.0	53, 67, 69



Insgesamt fällt das Zuwachsgefälle von „produktiven Fichtenwäldern“ zu gering wüchsigen Fichten-Föhrenwäldern auf. Die sehr kleinräumige Standortvielfalt im Bödmerenwald spiegelt sich in den Inventurdaten und lässt sich nur schwierig in grosse Klassen einteilen. Die Unterscheidung der Wuchskategorien ist auch via Luftbild nicht einfach.

Die mittleren Baumhöhen ab 50 cm BHD stützen die Ausscheidung der Ertragsklassen. Auf weniger wüchsigen Standorten bleiben die Bäume kürzer und dank Freistand abholziger.

Deckungsgrad

Die Stratifizierung der Bestandesstruktur kann nach Entwicklungsstufe, Deckungsgrad und Kronenschluss vorgenommen werden. Die Entwicklungsstufen der Scherrerkarte (Sanasilva-Luftbild 1987, WSL) wurden mit Hilfe der Orthofotos 2003 und Felddaten verifiziert. Die Abgrenzung ist oft schwierig, da die Übergänge meist fließend sind. Auf eine Darstellung in Entwicklungsstufen wird verzichtet, weil die meisten Bestände im Bödmerenwald stufig bzw. aufgelöst sind.

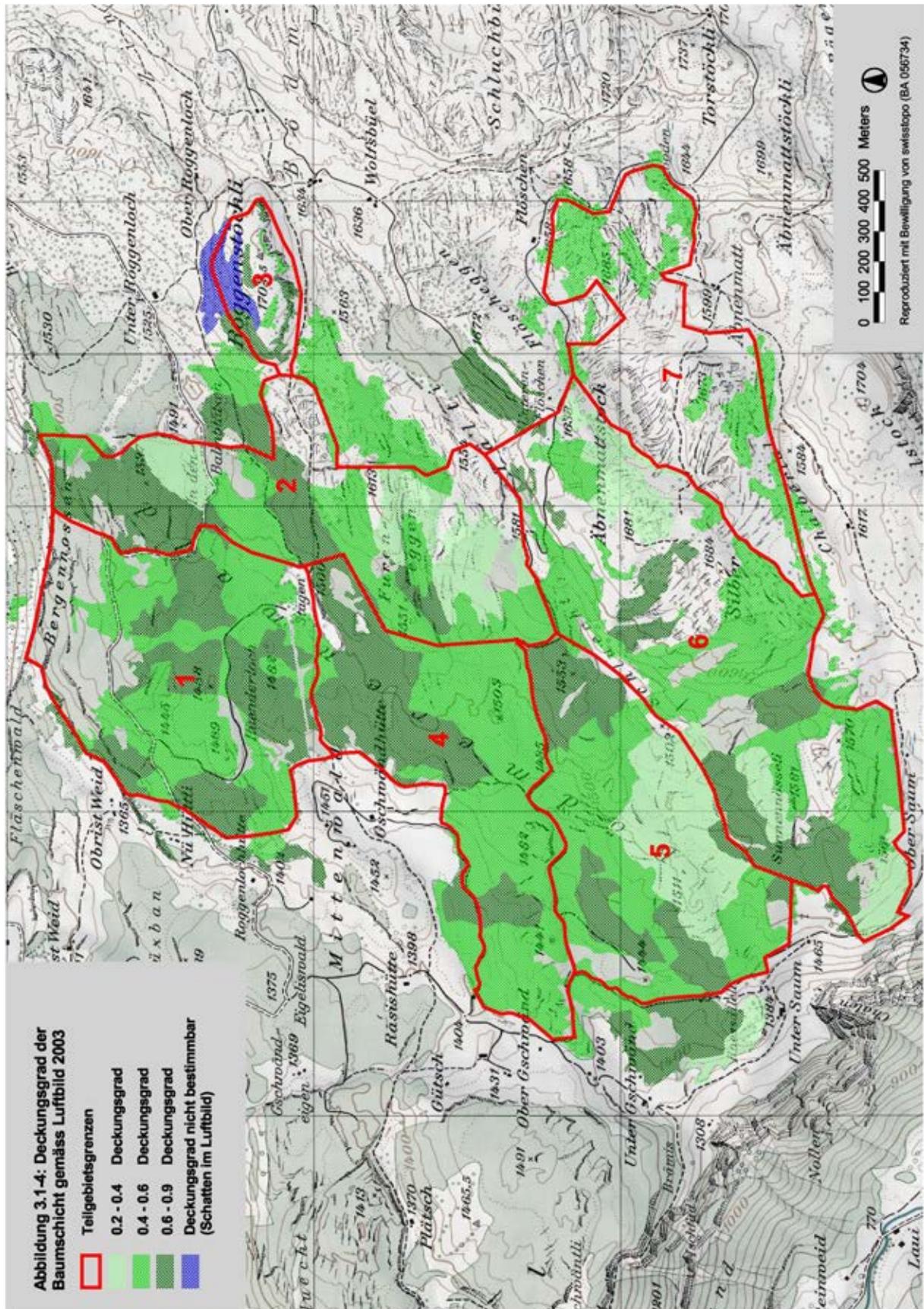
Auf der *Abbildung 3-1.4* wird der Bödmerenwald in 3 Deckungsgradstufen dargestellt. Etwa 30 % der Fläche des gesamten Untersuchungsperimeters inkl. Teilgebiet 3 und 7 sind unbestockt. 10 % weisen einen Deckungsgrad von nur 0.2 bis 0.4 auf. 40 % der Fläche haben einen Deckungsgrad von 0.4 bis 0.6, und nur 20% der Fläche haben einen Deckungsgrad zwischen 0.6 und 0.9. Das Gebiet ist also sehr locker bestockt und mit vielen waldfreien Flächen durchzogen.

3.1.4 Folgerungen

Die relativ stabilen durchschnittlichen Holzvorräte in den letzten 25 Jahren (ca. 240 m³/ha) würden gemäss Theorie für einen wenig berührten Wald sprechen. Jedoch ist die kahlschlagähnliche Zwangsnutzung im Teilgebiet 1 und die Vorratszunahme in den Teilgebieten 5 und 6, vermutlich dank eingestellter Nutzung oder Klimaänderung, in dieser Rechnung enthalten. Im Teilgebiet 2 (Reservat) hat sich in den vom Sturm verschonten, eher wüchsigen Bereichen vermutlich annähernd ein Gleichgewicht zwischen Zu- und Abnahme des Vorrates eingestellt. Diese Aussage müsste aber mit vergleichenden Untersuchungen oder einer längeren Zeitreihe verifiziert werden.

Sämtliche Aussagen in diesem Kapitel bauen hauptsächlich auf nur zwei Messungen auf und lassen daher nur bedingt Schlüsse zu, die über eine Beschreibung des Gebietes hinausgehen.

Der Zuwachs beträgt gemäss unseren Messungen im Bödmerenwald im Mittel 1.2 % des Vorrats pro Jahr.



3.2 Forstliche und andere Nutzungen

TOBIAS LIECHTI UND BERNHARD ROTH

Zusammenfassung

Anhand eines Interviews mit dem alt Revierförster des Bödmerenwaldes, Josef Schelbert, wurde die Nutzungsgeschichte seit 1909 aufgearbeitet. Es wurden auch landwirtschaftliche Nutzungen in der Umgebung und spezielle forstliche Eingriffe besprochen.

Bäuerliche Nutzungen in den Randbereichen des Bödmerenwaldes bestehen wahrscheinlich seit Jahrhunderten. Die Nutzung waren bis zum Bau der Pragelpassstrasse (1974) gering (ca. 200 Festmeter/Jahr oder 20% des Zuwachses) und konzentrierte sich auf die alpnahen, produktiveren Gebiete hauptsächlich in den Teilgebieten 1 und 4. Nach dem Bau der Pragelpassstrasse nahm die Nutzung zu (ca. 700 fm/ Jahr). In den 90er Jahren verursachten die Stürme Vivian und Lothar grössere Windwürfe, die aufgeräumt wurden. Dadurch wurde das Teilgebiet 1 stark beeinträchtigt. Kaum von Nutzungen betroffen waren vermutlich die zentralen Teile der Teilgebiete 2, 5 und 6.

3.2.1 Forstliche und andere Nutzungen 1909 bis 1985

Einleitung und Methode

Um die Nutzungsgeschichte des Bödmerenwaldes aufzuarbeiten, wurde alt Revierförster Josef Schelbert am 26. Januar 2005 in Muotathal befragt. Es wurden Fragen nach der Holznutzung durch Forstdienst und Äpler und nach der Waldbeweidung gestellt. Die verschiedenen Nutzungen, an die sich Josef Schelbert erinnern konnte, wurden während des Gespräches auf einem Plan 1:10'000 eingezeichnet. Josef Schelbert, Jahrgang 1922, erzählte aus dem Gedächtnis und erinnerte sich auch an Nutzungen seines Vaters Bonifaz Schelbert, der von 1909 bis 1918 Bannwart und von 1945 bis 1952 Förster im Bödmerenwald war (von 1918 bis 1945 war B. Schelbert Förster im Alptal). Josef Schelbert war von 1951 bis 1987 Revierförster im Bödmerenwald. Die Befragung dauerte 1.5 Stunden.

Weitere Informationen zur Nutzungsgeschichte finden sich bei KÄLIN 1982.

Weitere Angaben zur Nutzung von Karl Breu (Kreisförster) hat die Oberallmeind Korporation Schwyz zusammengestellt. Da sich diese Nutzungen nicht lokalisieren lassen und sich vermutlich auf die Region Bödmerenwald beziehen, werden sie nur qualitativ in der Diskussion mitberücksichtigt.

Resultate

Die Holzschläge anfangs des 20. Jahrhunderts wurden jeweils im Spätherbst vor dem ersten Schneefall gemacht. Grosse Gräben und Karren wurden mit Ästen und Stämmen zugedeckt. Sobald genug Schnee lag, wurde das Holz mit Rindern oder Kühen über die Gräben gezogen und ins Tal geschleift. Oft war dies nur in zeitlich gestaffelten Etappen möglich.

Im Bödmerenwald wurde kein Holz über die Felswände ins Tal geworfen, wie das in anderen Gebieten oft praktiziert wurde. (Jedoch wurde dies nördlich vom Bödmerenwald im „Gutenthal-Boden“ gemacht. Ob auch Holz vom Bödmerenwald dabei war, ist nicht bekannt. Ergänzung KÄLIN, Okt. 2005, mündliche Mitteilung.) Lokale Äpler nutzten den Wald, um Brennholz, Hagholz und Schindeltannen zu erhalten.

Bis in die 80er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde gemäss Auskunft von alten Holzern im Muotathal im Bödmerenwald das Holz auch ab Stock verkauft. Es wurden Teile von ca. 30-40 Festmeter angezeichnet und an einer Gant verkauft (Angaben von B. ROTH, Kantonsforstamt, Febr. 2005).

Tabelle 3.2-1: Forstliche Nutzungen im Bödmerengebiet 1910 bis 1985. Die Bestandes-Nr. bezieht sich auf die *Abbildung 3.2-1*.

Bestandes-Nr.	Genutzte Menge	Zeitpunkt	Bemerkung
1	100 - 200 fm	ca. 1910	Es wurde vor allem im Gebiet Tähti und Unteren Flöschchen genutzt.
2	100 - 200 fm	Anfangs 40er Jahre	Nur an gut zugänglichen Stellen
3	Einzelne Stämme	1950-65	Es wurde speziell darauf geachtet, vorhandene Verjüngungskegel zu fördern. Ziel war ein Plenterwald.
4	Einzelne Stämme, Windwurf	50er Jahre	Das im Winter 1948 / 49 vom Sturm geworfene Holz wurde aufgerüstet und ins Tal gebracht.
5	Einzelne Stämme	Ende 60er	Einzelstammweise Nutzung
6	Durchforstung	70er Jahre	Lichtungshiebe und Durchforstungen nach dem Bau der Torstrasse
7	Lichtungshiebe, Durchforstung	70er Jahre	Nach dem Bau der Torstrasse

Die Schläge mit einzelstammweiser Nutzung wurden während der Amtszeit von J. Schelbert schonend ausgeführt. Sie hatten den Zweck, die Verjüngung zu begünstigen und Holz zu verkaufen (vgl. *Abbildung 3.2-1*).

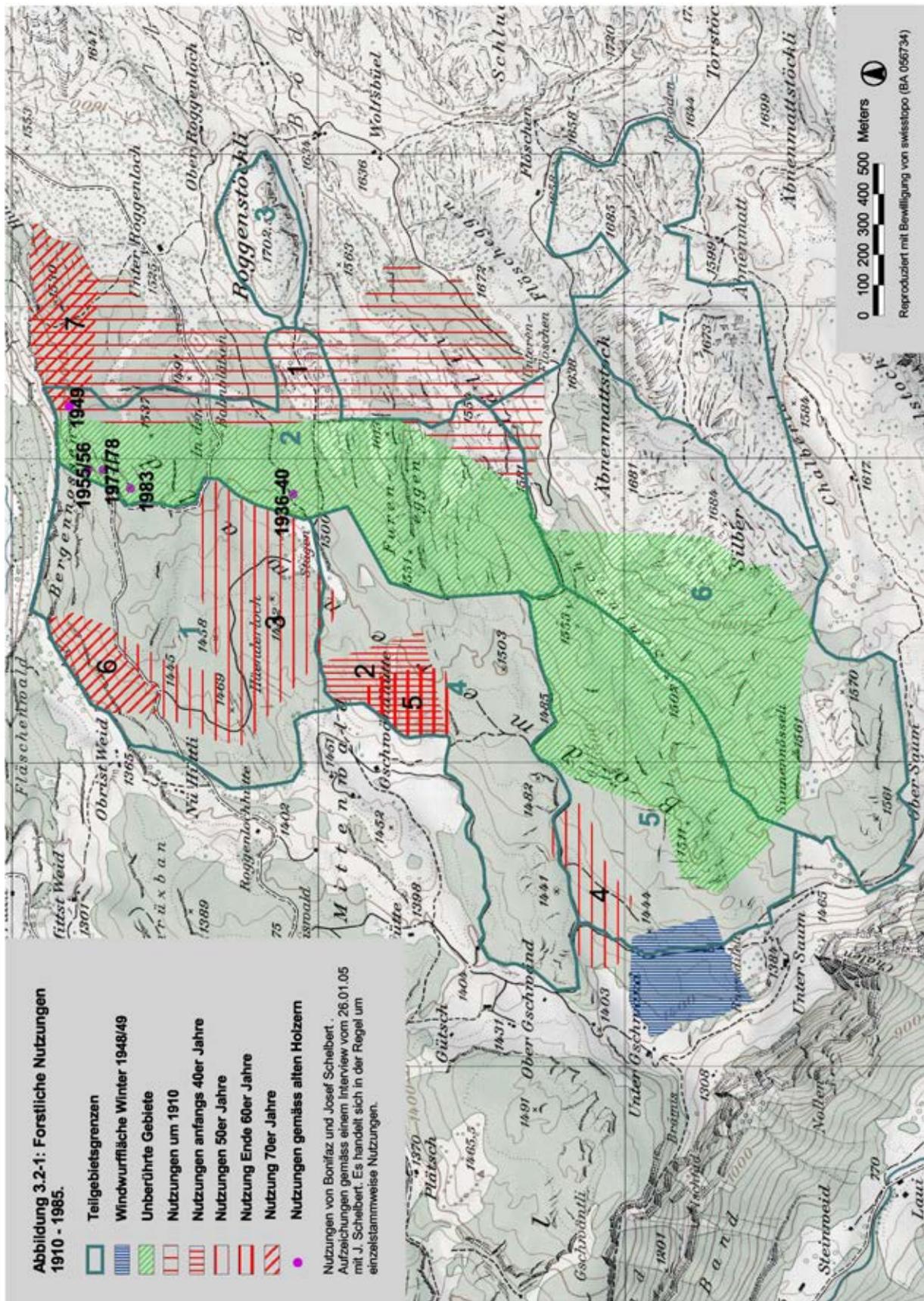
Die Älpler und Bewohner noch bis vor einigen Jahrzehnten ganzjährig bewohnter Wohnhäuser nutzten **Hüttenholz** für das Heizen und Käsen, **Hagholz** für das Erstellen von Zäunen und **Schindeltannen** für das Decken der Hütten. Für das Hütten- und Hagholz wurden bevorzugt dürre Bäume und Gehölze auf den Weiden und am Waldrand genutzt. Mit diesen Eingriffen wurde gleichzeitig das Weideland offen gehalten. Solche Holzschläge wurden oft den Nutzungskontrollen der angrenzenden Waldabteilungen zugeschrieben. Die genutzte Holzmenge betrug schätzungsweise 3-4 m³ pro Jahr und Alphütte. Die Schindeltannen mussten gute Qualität haben und wurden im Wald zusammen mit dem Förster ausgewählt. Naturgemäss wurde dieses Holz hauptsächlich in den hüttennahen Waldpartien gesucht (vgl. *Abbildung 3.2-2*).

Gemäss Walter Kälin erfolgte die Nutzung zudem entlang gut ausgebauter Alpwege wie z. B. entlang dem Weg Mittenwald in die Alp Bödmeren und im Bereich Stägen. Hier konnte das Holz mit Zugtieren und mit Handziehschlitten abtransportiert werden.

Josef Schelbert hat zur Förderung der Verjüngung in den produktiven Waldpartien gezielt Schatten werfende Bäume **aufgeastet**, um den Einfall von Seitenlicht von Süden auf die Verjüngung zu fördern. Aufgeastet wurde nur dort, wo bereits Verjüngung vorhanden war, damit diese mehr Licht bekommt und somit schneller wächst und weniger schneedruckanfällig würde. Dabei wurden die Äste bis auf 4-5 Meter meist rund um den Stamm abgesägt, wobei längere Aststummel stehengelassen wurden.

Josef Schelbert hat im Hüenderloch **Pflanzungen** vorgenommen, bei denen er einzelne Fichten und Fichtengruppen auf günstigen Kleinstandorten pflanzte. Der Erfolg dieser Pflanzungen war, gemäss seinen Aussagen, gering. Das Saatgut stammte aus dem benachbarten Egeliswald.

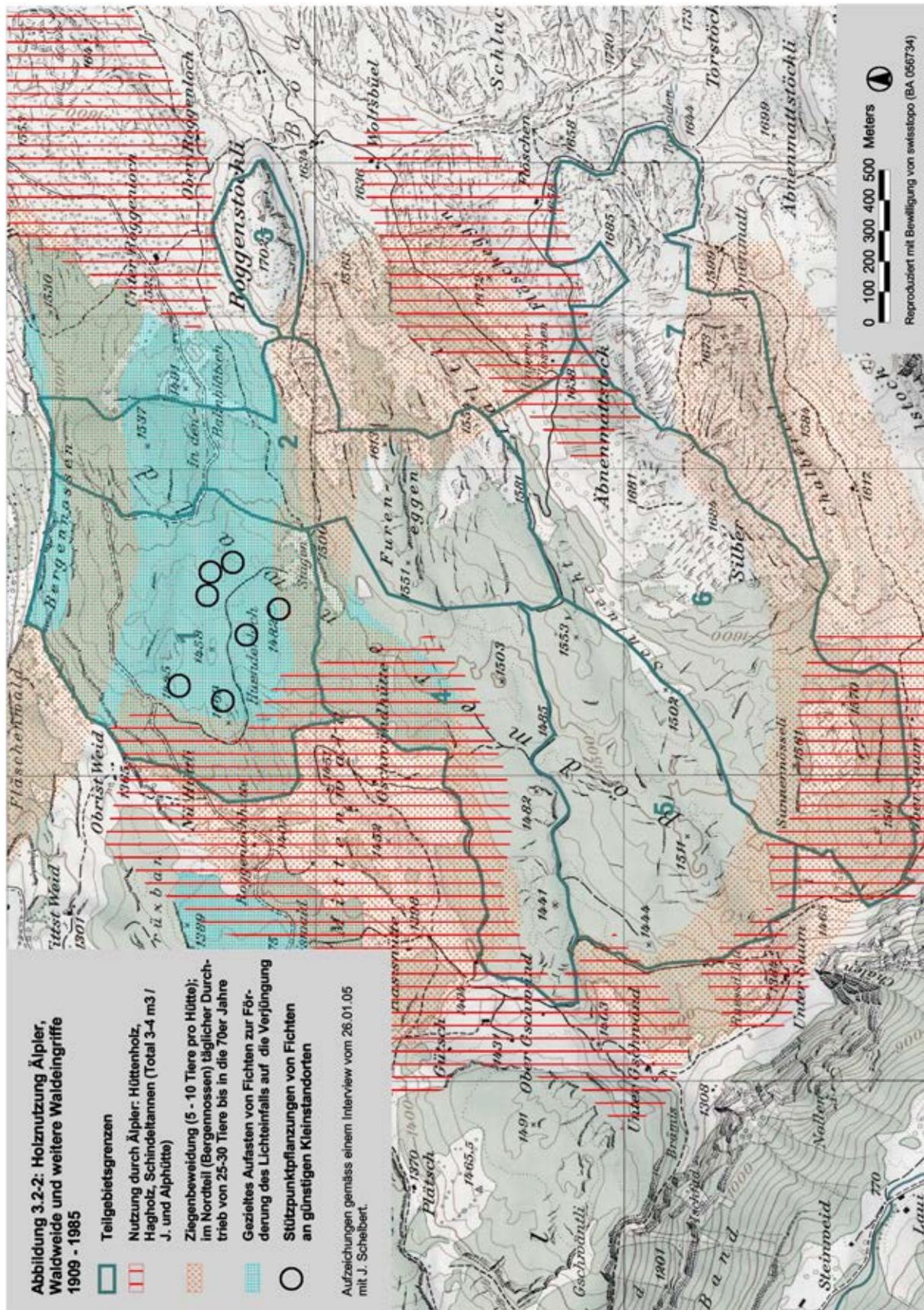
Der Bödmerenwald wurde in den Randpartien von **Ziegen** beweidet. Im nördlichen Teil von Obrist Weid zum Unteren Roggenloch wanderten täglich bis in die 70er Jahre 25-30 Tiere selbständig von



Westen nach Osten durch den Wald, um dann über den Guetentalboden in den Stall zurückzukehren. Gemäss Beobachtungen von Schelbert haben diese Ziegen kaum Schäden am Baumbestand angerichtet. Eine zweite Herde von 5-10 Tieren graste im Bereich Mittenwald und Gschwändhütte. Dieselbe Herde graste auch im Tähti. Eine dritte Herde von ca. 15 Tieren (heute 30-35) weidete im Bereich Unter Saum – Sunnennösseli – Chalbental. Der Bödmerenwald wurde nie mit Rindern beweidet.

Das Bödmerenwaldgebiet, insbesondere der südliche Teil und der Äbnemattstock, ist ein sehr guter Lebensraum für die **Gämsen** und wichtig für die Aufzucht der Kitze. Zudem gibt es Hirsche im Gebiet.

Gebiete, die J. Schelbert als **unberührt** einstuft, sind in *Abbildung 3.2-1* grün schraffiert. Sie umfassen grosse Partien der Teilgebiete 2, 5 und 6. Am meisten wurde im Teilgebiet 1 und in den alpnahen Partien im Teilgebiet 4 genutzt.



Diskussion

Bedenkt man die Dauer des betrachteten Zeitraums von gut 100 Jahren und den Wert der Ressource Holz anfangs des 20. Jahrhunderts, so müssen die beschriebenen Nutzungen als sehr gering und schonend eingestuft werden. Die unproduktiveren Gebiete im Bödmerenwald wurden kaum angetastet. Auch die Holznutzungen der Älpler sind klein. Sie haben hauptsächlich die Gehölze im Weidegebiet und am Waldrand genutzt.

Die Daten aus dem Archiv der Oberallmeind mit Angaben von Kreisförster Karl Breu lassen aber doch regelmässige, wenn auch nicht intensive Nutzungen vermuten. Gemäss KÄLIN 1982 wurde durch den Bau des Bergensträsschens 1896 ein Nutzungsschub entlang des Strässchens ausgelöst.

Walter Kälin hält gewisse, in der *Abbildung 3.2-1* festgehaltene forstliche Nutzungen für fraglich. So weist er darauf hin, dass in den 60er Jahren auf der Alp Mittelwald grosse Weideräumungen bewilligt wurden. Die Nutzungen östlich von Schwändhütte könnten sich darauf beziehen. Auch die Holzschläge im Tähti sind fraglich, da hier die Bestockung zum grossen Teil aus niedrigen Birken besteht.

Die Nutzung war Anfangs und Mitte 20. Jahrhundert sehr gering. Erst mit und nach dem Bau der Pragelpassstrasse 1974 nimmt die Nutzung vor allem im Teilgebiet 1 und 4 zu und beträgt bis 1985 über 60 % des Zuwachses.

Folgerungen

Im Bödmerenwald gab es früher regelmässige, wenn auch geringe (ca. 20 % des Zuwachses), meist einzelstammweise Nutzungen, die sich vor allem auf die alpnahen und produktiven Gebiete konzentrierten. Diese forstlichen Nutzungen wurden nach dem Bau der Passstrasse intensiviert. Zudem gab es kleinere Eingriffe wie Aufasten und Pflanzversuche. Eine Beweidung durch Ziegen fand und findet ebenfalls in den alpnahen Gebieten und früher im Teilgebiet 1 und 2 statt. Grössere Partien im Teilgebiet 2, 5 und 6 dürfen als kaum berührt gelten.

3.2.2 Forstliche Nutzungen 1981 bis 2004

Einleitung und Methode

Im Archiv der Oberallmeind Korporation Schwyz werden sämtliche Holzschlagsprotokolle gesammelt. Aus diesen seit 1987 einheitlich registrierten Daten hat Max Büchel (Revierförster Bödmeren, 14.02.05) eine Zusammenstellung gemacht, aus der sich die Holznutzungen lokalisieren lassen.

Resultate

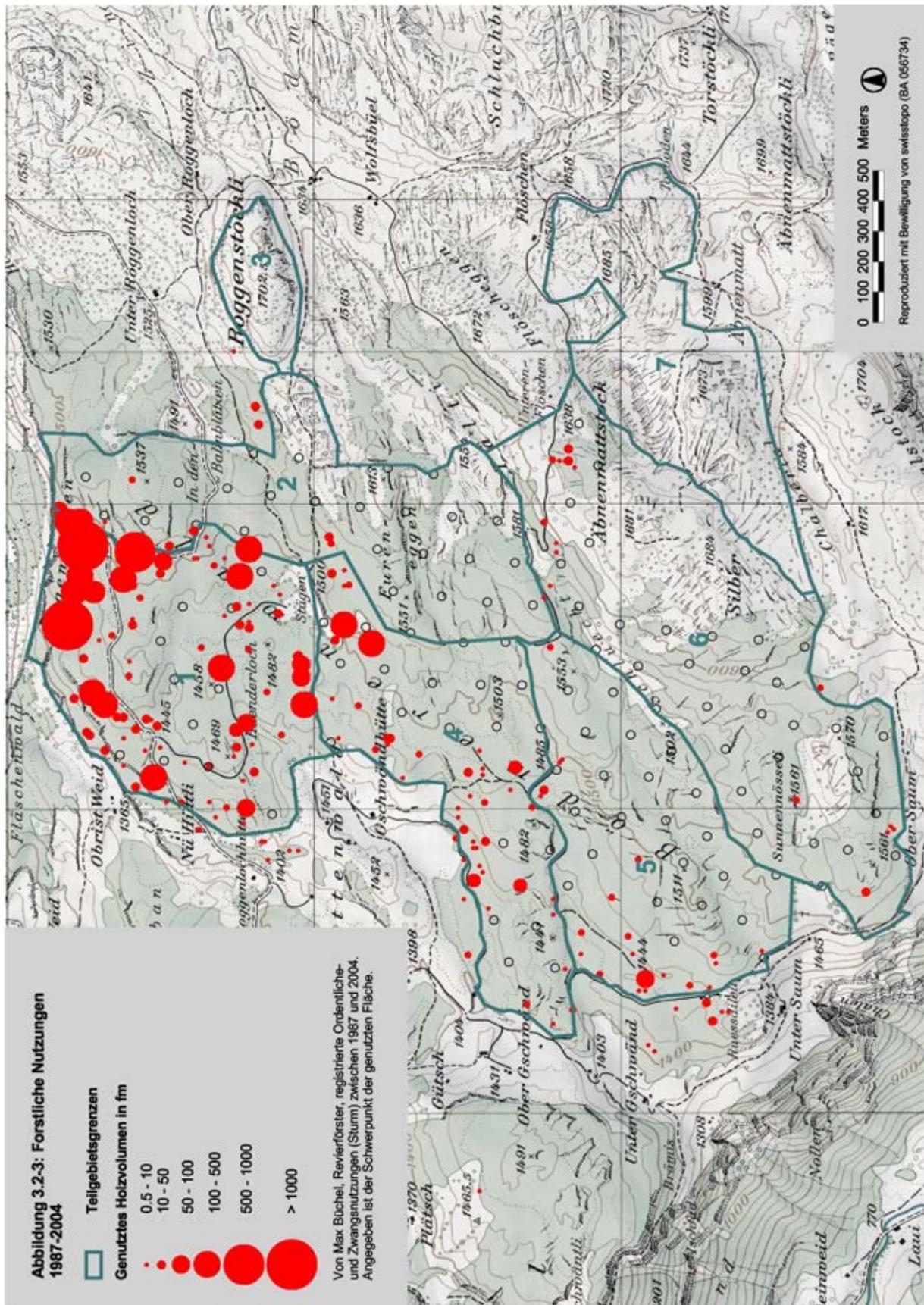
In den Jahren 1981 bis 1986 wurden nach Angaben aus dem Wirtschaftsplan Starzlen – Bödmeren von Revierförster J. Schelbert ca. 1'000 fm und Jahr genutzt, wobei diese Nutzungen wahrscheinlich nicht nur im Bödmerenwald stattfanden (Details siehe Tabelle im Anhang).

In den letzten 18 Jahren wurden im Untersuchungsgebiet rund 11'000 fm Holz genutzt. Davon sind 60 % durch Windwurf und je 20 % durch Käfer und durch reguläre Nutzung angefallen. Wie stark die Stürme für die Nutzungen ausschlaggebend gewesen waren, ist deutlich aus *Abbildung 3.2-4* ersichtlich.

Tabelle 3.2-3: Forstliche Nutzungen zwischen 1987 und 2004.

Jahr	Teilgebiet 1 [fm]	Teilgebiet 4 [fm]	Teilgebiet 5 [fm]	Teilgebiet 6 [fm]	Total pro Jahr [fm]
1987	116	78			194
1988	54	53	1	28	136
1989	107	7			115
1990	3'775	110		4	3'890
1991	460	279	4	5	748
1992	985	7	2	2	996
1993	863	169	35		1'066
1994	157	16		3	176
1995	291	21			312
1996	367	36	1		403
1997	299	20		9	327
1998	134	3	5		142
1999	181	8			189
2000	1'068	328		1	1'397
2001	162	4			165
2002	254	56			310
2003	478	15	2	3	499
2004	74	15		3	92
Total Nutzung	9'825	1'226	50	58	11'159
fm pro Jahr	546	68	3	3	620
Zuwachs ¹	5'854	3'787	3'101	2'447	15'189
Zuw. pro Jahr	325	210	172	136	843
Nutzungsanteil bez. auf Zuw.	168 %	33 %	2 %	2 %	73 %

¹ Dieser Zuwachs ist für eine dem Standort angepasste Bestockung gerechnet, was im nördlichen Teilgebiet 1 ab 1990 (Vivian) nicht mehr zutrifft (siehe *Kap. 3.1*). Der Zuwachs ist für 18 Jahre und für die jeweilige Teilgebietsfläche (bei Teilgebiet 6 nur ½ der Fläche) gerechnet, ohne natürlichen Abgang.



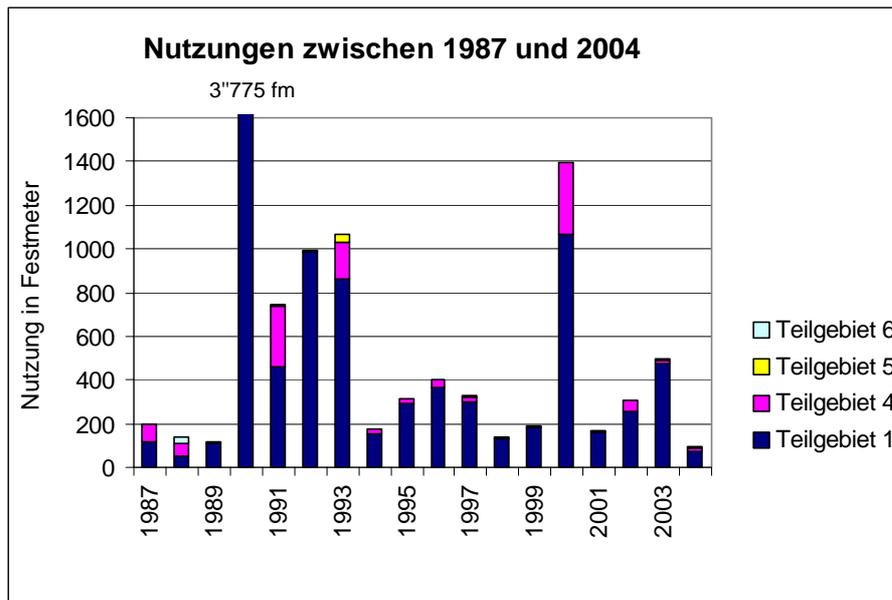


Abbildung 3.2-4: Forstliche Nutzungen zwischen 1987 und 2004 pro Teilgebiet in Festmeter.

Die Nutzungen seit 1987 konzentrieren sich gemäss *Abbildung 3.2-3* und *3.2-4* auf die Teilgebiete 1 und 4. Bei den vereinzelt genutzten Nutzungen von insgesamt je nur rund 50 fm in den Teilgebieten 5 und 6 handelt es sich um Käferbäume. Die Nutzungen im Teilgebiet 1 sind massiv. Es handelt sich dabei vor allem um Windwurfräumungen (Vivian 1990 und Lothar 2000), aber auch um reguläre Verjüngungshiebe und Durchforstungen. Im Teilgebiet 4 wurden ebenfalls Sturmholz und Altbestände genutzt.

Diskussion

Für die Beurteilung des Urwaldcharakters bedeutet jede Nutzung eine Beeinträchtigung des Waldes. Aus der *Abbildung 3.2-3* ist ersichtlich, dass sich die Holznutzungen stark auf das Teilgebiet 1 und den Nordteil des Teilgebietes 4 konzentrieren. Die gezielte Entnahme der Käferbäume im ganzen Gebiet ausser im Reservat betrifft zwar eine geringe Holzmenge, kann aber auf das Waldökosystem qualitative Folgen haben.

Für gewisse Tiere, wie etwa den im Gebiet in hoher Dichte vorkommenden **Dreizehenspecht**, kann das Konsequenzen haben (HESS 1982). So braucht der Dreizehenspecht gemäss den Untersuchungen von BÜTLER et al. (2004) eine Menge von ca. 18 m³/ha stehendes Totholz, um genügend Nahrung zu finden. Diese Totholzmenge wird im Bödmerenwald nicht erreicht (nur ca. 10 m³/ha). Dank punktuell grösseren Totholzvorkommen, besonders lichten und damit insektenreichen Strukturen und den für das Saftlecken günstigen Bergföhren, findet der Dreizehenspecht trotzdem gute Lebensbedingungen. Eine zu rigorose Käferbekämpfung dürfte dem seltenen Specht aber Probleme verursachen.

Folgerungen

Zusammenfassend müssen die neueren Nutzungen seit 1987 für das Teilgebiet 1 als starke Beeinträchtigung bewertet werden. Auch im Teilgebiet 4 wurde etwa ein Drittel des Zuwachses abgeschöpft, wobei mengenmässig zwei Windwürfe ausschlaggebend waren. Im Teilgebiet 2 wurde nicht genutzt. In den Teilgebieten 5 und 6 wurden vereinzelt Käferbäume entfernt. Die Nutzung der Käferbäume wird aus ökologischer Sicht im Bödmerenwald als wenig sinnvoll erachtet.

3.3 Totholz

TOBIAS LIECHTI UND BERNHARD ROTH

Zusammenfassung

Im Sommer 2004 wurde auf 172 systematisch verteilten Stichprobenpunkten der Betriebsinventur das liegende und stehende Totholz vermessen. Zudem wurden natürliche und durch Nutzung entstandene Strünke erfasst. Die Ergebnisse dieser Aufnahme werden detailliert aufgeschlüsselt nach Teilgebiet und Abbaugrad dargestellt. In der Diskussion werden die Totholzanteile mit dem Holzvorrat und Angaben aus der Literatur verglichen.

Bezogen auf das Totholz kann nur das Teilgebiet 2 eindeutig als urwaldähnlich bezeichnet werden. Aber auch hier finden sich wenige alte Nutzungsspuren. Das Teilgebiet 6 weist einen Mangel an altem liegendem Holz auf, das vermutlich durch Äpler als Brennholz eingesammelt wurde. Ansonsten ist es urwaldähnlich. Im Teilgebiet 5 fallen alte Nutzungsspuren und ein Mangel vor allem an liegendem Totholz auf. Das Teilgebiet 4 wurde über lange Zeit regelmässig genutzt, die Totholzanteile sind daher hier von allen Teilgebieten am geringsten. Es wurden aber nie flächige Schläge ausgeführt. Das Teilgebiet 1 wurde stark durch die Zwangsnutzung nach Vivian und die folgende Entnahme von Käferbäumen beeinträchtigt, war aber vor dem Bau der Pragelpassstrasse in den 70er Jahren nur wenig von Nutzung betroffen. In allen Teilgebieten können einzelne totholzreiche, urwaldähnliche Stellen angetroffen werden.

3.3.1 Einleitung

Totholz gilt in der Naturwalddiskussion als wichtiger Indikator für die Natürlichkeit. Dabei ist nicht nur die absolute Menge wichtig, sondern auch die Relation zum Vorrat. Ebenfalls wichtig ist die Qualität des Totholzes, wobei mindestens zwischen stehenden und liegendem Totholz unterschieden wird. Im Wirtschaftswald fehlt es vor allem an altem, stark abgebautem Totholz. Der Verwitterungs- oder Abbaugrad des Totholzes ist daher neben der Menge ein weiteres wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Urwaldcharakters

Totholz gilt als eine entscheidende Ressource für die Artenvielfalt von holzbewohnenden Insekten, Pilzen, Spechten und weitere Organismengruppen. Ein grosses und qualitativ diverses Totholzangebot ist daher aus Sicht der Biodiversität von grossem Interesse.

3.3.2 Methode

Auf dem bestehenden Netz von Inventur-Aufnahme-Punkten, welches im Dreiecksverband 150 m x 150 m angeordnet ist, wurden auf 172 Punkten Aufnahmen durchgeführt. Die Probeflächen sind 300 m² (horizontal, $r = 9,77$ m) gross. Aufgenommen wurden neben verschiedenen Charakteristiken zur Probefläche alle liegenden Holzstücke und Strünke.

Das stehende Totholz wurde aus den Inventurdaten 1998 abgeleitet. Zudem wurde auf einem Luftbild von 2002 alle erkennbaren stehenden toten Bäume erfasst.

Beim liegenden Totholz wurde die effektiv im Probekreis liegende Holzmenge erfasst, in dem der mittlere Durchmesser ab Kluppschwelle 16 cm und die Länge des Holzstückes bis zum Probekreisrand gemessen wurde.

Bei den Strünken wurden die Höhe und der BHD (Brusthöhendurchmesser) gemessen bzw. geschätzt. Zudem wurde der Durchmesser bei der Schnitthöhe gemessen. Kluppschwelle war analog der Inventuraufnahme 16 cm. Bei den Strünken wurde zudem die Entstehungsursache angegeben. War ein Strunk höher als 1.3 m, so wurde er als stehendes Totholz angesprochen.

Das Volumen für das stehende Totholz wurde mit einer Tariftabelle über den BHD bestimmt (Tarifliste siehe Anhang). Das Volumen der Strünke und des liegenden Totholzes wurde als Walze gerechnet. Die Angaben pro Hektar sind hochgerechnete Probeflächenwerte.

Bei allen Totholzarten wurde wenn möglich die Holzart und der Abbaugrad in 6 Klassen erfasst (vgl. *Tabelle 3.3-1*).

Das stehende Totholz wurde zusätzlich über das Luftbild erfasst, in dem jeder erkennbare tote Baum als Punkt registriert wurde. Daraus wurde ein Hektarwert für jedes Teilgebiet ermittelt und ein stehendes Totholzvolumen geschätzt, in dem die Baumanzahl mit einem Volumendurchschnittswert pro Baum multipliziert wurde.

Berechnungen

Volumen liegendes Totholz:

$$\text{Vol}_{\text{liegend}} = D_{\text{Mitte}} \times D_{\text{Mitte}} / 4 \times l_{\text{Stamm}} \times \pi$$

Volumen stehender Baum:

$$\text{Vol}_{\text{stehend}} \Rightarrow \text{BHD} \Rightarrow \text{Vergleich mit Tariftabelle}$$

Umrechnung Vorrat Probefläche zur Hektare:

$$\text{Vol}_{\text{ha}} = \text{Vol}_{\text{pbf}} \times 100 / 300 \times 10'000$$

Legende

D_{Mitte}	Durchmesser in der Mitte eines liegenden Stammes bzw. Holzstücks
l_{Stamm}	Stammlänge
$\text{Vol}_{\text{liegend}}$	Volumen eines liegenden Stammes
Vol_{ha}	Volumen pro Hektar
Vol_{pbf}	Volumen pro Probefläche (300 m ²)

Tabelle 3.3-1: Abbaugrad und Abbaueiten

Abbaugrad	Beschreibung	Abbauezeit Jahre	Bemerkung
1	Rinde und Zweige intakt	0-5	Schnitt/Bruch sehr klar
2	bereits durchhängend oder teilweise aufliegend, Zweige fehlen, Rinde intakt	5-15	Sturm-Holz 1990 befindet sich im Übergang von 2 zu 3
3	Rinde weg, Holz kompakt, grosse Stücke, am Boden	10-40	In Mulden geht der Abbau viel schneller als auf Kuppen
4	Holz zerfällt in kleine Stücke, weich, Querschnitt rund bis oval, ganzer Stamm am Boden	30-80	Strünke sind deutlich häufiger als liegendes Holz
5	Holz weich, pulverig, Holz wird zu Boden, Querschnitt oval	60-120	Vermutlich letzte Baumgeneration
6	Modriger Erdwulst	> 100	kaum erkennbar

Abbaugrad nach Verwitterungsstufen gemäss HUNTER 1990.

Die Zeit für den Abbau wurde für den Bödmerenwald geschätzt. Die Schätzung ist als zu verifizierende Vermutung aufzufassen. Die Abbauphasen dauern je nach Standort unterschiedlich lange: Totholz wird in feuchten Mulden sehr schnell abgebaut, an trockenen, windigen Stellen hingegen lange konserviert. Die Abbaueiten sind für die ersten 3 Abbauklassen aus Nutzungsdaten hergeleitet. Zudem zeigt das 40jährige Reservat bis Abbauklasse 3 deutliche Wirkung.

3.3.3 Resultate

Totholz und Vorrat

Über des ganze Untersuchungsgebiet wurde eine mittlere Totholzmenge von 32.6 m³/ha gefunden. Diese setzt sich knapp zur Hälfte aus liegendem Totholz zusammen und zu je einem guten Viertel aus stehendem Totholz und Strünken. Die Totholzmenge beträgt 13 % des stehenden Holzvorrates.

Im grösstenteils seit mindestens 40 Jahren ungenutzten Teilgebiet 2 sind die Verhältnisse anders. Das liegende Totholz macht hier fast 70 % der Totholzmenge aus und nur knapp 10 % entfallen auf Strünke. Im Vergleich zum gesamten Holzvorrat im Teilgebiet 2 macht das Totholz 28 % aus.

In Teilgebiet 1 mit regelmässiger Nutzung macht der Totholzanteil der Strünke knapp 50 % der Totholzmenge, das stehende Totholz hingegen nur 17 % der Totholzmenge aus.

Tabelle 3.3-2: Totholzanteile pro Teilgebiet und Vergleich zum Vorrat.

Gebiete ¹	liegendes Totholz [m ³ /ha]	stehendes Totholz [m ³ /ha]	Strünke [m ³ /ha]	Alles Totholz [m ³ /ha]	Vorrat 1998 Total [m ³ /ha]	Verhältnis Totholz/Vorrat [%]
Teilgebiet 1	11.9	6.1	17.1	35.1	306	11
Teilgebiet 2	37.3	12.0	4.8	54.1	193	28
Teilgebiet 4	7.9	3.5	9.3	20.7	250	8
Teilgebiet 5	7.6	10.9	8.0	26.5	209	13
Teilgebiet 6	6.9	15.3	4.6	26.8	239	11
alle Teilgebiete	14.3	9.6	8.8	32.6	242	13

¹ Die Werte beziehen sich auf die bestockten Flächen der Teilgebiete (vgl. *Stichprobennetz Kapitel 2.2*)

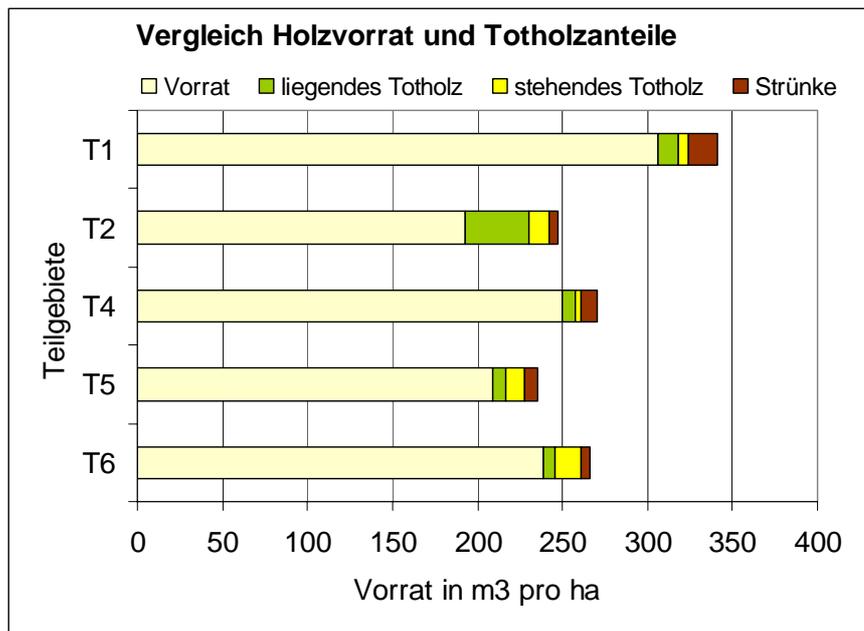


Abbildung: 3.3-1: Totholzanteile im Verhältnis zum Vorrat.

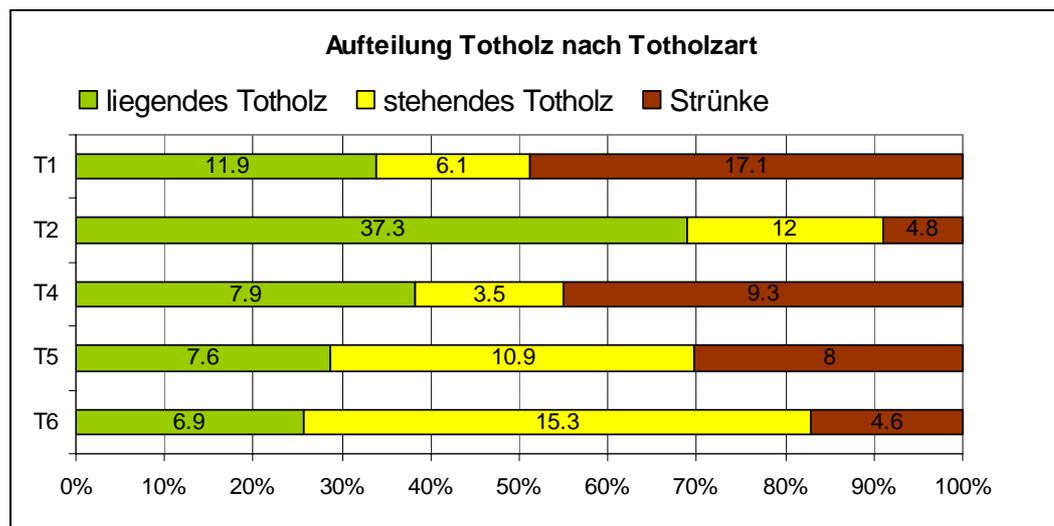
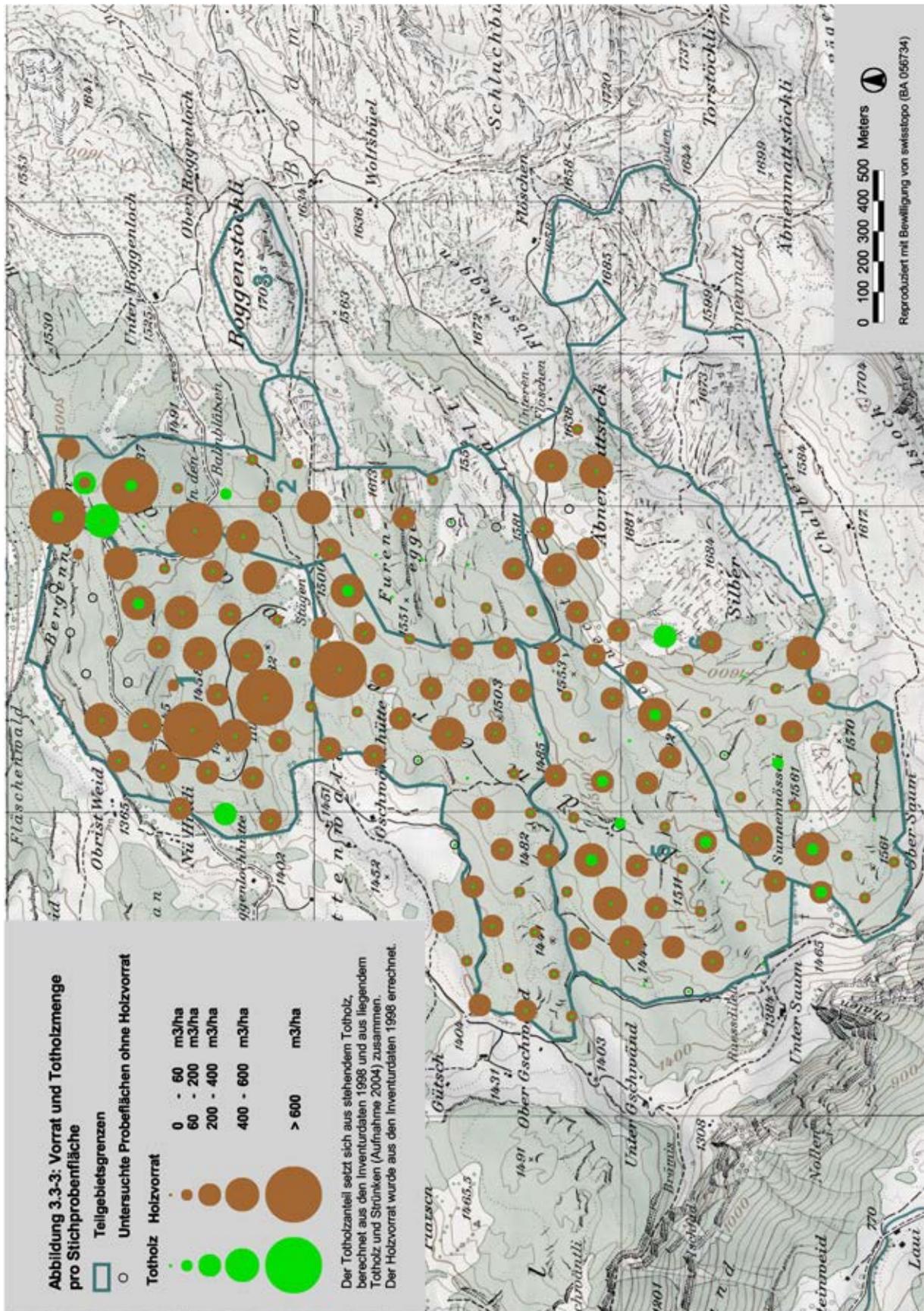


Abbildung: 3.3-2: Prozentuale Aufteilung der Totholzarten. Die angegebenen Werte in den Balken sind m^3/ha -Werte.

Die Karte in *Abbildung 3.3-3* zeigt die Verteilung von Vorrat und Totholz über das ganze Untersuchungsgebiet. Es fällt auf, dass die grössten Totholzvorkommen sich nicht mit den grössten Vorratsvorkommen decken. Grössere Totholz mengen finden sich vor allem im Norden des Teilgebietes 2 und stellenweise im Teilgebiet 5 und 6.



Liegendes Totholz

Der Menge bzw. das Volumen an liegendem Totholz über das ganze Untersuchungsgebiet beträgt, ohne Einbezug der 3 stark von Vivian betroffenen Probeflächen, 8.9 m³/ha. Auch ohne Vivianflächen ist die liegende Holzmenge in den Teilgebiet 1 und 2 grösser als in den übrigen Teilgebieten. Das durchschnittliche Volumen eines Totholzstücks beträgt 0.3 m³ (Mittelwert aus allen Daten, vgl. *Tabelle im Anhang*).

Eine Aufteilung des Untersuchungsgebietes nach Wachstumskategorien bringt kaum eine geringere Streuung der Werte als die nach Teilgebieten.

In der Aufteilung nach den sechs Abbauklassen (*Abbildung 3.3-4*) ist ersichtlich, dass vor allem die Klassen 2 und 3 viel Holz umfassen. Dazu gehört das Sturmholz von Vivian 1991. Der Vergleich zwischen Teilgebieten (*Abbildung 3.3-5*) zeigt, dass die Volumenanteile an stärker abgebautem Holz meist ähnlich hoch sind, sich aber im Teilgebiet 2 deutlich mehr jüngerer liegendes Totholz findet. Vergleicht man die Stückzahlen (*Abbildung 3.3-6*), so fallen die eher jüngeren Totholzanteile im Teilgebiet 1 und 2 auf.

Die *Abbildung 3.3-7* zeigt die Verteilung des liegenden Totholzes über das ganze Untersuchungsgebiet, aufgeteilt in wenig und stark abgebautes Holz. Es fällt auf, dass stark abgebautes liegendes Holz im ganzen Gebiet und z. B. auch im heute gut zugänglichen Teilgebiet 1 (Hüenderloch) zu finden ist. Schwach abgebautes liegendes Totholz hingegen findet man vor allem im Reservat, Teilgebiet 2 und im Teilgebiet 5 und 6.

Tabelle 3.3-3: Liegendes Totholz gemäss Aufnahme 2004.

Gebiete	Volumen [m ³]	Mittelwert [m ³ /ha]	Anzahl PBF ³ [n]	Standard- abweichung
Teilgebiet 1	295	10.9	27	11.6
Teilgebiet 2	1'082	37.3	29	93.6
Teilgebiet 2 ohne Vivian-PBF	329	12.7	26	17.8
Teilgebiet 4	275	7.9	35	13.1
Teilgebiet 5	243	7.6	32	14.2
Teilgebiet 6	257	6.9	37	14.2
Produktiver Fichtenwald ¹	1'299	24.5	53	70.4
Produktiver Fichtenwald ohne Vivian-PBF	520	10.6	49	14.2
Mässig wüchsiger Kalk-Fichtenwald	118	6.9	17	14.8
Schlecht wüchsiger Kalk-Fichtenwald	550	9.5	58	15.3
Aufgelöster Kalk-Fichten-Bergföhrenwald	185	6.4	29	12.2
alle Teilgebiete	2'152	14.0	160	42.6
alle Teilgebiete ohne Vivian-PBF	1'397	8.9²	157	14.3
alle PBF ohne Nutzungsspuren, ohne Vivian-PBF	682	9.0	75	15.2

¹ Standortskarte siehe *Kapitel 2.1*.

² Das untere Quartil des durchschnittlichen liegenden Holzvolumens ohne Extreme beträgt $q_{1/4} = 0$ m³/ha, das obere Quartil $q_{3/4} = 12$ m³/ha. Der Medianwert liegt immer viel tiefer als der Mittelwert.

³ PBF: systematisch verteilte Probeflächen, die 2004 untersucht wurden.

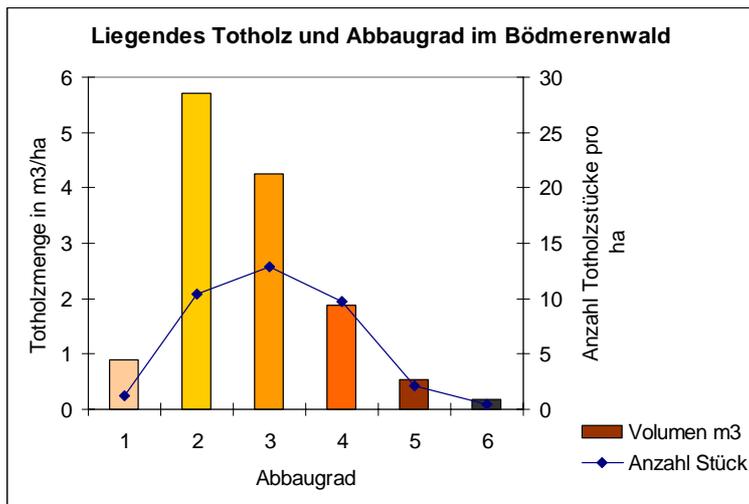


Abbildung 3.3-4: Anzahl und Volumen des liegenden Totholzes pro Hektar im untersuchten Gebiet, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6, Farben hell bis dunkel, schwach bis stark abgebaut.

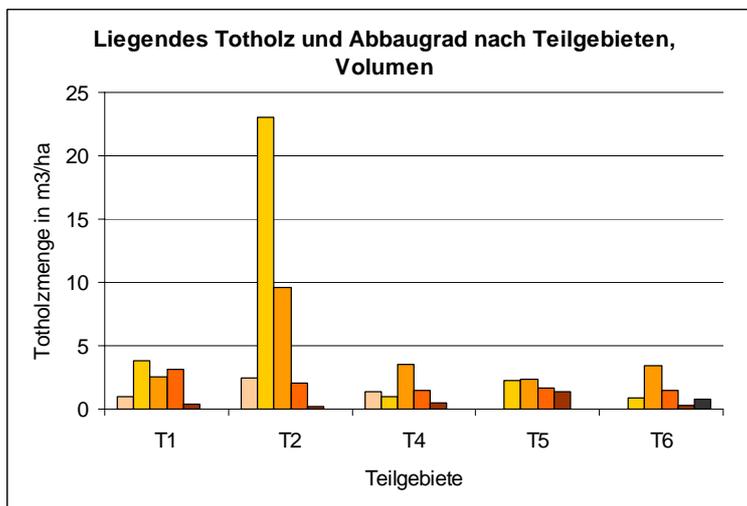


Abbildung 3.3-5: Volumen des liegenden Totholzes pro Hektar in den Teilgebieten, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6, Farben hell bis dunkel, schwach bis stark abgebaut.

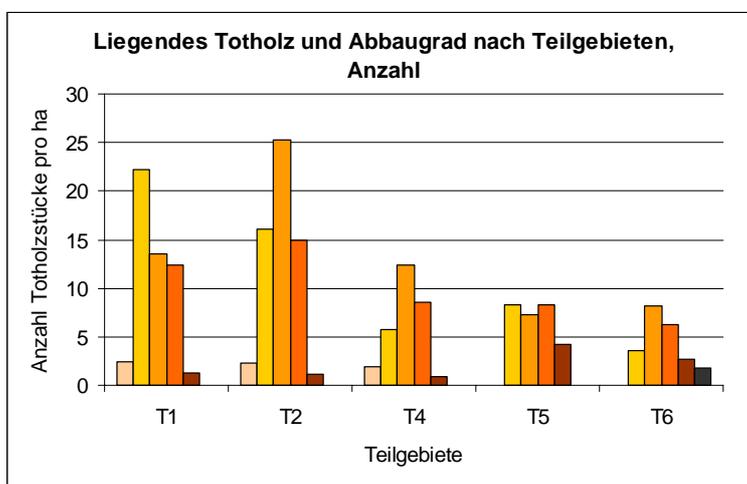
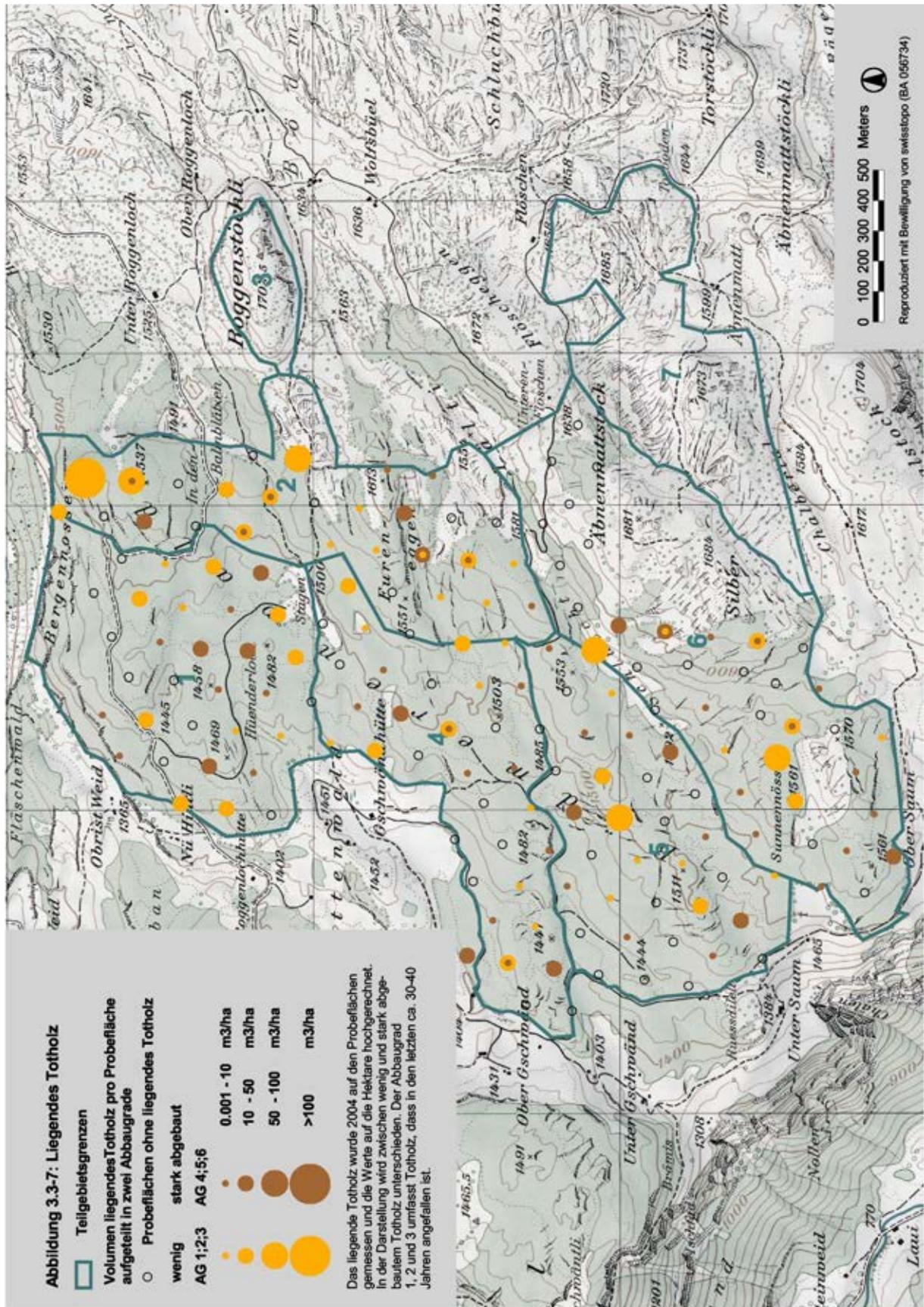


Abbildung 3.3-6: Anzahl liegender Totholzstücke pro Hektar in den Teilgebieten, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6, Farben hell bis dunkel, schwach bis stark abgebaut.



Stehendes Totholz

Das Volumen an stehendem Totholz ist mit durchschnittlich 9.5 m³/ha ein Drittel geringer als jenes des liegenden Totholzes, wobei die Werte noch stärker streuen. Zwischen den Teilgebieten bestehen deutliche Unterschiede. Im Teilgebiet 1 und 4 gibt es nur etwa halb bis ein Viertel so viel stehendes Totholz wie in den Teilgebieten 2, 5 und 6. So macht das stehende Totholz in den Teilgebieten 1 und 4 nur rund 1 % des gesamten Holzvorrates aus, in den anderen Teilgebieten 4-6 % (vgl. *Abbildung 3.3-1*).

Tabelle 3.3-4: Stehendes Totholz gemäss Inventurdaten 1998.

Gebiete	Total m ³	Mittelwert m ³ /ha	Anzahl PBF	Standard- abweichung
Teilgebiet 1	212	6.1	35	29.5
Teilgebiet 2	372	12.0	31	37.6
Teilgebiet 4	131	3.5	37	10.2
Teilgebiet 5	350	10.9	32	26.7
Teilgebiet 6	565	15.3	37	36.3
Produktiver Fichtenwald	521	8.4	62	34.9
Mässig wüchsiger Kalk- Fichtenwald	270	15.9	17	31.9
Schlecht wüchsiger Kalk- Fichtenwald	769	12.8	60	29.9
Aufgelöster Kalk-Fichten- Bergföhrenwald	69	2.4	29	8.4
alle Teilgebiete	1'630	9.5¹	172	29.5
alle PBF ohne Nutzungsspuren	994	12.1	82	33.5

¹ Das unter Quartil des durchschnittlichen stehenden Totholzes beträgt $q_{1/4} = 0$ m³/ha, das obere Quartil $q_{3/4} = 10.8$ m³/ha. Der Median liegt ebenfalls bei 0. Folglich gibt es auf über $\frac{3}{4}$ der Probestflächen kein stehendes Totholz. Dies gilt auch für die Reservatsfläche. Extreme Werte wie beim liegenden Totholz (Vivian-PBF) gibt es beim stehenden Totholz nicht.

Die Volumen sind mit der Tariftabelle gerechnet. Stehendes Totholz mit einer Höhe < 1.3 m wurde als Strünke erfasst.

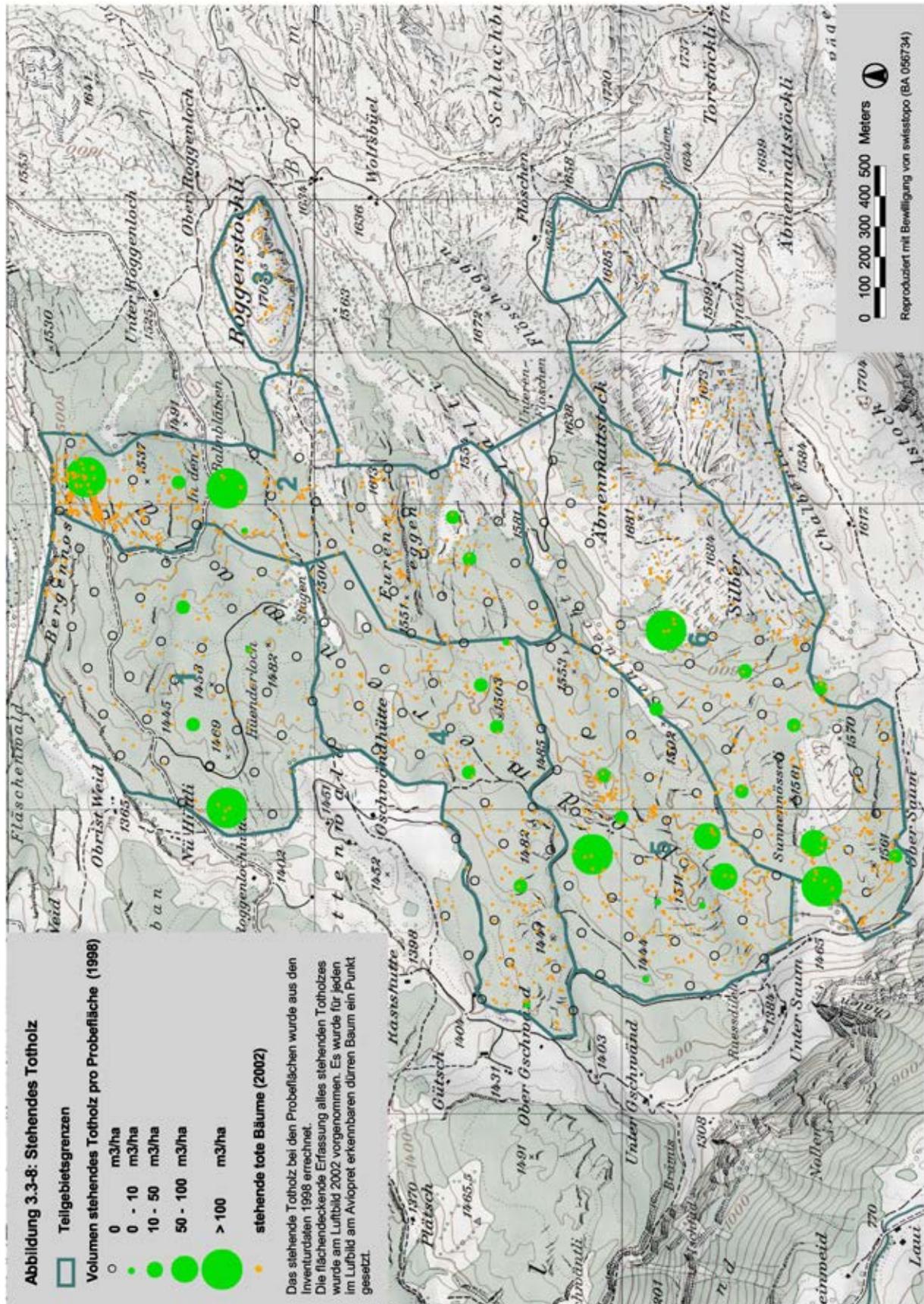
Mit der Auswertung über das Luftbild von 2002 kommt man zu etwas anderen Zahlen (*Tabelle 3.3-5*). So wird der durchschnittliche Vorrat an stehendem Totholz auf nur 6 m³/ha für die Teilgebiete 1, 2, 4, 5 und 6 geschätzt. Als sehr reich an stehendem Totholz wird wiederum das Teilgebiet 2 mit über 10 m³/ha ausgemacht und als sehr arm das Teilgebiet 1. Die andern Teilgebiete mit stehenden Totholz-vorräten zwischen 5 und 6.9 m³/ha sind als durchschnittlich ausgewiesen. Beachtet man die grosse Streuung bei den Inventurdaten von 1998, so dürfen die hoch scheinenden stehenden Totholz-vorräte im Teilgebiet 5 und 6 nicht überbewertet werden. Im Teilgebiet 4 ist auch denkbar, dass ein Anteil des 1998 erfassten stehenden Totholzes genutzt wurde.

Zudem liegen mit der Luftbildauswertung erstmals Zahlen zu den Teilgebieten 3 (Roggenstöckli) und 7 (Äbnenmatt) vor. Diese Gebiete sind locker bestockt, weisen aber einen hohen Anteil an stehendem Totholz auf.

Tabelle 3.3-5: Stehendes Totholz gemäss Luftbildauswertung 2004. Das Volumen wurde geschätzt, indem die Anzahl Bäume mit einem durchschnittlichen Baumvolumen (berechnet aus den Daten zum stehenden Totholz von 1998; Wert: 1.48 m³) multipliziert wurden.

Gebiete	Grösse (ha)	Anzahl tote Bäume	Anzahl pro ha	geschätzter Vorrat m ³ /ha	Δ zur Messung 1998 m ³ /ha
Teilgebiet 1	72.6	112	1.54	2.3	3.8
Teilgebiet 2	69.0	503	7.29	10.8	1.2
Teilgebiet 3	10.7	45	4.21	6.2	-
Teilgebiet 4	59.6	226	3.79	5.6	-2.1
Teilgebiet 5	62.2	289	4.65	6.9	4.0
Teilgebiet 6	103.0	351	3.41	5.0	10.3
Teilgebiet 7	49.7	81	1.63	2.4	-
Alle Teilgebiete	426.9	1607	3.76	5.6	
Gebiete 1, 2, 4, 5, 6	366.4	1481	4.04	6.0	

Die *Abbildung 3.3-8* zeigt die Verteilung des stehenden Totholzes über das ganze Untersuchungsgebiet. Man erkennt die Klumpung im Teilgebiet 2, bedingt durch Borkenkäferbefall, und auch eine Häufung in den zentralen Bereichen des Teilgebietes 5. Deutlich ist auch die starke Ausdünnung im Teilgebiet 1 und in der nördlichen Hälfte des Teilgebietes 4 erkennbar.



Totholz Strünke

Strünke bleiben sehr lange sichtbar und werden vermutlich weniger schnell abgebaut als liegendes Totholz. Sie können durch natürliche Ursache entstehen oder durch Nutzung. Neben der Entstehungsursache wurde im Feld auch der Abbaugrad angesprochen. Dies ermöglicht interessante Auswertungen zur Nutzungsgeschichte.

Tabelle 3.3-6 zeigt einen grossen Anteil an Strünken im Teilgebiet 1 und einen geringen in den Teilgebieten 2 und 6.

Tabelle 3.3-6: Volumen der Strünke gemäss Aufnahme 2004.

Gebiete	Total m ³	Mittelwert m ³ /ha	n	SD
Teilgebiet 1	548	17.1	32	17.4
Teilgebiet 2	135	4.8	28	5.9
Teilgebiet 4	315	9.3	34	10.1
Teilgebiet 5	255	8.0	32	8.4
Teilgebiet 6	171	4.6	37	5.2
alle Teilgebiete	1'425	8.8	163	11.2

Die Strünke wurden als Walze gerechnet. Bei unklaren Messungen bei stark abgebauten Strünken wurde mit dem Mittelwert der entsprechenden Abbauklasse gerechnet.

In der *Abbildung 3.3-9* wird die Anzahl der vermutlich durch Nutzung entstandenen Strünke zusammengestellt. Deutlich ist der Nutzungsverzicht im Teilgebiet 2 und die geringe Nutzungsintensität im Teilgebiet 6 sichtbar. In Teilgebiet 4 und 5 wurde regelmässig und vor allem auch früher genutzt. Im Teilgebiet 1 gibt es viele neue Nutzungsspuren.

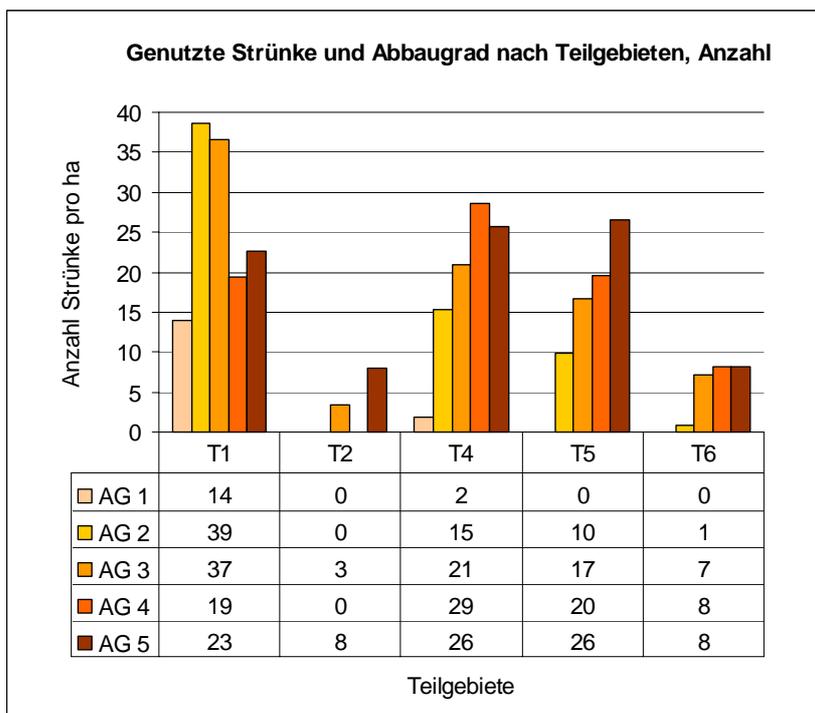


Abbildung 3.3-9: Anzahl genutzter Strünke pro Hektar in jedem Teilgebiet nach Abbaugrad.

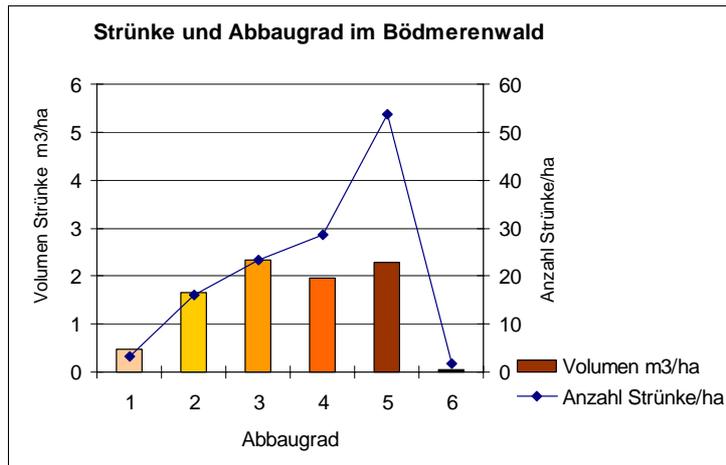


Abbildung 3.3-10: Anzahl und Volumen der Strünke über alle Teilgebiete pro ha, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6 (schwach bis stark).

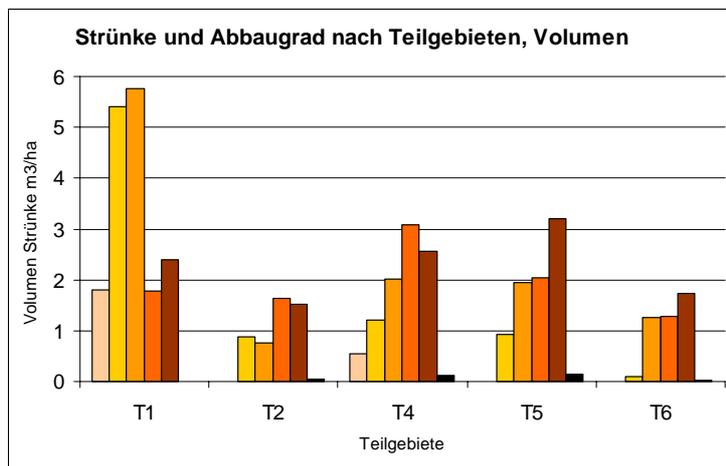


Abbildung 3.3-11: Volumen der Strünke (m³/ha) in den Teilgebieten, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6 (Farben hell bis dunkel).

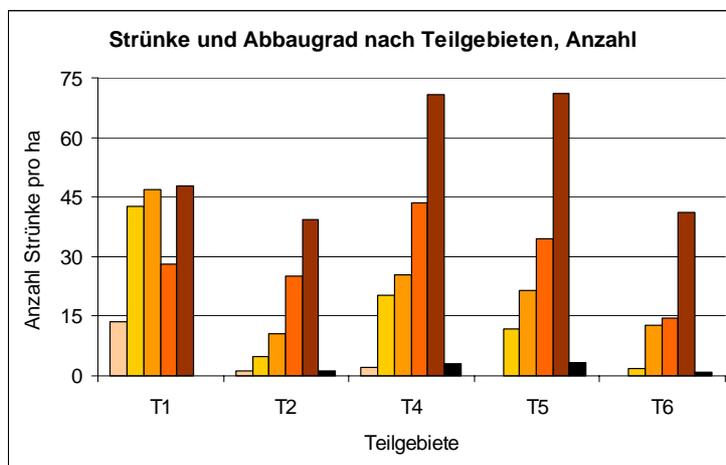
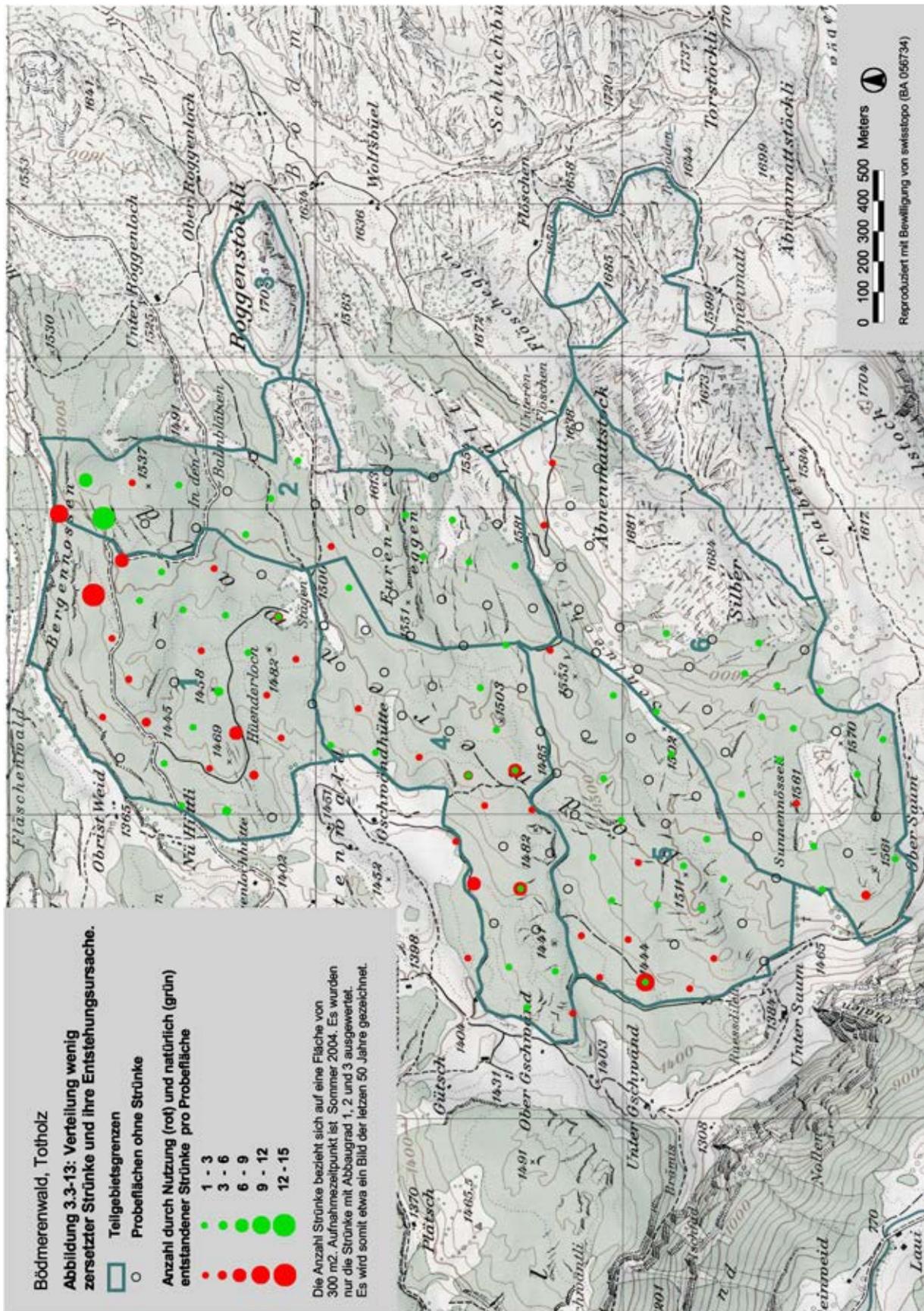
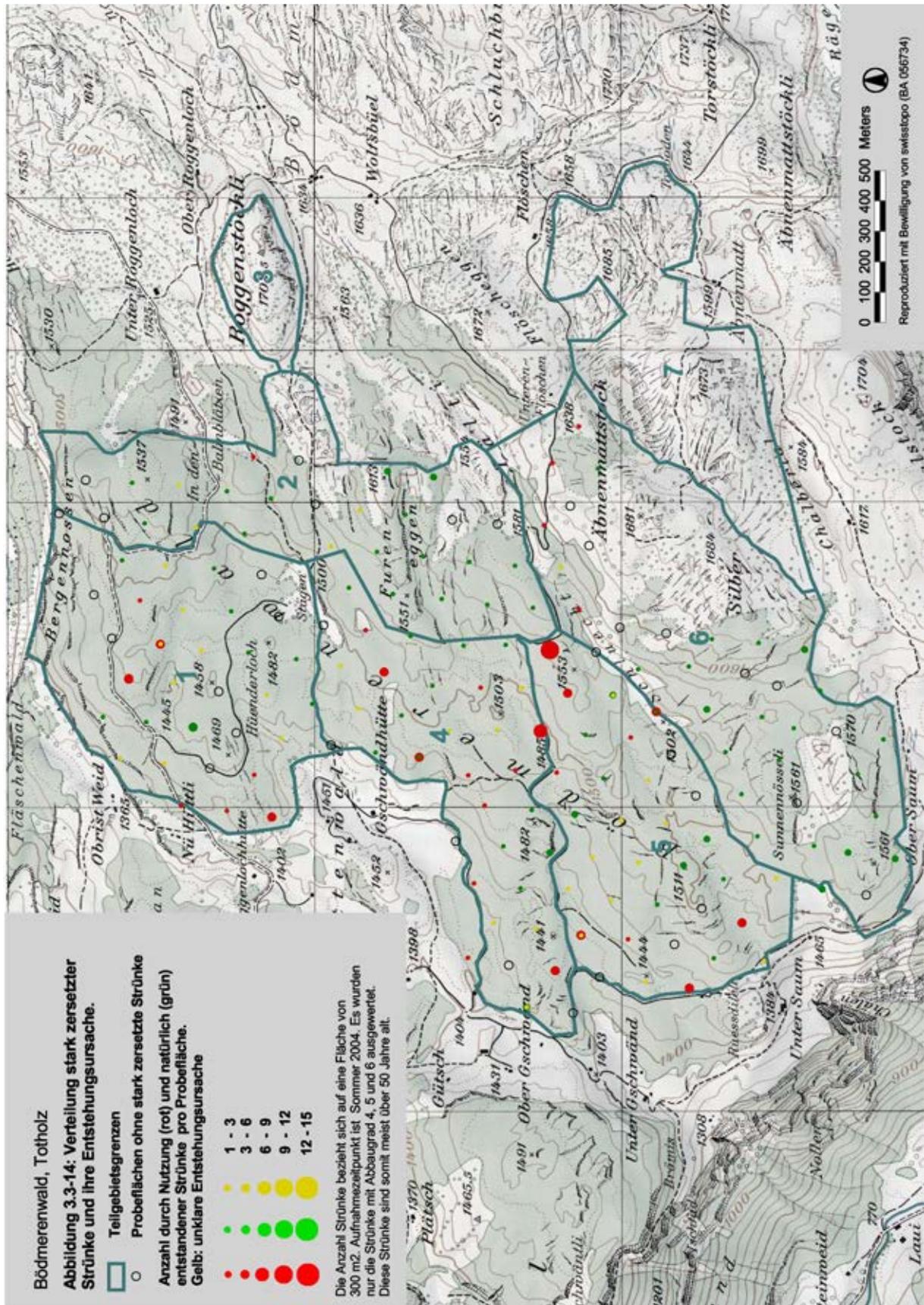
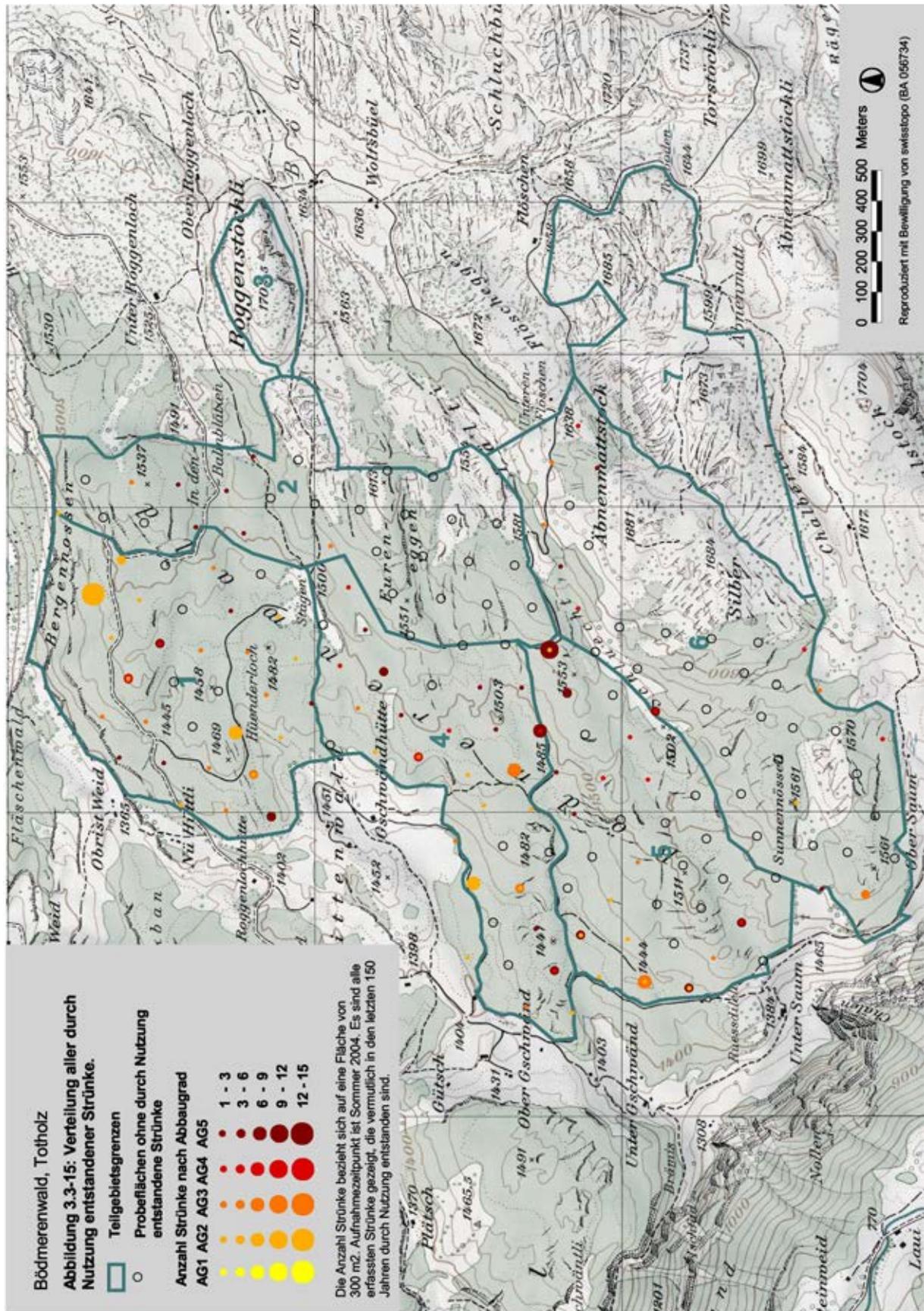


Abbildung 3.3-12: Anzahl der Strünke in den Teilgebieten pro Hektar, geordnet nach Abbaugrad 1 bis 6 (Farben hell bis dunkel).







Die *Abbildung 3.3-10* zeigt die Verteilung der Strünke über die Abbauklassen. Auffällig ist, dass die grösste Anzahl Strünke in Abbauklasse 5 (54 Stück), das grösste Strunkvolumen pro ha aber in Abbauklasse 3 (2.3 m^3) liegt. Das durchschnittliche Stückvolumen für frische Strünke liegt bei 0.1 m^3 , jenes für stärker abgebaute bei 0.025 m^3 .

Die *Abbildung 3.3-11* zeigt, dass im Teilgebiet 1 in den letzten Jahren viele frische und grosse Strünke entstanden sind. Zudem wird deutlich, dass es in den Teilgebieten 4 und 5 viele alte Strünke gibt, aber wenig neue entstanden sind.

Abbildung 3.3-12 unterstreicht die Aussage von *Abbildung 3.3-11*: In Teilgebieten 4 und 5 gibt es viele alte Strünke (Abbauklasse 5, 71 Stück/ha). Grössere Mengen neuer Strünke finden sich in Teilgebiet 1.

Die *Abbildung 3.3-13* gibt Auskunft über die Entstehungsursache der wenig zersetzten Strünke. So sind die Strünke neueren Datums im Teilgebiet 1 und 4 meist durch Nutzung entstanden, die in den anderen Teilgebieten, abgesehen von den Randbereichen, jedoch meist natürlich.

Die *Abbildung 3.3-14* der schon stark zersetzten Strünke zeigt, dass früher auch im Teilgebiet 4 genutzt wurde und eine grössere Nutzung nördlich der „Schluecht“ im Teilgebiet 5 stattgefunden hat.

Abbildung 3.3-15 zeigt, dass die Nutzungen nördlich der „Schluecht“ sehr alt sind und neue Nutzungen sich auf die Gebiete 1 und 4 konzentrieren.

3.3.4 Diskussion

Durchschnittliche Totholzmengen und Vorrat

Für Fichtennaturwälder in den **Westkarpaten** auf produktionschwachen Standorten mit einem Vorrat von $370\text{-}430 \text{ m}^3/\text{ha}$ wurden durchschnittliche Totholzvolumen von 54 und $56 \text{ m}^3/\text{ha}$ gefunden. Das Totholzvolumen beträgt $13\text{-}14 \%$ vom Vorrat der lebenden Bäume (KORPEL 1995).

Der **Bödmerenwald** hat einen durchschnittlichen Vorrat von nur $242 \text{ m}^3/\text{ha}$, im produktivsten Teilgebiet 1 von $306 \text{ m}^3/\text{ha}$. Die produktiveren Teilgebiete sind also in etwa mit jenen von KORPEL beschriebenen Urwäldern in den Westkarpaten zu vergleichen. Das Teilgebiet 2 weist folglich mit $54.1 \text{ m}^3/\text{ha}$ urwaldähnliche Totholzanteile auf, die sogar 28% des Vorrates ausmachen. Die anderen Teilgebiete haben im Vergleich zu geringe absolute Totholzanteile. Bezogen auf den Vorrat sind ausser für das Teilgebiet 4 die Totholzanteile mit $11\text{-}13 \%$ des Vorrates denjenigen eines Urwaldes annähernd gleich. Jedoch muss relativiert werden, dass auch die hohen Totholzanteile im Teilgebiet 2 Dank Sturm Vivian entstanden sind.

Im Durchschnitt finden sich in den **Voralpen** $12.2 \text{ m}^3/\text{ha}$, in den **Alpen** $19.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ Totholz im Wald. In den Voralpen sind davon $3.7 \text{ m}^3/\text{ha}$, in den Alpen $9.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ liegendes Totholz. In Beständen der unteren subalpinen Stufe, in denen seit über 50 Jahren nicht mehr genutzt wurde, beträgt der Totholzanteil $8,5 \%$ des gesamten Vorrates (BRASSEL & BRÄNDLI 1999).

In absoluten Zahlen übersteigt vor allem der Anteil an liegendem Totholz von $14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ im Bödmerenwald die Durchschnittswerte der voralpinen und alpinen Wälder der Schweiz deutlich. Mit einem Totholzanteil von $32.6 \text{ m}^3/\text{ha}$ bzw. 13% des Vorrates, werden auch die seit 50 Jahren nicht mehr bewirtschafteten Wälder vom Bödmerenwald deutlich übertroffen.

Eine Bestandesaufnahme im als Urwaldrelikt bekannten **Reservat Derborence** stellte für die Plenterwaldphase einen Totholzanteil von $10\text{-}15 \%$ des Gesamtvrates fest, der für die Alters- und Zerfallsphase bis auf 25% steigen kann (LEIBUNDGUT 1982). Diese Zahlen sind also ähnlich denen des Bödmerenwaldes mit 13% Totholzanteil für den gesamten Wald und 27% für das Teilgebiet 2. KORPEL (1995) schreibt über die Urwälder der Westkarpaten zusammenfassend, dass die Masse der abge-

storbenen liegenden Bäume, abgesehen von Naturkatastrophen, höchstens 20-30 % des maximalen Holzvorrates der lebenden Bäume erreicht.

Zusammenfassend darf der Totholzanteil im Teilgebiet 2 als urwaldähnlich eingestuft werden. Für die andern Teilgebiete, ausser dem Teilgebiet 4 entspricht der Totholzanteil annähernd demjenigen eines Urwaldes. Doch wurden hier auch regelmässig grössere Holzmenge entnommen. Trotzdem darf auch das Teilgebiet 4 als sehr naturnah gelten

Die Zahlen zeigen augenfällig, dass 40 Jahre Nutzungsverzicht im Reservat (Teilgebiet 2) zu deutlich höheren Totholzanteilen geführt haben.

Zur Relativierung dieser Aussagen muss angemerkt werden, dass der Sturm Vivian stark zur Totholzentstehung beigetragen hat.

Liegendes Totholz

In den von SANIGA & SCHÜTZ 2001 beschriebenen Fichten-Tannen-Urwäldern der **Westkarpaten** machte das liegende Totholz meist 60 % bis 80 % der gesamten Totholzmasse aus. KORPEL (1997) kommt in den höher gelegenen, wenig produktiven Fichtenwäldern auf ähnliche Angaben von 50 bis 80 %.

Im **Bödmerenwald** beträgt das liegende Totholz nur knapp 50 % der gesamten Totholzmasse. Im Teilgebiet 2 liegt viel mehr Totholz, nämlich 70 % der Totholzmasse, wobei darin das im Sturm Vivian geworfene Holz mitgerechnet ist. Interessant ist der geringe Anteil an liegendem Holz in den Teilgebieten 5 und 6 von 7.6 % bzw. 6.9 %. Es lassen sich verschiedene Erklärungen für diese Tatsache finden. Eine ist die forstliche Nutzung oder der Abtransport von dürrer Holz durch Äppler. Gemäss Aussage von alt Revierförster J. Schelbert wurde dürrer Holz gesammelt, aber wohl keine faulen liegenden Stämme entfernt. Eine weitere Erklärung ist, dass das tote Holz dank den trockenen Bedingungen sehr lange stehen bleibt.

Deutlich wird auch, dass im ganzen Gebiet altes Totholz vorhanden ist (*Abbildung 3.3-3*). Dies ist in Wirtschaftswäldern oft der Hauptmangel, da zu Zeiten der Holzknappheit bis vor ca. 50 Jahren oft jedes Ästchen eingesammelt wurde. Im Bödmerenwald hingegen scheint immer eine gewisse Menge Totholz vorhanden gewesen zu sein, was für die auf Totholz spezialisierten Organismen entscheidend ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass betreffend liegendem Holz das Teilgebiet 2 nur dann als urwaldähnlich gelten kann, wenn man auch das Sturmholz mit einbezieht. In den andern Teilgebieten ist der Anteil an liegendem Totholz für einen Urwald zu gering. Die tiefen Anteile an liegendem Totholz erstaunen vor allem für die sonst sehr naturnahen Teilgebiete 5 und 6. Das Vorhandensein auch alter Holzabbauphasen im ganzen Gebiet spricht für einen hohen Grad von Natürlichkeit über lange Zeit.

Stehendes Totholz

Für die Interpretation stehen zwei unterschiedlich hergeleitete Datensätze zur Verfügung: die an Stichprobenpunkten gemessenen Daten von 1998 und die im **Luftbild** gezählten stehenden toten Bäume (2002). Für Zusammenzüge (*Tabelle 3.3-2* und *Abbildungen 3.3-1 bis 3.3-3*) wurde in diesem Bericht mit dem ersten Datensatz gerechnet, weil auch die meisten anderen Daten an den Stichprobenpunkten erhoben wurden.

Das stehende Totholz macht gemäss KORPEL (1997) bei produktionschwachen Fichten-naturwäldern 10 bis 30 m³/ha aus. Das stehende Totholz sollte in einem Fichtenurwald 20-40 % der Totholzmasse ausmachen (SANIGA & SCHÜTZ 2001).

Das Teilgebiet 2 erreicht diesen Wert mit 10 bis 12 m³/ha. Die Teilgebiete 1 und 4 haben deutlich geringere Anteile an stehendem Totholz (2.3 bis 5.6 m³/ha). In den Teilgebieten 5 und 6 streuen die Werte stark (5.0 bis 15.3 m³/ha). Aus der Luftbildauswertung kann geschlossen werden, dass es auch hier vermutlich einzelne urwaldähnliche Bestände mit geklumpten Vorkommen an stehendem Totholz gibt.

Bezogen auf die Totholzmasse sind die **Prozentanteile** des stehenden Totholzes mit knapp 30 % hoch und liegen eher über dem Wert, der in osteuropäischen Urwälder gemessen wurde. Dies trifft vor allem für die Teilgebiete 6 (57 %) und 5 (41 %) zu, wenn man die Stichprobenwerte verwendet. In diesen Teilgebieten gibt es im Vergleich zum liegenden sehr viel stehendes Totholz. Im Teilgebiet 2 liegt der Wert bei 22 %, also im Bereich, der für Urwälder angegeben wurde.

Die Daten aus der **Luftbildanalyse** zeigen, dass auch die sonst nicht untersuchten Teilgebiete 3 und 7 trotz geringer Bestockung recht hohe Anteile an stehendem Totholz aufweisen. Sie wurden vermutlich kaum von Nutzung betroffen.

Zusammenfassend kann im Teilgebiet 2 sowohl die absolute wie die relativ zum gesamten Totholz betrachtete stehende Totholzmenge als urwaldähnlich gelten. In den Teilgebieten 5 und 6 dürften ebenfalls einige urwaldähnliche Bestände vorkommen. Die Teilgebiete 3 und 7 sind vermutlich ebenfalls als sehr naturnah einzustufen. In den Teilgebieten 1 und 4 sind die stehenden Totholzanteile und mengen für einen Urwald zu gering.

Zu bedenken ist die sehr heterogenen Datengrundlage, die wohl nur mit grosser Vorsicht interpretiert werden darf.

Strünke

Die Differenzierung nach Entstehungsursache und Abbaugrad des Totholzes haben interessante Vergleiche möglich gemacht. In der Literatur lassen sich kaum vergleichbare Untersuchungen finden. Die **Methode** scheint uns für die Naturwaldforschung geeignet und ausbaufähig. Mittels einfacher Grössen können Erkenntnisse über die Nutzungsgeschichte gewonnen werden. Zu empfehlen wäre eine ergänzende Methode zur Messung des Abbaugrades. Dazu könnte die Dendrochronologie eingesetzt werden (z.B. Messen des Baumalters von auf stark zerfallenen Strünken wachsenden Bäumen). Auch muss evaluiert werden, wie zuverlässig die Ansprache der Entstehungsursache bei älteren Strünken funktioniert.

Die **Reservatsausscheidung** vor 40 Jahren hat Wirkung gezeigt. Im Teilgebiet 2 konnten kaum Nutzungsspuren gefunden werden (*Abbildung 3.3-9*). Alte Nutzungsspuren findet man überall, vor allem aber im Teilgebiet 1, 4 und 5. Heute konzentriert sich die Nutzung auf die Teilgebiete 1 und 4. Die grossen Nutzungen im Teilgebiet 1 sind Folgen der Stürme in den 90er Jahren.

Wie der Vergleich der **Anzahl und der Volumen** von Strünken in *Abbildung 3.3-10* zeigt, sind neuere Strünke dicker als schon stark abgebaute. Dies liesse sich durch ein Nutzung vor allem dünner Bäume in früheren Jahren erklären. Beobachtungen lassen vermuten, dass die dünneren Strünke der 4. und 5. Abbauklasse methodisch bedingt sind, da das Holz von aussen nach innen verwittert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass frühere Nutzungen im ganzen Bödmerenwald schwach waren, vor allem aber die Teilgebiete 1, 4 und 5 betrafen. Neuere Nutzungen konzentrieren sich auf die Teilgebiete 1 und teilweise 4. Im Teilgebiet 6 lassen sich kaum oder nur am Rand Nutzungsspuren ausmachen. Im Teilgebiet 2 finden sich ebenfalls nur wenige alte Nutzungsspuren. Die beiden letzteren Teilgebiete können gemäss dieser Bewertung als Urwaldrelikte gelten.

Liegendes Totholz und Strünke

Anhand der detaillierten Informationen zum liegenden Totholz und zu den Strünken lässt sich die Hypothese überprüfen, ob in einem Urwald bei jedem Strunk ein Baum liegt, ausser der Baum sei mitsamt dem Strunk umgefallen.

Die Auswertung zeigt, dass über das ganze Gebiet gerechnet in allen Abbauphasen **mehr Strünke als Stämme** vorhanden sind (Abbildung 3.3-15). Auffallend ist, dass vor allem stark abgebaute Strünke, aber kaum stark abgebaute liegende Stämme vorhanden sind. Dies hat vermutlich hauptsächlich damit zu tun, dass Strünke länger sichtbar bleiben als liegendes Totholz. Die Strünke brechen hoch und stehen meist auf erhöhten **Kleinstandorten**. Sie werden schnell von Zwergsträuchern eingewachsen und durch deren Blätter vor Verwitterung geschützt. Das liegende Totholz hingegen wird vermutlich bald von Schnee nach unten gedrückt und in die Karrenspalten weggeschwemmt. Denkbar ist auch, dass das Holz auf trockenen Standorten stehend verwittert. Zu vermuten ist zudem, dass die Sennen, die für die Käseherstellung viel **Brennholz** brauchen, in Alpnähe liegendes Dürholz eingesammelt haben.

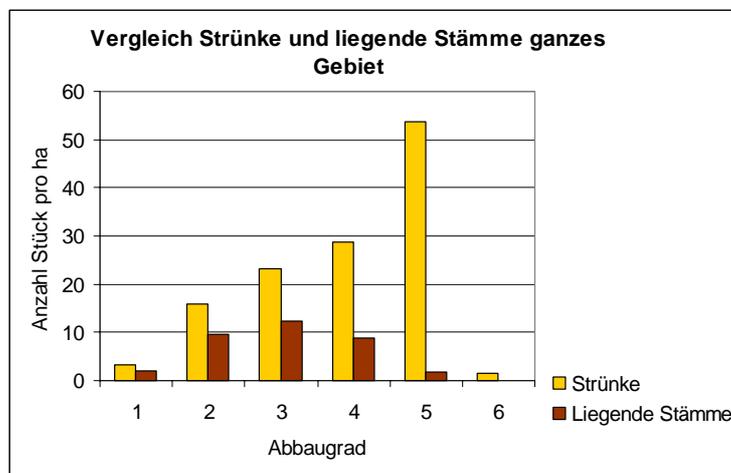


Abbildung 3.3-15: Vergleich der Anzahl liegender Stämme und vorhandener Strünke über den ganzen Bödmerenwald nach Abbaugrad.

Die **Differenzierung nach Teilgebieten** zeigt interessante Details. So ist das Verhältnis zwischen Strünken und liegenden Stämmen in den für regelmässige Nutzung bekannten Teilgebieten 1 und 4 stark zu Gunsten der Strünke verschoben. Im Vergleich zu den andern Teilgebieten ist die Anzahl an frischen Strünken der Abbauklasse 2 und 3 sehr gross. Dies ist auf die Sturmflächen zurückzuführen.

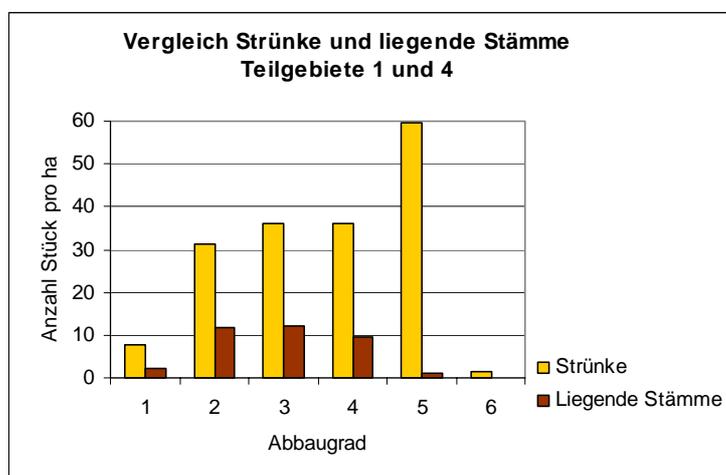


Abbildung 3.3-16: Vergleich der Anzahl liegender Stämme und der vorhandener Strünke in den Teilgebieten 1 und 4 (Relativ starke Nutzung und geräumte Windwurfflächen).

In dem seit 40 Jahren nicht mehr genutzten Teilgebiet 2 sind wenig abgebaute liegende Stämme neueren Datums häufiger als Strünke, da viele Stämme mitsamt dem Strunk umgefallen sind oder in mehrere Teile zerbrochen und somit mehrmals gezählt wurden. Auch hier sind aus alten Abbauphasen fast nur Strünke zu erkennen.

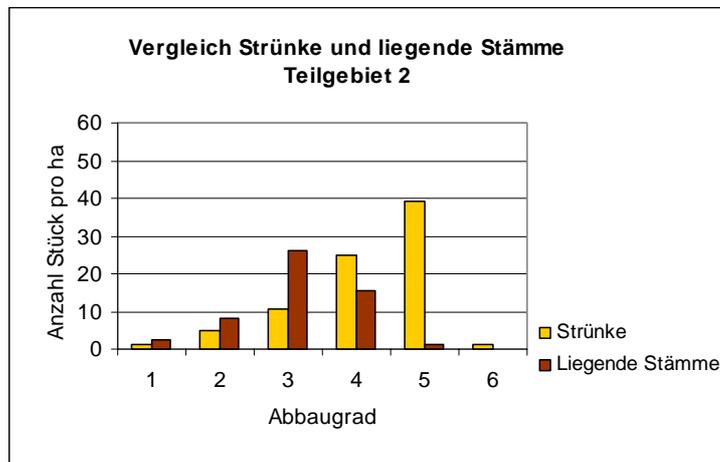


Abbildung 3.3-17: Vergleich der Anzahl liegender Stämme und der vorhandener Strünke im Teilgebiet 2 (Reservat, Windwurf).

In den wenig wüchsigen Teilgebieten 5 und 6 fehlt es an liegendem Totholz in den fortgeschrittenen Abbauphasen. Aber auch schon in der Abbauklasse 3 sind nur noch halb so viele Stämme zu finden wie Strünke vorhanden sind. In einem ungenutzten Wald sollte das Holz in der Abbauphase 3 noch kompakt vorhanden sein. Dieses Holz wurde offensichtlich gefällt oder nach dem Bruch aus dem Wald genommen.

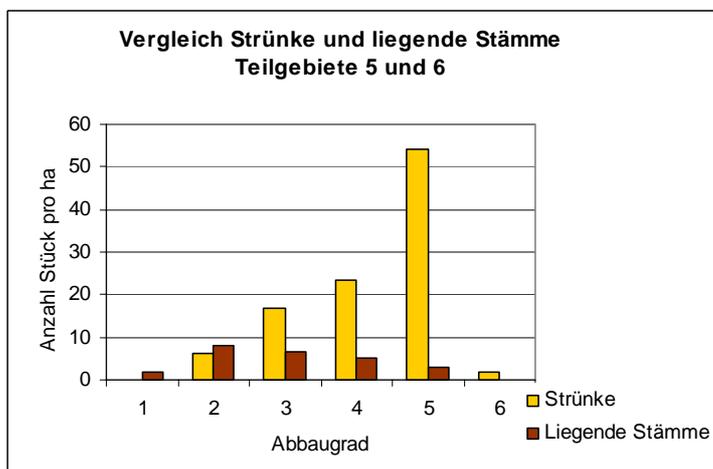


Abbildung 3.3-18: Vergleich der Anzahl liegender Stämme und vorhandener Strünke in den Teilgebieten 5 und 6 (hauptsächlich schwachwüchsige Gebiete).

Wenn man die Verhältnisse von liegenden Stämmen und Strünken gegeneinander über die Zeitachse bzw. Abbauklasse ansieht, so werden die Unterschiede der Teilgebiete grafisch sichtbar (*Abbildung 3.3-19*). Der Kurvenverlauf des Teilgebietes 2 beginnt deutlich höher als der aller übrigen Teilgebiete bei einem Verhältnis von 2:1 und zeigt einen starken Gipfel, bedingt durch das seit dem Sturm Vivian liegende Totholz mit Abbaugrad 3. Für die Teilgebiete 5 und 6 liegt das Verhältnis von neuen Stämmen zu Strünken über 1 (für die Abbauklasse 1 fehlen Daten). Die Verhältnisse der Abbauklassen 3

und 4 weisen aber auf eine Holzentnahme hin. In den Teilgebieten 1 und 4 ist die Nutzung über alle Abbauklassen klar erkennbar. Alle Werte sind unterdurchschnittlich. Deutlich ist eine generelle Abnahme des Verhältnisses über alle Gebiete im Laufe des Abbauprozesses, was auf einen langsamen Abbau der Strünke im Vergleich zum liegenden Totholz hinweisen dürfte.

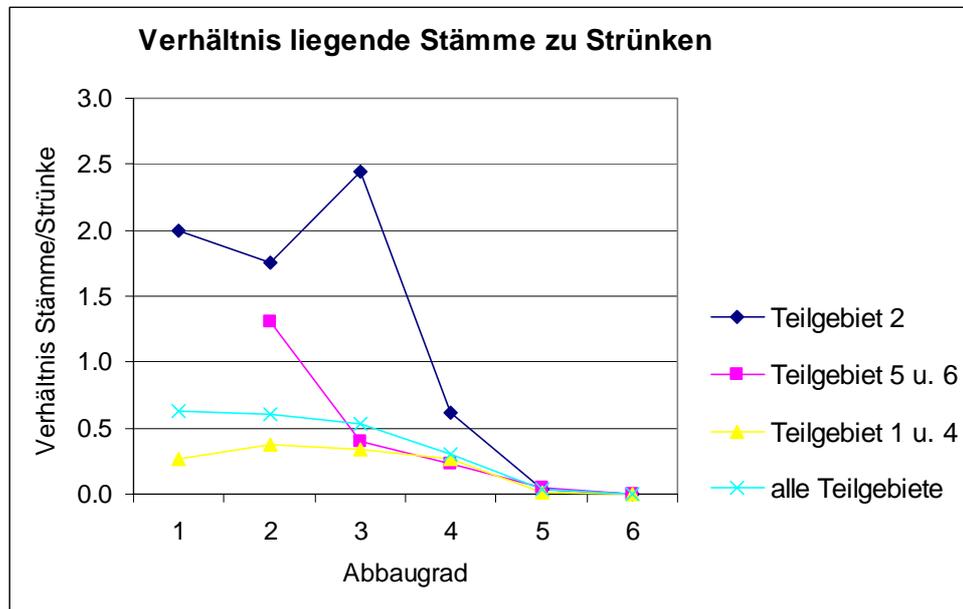


Abbildung 3.3-19: Verhältnis der liegenden Stämme zu den Strünken für die verschiedenen Teilgebiete, geordnet nach Abbaugrad.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Teilgebiet 2 kaum Stämme fehlen oder diese vor langer Zeit entnommen wurden. Hingegen fehlen in den Teilgebieten 1 und 4 viele Stämme, was sicher auf Nutzung zurückzuführen ist. In den Teilgebieten 5 und 6 fehlen wenig Stämme aus neuer Zeit. Früher wurden aber offensichtlich Stämme entnommen oder gestürzte Bäume entfernt.

3.3.5 Folgerungen

Teilgebiet 1

Das Teilgebiet 1 weist im Verhältnis zu den hohen Vorräten relativ **wenig Totholz** auf. Es gibt sowohl zu wenig stehendes sowie liegendes Totholz. Nutzungsspuren sind hauptsächlich neueren Datums und vor allem auf die **Zwangsnutzung** der Vivianflächen zurückzuführen. Die Nutzungen vor dem **Strassenbau** in den 70er Jahren waren hingegen gering und kleiner als in den Teilgebieten 4 und 5. Verglichen mit einem normalen subalpinen Wirtschaftswald handelt es sich aber immer noch um einen an Totholz reichen Waldteil.

Teilgebiet 2

Das seit 40 Jahren ausgeschiedene Reservat weist **urwaldähnliche Totholzvorräte** auf. Dies vor allem dank dem Sturm Vivian, der den liegenden Totholzanteil markant erhöhte. Bezüglich stehendem Totholz ist dieses Teilgebiet ebenfalls urwaldähnlich. Es liessen sich aber auch hier einige **wenige alte Nutzungsspuren** finden.

Teilgebiet 4

Im Teilgebiet 4 sind die **Totholzanteile am geringsten** und etwa mit denen in anderen subalpinen Wirtschaftswäldern zu vergleichen. In diesem an die Alp „Mittenwald“ grenzenden Teilgebiet wurden **regelmässig einzelne Bäume entnommen**, und dies wahrscheinlich schon vor über 100 Jahren. Auch wurde vermutlich liegendes Totholz eingesammelt. Neue Käferbäume werden hier systematisch entfernt. Es gab aber keine flächigen Schläge, die den Waldcharakter stark beeinträchtigt hätten. Auch war über die Jahre **immer ein Totholzanteil** vorhanden.

Teilgebiet 5

Auch Teilgebiet 5 weist keine urwaldähnliche Totholz mengen auf. Vor allem liegendes Totholz fehlt. Bezogen auf das stehende Totholz bestehen jedoch **stellenweise urwaldähnliche Verhältnisse**. Neuere Nutzungsspuren sind selten, jedoch gib es viele alte Nutzungsspuren. Dieses Teilgebiet kann im Vergleich zu einem durchschnittlichen Nutzwald als totholzreich gelten.

Teilgebiet 6

Das Teilgebiet 6 darf **neben dem Teilgebiet 2 als das urwaldähnlichste** gelten. Zwar sind die absoluten Totholzanteile nicht sehr hoch, da vor allem liegendes Totholz fehlt. Vermutlich hat dies mit der raschen Verwitterung des Totholzes in Mulden zu tun. Es gibt hier viel stehendes Totholz und nur am Rande Nutzungsspuren.

3.4 Altersdifferenzierung der Bäume

SANDRA HORAT, TOBIAS LIECHTI UND ANDREAS RIGLING

3.4.1 Zusammenfassung

Ein grundlegendes Merkmal eines alten, klimaxnahen Urwaldes ist die Altersdifferenzierung (alte Bäume, ein hohes Durchschnittsalter und eine grosse Altersstreuung). Die Daten aus HORAT (2001) wurden hinsichtlich dieser Merkmale erneut ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bei einigen Stichproben in den untersuchten Teilgebieten 2 (südlicher Teil), 5 und 6 diese Merkmale ausgeprägt zu finden sind. Dies deutet auf einen urwaldähnlichen Zustand (Optimalphase) dieser Stichproben hin.

Die Altersdifferenzierung kann aber auch durch natürliche Störungen wie Sturm und Feuer oder durch spezifische Standortfaktoren beeinflusst werden. Sie kann daher nicht als einziges Kriterium für die Urwaldfeststellung verwendet werden.

3.4.2 Einleitung

In einem **Urwald** bleiben die Bäume bis zu ihrem natürlichen Tod stehen, während in einem **Wirtschaftswald**, entsprechend der Umtriebszeit, die Bäume vorzeitig genutzt und dem Wald entnommen werden. Dementsprechend unterscheidet sich die Altersstruktur eines Urwaldes stark von derjenigen eines Wirtschaftswaldes. Als Kriterien können das maximale Alter, das Durchschnittsalter und die Altersstreuung gelten.

Auch auf kleinen Urwaldflächen findet man Bäume mit stark unterschiedlichem Alter. Diese besondere Altersstruktur eines Urwaldbestandes entsteht durch die Kontinuität der Verjüngung (wenn sie nicht durch ein Naturereignis wie Sturm unterbrochen wird). Urwaldreste mit einer solchen **Altersstruktur** sind in Mitteleuropa äusserst selten. Es können aber auch in Urwäldern Reinbestände mit einer Altersstruktur mit geringer Streuung entstehen, wenn diese durch Naturkatastrophen wie Windwurf oder Feuer entstanden sind (KORPEL 1995). Auch der Standort hat einen Einfluss auf die Altersstruktur. Sämtliche Wachstumsprozesse verlaufen an einem Grenzstandort, z. B. bedingt durch Kälte, langsamer.

Ziel dieses Teilprojektes ist es, die in HORAT (2001) systematisch untersuchten Bohrkerne hinsichtlich Altersdifferenzierung auszuwerten und zu interpretieren.

3.4.3 Methode

Beschreibung des Vorgängerprojekts HORAT 2001

In 52 nichtpermanenten **Stichproben** in einem quadratischen Netz mit 250 m Maschenbreite wurden jeweils die zehn dem Stichprobenzentrum nächsten Bäume (*Picea abies* (L.) Karst. und *Pinus sp.*) mit mindestens 14 cm Brusthöhdendurchmesser ausgewählt. Mittels Zuwachsbohrer wurde jedem Baum auf gutachtlich geschätzter Keimhöhe ein Bohrkern entnommen und der Brusthöhdendurchmesser (BHD) mit einem Umfangmessband gemessen. Zwei Stichproben liegen in einer Sturmfläche (Sturm Vivian 1990). Da diese Strünke nicht bohrbar waren, wurden Stammscheiben entnommen. Bohrkerne und Stammscheiben wurden unter Anleitung von O.-U. Bräker und E. Baumann an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, ausgewertet. Das Hauptergebnis der Arbeit war ein Plan mit der Altersverteilung mit Abschnitten zu 50 Jahren pro Stichprobe. Daraus liess sich ableiten, dass Stichprobenpunkte im südlichen Teil des Aufnahmegebietes und ausserhalb der aktuellen Reservatsgrenzen tendenziell ältere Bäume aufweisen.

Datenqualität und Auswertungsmethode

Da die Eigentümerin des Bödmerenwaldes (die Oberallmeind-Korporation) ihre Zustimmung zum ursprünglichen Projekt mit der Auflage verband, dass jeder Baum nur einmal angebohrt werden durfte, fehlt in 25% der ausgewerteten **Bohrkerne** das Mark. Bei 6 % wurde das Zentrum um mehr als 2 cm verfehlt. In diesem Fall wurde das Zentrum mit Hilfe einer konzentrischen Kreisschablone extrapoliert (BRÄKER 1981). Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung des Alters der Bäume. Fichten können einen Unterdrückungszeitraum von bis zu 100 Jahren überdauern und bilden dann extrem enge Jahrringe (NIKLISSON 2002, MOTTA et al. 1999). Die Bäume wurden wenn immer möglich auf Nullniveau gebohrt (vgl. *Abbildung 3.4.-1*). Nach NIKLISSON (2002) wird auch damit das Alter der Bäume unterschätzt, da es schwierig ist, die älteste Stelle des Baumes im Feld zu ermitteln. Tendenzuell sind die ausgezählten Alter in HORAT (2001) somit zu niedrig.

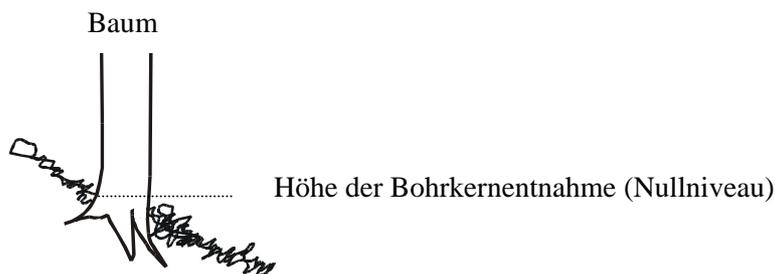


Abbildung 3.4.-1: Darstellung der Höhe der Bohrkernentnahme (gemäss HORAT 2001).

Die jeweils 10 Bäume umfassenden Stichproben wurden wie folgt **ausgewertet**: Altersmittelwert (Durchschnittsalter), ältester Baum (Altersmaximum) und Altersstreuung (Abweichung vom Mittelwert). Für statistische Vergleiche sind die Daten nur bedingt geeignet. Dies hat mit dem Aufnahmedesign zu tun. Die Aufnahmeflächen wurden in ihrer Grösse nicht festgelegt, dafür die Anzahl der zu bohrenden Bäume. Dies führt dazu, dass man aus der Stichprobenmenge nicht verzerrungsfrei auf die Gesamtfläche (z. B. Teilgebiet) hochrechnen kann. Wie gross diese Verzerrung ist, ist nicht bekannt. Qualitative, beschreibende Aussagen und relative Vergleiche zwischen den Teilgebieten sind jedoch möglich.

Als Streuungsmass wurde die Mittelwertabweichung (Excel: MITTELABW) verwendet. Diese zeigt die durchschnittliche absolute Abweichung einer Reihe von Merkmalsausprägungen von ihrem Mittelwert. Die Gleichung für die durchschnittliche Abweichung lautet:

$$\frac{1}{n} \sum |x - \bar{x}|$$

n	Anzahl untersuchter Alterswerte pro Stichprobe
x	Alterswert eines Baumes der Stichprobe
\bar{x}	Mittelwert des Alters aller Bäume der Stichprobe

3.4.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden stichprobenweise grafisch dargestellt (vgl. *Abbildung 3.4-3 bis 3.4-6*). Die Altersstreuung liegt zwischen <20 und >120 Jahre. Die maximalen Alter wurden in 100-Jahresschritten aufgezeichnet und reichen von 101-200 Jahre bis 401-500 Jahre. Die Altersmittelwerte wurden in 50- oder 100- Jahresschritten beschrieben. Das Maximum ist 251-300 Jahre.

Die Ergebnisse zeigen bei einigen Stichprobenpunkten sowohl alte Bäume (>400 Jahre) als auch eine grosse Streuung (>60 Jahre). In acht Stichproben liegt die ermittelte Streuung über 80 Jahre. Die detaillierten Auswertungen finden sich im Anhang als Tabelle und Abbildung. Insbesondere in den Teilgebieten 5 und 6 (im südlichen Teil des Aufnahmegebietes) finden sich mehrere Stichproben, die ein hohes Altersmaximum, einen hohen Altersmittelwert und eine grosse Streuung aufweisen (vgl. *Abbildung 3.4-6*). Es fällt auf, dass im bestehenden Reservat (Teilgebiet 2) nur zwei Stichprobenpunkte diese Charakteristiken zeigen.

Im **Mittel** sind die Bäume im Bödmerenwald 183 Jahre alt. Die **ältesten Bäume** erreichen ein maximales Alter von 484 Jahren. Wenn man die Daten nach Teilgebieten zusammenfasst, so ergeben sich für das Teilgebiet 1 allgemein tiefe Werte mit einem mittleren Alter von 174 Jahren, einem maximalen Alter von 277 Jahren und einer kleinen Streuung von 33.4 Jahren. Ebenfalls tiefe Alterswerte mit einer kleinen **Streuung** finden sich für das Teilgebiet 4. Sehr hohe Alterswerte mit einer grossen Streuung und somit urwaldähnlichen Altersstruktur (Optimalphase) finden sich ausgeprägt im Teilgebiet 6, im Südteil von Teilgebiet 2 und auch im Teilgebiet 5.

Die **Standortsbonität** scheint einen Einfluss auf die Altersstruktur zu haben. So sind die Bäume auf dem schlechtwüchsigen Standortstyp „Aufgelöster Kalk-Fichten-Bergföhrenwald“ im Mittel 56 Jahre älter als im produktiven Fichtenwald. Auch ist die Altersstreuung viel grösser. Wie gross der Einfluss des Standortes auf die Altersstruktur ist, müsste mit mehr Stichproben auf verschiedenen Waldstandorten geprüft werden.

Tabelle 3.4-1: Altersstruktur nach Teilgebieten und Standortskategorien

Teilgebiet	Anzahl unters. Bäume	Mittelwert Alter	Maximales Alter	Streuungen Mittelabw.
Teilgebiet 1	116	174	277	33.4
Teilgebiet 2	76	190	466	65.3
Teilgebiet 4	89	157	367	38.3
Teilgebiet 5	93	197	449	61.7
Teilgebiet 6	92	204	484	73.0
Produktiver Fichtenwald	201	168	277	35.1
Mässig wüchsiger Kalk-Fichtenwald	62	183	484	63.6
Schlecht wüchsiger Kalk-Fichtenwald	128	176	478	53.7
Aufgelöster Kalk-Fichten-Bergföhrenwald	85	224	466	82.4
Ganzer Bödmerenwald	466	183	484	54.5

Zwischen Altersmaxima und Brusthöhendurchmesser konnte kein Zusammenhang hergestellt werden. Die ältesten Bäume sind nicht die dicksten Bäume. Der älteste Baum (484 Jahre) weist einen BHD von 49 cm auf. Der dickste Baum (BHD 96.5 cm) ist aber nur knapp über 250 Jahre alt. Enge Jahrringe im Innern der Bohrkerne weisen bei verschiedenen Bäumen auf einen langen Unterdrückungszeitraum hin.

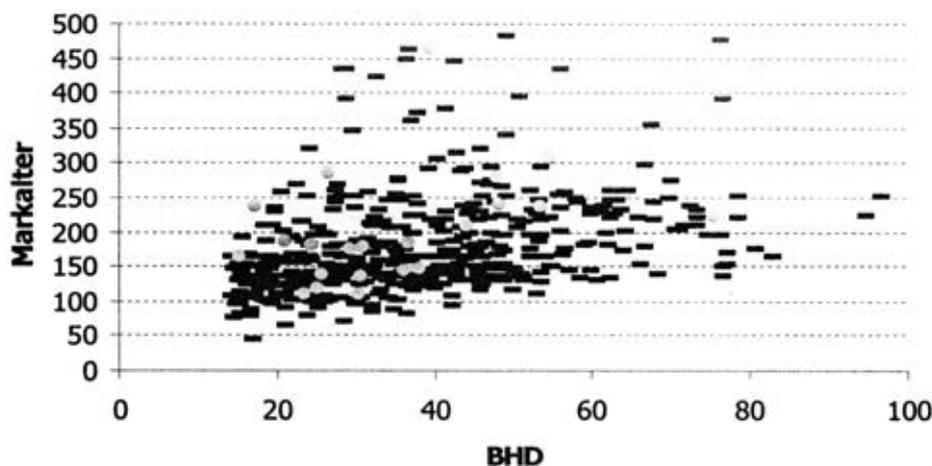
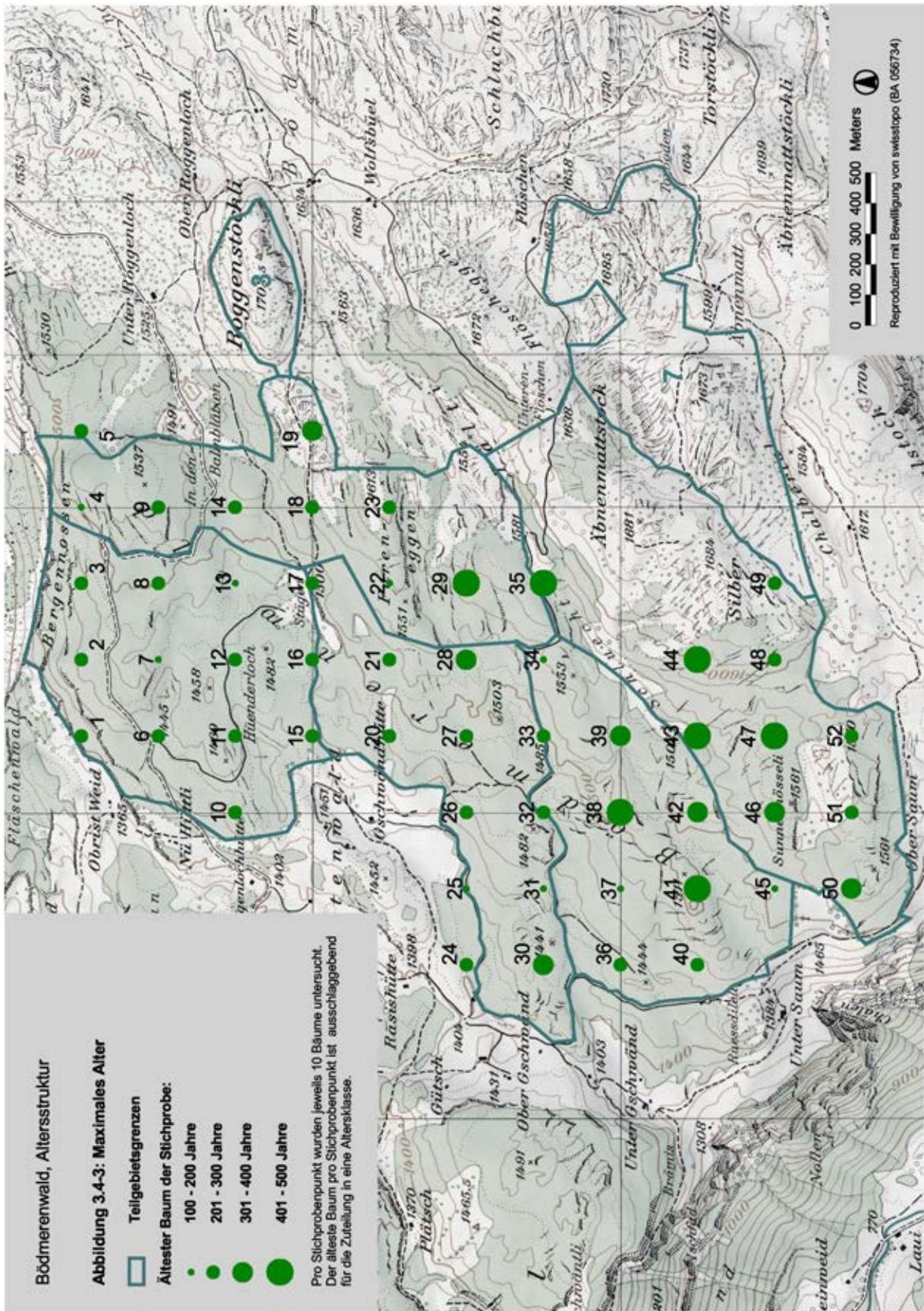
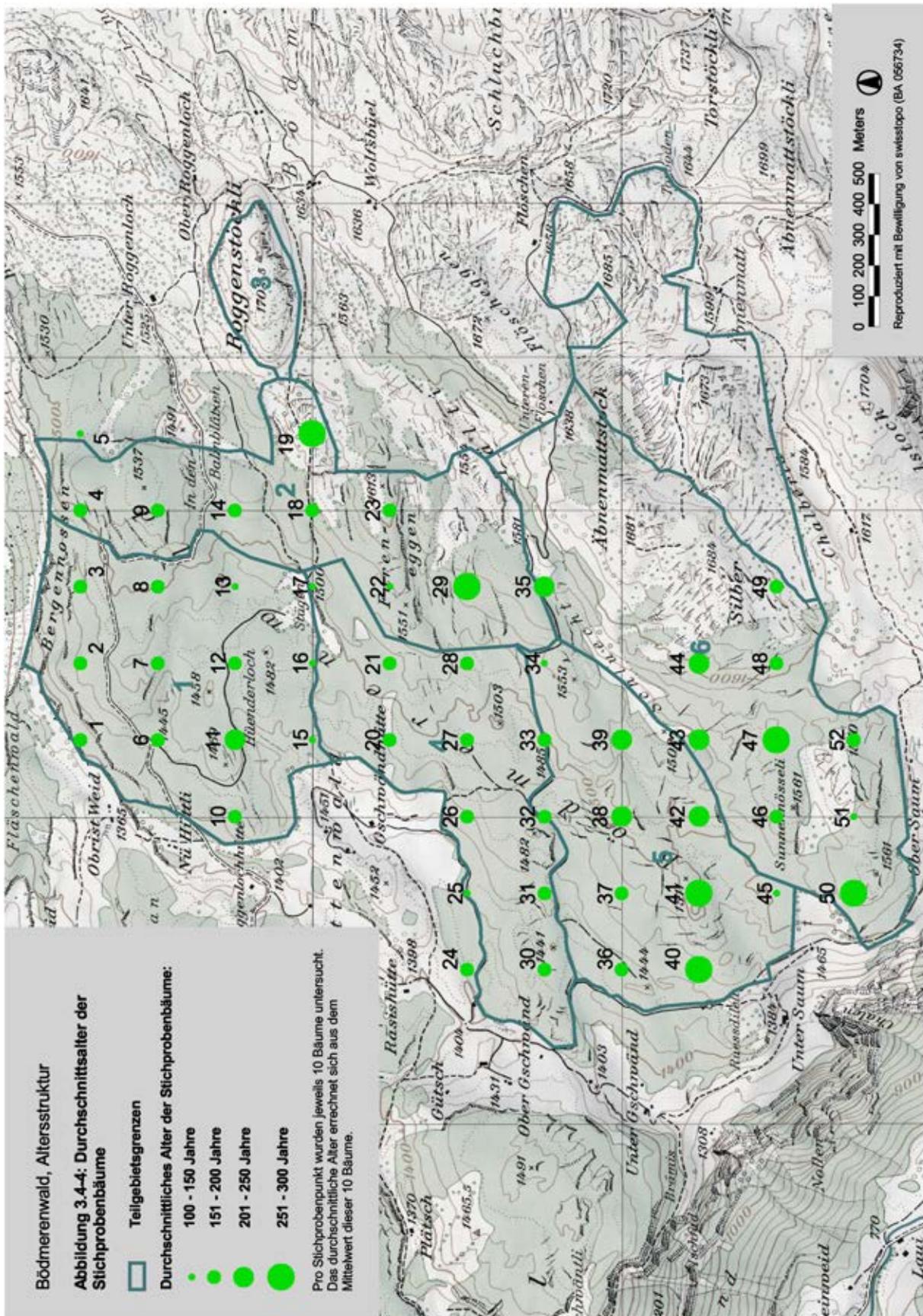
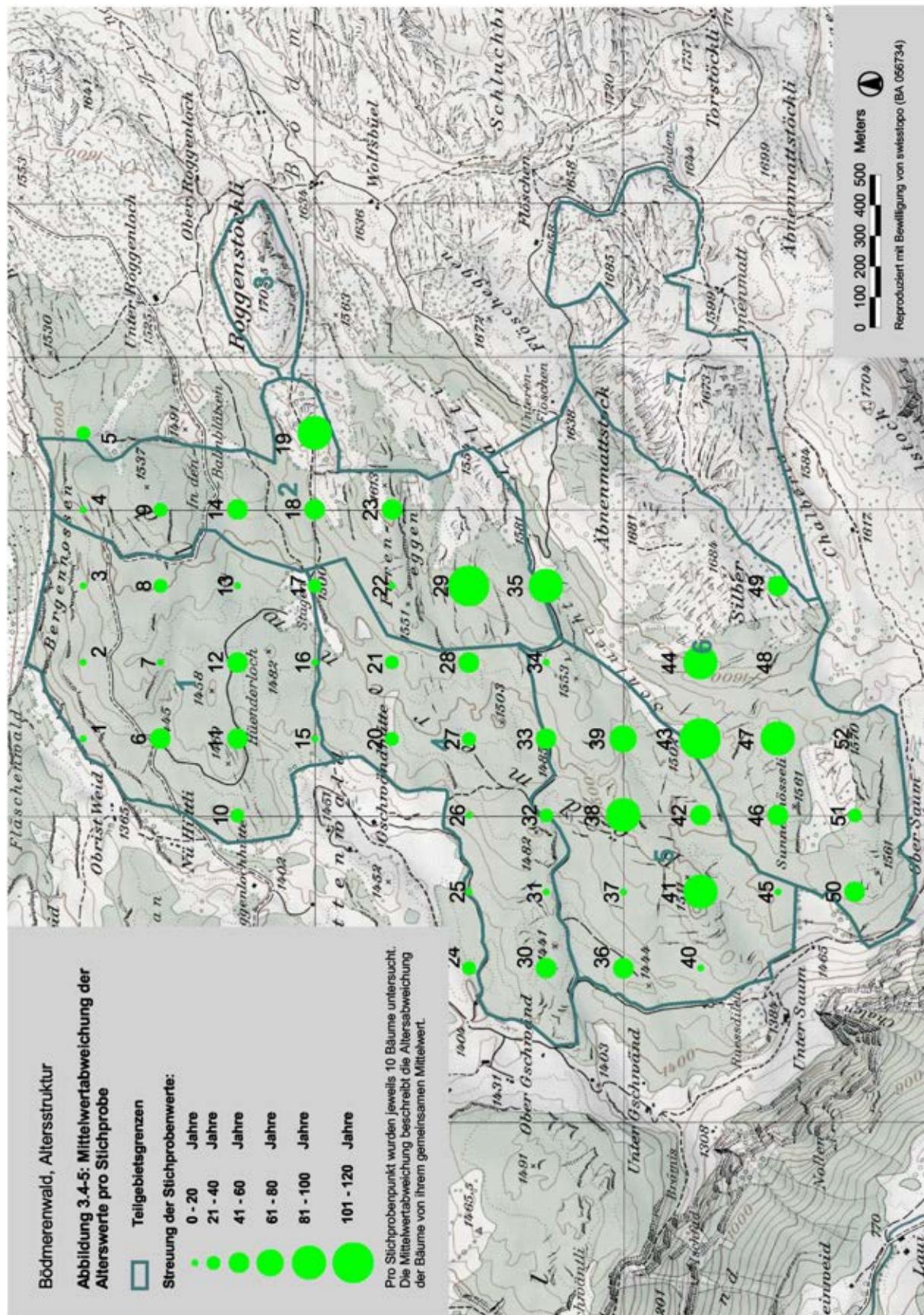
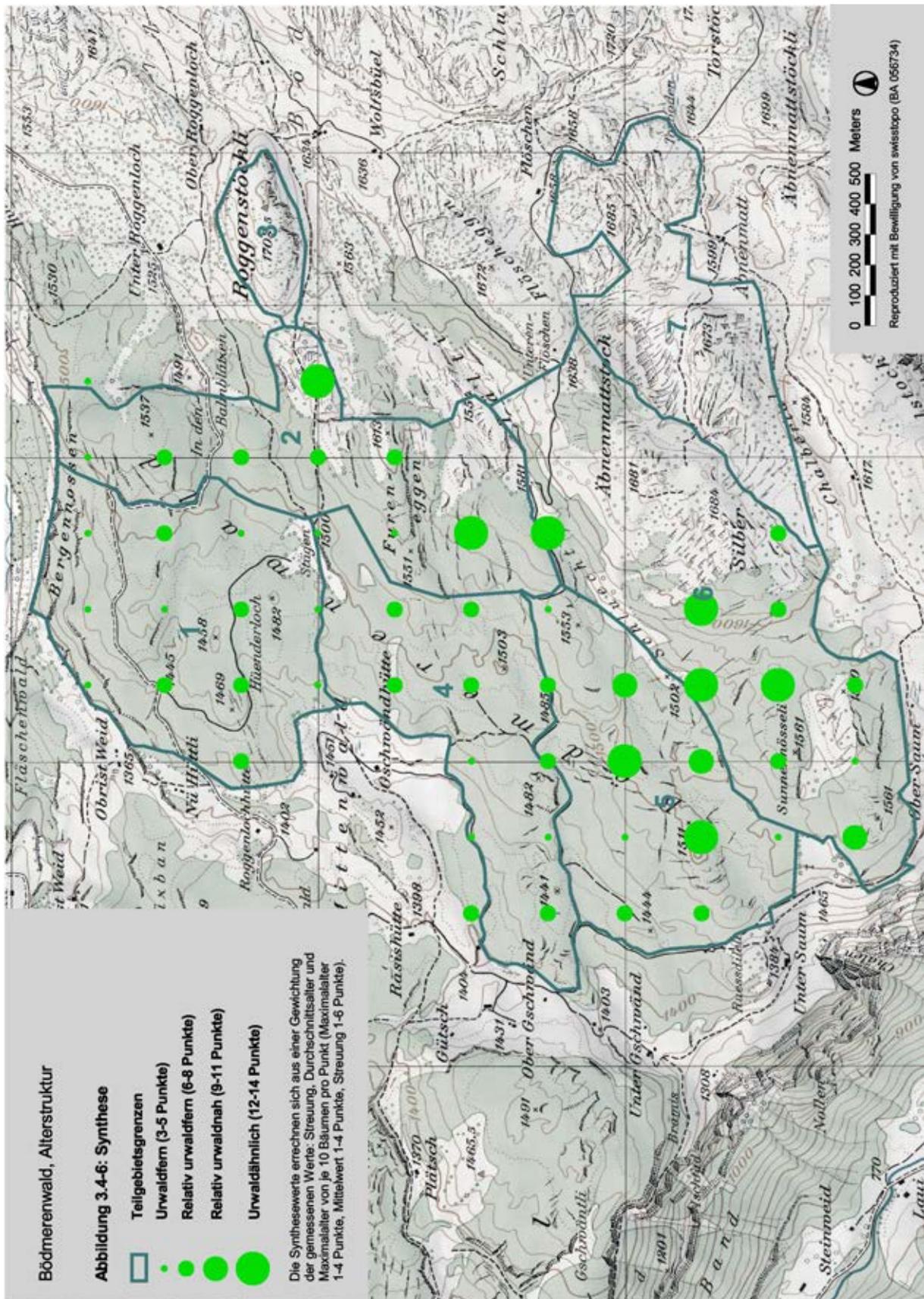


Abbildung 3.4.-2: Vergleich Markalter und Brusthöhendurchmesser. Scharze Punkte entsprechen Fichten, grau Föhren (entnommen aus HORAT 2001).









3.4.5 Diskussion

Die angewandte **Methode** hat wegen der variablen Fläche der Stichproben ihre im Kap. 3.4.3 Methode erläuterte Schwäche. Daher sind die extrapolierten Aussagen mit Vorsicht zu interpretieren. Qualitative Aussagen sind aber zulässig (MANDALLAZ 2004, mündliche Mitteilung).

Nach KORPEL (1995) ist ein grundlegendes **Merkmal eines Urwaldes** die Altersdifferenzierung (alte Bäume, ein hohes Durchschnittsalter und eine grosse Altersstreuung). Diese Merkmale weisen mehrere Stichprobenpunkte in den Teilgebieten 2 (südlicher Teil), 5 und 6 auf. An diesen Stichproben hat der Wald eine urwaldähnliche Struktur und es wird vermutet, dass kein oder nur ein geringer anthropogener Einfluss stattgefunden hat.

Es fällt aber auch auf, dass die meisten der als urwaldähnlich eingeschätzten Punkte auf wenig wüchsigen Standorten (Aufgelöster Kalk-Fichtenwald) liegen. Der Standort wird die Altersstruktur vermutlich stark mitbeeinflussen.

Wenn ein Stichprobenpunkt keine urwaldähnliche Altersstruktur aufweist, so kann dies auch natürliche Ursachen haben. So kann sich ein **Sturmereignis** nivellierend auf die Altersstruktur auswirken. GABRIEL (2001) hat auf einer kleinen Fläche im bestehenden Reservat (Teilgebiet 2) bei 27 durch den Sturm Vivian 1990 geworfenen Bäumen eine Altersuntersuchung gemacht. Die ausgezählten Bäume weisen ein Keimungsjahr zwischen 1753 und 1855 auf, wobei bei 24 von 27 Bäumen der Altersunterschied nur 53 Jahre beträgt, d.h. die Streuung ist gering. Vergleicht man diese Resultate mit der Neuauswertung der Daten HORAT (2001), dann zeigt sich in den Teilgebieten 1, 2 (nördlicher Teil) und 4 ein ähnliches Bild. Die Bäume weisen eine vergleichbare Altersstruktur auf. Dies lässt die Vermutung aufkommen, dass in diesem Teil des Bödmerenwaldes innerhalb des oben erwähnten Zeitraumes eine flächige Störung aufgetreten sein muss (Sturm).

GABRIEL (2001) hat festgestellt, dass die untersuchten Bäume alle ungefähr ein Alter von 180-190 Jahre haben. PFISTER (1999) beschreibt in seinem Buch „Wetternachhersage“ S. 249, dass am 18. Januar 1739 ein gewaltiger Sturm (Erika) die Schweiz betraf, der den Sturm Vivian 1990 an Intensität noch übertraf. Nach alten Chroniken betraf er auch das Muotatal, wo fast alle Hausdächer weggefegt worden seien. Vermutlich hat dieser Sturm auch die westlich exponierte Pragelpasshöhe betroffen. Zwischen dem Aufkommen der Fichtensämlinge auf den vermoderten Stämmen und dem Windwurf 1739 liegen 73 bis 83 Jahre. Dies entspricht etwa der Zeit, bis ein Sämling auf **Moderholz** aufkommen kann. HILLGARTER (1999): Die Zeitspanne zwischen Zerfallsphase und Jungwuchsstufe beträgt ungefähr 50-150 Jahre. In wiefern die Moderholzverjüngung eine nivellierende Wirkung auf die Altersstreuung hat, ist offen. Man kann sich jedoch vorstellen, dass die Bedingungen auf einem Strunk oder Stamm nur in einem kleinen Zeitfenster optimal sind. Auch die linienförmige Ausrichtung der Bäume, welche man auf der Bödmerenkarte erkennen kann, weist auf Verjüngung auf Moderholz hin (vgl. BÖDMERNKARTE 1:2000 VON 1985).

LEIBUNDGUT (1993) beschrieb die Altersstruktur von 101 zufällig ausgewählten Bäume über 4 cm BHD, welche 1971 beim Bau einer 800 m langen Wegschneise im Bödmerenwald (vermutlich Teilgebiet 2) gefällt wurden. Beim ältesten Baum wurden 391 Jahrringe gezählt. Im weiteren werden Alter und BHD-Stärkeklassen und Unterdrückungszeiträume verglichen und beschrieben.

Es gibt nur wenige Untersuchungen über die Altersstruktur von Fichtenurwäldern. Interessante Vergleichsdaten liefern die Diplomarbeiten von GÖTZ (2001) und HITZ (2003).

GÖTZ (2001) hat im **Urwaldreservat Scatlé / Brigels** die Baumalterzusammensetzung studiert. Das Urwaldreservat Scatlé steht seit 1909 unter Schutz und wurde vermutlich seit dem 13. Jahrhundert nicht mehr genutzt (KRAL & MAYER 1969). Es liegt im Bündneroberland (Vorderrheintal) zwischen 1'580 und 2'015 m ü. M. und lässt sich im unteren Teil dem subalpinen Heidelbeer-Fichtenwald zuordnen. Die Altersuntersuchung wurde auf 1'650 m ü. M. auf einer Fläche von 2'115 m² durchgeführt, welche sich strukturell der fortgeschrittenen Altersphase zuordnen lässt. Zur

Altersbestimmung wurde ab 4 cm BHD am Stock ein Bohrkern entnommen. Von den insgesamt 153 Bäumen der Versuchsfläche konnte das Alter von 86 Bäumen bestimmt werden. Die ältesten Bäume der Versuchsfläche sind rund 350 Jahre alt. HILLGARTER (1971) fand im Reservat Scatlé / Brigels sogar Bäume mit einem Alter von 650 Jahren. Das mittlere Baumalter in der Untersuchung von GÖTZ (2001) über alle Höhenklassen betrug 171 Jahre. Es liess sich kein signifikanter Unterschied zwischen toten und lebenden Bäumen finden. Auch besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser und dem Baumalter in der Mittel- und Oberschicht. Insgesamt schwankt das Alter zwischen 57 und 350 Jahren. Die Streuung, berechnet nach der Methode von HORAT (2001) für eine hypothetische Stichprobenfläche im Zentrum der Versuchsfläche Scatlé für 10 Bäume beträgt 35.7 Jahre. Alle drei für die Altersstruktur als Urwaldindikator ausgewählten Werte liegen in Scatlé / Brigels tiefer als im Bödmerenwald (ausser das Maximalalter von HILLGARTER (2001)). Dies obwohl, in Scatlé ein in der fortgeschrittenen Altersphase stehendes Waldstück untersucht wurde. Wie im Bödmerenwald lässt sich der BHD nicht mit dem Alter korrelieren.

HITZ (2003) hat die Altersstruktur von Fichtenbeständen auf Karstflächen zwischen 1'580 und 1'730 m ü. M. an den **Kurfürsten** untersucht, die geologisch wie klimatisch mit einzelnen Teilgebieten im Bödmerenwald vergleichbar sind. HITZ suchte ebenfalls vom Menschen möglichst unbeeinflusste Untersuchungsflächen aus: 2 an der Waldgrenze und 2 im subalpinen Fichtenwald mit grossen Fichten. Die Untersuchungsflächen umfassen jeweils etwa 20 Fichten und sind 20 m x 30 m gross. Neben einer detaillierten Beschreibung des Standortes, des Bodens und der Bestandesstruktur wurden pro Probefläche mindestens 10 unterdrückte und 10 herrschende Fichten gezielt ausgewählt und Bohrkern entnommen. Für die Altersbestimmung wurde ähnlich wie bei HORAT (2001) vorgegangen. In den zwei Flächen im subalpinen Fichtenwald wurden maximale Baumalter von 399 bzw. 355 Jahren gefunden. Das Durchschnittsalter (Mittelwert) lag bei 189 bzw. 177 Jahren. Die Bäume auf den Flächen im Bereich der Waldgrenze waren maximal 83 bzw. 194 Jahre alt mit einem Durchschnittsalter von 42 bzw. 82 Jahren. Es konnte gezeigt werden, dass die Waldgrenze in den letzten 120 Jahren im untersuchten Gebiet angestiegen ist, was auch das junge Alter der Bäume an der Waldgrenze erklärt. Beim Vergleich mit den Daten aus dem Bödmerenwald muss bedacht werden, dass die untersuchten Bäume in den Kurfürsten aus der herrschenden Schicht ausgewählt wurden. Mit einem Maximalalter von knapp 400 Jahren und einem Durchschnittsalter von ca. 180 Jahren weisen die untersuchten Bestände von HITZ eine ähnliche Altersstruktur wie der Bödmerenwald auf. Es handelt sich dabei vermutlich ebenfalls um Urwaldreste.

MOTTA et al. (1999) weist in seiner Untersuchung zur Struktur und Entwicklung von drei Fichtenbeständen in **Paneveggio** (Trento, Italien) auf die Problematik der Erforschung von Störungen hin, insbesondere auf die Schwierigkeit der Unterscheidung natürlicher und anthropogener Störungen.

3.4.6 Folgerungen

Aufgrund der Resultate können **einzelne Stichproben im Untersuchungsgebiet als urwaldähnlich** bezeichnet werden. Ein geringer anthropogener Einfluss kann aber auch hier nicht ausgeschlossen werden. Auch lässt die Untersuchung keine Schlüsse über diejenigen Stichproben zu, die das Kriterium der Altersdifferenzierung weniger erfüllen. Zu bedenken ist, dass beim Erstellen der Bohrkern oft einige Jahre „verloren“ gehen. Die Bäume dürften also z.T. einige Jahre älter sein. Zudem können natürliche Ereignisse wie **Stürme die Altersstruktur nivellieren**. Die untersuchten Kriterien können also als, wenn vorhanden, gute Urwaldindikatoren gelten.

Das **Teilgebiet 6** mit bis zu 500-jährigen Bäumen, einem Durchschnittsalter von über 200 Jahren und sehr heterogener Altersstruktur kann als kaum gestörtes Urwaldgebiet gelten. Die **Teilgebiete 2 und 5** weisen ebenfalls urwaldähnliche Altersstrukturen auf. **Teilgebiet 1 und 4** haben die tiefsten Werte (Durchschnittsalter nur 172 bzw. 159 Jahre, eher homogene Altersstruktur). Diese Gebiete wurden entweder durch menschliche Nutzung oder durch Stürme beeinträchtigt.

3.5 Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes

WILLEM O. VAN DER KNAAP, JACQUELINE F. N. VAN LEEUWEN UND CHRISTOPH SPERISEN

Zusammenfassung

Veränderungen der Vegetation bewirken quantitative und qualitative Änderungen des Pollenniederschlags, die sich in Pollendiagrammen widerspiegeln. In dieser Studie untersuchten wir fossilen Pollen und Makroreste eines Moores im Bödmerenwald, um allfällige menschliche Einwirkungen auf die Vegetation zu identifizieren und deren Zeitpunkt zu bestimmen. Die Resultate unserer Untersuchung zeigen, dass das Gebiet des Bödmerenwaldes ohne Unterbrechung bewaldet war, und zwar seit der Besiedelung der Fichte vor ca. 7'000 Jahren. Während in tiefer liegenden Gebieten der Mensch seit dem Neolithikum auf die Vegetation einwirkte, blieb der Bödmerenwald weitgehend ungestört. Im frühen Mittelalter wurden in der Nähe des untersuchten Moores kleine Heuwiesen gegründet. Im letzten Jahrhundert wurde die Heuwiese beim Moor in eine Weide umgewandelt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass der benachbarte Wald nicht zur Beweidung benutzt wurde und somit in seiner ursprünglichen Wuchsform erhalten blieb.

3.5.1 Einleitung

Fossile Pflanzenreste in Ablagerungen von Seen und Mooren erlauben einen umfassenden Einblick in die Vegetationsgeschichte eines Untersuchungsortes. Am häufigsten werden **fossile Pollenkörner** und Sporen gefunden. Da sie vielfach in grossen Mengen produziert werden, durch die Luft transportiert und dabei auch in Sedimente und Torfe eingeschlossen werden, ermöglicht ihre Untersuchung nicht nur qualitative Aussagen über das Vorkommen, sondern auch quantitative Aussagen über die Häufigkeit der betreffenden Pflanzengattung oder Pflanzenart. **Makroreste** sind weniger häufig und lassen deshalb nur bedingt Schlüsse auf Vegetationsverhältnisse zu. Ihr Nachweis lässt aber mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Anwesenheit der betreffenden Pflanzenart am Untersuchungsort schliessen.

Durch den **Menschen bedingte Veränderungen** der Vegetation bewirkten quantitative und qualitative Änderungen des Pollenniederschlags, die sich in Pollendiagrammen widerspiegeln. So lassen sich zum Beispiel Waldrodungen im Neolithikum in Pollendiagrammen aufgrund geringerer Anteile von Waldbaumpollen und höherer Anteile von Nichtbaumpollen erkennen. Dies, zusammen mit anthropogenen Indikatoren bzw. Kulturzeigern für Beweidung und Ackerbau, gilt als wichtiger Hinweis für menschliche Einwirkungen auf die Vegetation (LANG 1994).

Der **Bödmerenwald** wird als einer der wenigen Fichtenurwälder Mitteleuropas betrachtet. Gesicherte Information über das Fehlen menschlicher Einwirkungen liegt aber nicht vor, insbesondere für Einwirkungen, welche mehrere Jahrhunderte zurückliegen. Ihre Identifizierung bedingt eine detaillierte Untersuchung gut erhaltener Sedimente. In einer früheren Studie wurde die Vegetationsgeschichte im Gebiet des Bödmerenwaldes anhand eines Pollendiagrammes der **Alp Tor** untersucht (SIDLER 2001). Die Studie gibt aber keine Information über Indikatoren menschlicher Aktivitäten. Zudem wurde zwischen lokalem und regionalem Pollenflug nicht unterschieden, so dass die beschriebene Vegetationsgeschichte weniger die Geschichte des Bödmerenwaldes selbst als diejenige eines grösseren Gebietes im östlichen Muotathal darstellt. In unserer Studie rekonstruieren wir die Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes anhand eines neuen Pollendiagrammes mit dem Ziel, allfällige menschliche Einwirkungen zu identifizieren und ihren Zeitpunkt zu bestimmen. Das Pollendiagramm wurde von Sedimenten eines Moores erstellt, welches sich im Bödmerenwald selbst befindet.

3.5.2 Material und Methoden

Untersuchungsort

Unser Untersuchungsort (Schweizer Landeskoordinaten 204.410/707.250, Koordinaten 46° 58' 55.5" Nord, 8° 56' 54.1" Ost, 1'490 m Höhe über Meer) ist ein kleines Moor (Fläche 10 0 m²), welches sich wenige Meter ausserhalb des östlichen Teils des Urwald-Reservates Bödmeren befindet (vgl. *Abbildung 2.1-3*, Kapitel 2.)

Feld- und Labormethoden

Zur Untersuchung von Pollen, Sporen und Makroresten beprobten wir das Moor im Bödmerenwald zweimal (30.08.2001 und 13.6.2004). Die obersten 50 cm des Sedimentes entnahmen wir mit einem Spaten, tiefere Schichten beprobten wir mit einem Stechrohr. Im Labor entnahmen wir dem Bohrkern Proben von 1 ml Volumen und behandelten sie nach einem Standardverfahren für das Bestimmen und Auszählen von Pollenkörnern und Sporen (FAEGRI et al. 1969). In jeder Probe bestimmten wir insgesamt mindestens 400 Pollenkörner und Sporen von auf trockenen Böden wachsenden Gefässpflanzen. Mit diesem Verfahren untersuchten wir 47 Schichten. Die 13 Proben für die Analyse von Makroresten hatten ein Volumen von 10–40 ml. Darin identifizierten wir alle Samen. Zudem identifizierten wir die Makroreste von Waldbäumen, wie zu zum Beispiel Nadeln, Antheren, Holz, Rinde und Knospenschuppen.

Das Pollendiagramm wurde in sieben lokale Pollenzonen unterteilt (vgl. *Abbildung 3.5-4 und 3.5-5*). Das Alter der Zonengrenzen wurde anhand von drei Radiokarbondatierungen sowie des Vergleichs mit den Zonen des Pollendiagrammes von der Alp Tor (SIDLER 2001) bestimmt. Die Alp liegt etwa zwei Kilometer südöstlich vom Urwald-Reservat Bödmeren (Schweizer Landeskoordinaten 202.900/708.650; Koordinaten 46° 58' 06" Nord, 8° 51' 59" Ost, 1'680 m Höhe über Meer). Die drei zur Datierung verwendeten Proben und ihr Alter sind in *Tabelle 3.5-1* beschrieben.

Tabelle 3.5-1: Radiokarbondatierungen im Pollendiagramm des Bödmerenwaldes.

Tiefe	Datiertes Material	Nummer	Alter (Radiokarbonjahre vor heute)
62.5 cm	<i>Sphagnum</i> und andere Moose	Erl-4902	6134 ± 72 BP
77.5 cm	<i>Sphagnum</i> und andere Moose	Erl-4903	6513 ± 71 BP
85.0 cm	<i>Sphagnum</i> und andere Moose	Poz-10645	6950 ± 40 BP

Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte

Im Pollendiagramm des Bödmerenwaldes werden nur die ökologisch aussagekräftigeren Pollen- und Sporentypen aufgeführt. 87 weitere Typen wurden weggelassen, da sie in unseren Proben nur als Einzelkörner vorkamen. Die dargestellten Pollen und Sporen sind in acht stratigraphischen Gruppen zusammengefasst, welche für den hauptsächlichlichen Aufbau der Vegetation folgendermassen charakteristisch sind: **Bäume** widerspiegeln die Kronenschicht des Waldes. Diese Gruppe ist im Diagramm gut vertreten, da die meisten Bäume ihre Pollen in grosser Menge produzieren und verbreiten. Die vier folgenden Gruppen kennzeichnen den Übergang von baumloser Vegetation zu dichtem Wald wie folgt: Die **Spätglaziale Steppe** repräsentiert Pflanzen, welche die im Spätglazial weit verbreitete kalte, baumlose Steppe dicht bewachsen; Die Gruppe der **Savannenpflanzen** ist typisch für eine offene Vegetation mit vereinzelt Bäumen; Die Pflanzen der **Lichten Wälder** zeigen kräuterreiche Wälder mit einer offenen Kronenschicht an; und schliesslich widerspiegeln Kräuterpflanzen, welche auch in dichteren Baumbeständen gedeihen, die Gruppe der **Wälder**. Die Gruppe der **Wiesen- und Felderpflanzen** beinhaltet Heuwiesen- und Getreidepflanzen, welche auf

den Flächen gerodeter Wälder gewachsen sind. Die Gruppe der **Weidenpflanzen** weist auf von Haustieren beweidete Flächen hin. Speziell zu erwähnen sind hierbei die auf Dung lebenden Pilzsporen (*Cercophora*-Typ, *Podospora*-Typ, *Sporormiella*). Im Diagramm ist gut ersichtlich, dass viele der heutzutage auf Wiesen und Feldern gedeihenden Pflanzen vor Beginn des menschlichen Einflusses in natürlicherweise offener oder halb offener Vegetation vorkamen. Die letzte Gruppe enthält **Moorpflanzen**, welche auf dem Moor oder im Teich wuchsen, aus welchem die Sedimente für die vorliegende Untersuchung geborgen wurden.

Da sich das Pollendiagramm des Bödmerenwaldes und dasjenige der Alp Tor in ihrer zeitlichen Auflösung ergänzen, verwendeten wir beide Pollendiagramme zur Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes. Das Pollendiagramm der Alp Tor reicht bis ins Spätglazial zurück (ca. 11'000 BP¹) und umfasst das gesamte Holozän. Es gibt eine allgemeine Übersicht über die Vegetationsgeschichte im Gebiet des Bödmerenwaldes. Das Pollendiagramm des Bödmerenwaldes umfasst nur einen Teil vom Spätglazial und einen Teil des Holozäns: eine Periode von ca. 3'000 Jahren im frühen Holozän und die letzten 2'000 Jahre vor heute. Entsprechend liefert das Pollendiagramm detaillierte Information über die Vegetationsgeschichte in zwei wichtigen Zeitfenstern: die Periode der Einwanderung der Fichte im frühen Holozän, sowie die Periode mit dem Beginn des menschlichen Einflusses auf Wälder im frühen Mittelalter.

In unserer Interpretation konzentrieren wir uns hauptsächlich auf die Vegetation nahe der untersuchten Lokalitäten (Bödmerenwald, Alp Tor). Weniger Beachtung schenken wir derjenigen Vegetation, deren Pollen von weiter weg und/oder aus tiefer liegenden Gebieten stammt. Dieser sogenannte regionale Pollenflug ist in den Pollendiagrammen typischerweise gut ersichtlich. Die Unterscheidung zwischen lokalem und regionalem Pollenflug ist einigermaßen schwierig, weil sie auf dem Hintergrundwissen aus der Paläoökologie sowie Ökologie beruht. Diese Kenntnisse beziehen sich hauptsächlich auf die Pollenproduktion und die Verbreitung verschiedener Pflanzen, auch hinsichtlich der bevorzugten Höhenlage, in welcher sich die Pflanze ansiedelt. Die paläoökologischen Kenntnisse haben sich die Autoren angeeignet, indem sie viele Pollendiagramme aus den Alpen ausarbeiteten; für Details siehe VAN DER KNAAP et al. (2000).

Vor allem für die letzten 2'000 Jahre wurden ebenfalls Pollendiagramme aus anderen Teilen der Schweiz hinzugezogen (VAN DER KNAAP et al. 2000). Dies erlaubte uns, die Intensität der menschlichen Einwirkungen auf den Bödmerenwald abzuschätzen und in einem grösseren Kontext zu beurteilen.

3.5.3 Resultate

Zone B04–1 des Pollendiagrammes vom Bödmerenwald wird dem Spätglazial zugeordnet und entspricht der **Zone Bö–1** des Diagrammes der Alp Tor. Die dominanten Pollentypen im Diagramm des Bödmerenwaldes stammen von Bäumen wie Birke und Kiefer, von Wacholdersträuchern sowie von Kräutern wie Gramineen und *Artemisia* (Edelraute). Weitere, reichlich vertretene Pollentypen sind Kräuter wie Rubiaceae (Labkraut), *Thalictrum* (Wiesenraute), Compositae Subfam. Cichorioideae (Korbblütler–Zungenblütler) und *Salix*-Sträucher (Weiden). Mehrere andere Pollen- und Sporentypen von Kräutern wie *Achillea*-Typ, *Botrychium* (Mondraute), *Helianthemum* (Sonnenröschen), Chenopodiaceae (Gänsefussgewächse), *Erigeron* (Berufkraut), *Pimpinella*-Typ, *Gnaphalium*-Typ und *Rosa* (Rose) finden sich in dieser Zone häufiger als in den darauffolgenden Zonen. Daraus lässt sich ableiten, dass die Vegetation im Bödmerenwald zu dieser Zeit steppenähnlich war, mit einem reichlichen Sortiment an Kräutern, mit Wacholdergebüsch, aber wohl ohne Bäume. Pollen von Kiefer und Birke stammt von tiefer liegender Vegetation. Die in dieser Tiefe tonhaltigen Sedimente des Bödmerenwald-Bohrkerns lassen darauf schliessen, dass der Untersuchungsort während dieser Zeit ein kleiner Teich war. Die Pollenzusammensetzung in **Zone Bö–1** der Alp Tor unterscheidet sich

¹ BP: Jahre vor heute.

im Verhältnis der dominanten Pollentypen. Die Vorherrschaft von Kiefer, *Artemisia* und Chenopodiaceae-Pollen lässt vermuten, dass die meisten Pollen von weither und gleichzeitig von tiefer liegenden Standorten herrührten, und es somit rund um den Standort nur spärliche Vegetation gab. Daher scheint es, dass **Zone Bö-1** der Alp Tor eine Kaltphase während des Spätglazials, namentlich die Jüngere Dryas repräsentiert, welche die letzte Phase des Spätglazials vor dem Beginn des Holozäns darstellt (ca. 11'000–10'000 BP). Im Gegensatz dazu muss die eher reiche Vegetation der **Zone B04-1** des Bödmerenwaldes eine wärmere Phase, wahrscheinlich das der Jüngeren Dryas vorangehende Allerød darstellen (ca. 11'800–11'000 BP), während hier die Sedimente aus der Jüngeren Dryas-Zeit fehlen. Sie ist wohl deshalb nicht ersichtlich, weil der Teich während dieser Zeit ausgetrocknet war. Wir dürfen annehmen, dass die Vegetation in der Nähe der beiden Standorte im Allgemeinen ähnlich war: eine artenreiche steppenähnliche Vegetation während des Allerød, gefolgt von einer artenarmen Halbwüste während der Jüngeren Dryas.

Für **Zone Bö-2** sowie den unteren Teil von **Zone Bö-3** der Alp Tor, die das Frühholozän wiedergibt, finden sich im Pollendiagramm vom Bödmerenwald keine entsprechenden Zonen, was darauf hindeutet, dass der Teich zu dieser Zeit immer noch ausgetrocknet war (ca. 10'000–8'500 BP). Diese Zonen der Alp Tor zeigen eine lokale Vegetation, welche von Kiefer, wahrscheinlich Legföhre (*Pinus mugo*) beherrscht wird. Somit muss derselbe Vegetationstyp auch um den Bödmerenwald vorherrschend gewesen sein.

Zone B04-2 des Bödmerenwaldes passt sehr gut zum oberen Teil der **Zone Bö-3** der Alp Tor. Das regelmässige Vorhandensein weniger Weisstannen-, Buchen- und Fichtenpollen deutet auf eine kurze Periode von nur einigen Jahrzehnten bis Jahrhunderten hin, unmittelbar vor der Einwanderung der Fichte ins Gebiet (siehe nächste Zone). *Abbildung 3.6–8* (siehe Kapitel 3.6 Einwanderungsgeschichte der Bödmerenfichten) zeigt uns, dass die Fichte in der Ostschweiz schon etwa 2'000 Jahre früher einwanderte als im Gebiet des Bödmerenwaldes. Die Fichte muss sich seitdem langsam in westlicher Richtung ausgebreitet haben, aber ohne den Bödmerenwald zu erreichen. Die Mengen von Fichtenpollen in Zone B04-2 sind so klein, dass man annehmen muss, dass sie aus grösserer Entfernung (mehrere km) durch die Luft transportiert wurden, offensichtlich von den Fichtenbeständen weiter östlich. Wir nehmen an, dass im Bödmerenwald die Kiefer in der nahen Umgebung vorgekommen sein muss, dass jedoch die Pollen aller übrigen Baumarten sowie von *Juniperus* (Wacholder) über lange Distanzen und von weiter unten transportiert worden sind. Eine Vielfalt verschiedener Kräuterpollen in kleinen Mengen lässt darauf schliessen, dass die Kiefer wohl verstreut, in einer savannenähnlichen Vegetationsstruktur gewachsen ist. Zu dieser Zeit war die Niedermoor-Ufervegetation um den Teich gut entwickelt (hohe Werte von Sauer- und Süssgräsern und Sporen monoletter Farne).

Zone B04-3 des Bödmerenwaldes stimmt mit dem unteren Teil der **Zone Bö-4** der Alp Tor folgendermassen überein. Die Fichte wanderte in die Umgebung der zwei Standorte ein. Die Ankommenszeit von Fichte ist durch eine Radiokarbondatierung auf $6'950 \pm 40$ Jahre BP im ersten und anhand von Interpolierung zwischen zwei Datierungen auf ca. 8'000 Jahre BP im zweiten Standort festgelegt. Da die drei im Bödmerenwald vorgenommenen Datierungen in sich kohärent sind, müssen wir davon ausgehen, dass im Fall der Alp Tor entweder Sedimentumlagerungen vorliegen oder die zur Datierung verwendete Probe mit Kalk versetzt war, was die Radiokarbondatierung verfälscht. Zone **B04-2** deutet ebenfalls auf das Vorhandensein von Weisstanne hin, wenngleich die Zeit ihres ersten Auftretens nicht genau festgelegt werden kann, da diese Baumart bereits in der vorhergehenden Zone mit 1–2% Pollen durchgehend vertreten war. In der zweiten Hälfte dieser Pollenzone erreicht Weisstanne fast gleich hohe Werte wie Fichte (beide >10%). Wenn man berücksichtigt, dass die erstgenannte Baumart ein allgemein schwächerer Pollenproduzent ist als letztere, kann man sagen, dass die Weisstanne und die Fichte gleiche Anteile in der Zusammensetzung des Bödmerenwaldes einnahmen. Ausserdem war auch die Kiefer massgeblich vorhanden.

Zone B04–4 des Bödmerenwaldes entspricht einem schmalen mittleren Teilabschnitt in **Zone Bö–4** der Alp Tor, in welchem Fichte, Linde und Ulme relativ hohe Pollen-Prozentwerte aufweisen. Gleich anschliessend folgt ein starker Anstieg der Prozentkurven von Erle und Buche. Diese Pollenzone des Bödmerenwaldes wird von der Fichte dominiert, mit Einmischungen der Weisstanne; jedoch findet sich kaum Kiefer.

Zone **B04–5** des Bödmerenwaldes findet sich im obersten Abschnitt der **Zone Bö–4** der Alp Tor wieder, als die Pollenkurven der Ulme und der Linde wieder abnehmen und diejenige der Erle zunimmt. Zeigerpollen für menschlichen Einfluss in die Vegetation sind noch nicht vorhanden. Verglichen mit der vorhergehenden Pollenzone nimmt die Fichte auf Kosten der Weisstanne an Bedeutung zu, während die Kiefer höchstwahrscheinlich abwesend war.

Für die **Zonen Bö–5 und Bö–6** der Alp Tor gibt es im Pollendiagramm des Bödmerenwaldes keine entsprechende Zonen (ca. 6'500–2'500 BP). Die in **Zone Bö–5** ersichtliche Vegetation deckt sich mit derjenigen im obersten Teil von Bö–4 (siehe oben). In **Zone Bö–6** nimmt die Rolle der Weisstanne stark ab. Dieser Rückgang könnte vom menschlichen Einfluss auf den Wald herrühren. Ein mögliches Indiz für menschliche Tätigkeit findet sich in Pollen der Zeigerarten *Rumex* (Sauerampfer) und *Centaurea* (Flockenblume). Jedoch kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die Weisstanne in der Nähe des Standortes oder weiter weg und in tieferen Lagen an Bedeutung verloren hatte.

Zone B04–6 des Bödmerenwaldes stimmt mit der **Zone Bö–7** der Alp Tor überein. Im Vergleich mit anderen Pollendiagrammen kann diese Periode auf 500–1950 n. Chr. datiert werden (VAN DER KNAAP ET AL., 2000). In beiden Standorten nahm die Fichte einen bedeutenden Platz ein, während die Weisstanne im Vergleich zur vorhergehenden Zone an Pollenprozenten stark abnahm. Die von Süssgräsern, Compositae Subfam. Cichorioideae (Korbblütler–Zungenblütler), *Potentilla*-Typ (Fingerkraut) und *Ranunculus acris*-Typ (Hahnenfuss) stammenden Pollen zeigen eine Rasenvegetation auf, welche wohl eher Heuwiesen im Umkreis weniger Kilometer des untersuchten Moores widerspiegeln als den Unterwuchs im angrenzenden Bödmerenwald. Denn im heutigen Wald sind diese Kräuterpflanzen nur spärlich anzutreffen.

Zone B04–7 des Bödmerenwaldes ist bei der Alp Tor nur bruchstückhaft zuoberst im Diagramm erhalten. Sie zeigt die Vegetation nach ca. 1'900–1'950 n. Chr. (VAN DER KNAAP ET AL., 2000). Es ist gut ersichtlich, dass die Fichte weiterhin die vorherrschende Baumart ist, wohingegen die Weisstanne nurmehr sehr geringe Werte aufweist und im angrenzenden Teil des Bödmerenwaldes evtl. gar gänzlich fehlte. Dass das Moor seit 1900–1950 n. Chr. von Weiden umgeben ist, ist nicht nur durch Pollen wie beispielsweise *Trifolium* (Klee), *Rumex* (Sauerampfer), *Urtica* (Brennnessel) usw. belegt, sondern auch durch Funde von ausschliesslich auf Dung lebenden Pilzsporen (*Cercophora*-Typ, *Podospora*-Typ, *Sporormiella*).

Das Makrorestdiagramm des Bödmerenwaldes widerspiegelt die lokale Vegetation des untersuchten Moores sowie der angrenzenden Gebiete (Wald und / oder Wiese). *Potamogeton* (Laichkraut) in **Zone B04–2** zeigt offene Wasserflächen. Verschiedene Cyperaceenreste (Sauergräser) lassen ab der **Zone B04–2** aufwärts auf durchgehende Niedermoorvegetation schliessen. *Sphagnum* (Torfmoos) sowie *Eriophorum vaginatum* (Scheiden-Wollgras) in den Zonen **B04–3 und –4** deuten auf die Bildung eines kleinen Hoch Moores hin. Die lokale Anwesenheit der Fichte ab **Zone B04–3** ist durch Makrorestfunde belegt. Einige Makrorestfunde von *Betula* (Birke) und *Alnus* (Erle) in den Zonen B04–3 und –4 weisen auf das Wachstum weniger Birken und Erlen im bzw. um das Moor hin.

3.5.4 Diskussion

Zusammenfassend zeigen die Pollendiagramme, dass das Gebiet des Bödmerenwaldes **ohne Unterbrechung bewaldet** war, und zwar seit der Besiedelung von Fichte. Der Anteil von Fichte schwankt nur sehr schwach, was auf einen **geringen menschlichen Einfluss** schliessen lässt. Der menschliche Einfluss hat seinen Ursprung im frühen Mittelalter (ab ca. 500 n. Chr.). Ab dieser Zeit

sind Heuwiesen im Umkreis weniger Kilometer vom Untersuchungsort vorhanden. Die kleine Weide, welche heute das untersuchte Moor umgibt, war zu dieser Zeit ebenfalls eine Heuwiese. Die tiefen Prozentwerte der Pollengruppe „Weiden“ in *Abbildung 3.6–1* deuten darauf hin, dass in dieser Periode keine Beweidung in der näheren Umgebung der Untersuchungsstelle stattgefunden hat. Die Fluktuation der Fichtenpollen lassen sich daraus erklären, dass die Angaben in Prozentwerten angeben werden: Die starke Zunahme der Pollen aus der Pollengruppe „Weiden, Felder“ führt zu einer anteilmässigen Abnahme der Fichtenpollen. Nach ca. 1900–1950 n. Chr. wurde die **Heuwiese** beim untersuchten Moor in eine Weide umgewandelt. Der Mensch hatte also zweifelsfrei einen Einfluss auf die Vegetation im Gebiet des Bödmerenwaldgebietes. Die hohen Prozentwerte der Pollengruppe „Weiden“ weisen auf eine offene Weidefläche hin. Es gibt keine Hinweise im Pollenbild, dass der Wald selbst beweidet wurde, was sich durch die Tatsache bestätigt, dass der Wald auch heute nicht beweidet wird. Wir können deswegen davon ausgehen, dass der zum Moor benachbarte Teil des Bödmerenwaldes niemals beweidet wurde und grösstenteils ungestört blieb.

Dieses Muster **unterscheidet sich deutlich vom Muster in vielen anderen Regionen der Schweiz**, wie es von WELTEN (1982A, B) und LANG (1994) sowie von van der KNAAP et al. (2000) für die letzten 2'000 Jahre detailliert beschrieben wurde. Die Studie von VAN DER KNAAP et al. (2000) zeigt, dass der Mensch bereits im **Neolithikum** (7'500–5'000 BP) auf die Vegetation einwirkte, dies im Mittelland wie auch in Gebieten über der Waldgrenze. In der Zeit nach dem Neolithikum nahm der menschliche Einfluss stetig zu, vor allem in der **Bronzezeit** (ab ca. 3'600 BP) wie auch in der Eisenzeit (ab ca. 2'600 Jahren vor heute). Vom **frühen Mittelalter** an (ab ca. 1'500 BP bzw. 500 n. Chr.), wurde der menschliche Einfluss dann besonders stark und viele Wälder wurden kahl geschlagen. Der menschliche Einfluss auf die Vegetation und insbesondere auf die Wälder erreichte dann in der **Periode von 1800–1950 n. Chr.** einen Höhepunkt. Später wurden dann in früheren Waldgebieten etablierte Weiden und Felder zunehmend verlassen und die Wälder begannen sich wieder auszudehnen.

Die durch den Menschen stark beeinflusste Vegetationsentwicklung ist hier am **Beispiel** von zwei Pollendiagrammen aus der Literatur dargestellt (*Abbildung 3.5-3*). Das eine Diagramm stammt von Praz Rodet in südwestlichen Jura (MITCHELL et al., 2001; Schweizer Koordinaten 157.900/502.900). Das zweite stammt vom Schöpfenwaldmoor, welches sich in der Nähe von Habkern befindet (VAN DER KNAAP et al. 2000; Schweizer Koordinaten 177.000/631.250). Die grau markierten Zonen zeigen die Periode mit erhöhtem menschlichem Einfluss auf die Vegetation. In dieser Periode nehmen die Pollenwerte der Graslandpflanzen Wegerich und Sauerampfer zu, während die Pollenwerte der Baumarten Weisstanne, Buche und Fichte deutlich abnehmen. Oberhalb der grauen Zone, nach 1950 n. Chr., nahm der menschliche Einfluss auf die Vegetation ab, und die Wälder begannen sich wieder auszudehnen. Die Zunahme von Kiefernpollen deutet auf das Überwachsen der beiden Moore mit Bergföhre (in Praz Rodet) oder Legföhre (Schöpfenwaldmoor) hin. Aus dem Vergleich der beiden Pollendiagramme mit demjenigen des Bödmerenwaldes (*Abbildung 3.5-3*) wird ersichtlich, dass die menschlichen Einwirkungen auf die Vegetation im Bödmerenwald vor 1900–1950 n. Chr. vergleichsweise gering waren und erst in neuster Zeit zunahmen. Im Gegensatz zum Pollendiagramm des Bödmerenwaldes geben die beiden genannten Pollendiagramme keine Gruppe mit typischen Weidenpflanzen an.

Bödmerenwald: Pollen
 Analyse: Jacqueline van Leeuwen

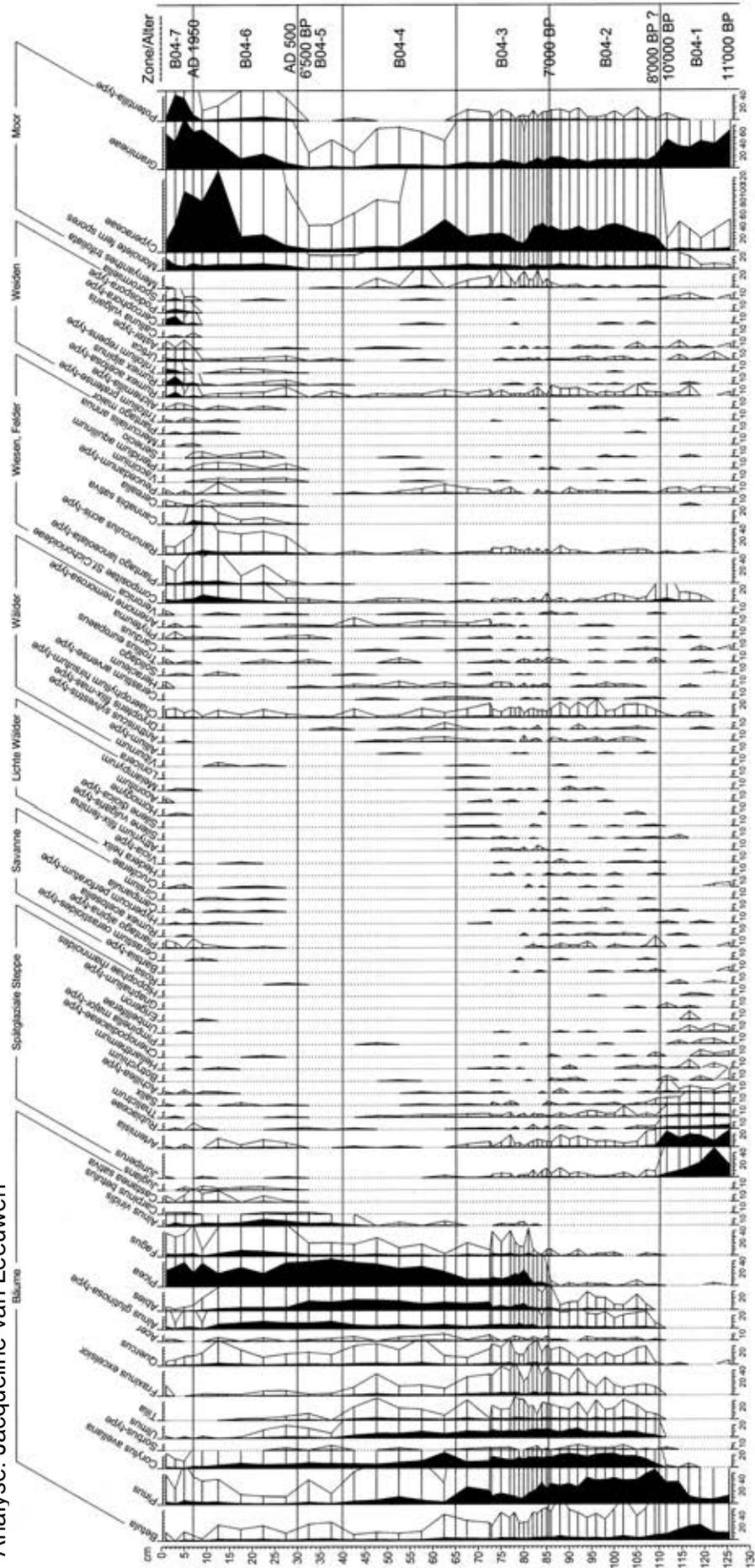


Abbildung 3.5-1: Pollendiagramm des Bödmerenwaldes (Lage des Moores: Schweizer Koordinaten 204.410/707.250, 1'490 m Höhe über Meer). Vertikale Achse links: Tiefe des Bohrkerns in cm. Vertikale Achse rechts: Alter in Jahren nach Christi Geburt (A.D.) und in Radiokarbonjahren vor heute (B.P.). Horizontale Achse: Pollenprozentage, schwarz entsprechend Skala, weiss 10 x überhöht.

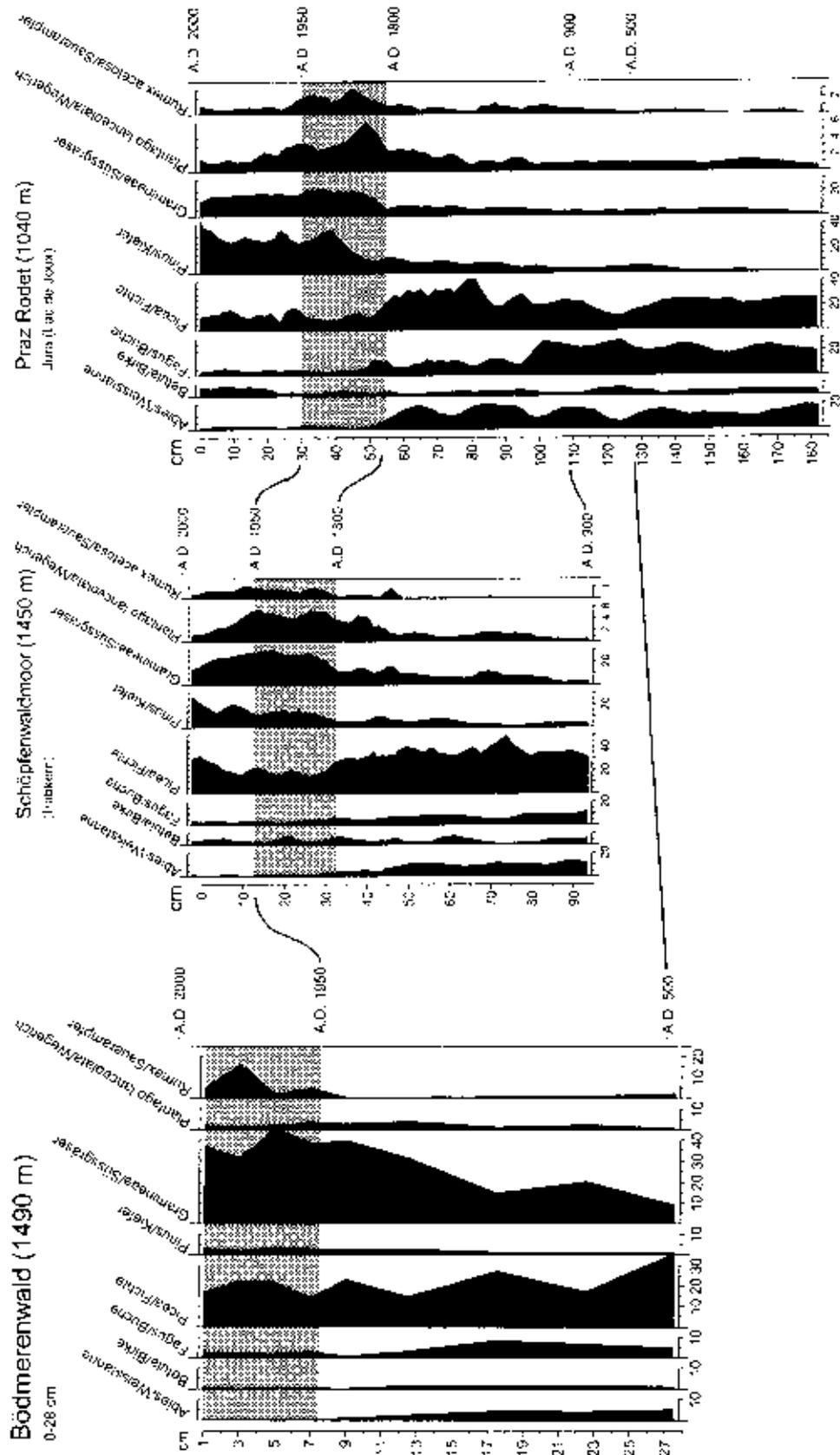


Abbildung 3.5-3: Ausschnitte aus drei Pollendiagrammen: Bödmerenwald, Praz Rodet (nach MITCHELL et al., 2001) und Schöpfenwaldmoor (nach VAN DER KNAAP ET AL., 2000). Die Periode mit dem stärksten menschlichen Einfluss auf die Vegetation ist grau markiert.

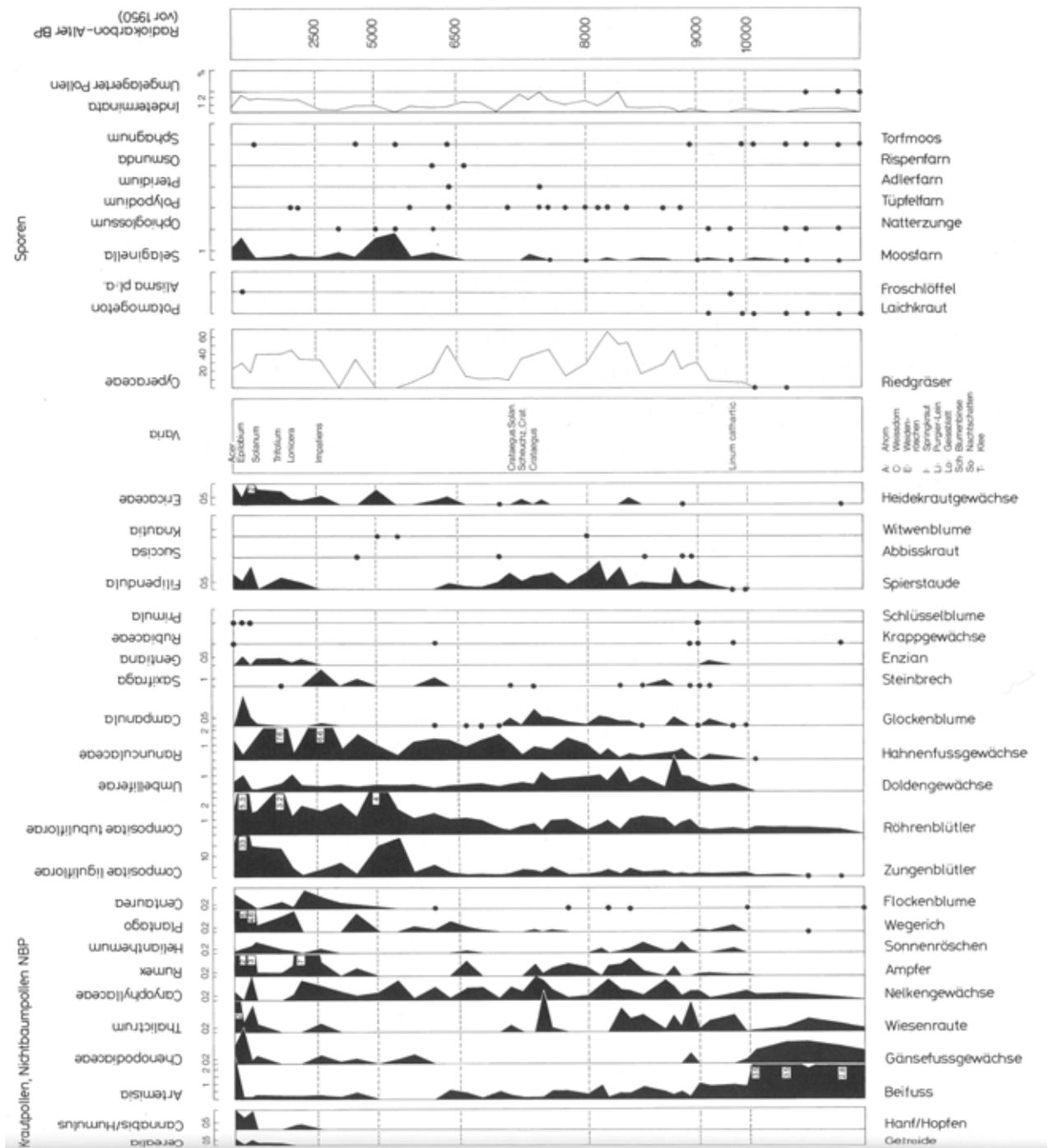


Abbildung 3.5-4: Pollendiagramm Bödmerenwald, Tor/Muotathal (Koordinaten 798'650/202'900), 1680 m ü. M. von SIDLER 2001, Teil 1.

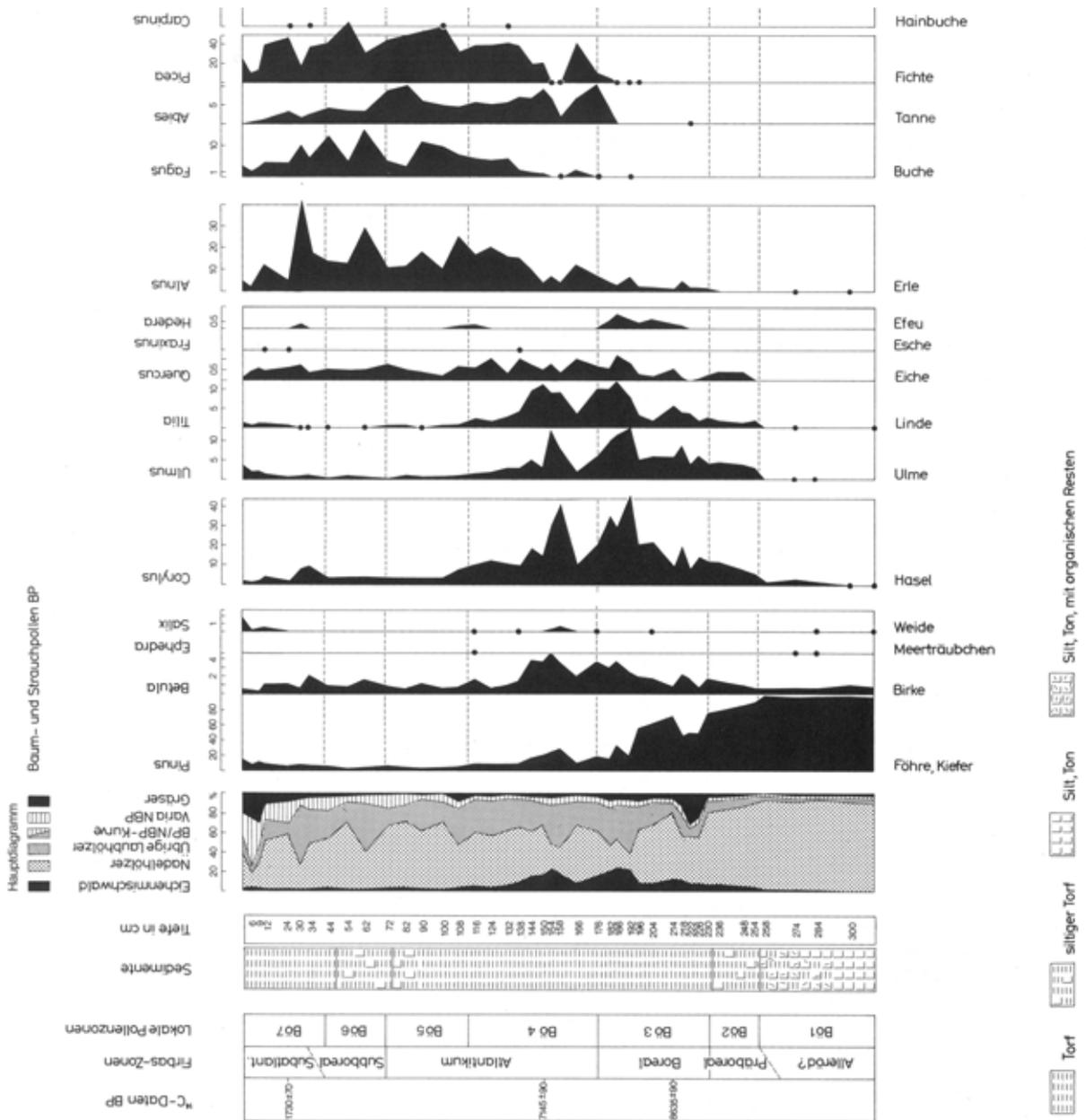


Abbildung 3.5-5: Pollendiagramm Bödmerenwald, Tor/Muotathal (Koordinaten 798'650/202'900), 1680 m ü. M. von SIDLER 2001, Teil 2.

3.5.5 Folgerungen

Die Untersuchung von Pollen und Makroresten der Moore beim Bödmerenwald und der Alp Tor zeigt deutlich, dass das Gebiet des Bödmerenwaldes ohne Unterbrechung bewaldet war, und zwar seit der Besiedelung durch die Fichte. Der Wald hat seinen **Ursprung vor ca. 7'000 Jahren**. Fichten wie auch Tannen verbreiteten sich zu ungefähr gleichen Teilen, während Birke und Erle nur zu kleinen Teilen vorkamen. Später verminderte sich das Vorkommen der **Tanne** schrittweise bis zu ihrem heutigen geringen Vorkommen im Bödmerenwald. Die Abnahme des Weisstannenvorkommens ist ein für die Schweiz generelles Phänomen. Die Gründe dafür sind wenig bekannt und werden gegenwärtig am Institut für Pflanzenwissenschaften in Bern untersucht.

Die Untersuchung des Moores beim Bödmerenwald zeigt, dass der **Bödmerenwald weit gehend unberührt** blieb, während in tiefer liegenden Gebieten menschliche Einwirkungen seit dem Neolithikum vorliegen. Im frühen Mittelalter wurden in der Nähe des untersuchten Moores kleine Heuwiesen gegründet, wobei der Wald grösstenteils ungestört blieb. Um ca. 1900–1950 n. Chr. wurde die Heuwiese direkt beim Untersuchungsort in Weide umgewandelt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass der benachbarte Wald nicht zur Beweidung benutzt wurde.

3.6 Einwanderungsgeschichte der Bödmerenfichten

CHRISTOPH SPERISEN, WILLEM O. VAN DER KNAAP, ESTHER SCROB, THOMAS LAMPART UND
JACQUELINE F.N. VAN LEEUWEN

Zusammenfassung

Untersuchungen von fossilem Pollen und Makroresten zeigen, dass die Fichte den Alpenraum nach der letzten Eiszeit von Osten gegen Westen besiedelte. In dieser Studie verwendeten wir genetische Methoden, um die Einwanderung der Fichte in das Gebiet des Bödmerenwaldes zu rekonstruieren. Dabei untersuchten wir Variation in der Mitochondrien-DNS. Die geographische Verteilung der identifizierten DNS-Varianten und Muster genetischer Diversität weisen darauf hin, dass das Gebiet des Bödmerenwaldes nicht von Osten, sondern von Norden her besiedelt wurde, möglicherweise von einem bisher nicht identifizierten Eiszeitrefugium. Die Hauptwanderung der Fichten im Alpenraum von Osten gegen Westen muss während dieser nördlichen Einwanderung zu einem Halt gekommen sein und sich erst später wieder fortgesetzt haben. Dieses Einwanderungsmuster lässt sich mit den damaligen Vegetationsbedingungen und unterschiedlichen ökologischen Anpassungen der Fichten nördlichen und östlichen Ursprungs erklären. Die Fichten des Bödmerenwaldes stellen somit eine besondere genetische Ressource dar, welche es zu erhalten gilt.

3.6.1 Einleitung

Die heutige Verbreitung der Waldbaumarten in Europa ist weitgehend auf ihre nacheiszeitliche Arealausdehnung zurückzuführen. Untersuchungen von fossilem Pollen und Makroresten zeigen, dass die meisten Waldbaumarten die letzte Eiszeit in geschützten Refugien im Mittelmeerraum überlebten. Mit der Erwärmung des Klimas vor ca. 18'000 Jahren dehnten sie dann ihr Areal aus und besiedelten in vielen Fällen grosse Teile Europas (HUNTLEY & BIRKS 1983).

Die Fichte überlebte die letzte Eiszeit in Gebieten weiter nördlich. Nach heutigem Erkenntnisstand überlebte sie in mindestens fünf Refugien: 1) Im mittelländischen Gebiet, also im Süden der Boreo-europäischen Region, 2) in den Ostkarpaten, 3) in den Westkarpaten, 4) in der ungarischen Ebene und 5) am Ostrand der Alpen, wobei in dieser Region zwei getrennte Refugien vermutet werden (HUNTLEY & BIRKS 1983, TERHUERNE-BERSON et al. und LATALOWA & VAN DER KNAAP in Vorbereitung). Pollendiagramme lassen erkennen, dass der Alpenraum vom Ostrand der Alpen her besiedelt wurde, wobei die Fichte im östlichen Teil der Schweiz vor ungefähr 10'000 Jahren ankam und schliesslich die Westschweiz sowie den Jura vor 5'000-6'000 Jahren besiedelte (VAN DER KNAAP 2005).

Ähnliche Schlüsse lassen sich aus Mustern genetischer Variation heutiger Fichtenbestände ziehen. Besonders informativ sind Variationsmuster der Mitochondrien-DNS (Desoxyribonukleinsäure). Im Gegensatz zur Zellkern-DNS, wird sie bei den meisten Pflanzenarten allein durch die Mutter vererbt. Entsprechend wird sie einzig über Samen verbreitet. Da die Kolonisierung neuer Gebiete über die Ausbreitung von Samen erfolgt, können mitochondriale DNS-Varianten zur Rekonstruktion von Wanderungswegen verwendet werden. In zwei früheren Studien benutzten wir das **mitochondriale *nad1* Gen**, um die nacheiszeitliche Geschichte der Fichte zu untersuchen (SPERISEN et al. 2001, GUGERLI et al. 2001). Dieses Gen trägt die Information für ein Eiweiss der Atmungskette, welche zur Energiegewinnung in den Zellen dient. Das Gen enthält eine hoch variable Region mit zwei tandemartig wiederholten DNS-Segmenten. Je nach Kopienanzahl dieser DNS-Segmente nimmt das *nad1* Gen unterschiedliche Längen an. Mittels der Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) bestimmten wir die Länge des *nad1* Gens bei über 5000 Fichten aus ganz Europa. Dabei identifizierten wir 26 Längenvarianten, wovon 23 auf Grund unterschiedlicher Kopienanzahlen der beiden tandemartig wiederholten DNS-Segmenten resultieren. Zusätzliche Variation fanden wir in den DNS-Abschnitten, welche die beiden

wiederholten DNS-Segmente flankieren. Diese Variation erlaubte uns, die Längenvarianten zwei Mitochondrien-Abstammungslinien zuzuordnen. Die beiden Linien teilen Fichtenbestände aus Nordeuropa unverkennbar von Beständen aus Zentraleuropa, ein Muster, welches mit der Ausbreitung der Fichte aus ihren Eiszeitrefugien erklärt werden kann (SPERISEN et al. 2001).

Die Resultate der DNS-Analysen können für den Alpenraum wie folgt zusammengefasst werden. 1) *nadI* Varianten, welche im **Ostalpenrand** gefunden werden, kommen auch im Alpenraum vor, insbesondere in den **Ostalpen**. 2) Während Populationen in den Ostalpen eine hohe genetische Diversität aufweisen, zeigen Populationen der **Westalpen** mit ganz wenigen Ausnahmen eine einzige *nadI* Variante (GUGERLI et al. 2001). Beide Resultate deuten auf eine Kolonisierung von Osten her hin. Die Abnahme der genetischen Diversität lässt sich mit genetischen Effekten während der Wanderung gegen Westen erklären. Es kann angenommen werden, dass bei der Kolonisierung oft nur wenige Bäume beteiligt waren, und so immer nur wenige Varianten weitergegeben wurden. Eine häufige Wiederholung solcher Populationseinengungen resultiert zwangsläufig in einer Abnahme genetischer Diversität.

In der **Schweiz** zeigten nahezu alle untersuchten Fichtenbestände allein die *nadI* Variante 815. Diese Variante setzt sich aus 815 bp (Basenpaare) zusammen. Eine Ausnahme bildete der **Bödmerenwald**. Hier identifizierten wir in 16 untersuchten Bäumen aus dem Reservat zwei Varianten, nämlich die Varianten 810 bp (13 Bäume) und die Variante 815 bp (drei Bäume). Dieses Muster deutet darauf hin, dass der Bödmerenwald eine zu den umliegenden Beständen in der Schweiz und im Westen Österreichs unterschiedliche Geschichte durchlief.

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, folgende **Fragen** zu beantworten: 1) Ist das im Reservat identifizierte Variationsmuster über das gesamte Gebiet des Bödmerenwaldes verbreitet, und 2) auf welchem Weg haben die Fichten das Gebiet des Bödmerenwald besiedelt?

3.6.2 Material und Methoden

Im Bödmerenwald untersuchten wir insgesamt 164 Fichten. Die Bäume wurden in einem 150 x 150 m Raster beprobt. Die Nadelproben wurden uns freundlicherweise von Bernhard Roth und Peter Schilliger zur Verfügung gestellt. Zur Identifizierung des Einwanderungsweges in das Gebiet des Bödmerenwaldes untersuchten wir 756 Fichten aus 48 Beständen, hauptsächlich aus der Ostschweiz, mit der Annahme, dass das Gebiet des Bödmerenwaldes von Osten her besiedelt wurde. Wenn möglich beprobten wir Bestände an steilen Hängen und an der Waldgrenze, wo wir annehmen konnten, dass das Ausmass an Pflanzungen gering war.

Die genetischen Untersuchungen wurden gemäss den in unserem Labor etablierten Methoden durchgeführt (SPERISEN et al. 2001). Bei der Darstellung der Resultate wurden alle bereits veröffentlichten Daten wie auch unveröffentlichte Daten hinzugezogen (GUGERLI et al. 2001, SPERISEN et al. 2001, SPERISEN et al. in Vorbereitung). Die Gesamtheit der untersuchten Bestände ist in *Abbildung 3.6-1* gezeigt. Zur Darstellung der geographischen Verbreitung der *nadI* Varianten verwendeten wir die Software ArcView GIS 3.3.

Als Mass für die genetische Vielfalt innerhalb von Populationen verwendeten wir die Anzahl Varianten und die genetische Diversität nach NEI (1973), welche sich aus den Quadratsummen der Genvarianten wie folgt berechnet: $H = 1 - \sum p_i^2$, wobei p_i die Häufigkeit der i -ten Genvariante ist. Dieses Mass nimmt somit einen Wert zwischen 0 und 1 an.

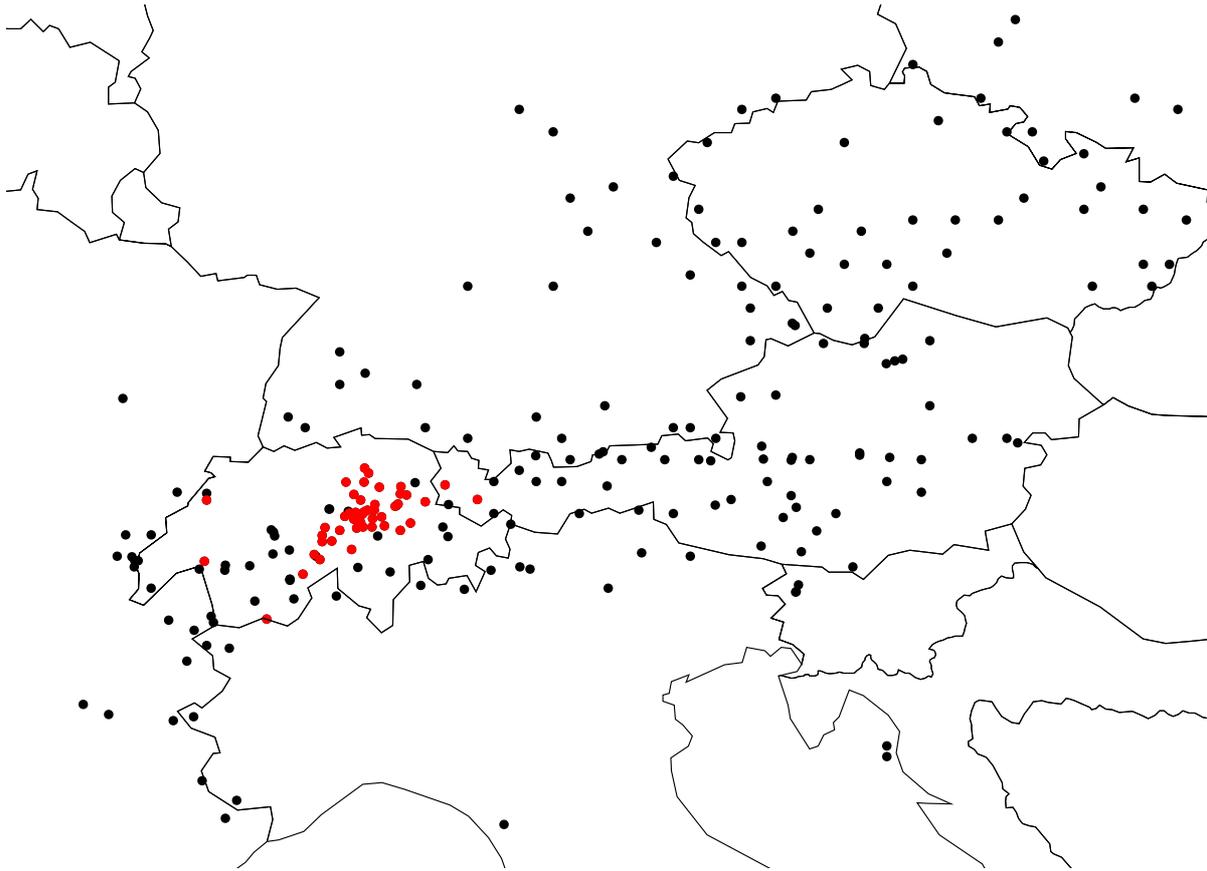


Abbildung 3.6-1: Fichtenbestände aus dem Alpenraum, bei welchen Variation im mitochondrialen *nad1* Gen untersucht wurde. Schwarze Punkte: Bestände von früheren Untersuchungen. Rote Punkte: Bestände der vorliegenden Studie.

3.6.3 Resultate

In den 164 untersuchten Fichten des Bödmerenwaldes identifizierten wir vier Varianten des *nad1* Genes. Die meisten Bäume hatten die Variante 810 bp. Sie kam in 128 Bäumen vor. Die in der Schweiz dominierende Variante 815 bp fanden wir in 27 Bäumen. Die restlichen Varianten waren selten: Variante 842 bp identifizierten wir in 8 Bäumen und die Variante 938 bp in einem Baum. Die Varianten 810 bp und 842 bp kommen in allen Teilen des Bödmerenwaldes vor. Dagegen zeigt die Variante 815 bp im südwestlichen Teil des Waldes ein gehäuftes Vorkommen (*Abbildung 3.6-2*).

In den neu untersuchten 756 Fichten fanden wir insgesamt 10 *nad1* Varianten mit folgenden Längen: 612, 712, 778, 810, 812, 815, 842, 848, 874 und 938 bp. Die Variante 612 bp identifizierten wir zum ersten Mal. Wie erwartet kam die Variante 815 bp am häufigsten vor (608 Bäume), gefolgt von den Varianten 810 bp (114 Bäume) und 842 bp (21 Bäume). Alle übrigen Varianten waren weit weniger häufig (≤ 4 Bäume). Im Vergleich zur Variante 815 bp kommen alle Varianten relativ selten vor im Alpenraum. Zudem fehlen sie weitgehend im Gebiet östlich des Klöntals bis in die Region von Innsbruck. Innerhalb der Schweiz zeigt die Variante 810 bp ein geographisch strukturiertes Vorkommen. Diese Variante fanden wir im westlichen Teil des Klöntals, im ganzen Muotathal, im Gebiet der Mythen und im Gebiet nördlich der Mythen bis ins Tösstal (*Abbildung 3.6-3*). Die Variante 842 bp zeigt ein ähnliches Muster, obwohl sie auch in der Ostschweiz vorkommt, wenn auch selten (*Abbildung 3.6-4*). Alle übrigen Gebiete der Schweiz zeigen fast ausschliesslich die Variante 815 bp (*Abbildung 3.6-5*).

Die genetische Diversität innerhalb von Populationen unterscheidet sich massgeblich in unterschiedlichen Regionen. In der Ost- und Westschweiz sind sowohl die Anzahl Varianten wie auch die Werte genetischer Diversität innerhalb von Populationen gering. Im Gegensatz dazu zeigen Populationen des Muotathals und des Gebietes nördlich davon generell hohe Werte (Abbildungen 3.6-6 und 3.6-7). Die mittlere genetische Diversität von Populationen mit der Variante 810 bp beträgt 0.41. Die mittlere Diversität aller übrigen Populationen der Schweiz beträgt nur 0.03. Die höchsten Werte fanden wir in der Region des Zürichsees, wo wir bis zu fünf Varianten pro Population identifizierten.

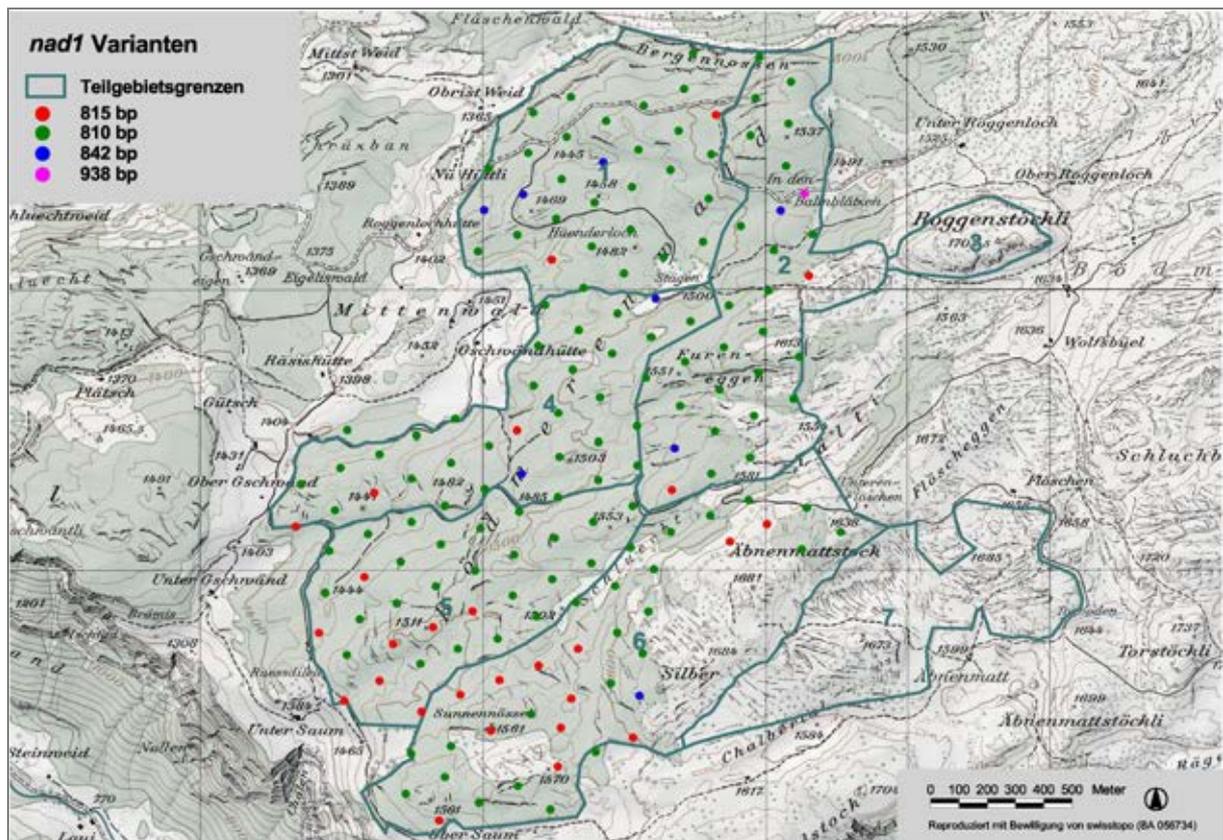


Abbildung 3.6-2: Geographische Verteilung der mitochondrialen *nad1* Varianten 810 bp, 815 bp, 842 bp und 938 bp im Bödmerenwald.

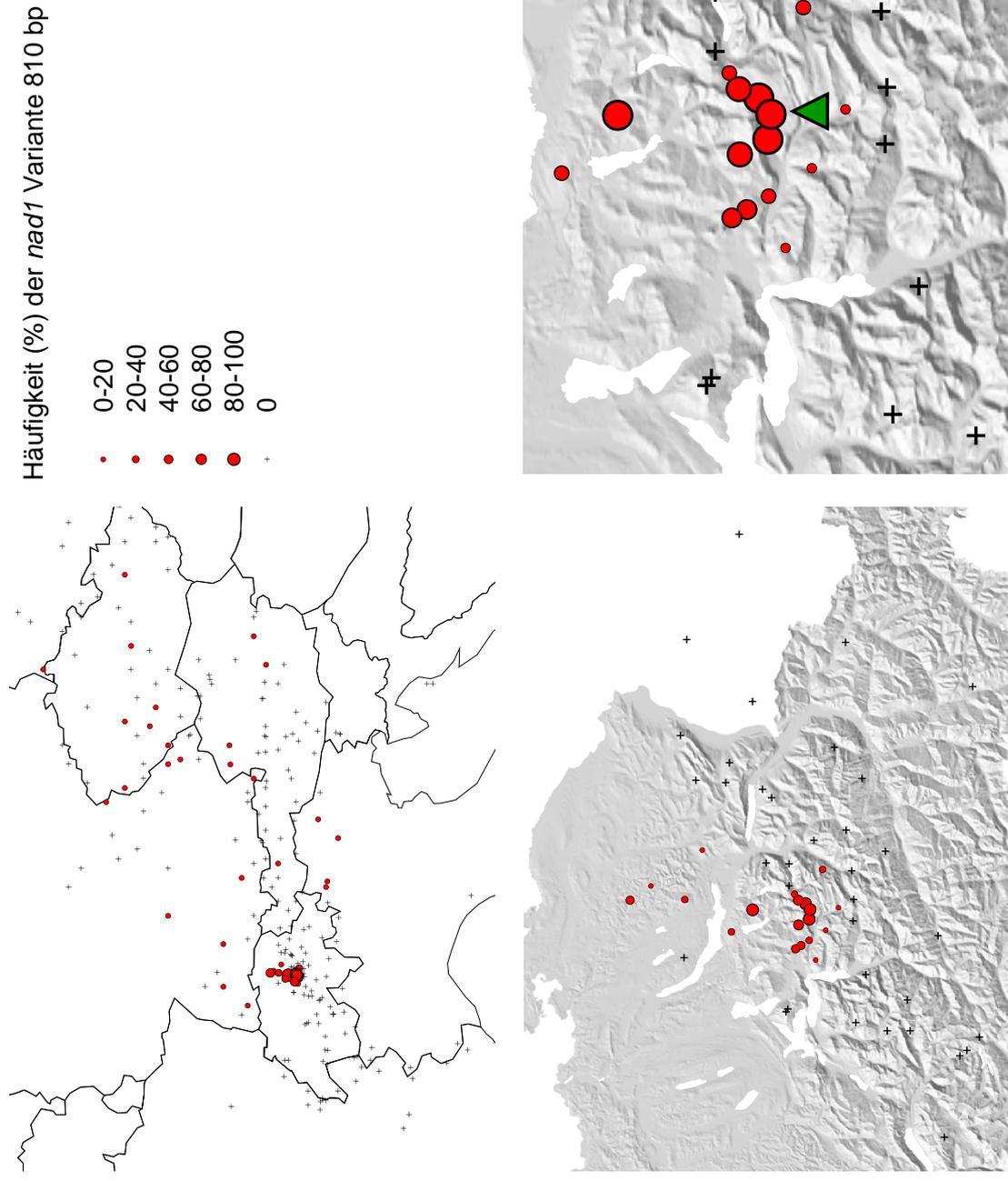


Abbildung 3.6-3: Geographische Verteilung und Häufigkeit der mitochondrialen *nad1* Variante 810 bp bei den Fichten im Alpenraum. Der grüne Pfeil zeigt auf den Bödmerenwald.

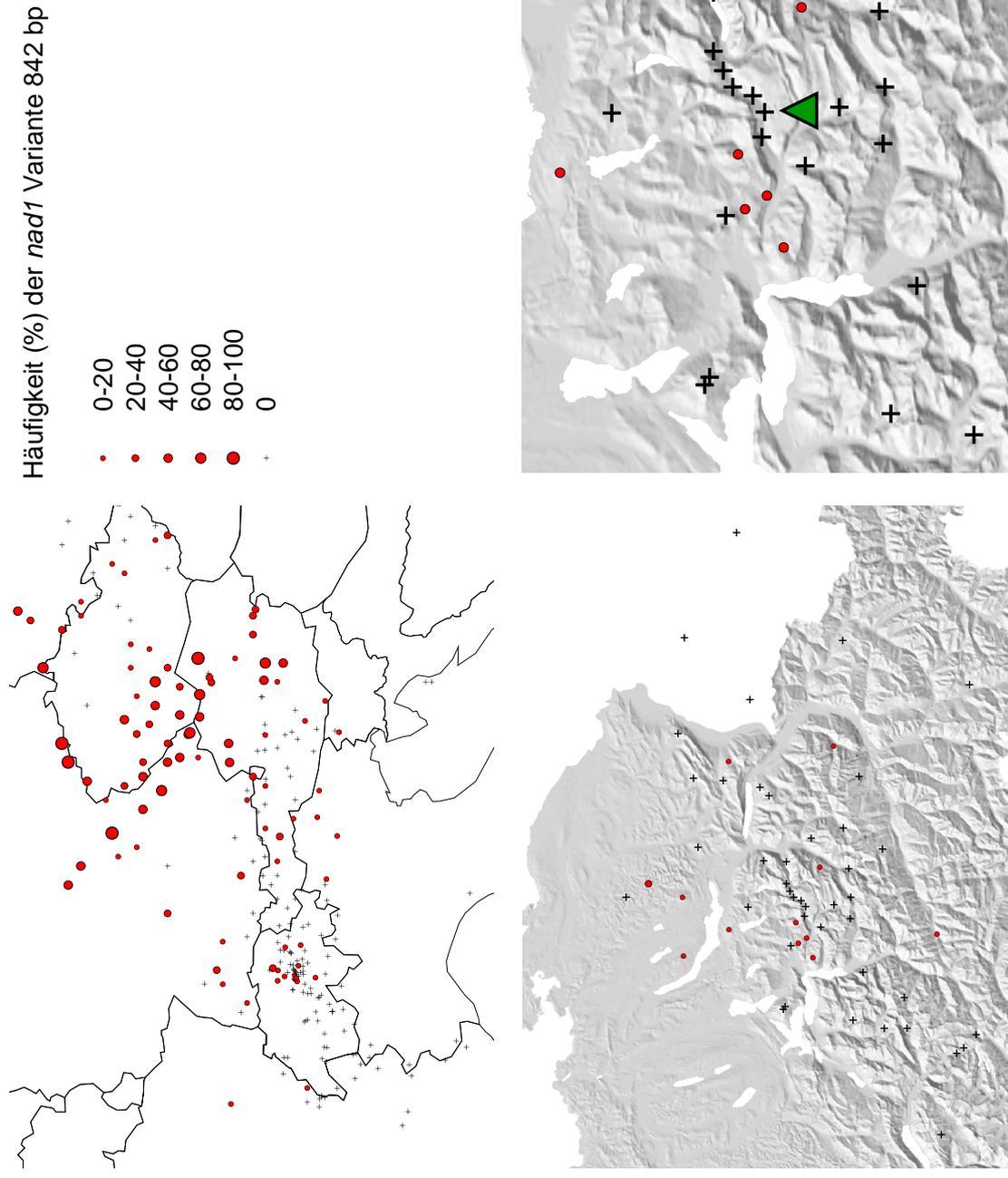


Abbildung 3.6-4 Geographische Verteilung und Häufigkeit der mitochondrialen *nad1* Variante 842 bp bei den Fichten im Alpenraum. Der grüne Pfeil zeigt auf den Bödmerenwald.

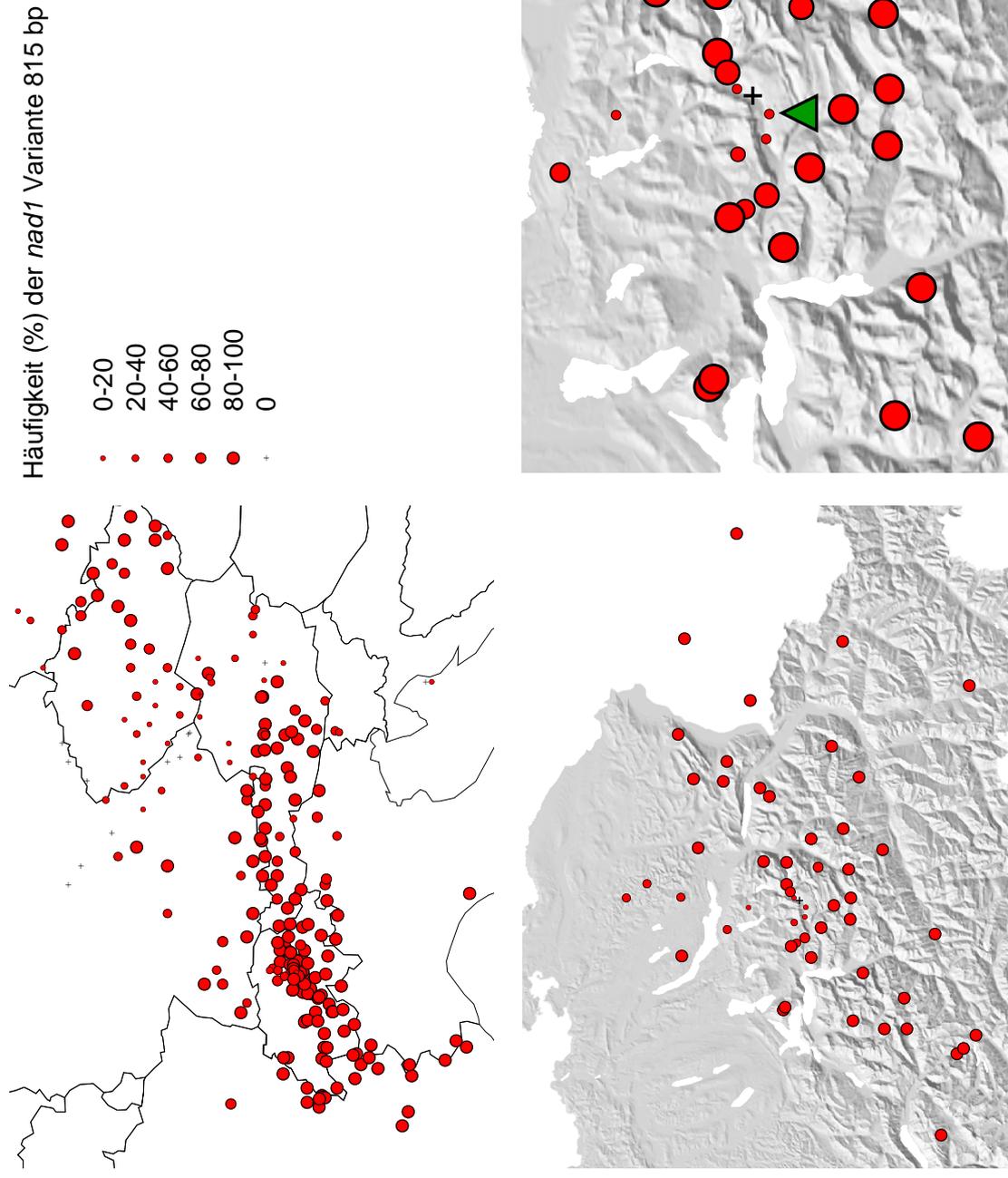


Abbildung 3.6-5: Geographische Verteilung und Häufigkeit der mitochondrialen *nad1* Variante 815 bp bei den Fichten im Alpenraum. Der grüne Pfeil zeigt auf den Bödmerenwald.

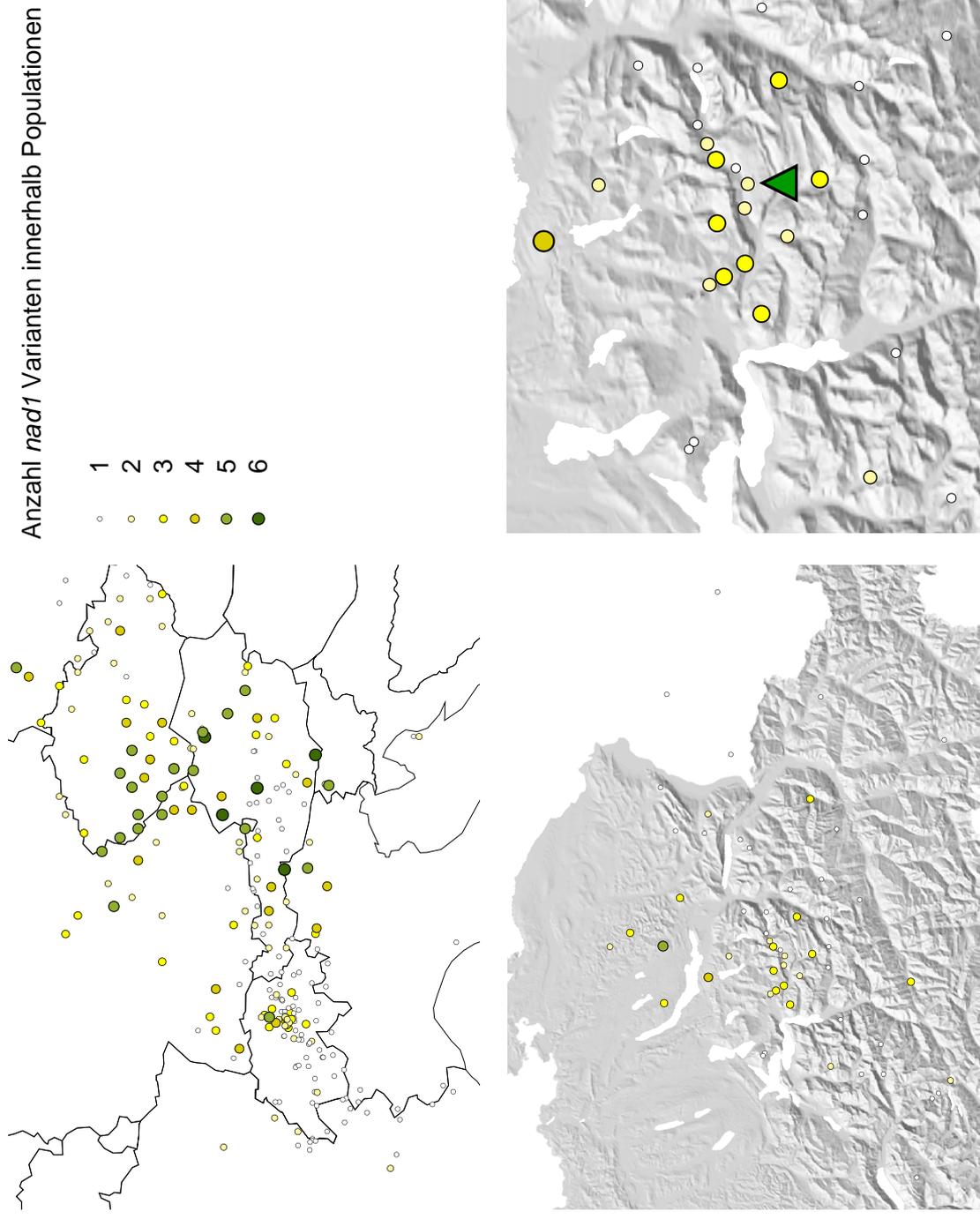


Abbildung 3.6-6: Anzahl *nad1* Varianten innerhalb von Fichtenbeständen im Alpenraum. Der grüne Pfeil zeigt auf den Bödmerenwald.

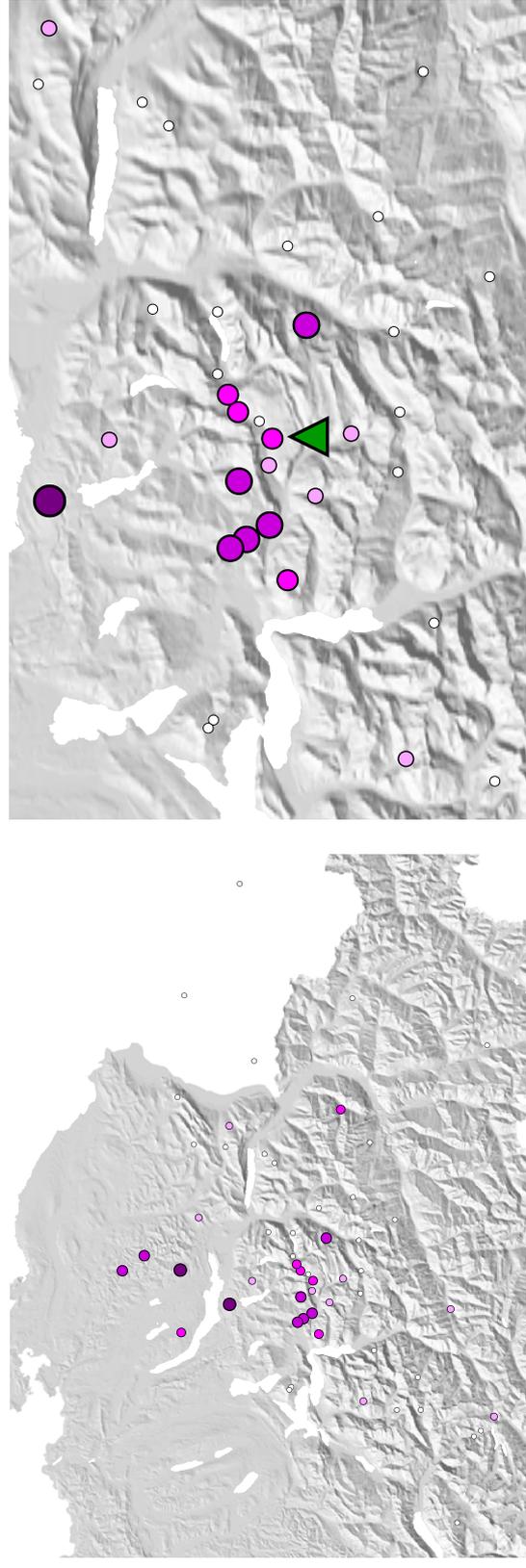
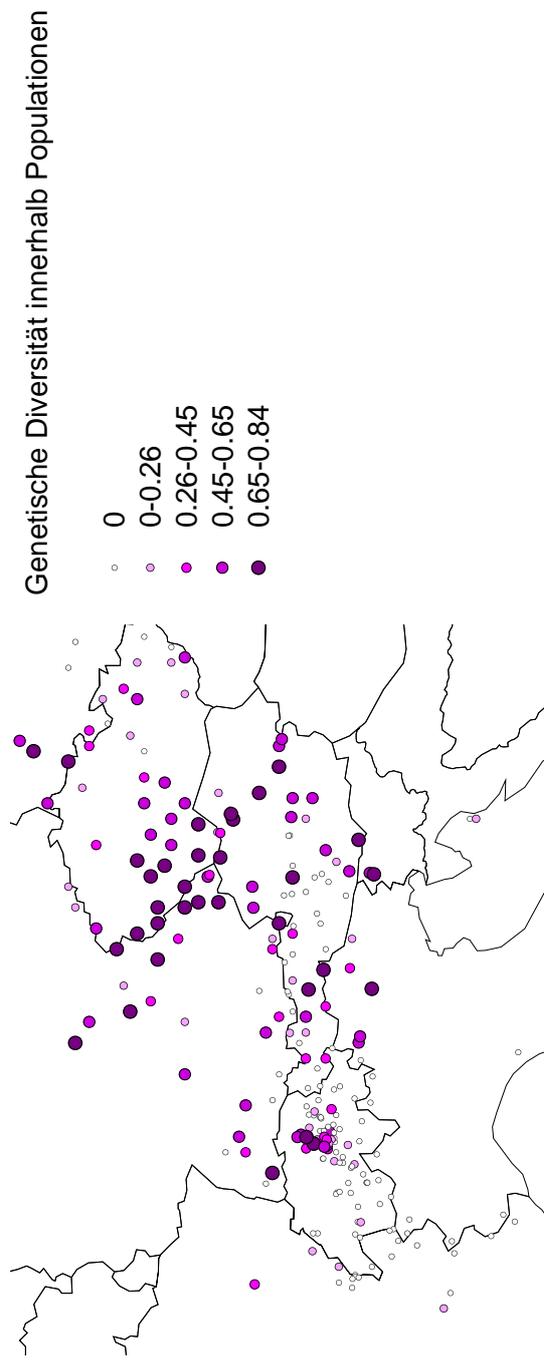


Abbildung 3.6-7: Genetische Diversität gemessen am mitochondrialen *nad1* Gen innerhalb von Fichtenbeständen im Alpenraum. Der grüne Pfeil zeigt auf den Bödmerenwald.

3.6.4 Diskussion

Die Resultate unserer genetischen Untersuchungen mit dem mitochondrialen *nad1* Gen lassen drei **Folgerungen** zu. 1) Das im Urwaldreservat identifizierte Muster genetischer Variation ist über den gesamten Bödmerenwald verteilt. 2) Dieses Muster ist nicht allein auf den Bödmerenwald beschränkt, sondern findet sich in einer Region, welche den westlichen Teil des Klöntals, das ganze Muotathal, das Gebiet der Mythen und das Gebiet nördlich der Mythen bis ins Tösstal umfasst. 3) Diese Region zeigt im Vergleich zur den übrigen Regionen in der Schweiz eine hohe genetische Diversität.

Dieses Muster genetischer Variation ist überraschend, da es nicht mit einer Besiedelung von Osten her erklärbar ist. Bei einer Besiedelung von Osten müssten die Varianten 810 bp und 842 bp auch in der Ostschweiz vorkommen, mindestens in vereinzelt Beständen. Ebenfalls müsste die genetische Diversität in der Ostschweiz ähnlich hoch sein wie im Gebiet des Muotathals. In unserer Studie identifizierten wir aber keine Bäume mit der Variante 810 bp in der Ostschweiz, welche eine Einwanderung von Osten her erklären würde. Ebenfalls ist die genetische Diversität in der Ostschweiz tief.

Das identifizierte Muster könnte einzig durch folgende **Szenarien** erklärt werden. 1) Bei der Kolonisierung der Ostschweiz und insbesondere des Klöntals gab es einige wenige Bäume mit den Varianten 810 bp und 842 bp. Auf Grund von Selektion oder zufälligen Ereignissen bei der Gründung von Populationen besiedelten vor allem Bäume mit diesen Varianten das Gebiet des Bödmerenwaldes und verbreiteten sich von dort gegen Westen und Norden. 2) Das Gebiet des Bödmerenwaldes wurde von Fichten mit der Variante 815 bp besiedelt, und die Varianten 810 bp und 842 bp sind im Gebiet des Bödmerenwaldes entstanden. 3) Das Gebiet des Bödmerenwaldes wurde in zwei Wellen besiedelt. Die erste Welle enthielt mehrere Varianten, unter anderem die Varianten 810 bp und 842 bp. Eine Kälteperiode oder andere Umweltereignisse liessen die Fichten östlich des Gebietes vom Bödmerenwald absterben und ermöglichten dann eine Besiedelung des Gebietes in einer zweiten Welle mit Fichten der Variante 815 bp. All diese Szenarien scheinen wenig wahrscheinlich. Szenario 1 basiert auf der Annahme, dass die Varianten 810 bp und 842 bp im östlichen Teil des Klöntals vorkamen, wenn auch selten. Tatsächlich können wir ihr Vorkommen nicht ausschliessen. Wir können aber keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Muster genetischer Variation und Umweltfaktoren wie Boden, Temperatur oder Niederschlag sehen, welcher bei der Selektion eine Rolle gespielt haben könnte. Zufällige Ereignisse bei der Gründung von Populationen scheinen ebenfalls wenig wahrscheinlich, da nicht nur eine Variante, sondern mindestens zwei Varianten beteiligt hätten sein müssen. Szenario 2 involviert die Entstehung neuer Varianten aus der Variante 815 bp. Diese Variante unterscheidet sich von allen anderen Varianten des gesamten Fichtenverbreitungsgebietes in einem zusätzlichen DNS-Segment und einer Punktmutation. Dies deutet darauf hin, dass die Entstehung dieser Variante ein einmaliges Ereignis war. Eine Veränderung dieser Variante zurück zur Struktur der anderen Varianten ist deshalb wenig plausibel. Szenario 3 bedingt ein Absterben von Fichtenbeständen in der Region des Klöntals und im Gebiet östlich davon. Ein Absterben in grösserem Umfang müsste in Pollendiagrammen der Ostschweiz ersichtlich sein. Dies ist aber nicht der Fall. Stattdessen zeigen alle Pollendiagramme, inklusive dasjenige des Bödmerenwaldes, eine kontinuierliche Zunahme der Fichte nach ihrer Besiedelung (siehe Kapitel 3.6).

Vielmehr müssen wir annehmen, dass das Muotathal und der westliche Teil des Klöntals **von Norden her besiedelt** wurden. Tatsächlich können wir mindestens bis in die Nordostschweiz eine mögliche Einwanderungsrouten verfolgen. Eine nördliche Einwanderung wird auch durch die **Muster genetischer Diversität** unterstützt. Sowohl die Anzahl Varianten wie auch die genetische Diversität sind im Gebiet des Zürichsees relativ hoch, während sie gegen das Muotathal abnehmen. Hohe genetische Diversität findet sich dann wieder in Gebieten, wo sich unterschiedliche Besiedlungswege getroffen haben, insbesondere im Klöntal wie auch südlich des Muotathals. Unsere Daten lassen aber offen, ob die Fichten von einem bisher nicht identifizierten Refugium im Süden Deutschlands stammen, oder ob sie nördlich der Alpen von Osten gegen Westen wanderten und sich dann gegen Süden ausdehnten. Da

die durchschnittliche genetische Diversität im Muotathal und dem Gebiet nördlich davon gleich hoch oder unwesentlich tiefer ist als in allen bisher identifizierten Eiszeitrefugien, kann ein bisher nicht identifiziertes Refugium nicht ausgeschlossen werden.

Die zur Verfügung stehenden Pollendaten geben keine Hinweise auf den Ursprung der Fichten, welche von Norden her in das Gebiet des Bödmerenwaldes einwanderten. Sie erlauben aber die nördliche Einwanderung zu datieren und mit der Einwanderung von Osten her in Zusammenhang zu bringen. Die in *Abbildung 3.6-8* gezeigte Pollenkarte fasst alle publizierten Pollendiagramme von hoher Qualität in der relevanten Region zusammen (LATALOWA & VAN DER KNAAP in Vorbereitung). Sie zeigt die Ankunftszeiten der Fichte in Jahrtausenden vor heute, welche durch den Grenzwert von 2% Pollen in Radiokarbon datierten Pollendiagrammen festgelegt wurden. Die Pollenkarte deutet auf die bekannte Hauptwanderung von Osten gegen Westen hin, ersichtlich an den älteren Ankunftszeiten im Osten und den zunehmend jüngeren Ankunftszeiten gegen Westen.

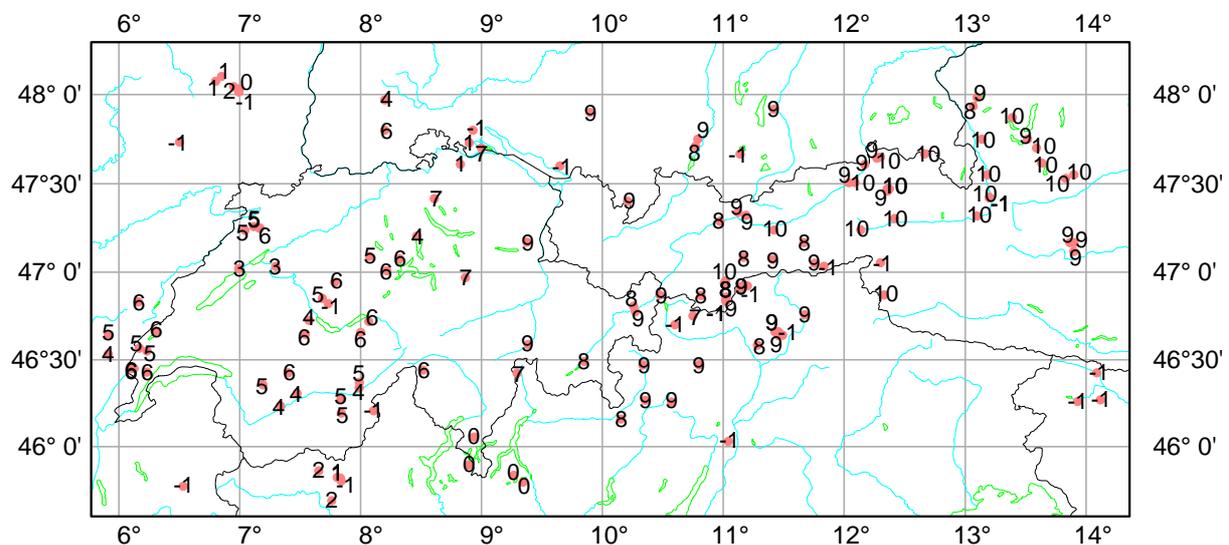


Abbildung 3.6-8: Ankunftszeiten der Fichte in Jahrtausenden vor heute, welche durch den Grenzwert von 2% Pollen in den Radiokarbon datierten Pollendiagrammen festgelegt wurden.

Kombiniert man die Resultate pollenanalytischer Studien mit denjenigen der vorliegenden genetischen Studie, so lässt sich folgende Wanderungsgeschichte der Fichte in der Schweiz herleiten. Die Ostschweiz wurde von der Fichte von den Ostalpen her besiedelt, und zwar durch eine schnelle Wanderung in der Periode zwischen 10'000 und 8'000 Jahren vor heute. In der Folge verlangsamte sich die Wanderung oder kam gänzlich zu einem Halt, ein Zustand welcher während ungefähr 2'000 Jahren andauerte. In dieser Periode, also zwischen 8'000 und 6'000 Jahren vor heute, erfolgte eine separate Einwanderung, nämlich von Norden gegen Süden, bis in das Gebiet des Bödmerenwaldes. Nach 6'000 Jahre vor heute begann sich die Hauptwanderung von Osten gegen Westen weiter nach Westen auszuweiten unter südlicher Umgehung der bereits von Norden her besiedelten Gebiete. Diese zweite Welle der Fichtenausdehnung war schnell und war vor ungefähr 5'000 Jahren abgeschlossen. Eine Zusammenfassung dieser Wanderungswege ist in *Abbildung 3.6-9* dargestellt.

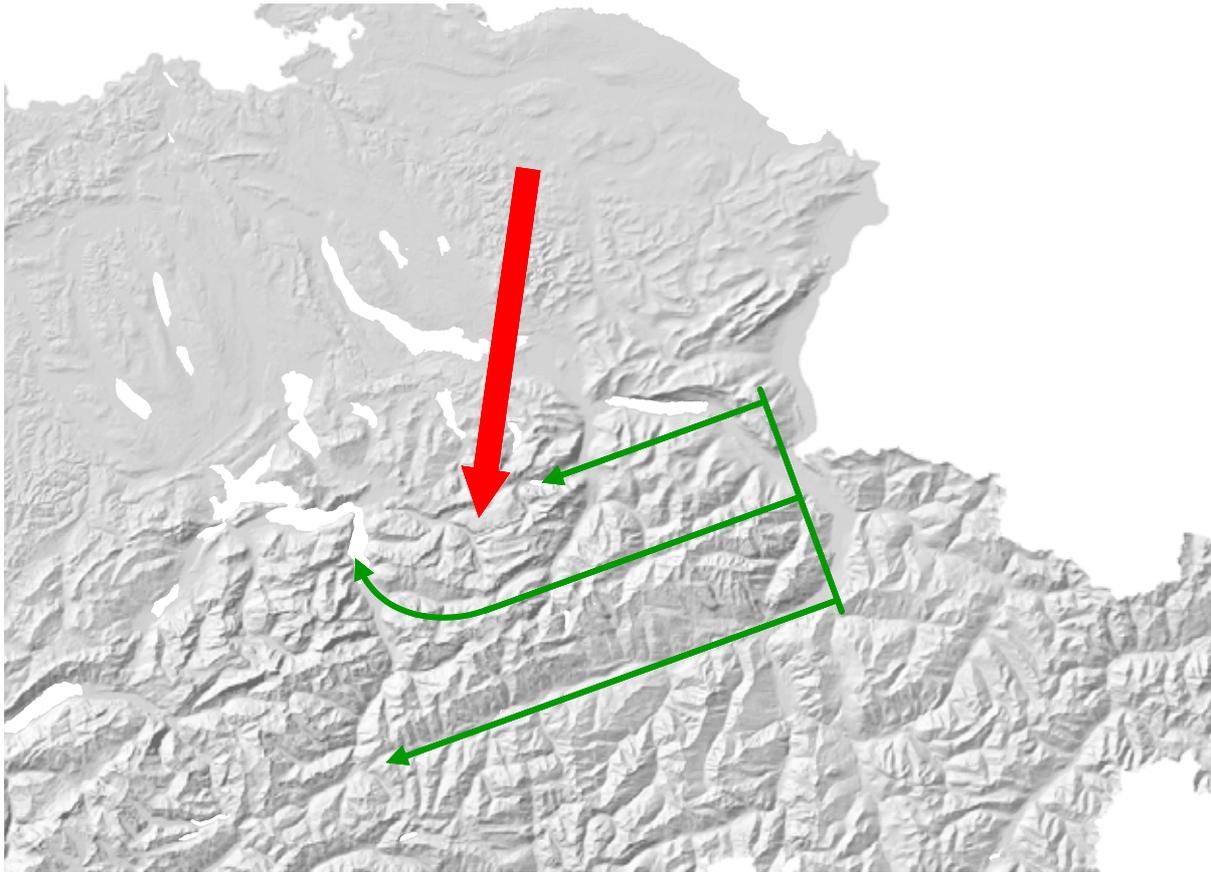


Abbildung 3.6-9: Hergeleitete Wanderungswege der Fichte in der Ost- und Zentralschweiz. Die Wanderung der Fichten nördlichen Ursprungs ist in rot, diejenige der Fichten östlichen Ursprungs in grün. Die drei grünen Pfeile repräsentieren eine breite Wanderungsfront.

Da keine physikalischen Barrieren, wie zum Beispiel hohe Bergketten, erkannt werden können, welche für die Fichte unpassierbar waren, müssen andere Faktoren dieses Einwanderungsmuster bestimmt haben. Es kann davon ausgegangen werden, dass unterschiedliche ökologische Bedingungen eine massgebliche Rolle spielten und dass die Fichten der beiden Ursprungsorte (nördlicher und östlicher Ursprung) unterschiedlich auf diese Bedingungen reagierten, dies auf Grund unterschiedlicher ökologischer Ansprüche für ihre Etablierung und Massenausbreitung. Die Vegetationsbedingungen in der Schweiz können für die relevante Periode wie folgt zusammengefasst werden. 1) Bis 8'000 Jahre vor heute waren die Wälder noch offen, insbesondere fehlten die Buche und die Tanne. 2) In der Periode zwischen 8'000 und 6'000 Jahren vor heute wanderten dann die Buche und die Tanne ein und führten zu weitgehend geschlossenen Wäldern (VAN DER KNAAP et al. 2005). 3) Nach 6'000 Jahre vor heute war die Zeit schliesslich durch einen starken Anstieg menschlicher Aktivitäten geprägt. Zunehmende Waldrodungen durch neolithische Bauernkulturen führten zu einer Öffnung der geschlossenen Wälder. Die Fichte der Hauptwanderung von Osten gegen Westen muss sich entsprechend als Pionierbaumart verhalten haben, indem sie von der Offenheit der Wälder sowie von wenig entwickelten Böden in der Periode zwischen 10'000 und 8'000 Jahren vor heute profitierte, wie auch von der Störung der Wälder durch den Menschen im Neolithikum. In der Periode zwischen 8'000 und 6'000 Jahren vor heute war ihre Wanderung dagegen blockiert, in einer Zeit also, als die Wälder nahezu voll entwickelt und vom Menschen noch ungestört waren. Dieser Pioniercharakter der Fichte ist denn auch in der Literatur beschrieben (LANG 1994). Die Fichten nördlichen Ursprungs zeigten dagegen ein unterschiedliches Verhalten während ihrer Einwanderung. Während der Periode voll entwickelter Wälder

wanderte sie südwärts, aber ungleich der Fichten östlichen Ursprungs nicht westwärts nach der Öffnung der Wälder im Neolithikum. Diese Fichten verhielten sich also als Klimax- und nicht als eine Pionierbaumart. Entsprechend müssen sie ökologische Anpassungen aufgewiesen haben, welche sich von denjenigen der Fichten östlichen Ursprungs unterscheiden. Diese Unterschiede müssen so gross gewesen sein, dass die Fichten unterschiedlichen Ursprungs weder gleichzeitig noch in derselben Richtung gewandert sind. Dies impliziert, dass die Fichten der beiden Ursprünge unterschiedliche genetische Ressourcen darstellten. Die genetischen Unterschiede sind vermutlich durch Pollenfluss zwischen den beiden Fichtenursprüngen zum Teil verwischt worden, dies seit sie miteinander in Kontakt gekommen sind. Wir können aber davon ausgehen, dass einige der genetischen Unterschiede immer noch erhalten sind. Es ist gut möglich, dass die spezielle Wuchsform der Fichten im Bödmerenwald ein Ausdruck dieser Unterschiede ist. Dies muss aber in neuen Untersuchungen überprüft werden, insbesondere durch die Analyse von Zellkern-DNS, welche eine sehr viel grössere Anzahl von Genen trägt als die relativ kurze Mitochondrien-DNS.

3.6.5 Folgerungen

Die Resultate unserer genetischen Untersuchungen zeigen, dass die Fichten das Gebiet des Bödmerenwaldes nicht von Osten sondern **von Norden** her besiedelten, möglicherweise von einem bisher nicht identifizierten Eiszeitrefugium. Die Hauptwanderung der Fichten im Alpenraum von Osten gegen Westen muss während dieser nördlichen Einwanderung zu einem Halt gekommen sein und sich erst später wieder fortgesetzt haben. Dieses Einwanderungsmuster lässt sich mit den damaligen Vegetationsbedingungen und **unterschiedlichen ökologischen Anpassungen** der Fichten nördlichen und östlichen Ursprungs erklären. Die Fichten des Bödmerenwaldes stellen somit eine besondere **genetische Ressource** dar, welche es zu erhalten gilt.

3.7 Epiphytische und lignicole Flechten

URS GRONER UND MARTIN FREI

Zusammenfassung

Auf 64 Stichprobenflächen wurden erstmals in der Schweiz im Bödmerenwald die rinden- und holzbewohnenden Caliciales (Kelchflechten und -pilze) registriert und als Zeiger für alte Bestände und lange ökologische Kontinuität interpretiert. An Fichtenstämmen und auf Holz sind insgesamt 32 Arten nachgewiesen worden. Gleichzeitig mit den Caliciales wurden die Vorkommen von einem Dutzend weiterer Flechten notiert, welche mehrheitlich ebenfalls als Altwald-Indikatoren betrachtet werden. Diese Ergebnisse ergänzen und unterstützen die anhand der Caliciales-Artenzahlen vorgenommene Beurteilung des Untersuchungsgebietes. Die Verbreitung der verschiedenen Zeigerarten, die Einflüsse besonders von lokalklimatischen Faktoren und die berücksichtigten Indikatorarten sowie auch methodische Probleme werden diskutiert. Die angewandte Methode der Inventarisierung einer beschränkten Gruppe von Zeigerarten ist relativ wenig aufwändig und eignet sich auch im Bödmerenwald für die Einschätzung und Abgrenzung von Beständen im Hinblick auf Habitatsqualität und ökologische Kontinuität.

3.7.1 Einleitung

Verschiedene Flechten, darunter mehrere seltene und gefährdete Arten, kommen ausschliesslich oder überwiegend in alten, weitgehend ungestörten Wäldern vor. Untersuchungen haben gezeigt, dass aus dem Vorhandensein, dem teilweisen oder vollständigen Fehlen solcher Arten zuverlässige Rückschlüsse sowohl auf die Artenvielfalt als auch auf die **ökologische Kontinuität** des untersuchten Waldhabitats möglich sind. Diese hauptsächlich epiphytischen (baumbewohnenden) Flechtenarten werden deshalb als **Indikatoren** für langfristig ungestörte alte Wälder verwendet; wobei nicht einzelne Flechten, sondern ein für das Untersuchungsgebiet geeigneter Satz von Zeigerarten erfasst wird. Ein damit berechneter Index gilt als Gradmesser zur Einstufung und Beurteilung des untersuchten Waldes (ROSE 1976). Neuere Lehrbücher und Flechtenfloren beschreiben die Verwendung von Flechten als Indikatoren (z.B. BRODO et al. 2001) oder erwähnen die Eignung in den Artbeschreibungen (PURVIS et al. 1992).

Index und Zeigerarten von ROSE (1976; ROSE & COPPINS 2002) wurden für Laubwaldgebiete in Grossbritannien entwickelt; andere Studien stützten sich auf Artenreichtum und Häufigkeit von Makroflechten beim Vergleichen natürlicher und bewirtschafteter Wälder (z.B. LESICA et al. 1991; DETTKI & ESSEEN 1998). TIBELL (1992) untersuchte als Erster die Eignung von ausschliesslich Krustenflechtenarten als Indikatoren in borealen Nadelwäldern, wobei sich heraus stellte, dass mehr als die Hälfte der evaluierten Arten zu den **Caliciales** (Kelchflechten und -pilze; „Stecknadelflechten“) gehören. Nach verschiedenen, auf die Gruppe der Caliciales fokussierten Studien kam SELVA (1994) zum Schluss, dass allein die Anzahl von Caliciales-Arten an einem Standort wahrscheinlich als Mass für Kontinuität gewertet werden kann. HOLIEN (1996) bewies mit statistischen Analysen verschiedener Standortvariablen in **Norwegen**, dass die Artenvielfalt der Caliciales in alten Fichtenwäldern signifikant grösser war, als in jungen Wäldern. Alte Bäume und tote stehende Stämme erwiesen sich dabei als wichtigste Voraussetzungen für grosse Artenzahlen bei den Caliciales. Inzwischen werden gefährdete (Rote Liste-Arten) und Indikatorarten, darunter auch Vertreter der Caliciales, zum Auffinden und Ausscheiden von schutzwürdigen Waldbeständen verwendet, wie z.B. in **Schweden** (JOHANSSON & GUSTAFSSON 2001). SELVA (2002) empfiehlt die Gruppe der calicioiden Flechten und

Pilze zur Einschätzung der ökologischen Kontinuität von Wäldern mit folgenden Argumenten: 1. Caliciales sind in den (Nadel-)Wäldern der Nordhemisphäre weit verbreitet; 2. sie kommen hauptsächlich von der Stammbasis bis in ca. 2 m Höhe vor und sind deshalb gut erfassbar, und 3. es müssen relativ wenige Arten erkannt bzw. bestimmt werden. - In der Schweiz sind die Flechten- und Pilzarten der Caliciales und ihre Verbreitung erst wenig bekannt und es sind noch keine Untersuchungen mit den beschriebenen Methoden durchgeführt worden. Allerdings haben CAMENZIND & WILDI bereits 1990 bei der Beurteilung von Waldbeständen im Gurnigel-Gantrischgebiet epiphytische Zeigerarten und Caliciales berücksichtigt (CAMENZIND & WILDI 1991).

Im vorliegenden Teilprojekt wurden die Krustenflechtenarten der Caliciales auf Fichten (epiphytische Arten) und Holz (lignicole Arten) im **Bödmerenwald** untersucht und zusätzlich die Präsenz von 20 weiteren, als Altwald-Indikatoren bekannte oder vermutete baumbewohnende Flechtenarten erfasst. Entsprechend den zitierten Untersuchungen war zu erwarten, dass alte naturnahe oder urwaldähnliche Waldbestände in erster Linie mehr und / oder andere Caliciales- und Altwaldarten aufweisen, als stärker genutzte oder sonst beeinflusste Areale im Bödmerenwald.

3.7.2 Material und Methoden

Auf dem Stichprobennetz Betriebsinventar wurden **60 bewaldete Probeflächen** festgelegt, wobei zuerst jeder zweite Netzpunkt auf jeder zweiten Netzlinie (West-Ost) gewählt wurde (38 Punkte). Im zweiten Schritt erfolgte auf gleiche Weise die Verdichtung des Rasters von Nord nach Süd auf den vorher übersprungenen W-E-Linien, bis zum Erreichen der im Projektauftrag vereinbarten Zahl von Stichprobenflächen. Die Auswahl der Punkte ist damit im Wesentlichen **zufällig**, so dass statistische Auswertungen möglich sein sollten. Mit diesem Vorgehen und der Beschränkung auf 60 Probeflächen wurde der südlichste Teil etwas weniger dicht bearbeitet. Im Gebiet Hüenderloch-Stägenstrasse-Stägen-Alpweg mit bekannten *Usnea longissima*-Vorkommen wurden 3 zusätzliche Netzpunkte bearbeitet. Eine weitere, nicht auf dem Inventarnetz liegende Probefläche wurde zu Beginn der Feldarbeit im östlichen Hüenderloch als Test für Methode und Feldprotokoll aufgenommen. Der exponierte, föhrenbestandene Rücken des Fureneggen, die Areale mit Birkenbuschwald und das nur sehr locker bestockte Gebiet im südöstlichen Untersuchungsperimeter wurden nicht untersucht; es ist nicht bekannt, ob mit der angewendeten Methode auf weit auseinander stehenden Fichten brauchbare Resultate erzielt werden können.

Auf jeder **Probefläche** von 10 a (Radius 17.84 m) wurden 5 lebende Stämme der Hauptbaumart *Picea abies* (L.) Karst mit BHD >24 cm (s. Diskussion) vom Boden bis ca. 180 cm Höhe nach Caliciales abgesucht. Dabei wurden stets die am nächsten beim Flächenzentrum stehenden Bäume gewählt. Zudem wurden Caliciales auf dem vorhandenen stehenden oder liegenden Holz oder an Strünken notiert. Weitere 20 vorher festgelegte Arten wurden an den Stämmen, auf Ästen und in den Kronen (Feldstecher) gesucht und als „andere Altwald-Zeigerarten“ protokolliert (Aufnahmeformular *im Anhang*). Die Auswahl dieser Arten basiert auf den ökologischen Angaben in WIRTH (1995) und PURVIS ET AL. (1992) sowie auf der von TIBELL (1992) erstellten **Indikator-Artenliste**. Die so entstandene Liste wurde einerseits mit dem bereits aus dem Bödmerenwaldgebiet bekannten Artenspektrum (GRONER 1990; und unpubl. Daten) abgestimmt und andererseits mit weiteren in den Voralpen gemäss **Roter Liste** seltenen und gefährdeten Arten ergänzt (SCHEIDEGGER & CLERC 2002). Die Einträge auf dem Aufnahmeformular umfassen Angaben zur Stichprobenfläche (Relief, Waldbestand), dazu von jedem bearbeiteten Baum BHD (Durchmesser in Brusthöhe) und Distanz vom Zentrum (wenn >8 m), die beobachteten Caliciales-Arten, Substratangabe (wenn auf Holz) sowie die anderen Zeigerarten und die Anzahl der betreffenden Trägerbäume. Die Identifizierung der Arten am

Stamm erfolgte mit der Lupe, die Bestimmung der gesammelten Belege später mit Binokularlupe, Mikroskop und der entsprechenden Fachliteratur. Belegsexemplare aller nachgewiesenen Arten befinden sich im Herbar des Auftragnehmers.

Datenauswertung und Interpretation basieren auf den erfassten Artenzahlen (Diversität) der Caliciales und der anderen Zeigerarten. Als Gruppe mit spezieller Lebensstrategie werden die parasitischen oder parasymbiotischen Arten bei den Caliciales (im Folgenden als „**parasitische Arten**“ bezeichnet) auch separat betrachtet. Die Analyse von möglichen Beziehungen zwischen Artengruppen, Substrat, Stammdurchmesser oder anderen Parametern und statistische Vergleiche sind nicht in diesem Projektteil vorgesehen und sollen später vorgenommen werden.

3.7.3 Resultate

Insgesamt wurden 314 Bäume bearbeitet. Auf 3 Stichprobenpunkten waren weniger als 5 Fichten mit dem Minimaldurchmesser in der 10 Aren-Fläche zu finden; alle anderen Flächen wiesen mindestens 5 Bäume mit dem erforderlichen Stammdurchmesser auf. Holz konnte auf ca. zwei Dritteln der Probeflächen abgesehen werden; oft handelte es sich um mehr oder weniger morsche Baumstrünke. Auf liegenden Stämmen fanden sich fast nie Caliciales-Vertreter. Im Bödmerenwald wurden 32 Arten aus der Ordnung Caliciales nachgewiesen; *Tabelle 3.7-1* listet alle protokollierten Flechten- und Pilzarten auf mit Anzahl und Prozentsatz der Bäume sowie die Zahl der Probeflächen mit der betreffenden Art. Auf der artenärmsten Fläche waren 2 (je ein Mal auf Rinde und Holz) - **auf den artenreichsten Flächen 13 Arten** vorhanden (*Abbildung 3.7-1; Tabelle 3.7-2*); im **Durchschnitt** 8 Caliciales-Arten pro Aufnahme. Auf Totholz (ohne Äste) konnten 14 Arten gefunden werden; die üblicherweise holzbewohnenden *Calicium trabinellum*, *Chaenothecopsis savonica* und *Mycocalicium subtile* wurden selten auch auf Rinde beobachtet. Der Anteil von Arten auf Holz macht bis zu einem Drittel der Gesamtzahl pro Fläche aus. Von den in der Roten Liste der Schweiz (SCHEIDEGGER & CLERC 2002) aufgeführten Arten auf Nadelbäumen der Gattungen *Calicium*, *Chaenotheca* und *Cyphelium* kommen ungefähr drei Viertel im Bödmerenwald vor. Im Gebiet dominieren *Chaenotheca chrysocephala*, *C. trichialis* und *Calicium viride*, diese besiedeln mehr als 50% aller untersuchten Bäume; dagegen sind sechs Arten auf mehr als der Hälfte aller Probeflächen notiert worden. Fünf Arten wurden nur ein Mal gefunden (*Tabelle 3.7-1*).

Tabelle 3.7-1: Caliciales und andere potentielle Altwald-Zeigerarten im Bödmerenwald. Caliciales geordnet nach Häufigkeit auf Bäumen; 314 untersuchte Fichten auf 64 Stichprobenflächen (SPF).

Caliciales-Arten	Anzahl Bäume	%-Anteil Bäume	Anz. SPF Total	Anz. SPF holzbew. Arten
<i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Turner ex Ach.) Th.Fr.	219	69.7	63	1
<i>Calicium viride</i> Pers.	173	55.1	54	1
<i>Chaenotheca trichialis</i> (Ach.) Th.Fr.	162	51.6	58	4
<i>Microcalicium disseminatum</i> (Ach.) Vainio **	88	28.0	36	
<i>Calicium adpersum</i> Pers.	66	21.0	36	
<i>Chaenotheca subroscida</i> (Eitner) Zahlbr.	62	19.7	27	
<i>Chaenotheca ferruginea</i> (Turner & Borrer) Migula	55	17.5	30	1
<i>Chaenotheca stemonea</i> (Ach.) Müll.Arg.	54	17.2	35	
<i>Chaenotheca furfuracea</i> (L.) Tibell	41	13.1	25	
<i>Cyphelium karelicum</i> (Vainio) Räsänen	37	11.8	20	
<i>Calicium montanum</i> Tibell	32	10.2	15	2
<i>Chaenothecopsis viridialba</i> (Krempelh.) A.Schmidt **	32	10.2	21	
<i>Chaenotheca brachypoda</i> (Ach.) Tibell	16	5.1	12	
<i>Chaenotheca phaeocephala</i> (Turner) Th.Fr.	12	3.8	10	
<i>Chaenothecopsis consociata</i> (Nádv.) A.Schmidt **	8	2.5	5	
<i>Sphinctrina anglica</i> Nyl. **	6	1.9	6	
<i>Calicium trabinellum</i> (Ach.) Ach.	5	1.6	13	11
<i>Chaenothecopsis epithallina</i> Tibell **	5	1.6	5	
<i>Calicium glaucellum</i> Ach.	2	0.6	2	
<i>Chaenothecopsis pusilla</i> (Ach.) A.Schmidt *	2	0.6	5	3
<i>Chaenothecopsis savonica</i> (Räsänen) Tibell **	2	0.6	9	8
<i>Chaenothecopsis tasmanica</i> Tibell **	2	0.6	2	
<i>Stenocybe major</i> Nyl. ex Körber *	2	0.6	2	
<i>Calicium salicinum</i> Pers.	1	0.3	1	
<i>Chaenotheca xyloxena</i> Nádv.	1	0.3	3	2
<i>Chaenothecopsis nana</i> Tibell *	1	0.3	2	1
<i>Chaenothecopsis pusiola</i> (Ach.) Vainio **	1	0.3	2	1
<i>Chaenothecopsis viridireagens</i> (Nádv.) A.Schmidt **	1	0.3	1	
<i>Cyphelium lucidum</i> (Th.Fr.) Th.Fr.	1	0.3	1	
<i>Mycocalicium subtile</i> (Pers.) Szat. *	1	0.3	16	15
<i>Calicium abietinum</i> Pers.	0	0	1	1
<i>Cyphelium inquinans</i> (Sm.) Trevisan	0	0	1	1
andere Altwald-Zeigerarten				
<i>Alectoria sarmentosa</i> (Ach.) Ach.	16	5.1	9	
<i>Arthonia leucopellaea</i> (Ach.) Almq.	9	2.9	5	
<i>Bryoria bicolor</i> (Ehrh.) Brodo & D.Hawksw.	4	1.3	4	
<i>Bryoria nadvornikiana</i> (Gyelnik) Brodo & D.Hawksw.	4	1.3	2	
<i>Cliostomum corrugatum</i> (Ach.:Fr.) Fr.	16	5.1	11	
<i>Hypogymnia vittata</i> (Ach.) Parr.	6	1.9	6	
<i>Lecanactis abietina</i> (Ach.) Körber	18	5.7	7	
<i>Mycoblastus affinis</i> (Schaerer) Schauer	38	12.1	24	
<i>Ramalina obtusata</i> (Arnold) Bitter	3	1.0	3	
<i>Ramalina thrausta</i> (Ach.) Nyl.	2	0.6	2	
<i>Schismatomma pericleum</i> (Ach.) Branth & Rostrup	33	10.5	22	
<i>Usnea longissima</i> Ach.	6	1.9	2	

* nicht lichenisiert

** nicht lichenisiert; im Bödmerenwald immer oder meistens parasitisch / parasymbiontisch

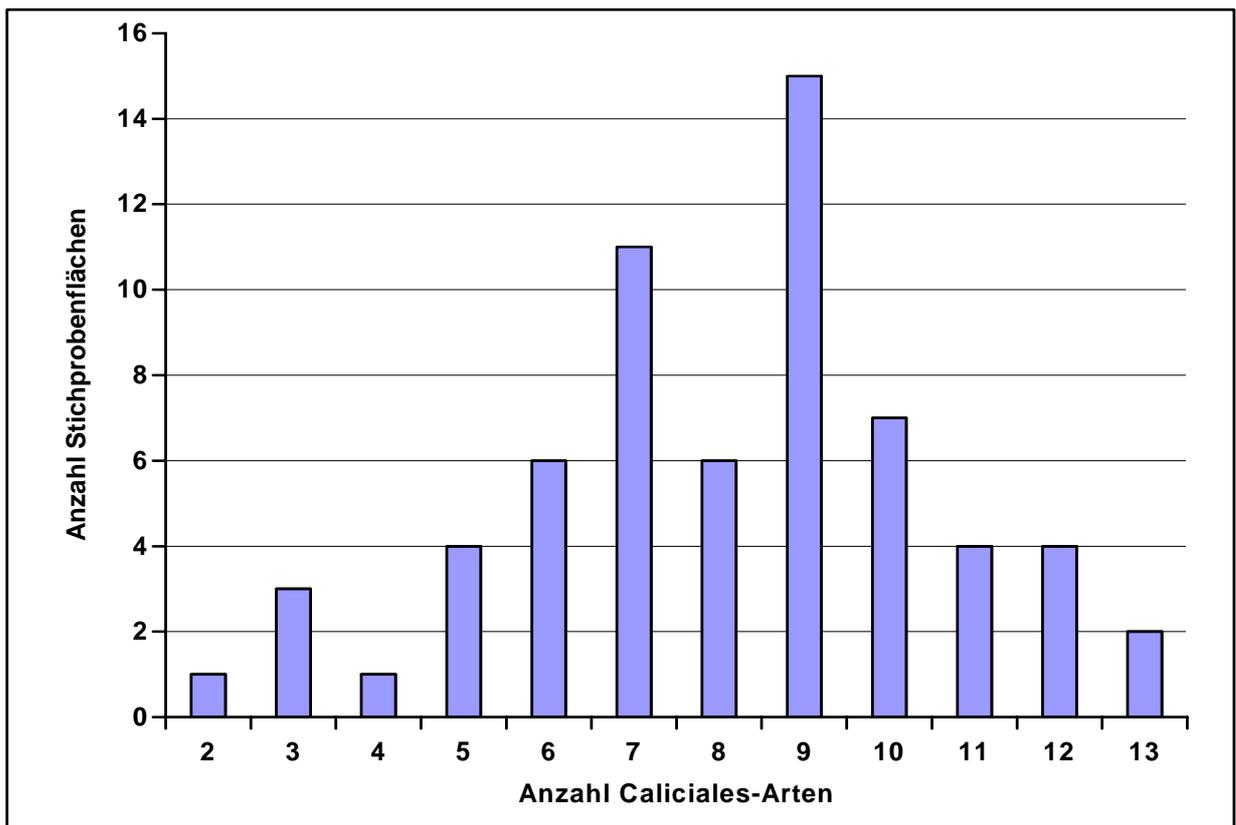


Abbildung 3.7-1: Caliciales-Artenzahlen (inkl. parasitische Arten) auf den Stichprobenflächen im Bödmerenwald.

Die Aufnahme der anderen Altwald-Zeigerarten erfolgte gleichzeitig mit dem Absuchen der Stämme nach Caliciales-Vertretern. Im Verlauf der Untersuchung zeigte sich, dass - neben den Caliciales-Arten - nur 12 von 20 ursprünglich als Indikatoren vorgesehenen Arten auf den Probenflächen vorkommen (7 Makroflechten, 5 Krustenflechten, *Tabelle 3.7-1*). *Mycoblastus affinis* und *Schismatomma pericleum* sind klar die häufigsten Arten.

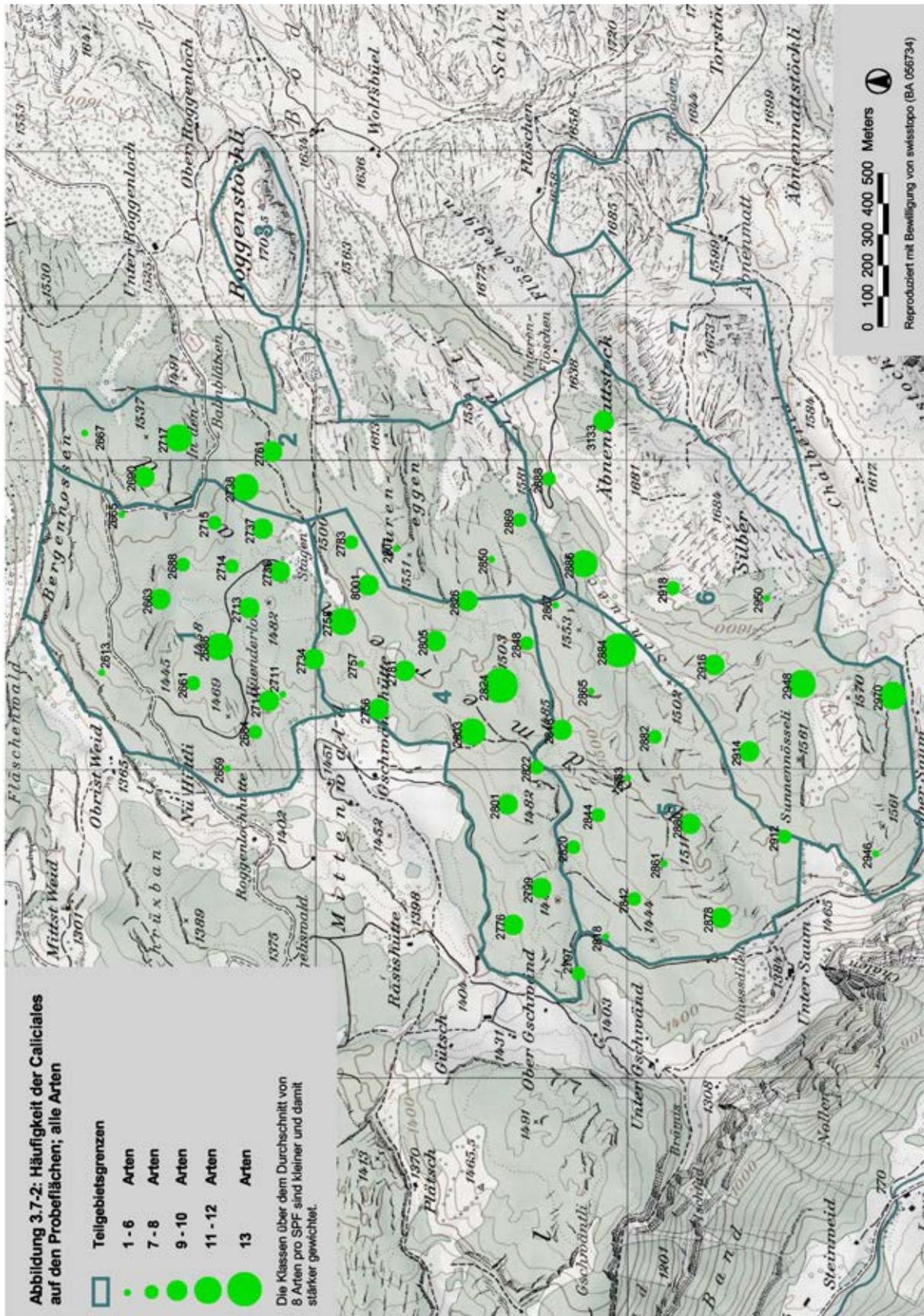
Die für Auswertung und Interpretation gewählten Kenngrößen Caliciales-Gesamtartenzahl, Anzahl parasitischer Arten und die Zahl der anderen Altwaldzeigerarten pro Untersuchungsfläche sind in *Tabelle 3.7-2* aufgeführt und in den Karten dargestellt (*Abbildungen 3.7-2 bis 4*). Die Kombination von Caliciales- und anderen Zeigerarten wird als Synthese der Ergebnisse in *Abbildung 3.7-5* gezeigt; die Anzahl parasitischer Arten - in der Artenzahl pro Fläche enthalten - ist wie erwähnt ein Teilaspekt. Andere Kennzahlen wie z.B. durchschnittliche Anzahl Caliciales oder andere Zeigerarten pro Baum, Anteile einer Art oder Artengruppe von der Gesamtartenzahl wurden berechnet und versuchsweise graphisch dargestellt. Ebenso wurden einzelne häufige und verbreitete Arten oder auch die Arten auf Holz ausgeklammert und die resultierenden Werte untersucht, wobei sich herausstellte, dass mit diesen einfachen Berechnungen kaum grundsätzlich andere Informationen gewonnen werden können. Als einzige Art wurde die weit verbreitete und relativ häufige *Schismatomma pericleum* aus der Gruppe der anderen Zeigerarten ausgeschlossen (s. Diskussion); die korrigierten Zahlen sind damit etwas besser zu unterscheiden.

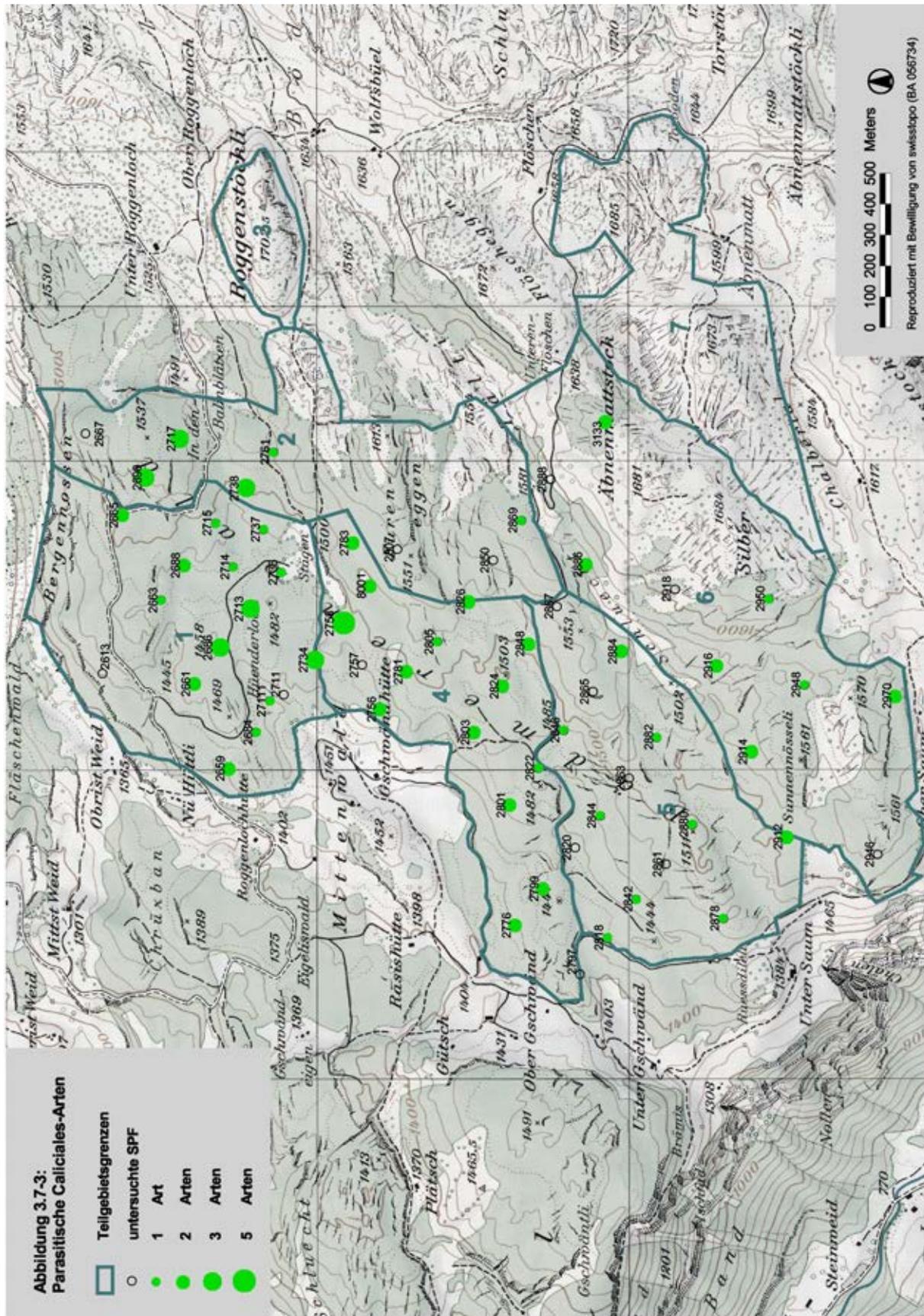
Die Artenzahlen der Caliciales auf den bearbeiteten Flächen (Dichte) sind im Gebiet nicht gleichmässig verteilt, eine Zone mit relativ artenarmen Aufnahmen teilt das Untersuchungsgebiet in einen nördlichen und einen kleineren südlichen Teil. Das artenreichste Gebiet in Bezug auf alle drei Kenngrössen - die eigentliche Kernzone der Verbreitung - reicht vom Südteil des alten Reservats nach Westen über Hüenderlochstrasse und Hüenderloch, und nach Süden über Stägen-Alpweg bis in die Bestände südsüdöstlich der Gschwändhütte (*Abbildung 3.7-5*). Damit umfasst die Kernzone ungefähr die südliche Hälfte des Teilgebietes 1 und die östliche Hälfte von Teilgebiet 4. Ein auffälliger Schwerpunkt im südlichen Teil liegt im Schluecht (auf der Grenze der Teilgebiete 5 und 6), wo zwei Probeflächen ähnlich hohe Artenzahlen aufweisen. Zwei weitere Flächen mit relativ vielen Caliciales-Arten befinden sich nahe der Südgrenze des Untersuchungsgebietes; allerdings sind hier nicht besonders viele parasitische Arten und nur eine zusätzliche Zeigerart pro Fläche beobachtet worden.

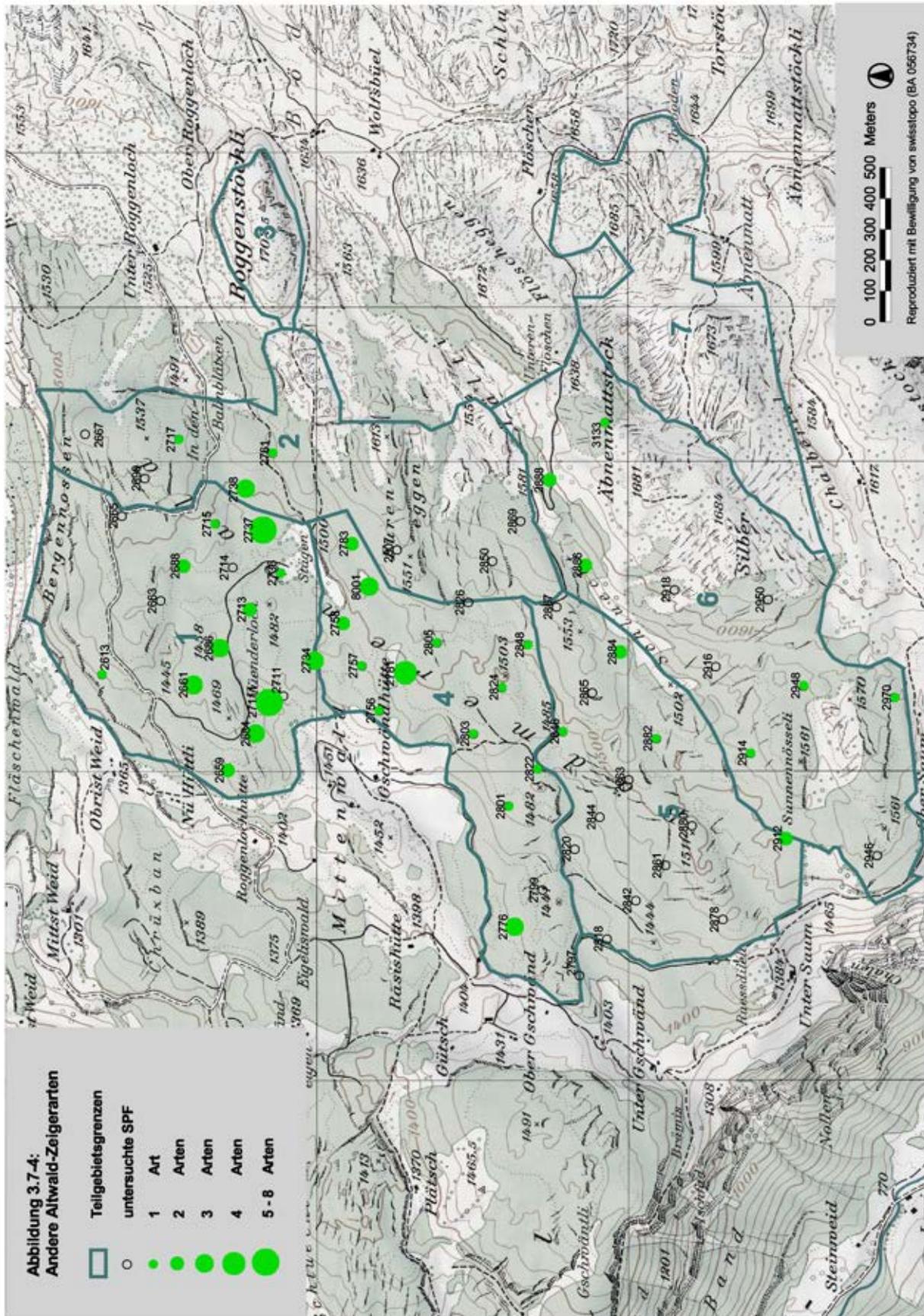
Tabelle 3.7-2: Artenzahlen der Stichprobenflächen: Anzahl Caliciales, Anteil parasitischer Arten und Anzahl anderer Zeigerarten.

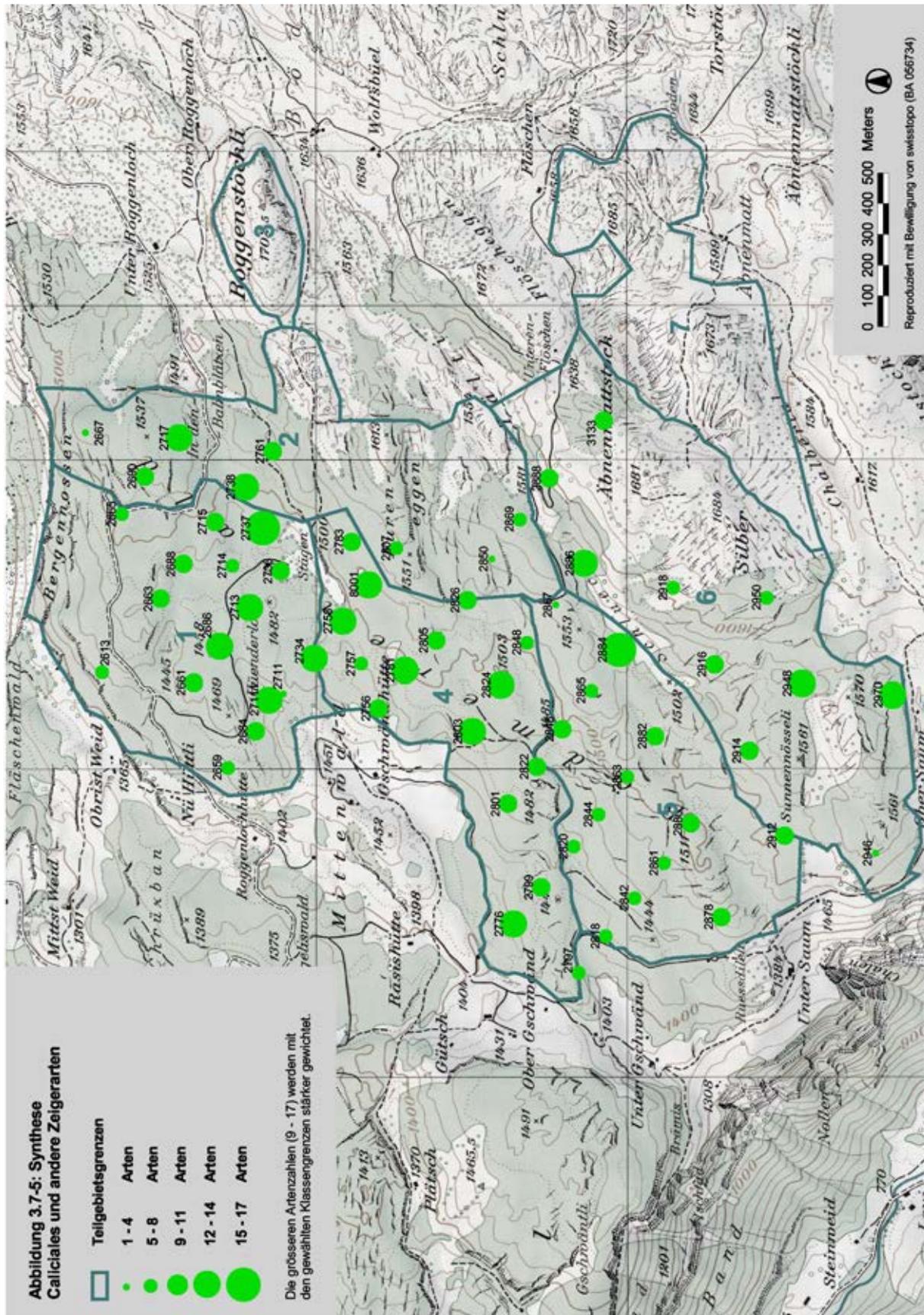
SPF Nr.	Caliciales alle Arten	Caliciales Anteil paras. Arten	Andere Zeigerarten	SPF Nr.	Caliciales alle Arten	Caliciales Anteil paras. Arten	Andere Zeigerarten
2613	5	0	1	2818	6	1	0
2659	6	2	2	2820	7	0	0
2661	7	2	3	2822	8	1	1
2663	9	1	0	2824	13	2	1
2665	5	2	0	2826	10	2	0
2667	2	0	0	2842	7	1	0
2684	7	1	3	2844	7	1	0
2686	11	3	3	2846	9	1	1
2688	8	2	2	2848	7	2	1
2690	9	3	0	2850	3	0	0
2711	3	0	0	2861	6	0	0
2713	10	3	2	2863	5	0	0
2714	7	1	0	2865	6	0	0
2715	8	1	1	2867	4	0	0
2717	12	3	1	2869	7	1	0
2734	10	3	3	2878	9	1	0
2736	10	1	1	2880	9	1	0
2737	9	1	8	2882	8	1	1
2738	11	3	3	2884	13	2	2
2756	9	2	1	2886	11	2	2
2757	6	0	1	2888	7	0	2
2758	12	5	2	2912	8	2	2
2761	9	1	1	2914	10	2	1
2776	9	2	3	2916	9	2	0
2781	10	2	4	2918	7	0	0
2783	8	2	2	2946	3	0	0
2797	7	0	0	2948	12	1	1
2799	9	2	0	2950	6	1	0
2801	9	2	1	2970	12	2	1
2803	11	2	1	3133	9	2	1
2805	10	1	1	8001	9	2	3
2807	5	0	0	27111*	9	1	5

* Die in der Nähe von SPF 2711 liegende Fläche gehört nicht zum Stichprobennetz Betriebsinventar.









3.7.4 Diskussion

Methode

Die angewandte Methode der Inventarisierung einer klar definierten Artengruppe von lichenisierten und nicht lichenisierten Caliciales-Arten (SELVA 2002) ist relativ **einfach durchzuführen**. Die meisten Arten lassen sich mit entsprechenden Fachkenntnissen im Feld erkennen, womit ein weitgehend zerstörungsfreies Arbeiten möglich ist. Die einheitliche Wuchsform und die Standortpräferenzen der Arten erleichtern die Feldaufnahme. Ausserdem müssen die Probeflächen nur einmal besucht werden, da phänologische Aspekte bei Flechten kaum eine Rolle spielen. Die budgetierte Aufnahmezeit von maximal **1,6 Stunden pro Fläche** erwies sich als ausreichend. Die ursprünglich vorgesehene kreisförmige Untersuchungsfläche von 2 Aren (Radius 8 m) war im locker bestockten Bödmerenwald zu klein, um die Kriterien der Baumauswahl zu erfüllen; sie wurde deshalb schon bei den ersten Aufnahmen auf 10 Aren vergrössert. Der Minimaldurchmesser der Untersuchungsbäume wurde auf 24 cm festgelegt, weil die meisten Caliciales-Arten vor allem die Rinde älterer dickerer Stämme besiedeln; die abblätternde, weniger saure Rinde jüngerer Bäume ist offenbar für diese Arten als Unterlage schlecht geeignet (HOLIEN 1996). Auf dem **Holz liegender Stämme** waren nur ausnahmsweise Caliciales zu finden, was wahrscheinlich mit der andauernden Feuchtigkeit in Bodennähe, dem damit zusammenhängenden schnelleren Abbau des Holzes und auch mit der Besiedlung durch konkurrenzkräftigere Moose begründet werden kann (HOLIEN 1996). Die gleichen Faktoren dürften für das weitgehende Fehlen von Caliciales auf den zahlreichen untersuchten **Baumstrünken** verantwortlich sein. Stehendes, weitgehend entrindetes **Totholz** ist offensichtlich im Bödmerenwald das wichtigste Substrat für holzbewohnende Arten; besonders reichhaltig besiedelt waren Stämme mit mehr als ca. 20 cm Durchmesser (NILSSON et al. 2001), welche gleichzeitig feuchtes und trockenes, besonntes und schattiges sowie zähes und morsches Holz aufwiesen. Obwohl nur auf einem Teil der bearbeiteten Probeflächen solche Holzaufnahmen möglich waren, unterstreicht der Anteil von bis zu einem Drittel der nachgewiesenen Arten die Bedeutung dieses Substrates für die Artenvielfalt.

Die Suche nach anderen Zeigerarten auf **Ästen und Kronen** erwies sich als schwieriger und war weniger systematisch durchführbar, namentlich bei hochstigen Stämmen. Auf einigen Stichprobenflächen reichten die Äste zwar bis zum Boden, wiesen aber in der Regel kaum anspruchsvolle oder Zeigerarten auf. Das Absuchen mit dem Feldstecher ist nur für die beiden auch aus Distanz gut kenntlichen Bartflechtenarten *Alectoria sarmentosa* und *Usnea longissima* praktikabel.

Verbreitung der Caliciales und anderer Zeigerarten

Die Zahl der im vorliegenden Projekt erfassten Caliciales-Arten ist verglichen mit den einzigen aktuell verfügbaren Angaben in CAMENZIND-WILDI et al. (1996) gross, und unterstreicht damit auch bei diesen kleinen Arten die besondere Stellung des Bödmerenwaldes (GRONER & CLERC 1988). Die Probeflächen mit vielen oder jene mit wenigen Zeigerarten liegen im Untersuchungsgebiet nicht beliebig verstreut (*Abbildungen 3.7-2 bis 4*). Die oben beschriebene **Kernzone** und der Bestand im Schluecht sind charakterisiert durch mittlere und hohe Caliciales-Artenzahlen und grössere Anteile von parasitischen Arten; die Mehrzahl der Probeflächen mit den übrigen Zeigerarten liegt ebenfalls in diesen Gebieten. *Usnea longissima* (*Tabelle 3.7-1*) wurde nur auf zwei Probeflächen gefunden; es zeigte sich aber, dass die im nördlichen Bödmerenwald besiedelten Areale dieser Art zum grössten Teil mit der Caliciales-Kernzone zusammenfallen. Weil die Bartflechte spätestens seit ESSEEN et al. (1981) in Europa zu den Altwald-Indikatoren gezählt wird, ist diese Übereinstimmung ein deutlicher Hinweis, dass im Bödmerenwald die Caliciales insgesamt – oder zumindest mehrere Arten – als Zeigerarten verwendet werden können. Die Anteile der Gruppe parasitischer Arten bleiben wie

angedeutet nicht über alle Flächen konstant, sondern sind im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes etwas grösser (*Abbildung 3.7-3*). Es ist nahe liegend, dass diese – mehrheitlich auf Caliciales-Arten wohnenden – Pilze im Norden etwas häufiger anzutreffen sein müssen, wo mehr Arten regelmässiger vorkommen als im südlichen Gebietsteil.

Neben der historischen Waldentwicklung und der Bewirtschaftung beeinflussen verschiedene **Faktoren**, wie z.B. Substratangebot und Bestandesklima die Artenvielfalt. Die verfügbaren Substrate an Stämmen alter Fichten sind wahrscheinlich über weite Teile des Bödmerenwaldes vergleichbar und können die festgestellten Unterschiede kaum erklären. Dagegen fällt auf, dass sich die Mehrheit der artenreichen Probeflächen in relativ **geschützten Lagen** befinden, d.h. in mehr oder weniger ausgeprägten Mulden (Schluecht, Hüenderloch, nordwestlich Stägen) oder an nördlich bis nordwestlich gerichteten Hängen (nordwestlich Fureneggen, südöstlich und südlich Gschwändhütte). Die tendenziell kleineren Artenzahlen im südlichen Untersuchungsbereich (*Abbildungen 3.7-2 bis 5*) lassen sich zu einem grossen Teil auf **klimatische Einflüsse** zurückführen. Das Gebiet südlich der Linie Fureneggen-Unter Gschwänd weist mit mehreren Karstrücken und Kuppen nicht nur ein ausgeprägteres Relief auf als der nördliche Teil, sondern ist wahrscheinlich auch den meistens trockenen südlichen Winden stärker ausgesetzt. Das hier beobachtete, fast vollständige Fehlen von strauch- und bartförmigen Zeigerarten – welche bekanntlich aufgrund ihrer Wuchsform wesentlich empfindlicher auf klimatische Einflüsse reagieren als kleine krustige Arten – stützt diese Einschätzung (*Abbildung 3.7-4*). Exposition und dadurch bedingte lokalklimatische Faktoren sind auch für die relativ niedrigen Werte auf anderen Probeflächen verantwortlich. So liegen die **nördlichsten Untersuchungsflächen** praktisch am Rand der Windwurfareale und sind deshalb stärker exponiert als die benachbarten Aufnahmeflächen. Ebenfalls standörtlich bedingt ist die geringe Diversität auf dem Westausläufer des Fureneggen, im Birkenbuschwald entlang der Torstrasse und auf einer Kuppe im südwestlichsten Untersuchungsgebiet. Die erwähnte Zone mit niedrigen Artenzahlen verläuft südlich vom Fureneggen durch die Birkenbestände und dann auf einem Karstrücken südlich der Torstrasse ungefähr in Richtung Unter Gschwänd. Die nur wenig erhöhte Lage und die Exposition können nicht als Erklärung heran gezogen werden, da sich einerseits nicht alle Flächen auf dem erwähnten Rücken befinden und andererseits nahe gelegene Untersuchungspunkte in vergleichbarer Situation höhere Artenzahlen aufweisen. Allerdings ist denkbar, dass in dieser Zone z.B. spezielle Klimabedingungen eine Rolle spielen, ähnlich wie sie für die relikartigen Birkenbestände in SUTTER & BETTSCHART (1982) vermutet worden sind. Es ist noch nicht klar, ob die erwähnten, im **Süden gelegenen Probeflächen** mit relativ hoher Caliciales-Artenzahl als Ausnahmen (Ausreisser) angesehen werden müssen; besonders die südlichste Fläche scheint mit ihrer Lage im Bereich eines südexponierten Waldrandes zumindest teilweise im Widerspruch zu den angeführten Argumenten zu stehen. Mit Aufnahmen auf den benachbarten Netzpunkten sollte diese Frage jedoch geklärt werden können. Insgesamt erscheint der Wald im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes aufgrund des stärkeren **Reliefs** weniger einheitlich und der Aspekt der Bestände wechselt über kürzere Distanz; zufällige Abweichungen bei der Artenzahl sind deshalb wahrscheinlicher als im nördlichen Teil.

Aus der Erhebung der Caliciales-Diversität bzw. allgemein von Zeigerarten, ergibt sich – besonders in einem insgesamt naturnahen Wald – nicht automatisch eine Skala, wo Alter und Naturnähe eines Bestandes kleinräumig abzulesen sind. Nur aufgrund von historischen Daten zu Waldbewirtschaftung, Waldbränden und Kahlschlägen etc. können z.B. Indices berechnet und bestimmten Alters- oder Qualitätsklassen zugeordnet werden wie in ROSE (1976) oder TIBELL (1992). Beim Vergleichen von Resultaten aus unterschiedlichen Wäldern sind relative Einstufungen mithilfe von Indikatoren möglich (LESICA et al. 1991; SELVA 1994; DETTKI & ESSEEN 1998; JOHANSSON & GUSTAFSSON 2001). Wo historische Ereignisse oder die entsprechenden Aufzeichnungen fehlen, basieren die Aussagen auf den ermittelten Zahlen und Unterschieden. Die Probeflächen und Areale im Bödmerenwald mit den

höheren Artenzahlen bei den Caliciales und den anderen Zeigerarten (*Abbildung 3.7-5*) sind offensichtlich als Habitat besser geeignet; sie gelten deshalb als besonders schutzwürdig. Eine breiter abgestützte Beurteilung der Verbreitung der Indikatoren wird möglich, sobald weitere Daten wie z.B. lokalklimatische Messungen, Angaben zu Alterstruktur, Bewirtschaftung etc. vorliegen.

Indikator-Arten

Die im vorliegenden Teilprojekt untersuchten Caliciales und die anderen Flechtenarten zeigen ein im Wesentlichen übereinstimmendes **Verbreitungsmuster** (*Abbildungen 3.7-2 bis 4*). Ob alle Arten definitiv als Altwald-Zeiger bzw. für die Ermittlung von ökologischer Kontinuität voralpiner Fichtenwälder zu gebrauchen sind, muss noch weiter untersucht werden. Es ist deshalb verfrüht, eine Indexberechnung wie in ROSE & COPPINS (2002) oder TIBELL (1992) vorzunehmen, besonders weil noch unklar ist, wo und wie ein Index für die Interpretation kalibriert werden kann. Eine sehr ähnliche **Artenauswahl** haben bereits WILDI & CAMENZIND (1990) für den Alpenraum als Zeiger empfohlen; allerdings ebenfalls ohne statistische Absicherung. Einige der Arten sind, zumindest im Bödmerenwald, verbreitet und stellenweise häufig und deshalb für eine Arealdifferenzierung vermutlich wenig aussagekräftig. Die in TIBELL (1992) als Indikator ermittelte *Schismatomma pericleum* ist im Untersuchungsgebiet relativ häufig und kommt sowohl an exponierten wie auch geschützten Stellen vor. Sie ist mehrmals – besonders auf artenarmen Flächen – die einzige zusätzliche Art und wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Aus ähnlichen Gründen sind vielleicht die verbreiteten Kelchflechtenarten *Chaenotheca chrysocephala* und *trichialis* und möglicherweise auch *Calicium viride* als Zeigerarten ungeeignet. Die vor allem an trockenen, eher lichtexponierten Stämmen wachsenden *Chaenotheca ferruginea* und *Calicium montanum* zählen vermutlich ebenfalls zu den weniger aussagekräftigen Arten. *Stenocybe major* besiedelt üblicherweise Tannen und kommt deshalb auf Fichte kaum als Indikator in Frage. Dagegen scheint die von TIBELL (1992) nicht in die Liste der Zeigerarten aufgenommene *Cliostomum corrugatum* durchaus geeignet; die krustige Art kommt im Bödmerenwald gewöhnlich zusammen mit Caliciales-Arten vorwiegend in Beständen mit *Usnea longissima* vor. Die zu den Caliciales gehörende *Sphaerophorus globosus* mit strauchiger Wuchsform wird zu den Altwald-Indikatoren gerechnet; sie ist im Gebiet sehr selten und wurde nie auf einer Probestfläche gefunden. Die parasitischen und parasymbiotischen Caliciales sind möglicherweise Indikatoren für besonders geeignete Kleinstandorte oder günstige mikroklimatische Bedingungen. Allerdings muss noch geprüft werden, ob die festgestellten Unterschiede überhaupt signifikant sind und wie diese Eigenschaft am besten genutzt werden kann.

3.7.5 Folgerungen

Die festgestellten **Artenzahlen** sowohl bei den Caliciales als auch bei den übrigen Zeigerarten sind Hinweise auf einen insgesamt naturnahen alten Waldbestand, obwohl die diskutierten **lokalklimatischen Bedingungen** die Diversität mit beeinflussen. Die Artenvielfalt auf den untersuchten Probestflächen wird als Ausdruck der Habitatsqualität gewertet, wobei eine bessere Qualität gemäss den zitierten Publikationen mit höherem Alter des Bestandes und länger andauernder ökologischer Kontinuität gleich gesetzt werden kann. Areale mit grösseren Artenzahlen im Bödmerenwald sind deshalb, gegenüber den Beständen mit tieferen Zahlen, als naturnäher und wahrscheinlich auch älter einzustufen, wobei der Einfluss lokaler Bedingungen, besonders des Standortsklimas, noch untersucht werden sollte. Die Auswertung der gleichzeitig laufenden Untersuchungen (wie Altersdifferenzierung, Nutzungsspuren etc.) und die Synthese der Resultate werden zeigen, wie der Bödmerenwald in Bezug auf ökologische Kontinuität klassiert werden kann und auch wo und in welchem Ausmass die verschiedenen Faktoren, insbesondere die Waldbewirtschaftung, eine Rolle spielen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind mit **statistischen Analysen** zu ergänzen; besonders interessieren die Zusammenhänge zwischen Caliciales-Artenzahlen, der Anzahl anderer Zeigerarten sowie der Gesamtdiversität der epiphytischen Arten. Ausserdem ist naheliegend, auch andere Bereiche am Baum und benachbarte Waldgebiete einzubeziehen und mit den Resultaten aus dieser Untersuchung zu vergleichen. Dabei sollten **weitere Arten** berücksichtigt und auch ihre Eignung als Indikatoren geprüft werden. Zum besseren Verständnis der besonderen Standortbedingungen von Caliciales-Vertretern und anderen Zeigerarten wären lokal- und mikroklimatische Untersuchungen durchzuführen.

Im Bödmerenwald sind **zusätzliche Aufnahmen** mit der beschriebenen Methode erwünscht (Verdichtung) für eine vollständigere Beurteilung der Caliciales-Verbreitung. Damit könnten nicht nur Lücken geschlossen werden, sondern voraussichtlich auch einige offene Fragen z.B. im Zusammenhang mit der beschriebenen artenarmen Zone oder den Caliciales-reichen Probestellen im Süden geklärt werden. Mit zusätzlichen Feldaufnahmen und statistischen Untersuchungen ist vor allem auch zu prüfen, ob nicht die **Aussagekraft der angewandten Methode** in einem insgesamt naturnahen alten Bestand beschränkt ist und deshalb nur Nuancen, jedoch keine groben Unterschiede nachgewiesen werden können.

3.8 Höhere Pilze

NICOLAS KÜFFER UND BEATRICE SENN-IRLET

Zusammenfassung

Der Bödmerenwald bietet für die einheimische Pilzflora ein reiches Habitat. Wir konnten in sechs Exkursionstagen auf einer relativ kleinen Fläche 312 Arten nachweisen. Dabei ist in allen drei ökologischen Hauptgruppen (Mykorrhiza, Streu-Saprophyten und Holzabbauer) eine grosse Artenvielfalt zu finden.

In allen Teilgebieten, also auch ausserhalb des bestehenden Reservates, konnte eine reiche Pilzflora und interessante Arten nachgewiesen werden. Dabei handelt es sich einerseits um Indikatorarten für Alt- und Naturwald (z.B. *Clavaria incarnata* oder *Phellinus chrysoloma*), andererseits aber auch um Arten, die erstmals in der Schweiz gefunden werden konnten (u.a. *Cortinarius pseudorubicosus* oder *Lobulicium occultum*).

Ein reiches Angebot an unterschiedlichen Substraten (z.B. Totholz, Wirtsbäume) und kleinräumige Habitatstrukturen (geschlossener Wald, Hochstaudenfluren, Lichtungen) begünstigen eine grosse Pilz-Artenvielfalt. Die Kontinuität dieser Standortvielfalt über längere Zeiträume ist ebenso von zentraler Bedeutung für eine reiche Pilzflora.

3.8.1 Einleitung

Ausgangslage

Einige Arten reagieren besonders sensibel auf Veränderungen ihres Lebensraumes und können in dieser Weise natürliche oder naturnahe Habitate anzeigen. Diese **Indikatorarten** für natürliche oder naturnahe Wälder helfen den Zustand eines Waldgebietes zu charakterisieren und können als Entscheidungshilfe eingesetzt werden, wenn es z.B. darum geht, ein Waldgebiet aus der Nutzung auszuscheiden und Naturschutzgebiete einzurichten. Dabei ist es besonders wichtig Indikatorarten aus verschiedenen Organismengruppen heranzuziehen, da die Resultate der einzelnen Organismengruppen oft stark voneinander abweichen (PRENDERGAST et al. 1993; HOPKINSON et al. 2001).

Das Konzept von Indikatorarten für natürliche oder naturnahe Wälder wurde zunächst mit höheren Pflanzen (z.B. WULF 1997) und Flechten (z.B. TIBELL 1992; GUSTAFSSON et al. 1999) ausgearbeitet.

Die **Pilze** als eines der zentralen Elemente von borealen und subalpinen Wäldern können dabei noch einen zusätzlichen, funktionalen Aspekt der Biodiversität beleuchten. Als Mykorrhizapartner der Waldbäume sind sie für ein gesundes Baumwachstum unerlässlich. Die holzabbauenden Pilze gehören zu den wichtigsten Gruppen der Destruenten, ohne die der Totholzvorrat schnell ungeheure Ausmasse annähme (ABER & MELILLO 1991).

Pilze als Indikatoren für natürliche oder naturnahe Wälder

Die Pilze, darunter besonders die holzbewohnenden Arten, können als Indikatoren einen besonderen Aspekt hervorheben, der in borealen und subalpinen Wäldern für die Erhaltung der Artenvielfalt wichtig ist: das Totholz. PRIMACK (1995) bezeichnete die Ressource **Totholz** gar als unverzichtbare „keystone ressource“, von der ein grosser Teil der Artenvielfalt in borealen Wäldern abhängt.

In Skandinavien wurde die Indikatormethode bereits erfolgreich mit holzbewohnenden Pilzen angewandt (NITARE & NORÉN 1992; PETERKEN 1996; NITARE 2000), aber auch im mediterranen Raum gibt es Studien zum Indikatorwert von holzbewohnenden Porlingen (NORSTEDT ; 2001). Hingegen liegen für den Alpenraum erst wenige Studien zu diesem Thema vor (z.B. KOST 1991; KÜFFER & SENN-IRLET 2003).

Für die Wälder Schwedens gelten über 130 Arten Höherer Pilze als **Indikatoren** (NITARE 2000) für naturnahe Wälder, welche sich aus den unterschiedlichsten systematischen Gruppen und Lebensweisen zusammensetzen. Neben bodenbewohnenden Pilzen, welche in Mykorrhizasymbiose mit Bäumen leben, richtet sich das Augenmerk vor allem auf **holzabbauende Pilze** aus der Gruppe der Porlinge und Rindenpilze. In letzterer Gruppe soll es eine Reihe von Arten geben, welche – zumindest in Fennoskandien – nur an altem Holz von Urwäldern vorkommen. Unter holzabbauenden Pilzen ist stets eine Sukzession von Arten zu beobachten, welche die unterschiedlichen Abbaustadien von Holz besiedeln. Die Indikatorarten für natürliche oder naturnahe Wälder finden sich insbesondere bei den Arten der **Spätabbauer**, also der Besiedler von bereits sehr morschem Holz. Dieses Artenset ist besonders artenreich (NIEMELÄ et al. 1995), z.B. aus den Gattungen *Antrodiella* (Weissfäulen-trameten), *Skeletocutis* (Knorpelporlinge) oder *Junghuhnia* (Porenschwämme). Diese Arten der fortgeschrittenen Abbaustadien sind auf alte Wälder mit einem hohen Totholzanteil angewiesen, da ihr spezifisches Substrat, meist morsches Stammholz, lange braucht bis es überhaupt entsteht (HEILMANN-CLAUSEN 2003). Pilze als Indikatoren für natürliche oder naturnahe Wälder werden deshalb auch als Indikatoren für eine Habitats-Kontinuität angesehen („ecological continuity“).

Unter Berücksichtigung der Einstufung als Indikatorart in Fennoskandien und in der Tschechischen Republik (KOTIRANTA & NIEMELÄ 1993; NITARE 2000; HOLEC 2003) und den aktuellen Kenntnissen zu Ökologie und Verbreitung in der Schweiz (Datenbank FUNGUS, WSL) sind sowohl unter den Mykorrhizapilzen wie den holzabbauenden Pilzen Indikatorarten für natürliche oder naturnahe Wälder zu finden.

Pilze in subalpinen Fichtenwäldern (*Vaccinio-Piceion*)

Die Schweiz ist sehr reich an fichtenbegleitenden Pilzen. Vorläufige Ergebnisse aus der **landesweiten Stichprobenkartierung** zeigen, dass insbesondere bei den Mykorrhizapilzen eine sehr grosse Artenvielfalt zu finden ist (cf. SENN-IRLET et al. 2003).

Die holzbewohnenden Pilze aus der Gruppe der blätterlosen Pilze (Aphyllophorales) sind in Schweizer Fichtenwäldern ebenfalls bemerkenswert reich anzutreffen (KÜFFER & SENN-IRLET 2003). Darunter fallen insbesondere die Porlinge (Polyporales) und Rindenpilze (Corticiaceae) mit einem grossen Artenreichtum ins Gewicht.

3.8.2 Material und Methoden

Feldaufnahmen

Für die Feldaufnahmen wurde auf das bereits eingerichtete **Stichprobennetz** im Untersuchungsgebiet zurückgegriffen. Dieses ermöglicht eine objektive Beprobung des Gebietes. Es wurden insgesamt 21 Feldaufnahmen durchgeführt. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst alle Teilgebiete des Untersuchungsgebietes gleichmässig zu berücksichtigen. Die Feldaufnahmen wurden an insgesamt **sechs Exkursionstagen** von Ende August bis Mitte September 2004 durchgeführt. Damit ist gewährleistet, möglichst viele der kurzlebigen Pilzfruchtkörper beobachten zu können.

Die Grösse der Feldaufnahmen richtet sich nach den **Untersuchungsflächen** für die Analyse des Totholzvorrates. Es wurde um das Stichprobenzentrum eine runde Untersuchungsfläche mit einem Radius von 10 m angelegt. Die untersuchte Fläche beträgt somit pro Aufnahme rund 314 m². Insgesamt wurde eine Fläche von 0.66 ha beprobt.

Für die **bodenbewohnenden Pilze** und Streuabbauer wurden die Untersuchungsflächen gründlich abgesucht und die Arten notiert. Bei Bestimmungsunsicherheiten wurden die Fruchtkörper zur genaueren Prüfung ins Labor mitgenommen, teilweise mit Digitalbildern dokumentiert und nach mikroskopischen Untersuchungen herbarisiert.

Für die **holzbewohnenden Pilze** wurde in den Untersuchungsflächen alles liegende und stehende Totholz, sofern es vom Boden aus ohne Hilfsmittel erreichbar war, auf Fruchtkörper holzbewohnender Basidiomyceten hin untersucht und gegebenenfalls zur genaueren Bestimmung ins Labor mitgenommen. Es wurde sämtliches Totholz untersucht, einschliesslich gröbere Äste / Stämme und Äste (entsprechend den Kategorien «coarse woody debris» und «fine woody debris» aus KRUYSS & JONSSON 1999) und zusätzlich auch Zweige und kleinere Äste «very fine woody debris», die einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Pilzartenvielfalt leisten (KÜFFER & SENN-IRLET 2003). Speziell beachtet wurden sehr morsche Fichtenstrünke, da sie als Substrat in Bezug auf die Indikatorarten besonders häufig erwähnt werden (NITARE 2000).

Sowohl für die bodenbewohnenden Arten, als auch für die holzabbauenden Pilze wurden Daten in einer Untersuchungsfläche auf der Basis Präsenz / Absenz notiert und auf quantitative Erhebungen verzichtet.

Bestimmungsarbeit

Es konnten nicht alle Fruchtkörper direkt im Feld angesprochen werden. Die Bestimmung der gesammelten Fruchtkörper ist in vielen Fällen erst mit Hilfe von Binokular und Mikroskop möglich. Dabei werden verschiedene chemische Reagenzien wie u.a. Melzer-Lösung (Iodreaktionen) oder Baumwollblau (Cyanophilie) benötigt, da oft nur diese die charakteristischen Merkmale der Arten enthüllen.

Als **Basisbestimmungswerk** für Lamellenpilze und Röhrlinge wurde MOSER (1983) verwendet. Für die artenreiche Gattung der Schleierlinge (*Cortinarius*) wurden die Werke von BRANDRUD et al. (1989-1998) und von BIDAUD et al. (1991-2003) herangezogen. Hinweise auf Abbildungen und Spezialliteratur finden sich in BOLLMANN et al. (2002) und wurden in vielen Fällen ebenfalls konsultiert und berücksichtigt. Bei der Bestimmung der Risspilze (*Inocybe*) konnte die Hilfe eines Spezialisten (Heinz Woltsche, Bern) beansprucht werden.

Aus der Ordnung der blätterlosen Pilze (Aphylophorales) wurden insbesondere die Rindenpilze oder Corticiaceae (z.B. die Zähnchenrindenpilze *Hyphodontia* oder die Cystidenrindenpilze *Peniopho-*

ra), sowie Arten der Polyporaceae (z.B. die Trameten *Trametes* oder die Knorpelporlinge *Skeletocutis*) und Hymenochaetaceae (z.B. die Borstenscheiblinge *Hymenochaete*), und die corticioiden Vertreter der Thelephoraceae (Tomentelloideae) und Coniophoraceae (z.B. die Braunspor-Rindenpilze *Coniophora*) berücksichtigt. Zusätzlich wurden die holzbewohnenden Vertreter (z.B. die Gallertkrusten *Exidiopsis* oder die Wachskrusten *Sebacina*) der Heterobasidiomycetidae miteinbezogen.

Die Bestimmung der Funde folgte in erster Linie der Reihe «The Corticiaceae of North Europe» ERIKSSON ET AL. (1973-1988), sowie JÜLICH (1984). Des Weiteren wurde für die Polyporaceae BERNICCHIA (1990) und JÜLICH (1984), für die Coniophoraceae (HALLENBERG & ERIKSSON 1985), für die Tomentelloideae (KÖLJALG 1996) und für die Heterobasidiomycetidae (JÜLICH 1984) herangezogen.

Für alle Gruppen wurden zusätzliche Informationen aus den bebilderten Werken von BREITENBACH & KRÄNZLIN (1981-2000) sowie KRIEGLSTEINER (2000-2003) benutzt.

Die Nomenklatur richtet sich nach derjenigen der Datenbank FUNGUS (WSL, 2004; <http://www.swissfungi.ch>).

Bewertung der gefundenen Arten

Alle gefundenen Arten wurden in fünf **Kategorien** eingeteilt, die einen Grad an Indikationswert beinhalten. Für die Einteilung wurde in erster Linie die FUNGUS-Datenbank an der WSL und der Verbreitungsatlas der Macromyceten der Schweiz herangezogen (<http://www.swissfungi.ch>). Zusätzlich wurden Informationen aus verschiedenen Bestimmungswerken herangezogen, insbesondere aus KRIEGLSTEINER (2000-2003) und BREITENBACH & KRÄNZLIN (1981-2000). Jede Art wurde nur einer Kategorie zugeordnet. Die fünf Kategorien sind in Tabelle 3.8-1 vorgestellt und definiert.

Die Informationen zum **Grad der Gefährdung** der Arten stammen aus den Roten Listen der Schweiz (SENN-IRLET et al. 1997), Deutschlands (DGFM & NABU 1992) und Österreichs (KRISAI-GREILHUBER 1999).

Tabelle 3.8-1: Die fünf Kategorien, die je einen bestimmten Grad an Indikatorwert für den Bödmerenwald anzeigen (Erläuterungen im Text).

Kategorie	Definition	Anzahl Arten
„Neufunde“ Schweiz	0-5 Nennungen in FUNGUS-Datenbank	23
Altwald-Zeigerarten	nach KOTIRANTA & NIEMELÄ (1993), NITARE (2000), HOLEC (2003)	17
Alpen-Arten	hauptsächliches Vorkommen im (östlichen) Schweizer Alpenraum	27
Nadelwald-Arten	Vorkommen hauptsächlich mit Fichte und anderen Nadelbäumen	64
Ubiquisten	Vorkommen mit Nadel- und Laubholzbäumen, nicht ausschliesslich im Alpenraum	181

3.8.3 Resultate

Artenzahlen

Wir fanden an den sechs Exkursionstagen ein Total von **312 Arten**. Davon sind mehr als ein Drittel holzabbauende Pilze (118 Arten) und ein weiteres Drittel Ektomykorrhizasymbionten (110 Arten). Das restliche Drittel verteilt sich auf Streusaprophyten, wobei unterschieden wurde zwischen Nadelstreuabbauern (24 Arten), Saprophyten von Hochstauden- oder Farnresten (12 Arten) und terricolen Arten (44 Arten). Zusätzlich noch 4 parasitische Arten.

Die Artenzahlen in den **einzelnen Untersuchungsflächen** schwankten zwischen 14 und 63 Arten (*Abbildung 3.8-1*). Die reichste Fläche (Punkt 2844) weist eine grosse Vielfalt an kleinräumigen Strukturen auf: alte und junge Fichten mit unterschiedlichen Mykorrhizabegleitern, grosse Mengen Totholz und eine reiche Hochstaudenflur. Die artenärmste Fläche (Punkt 2797) befindet sich in eher offenem Gelände mit einem rasigen Fichtenbestand und wenig Totholz. *Abbildung 3.8-2* zeigt die Verteilung der Arten über das gesamte Gebiet.

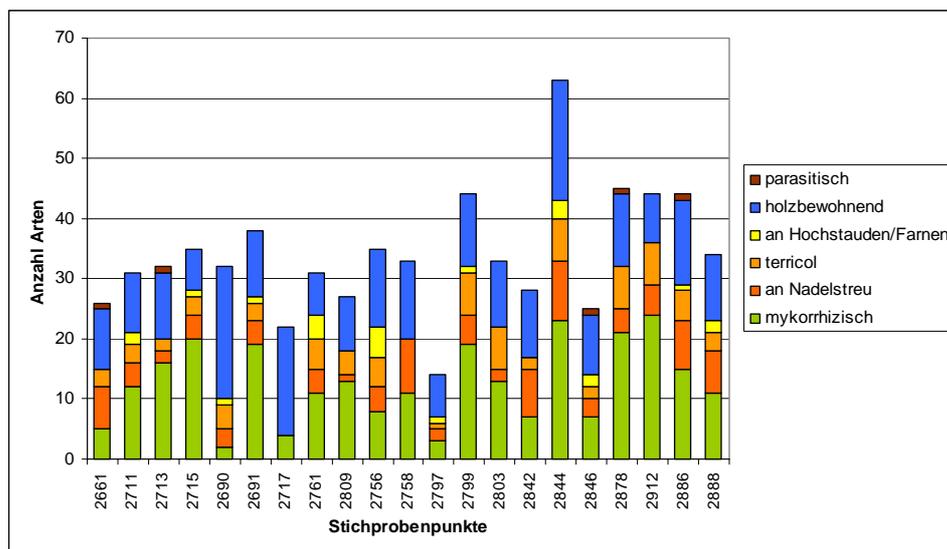


Abbildung 3.8-1: Die Anzahl Pilzarten in den 21 Untersuchungsflächen, unterteilt nach den wichtigsten Lebensformen. Insbesondere die holzabbauenden Arten sind überall stark vertreten.

Die Verteilung der Arten in den **fünf Kategorien**, die den Indikationswert anzeigen, ist in *Tabelle 3.8-1* vorgestellt. Dabei fällt insbesondere die hohe Anzahl **Neufunde für die Schweiz** auf, die auch dann noch relativ hoch ist, wenn man nur die „echten“ Neufunde, die Erstfunde, berücksichtigt: 9 Arten konnten mit dieser Untersuchung zum ersten Mal für die Schweiz nachgewiesen werden. Die Anzahl der Arten, die einen Alt- oder Naturwald anzeigen, ist mit 17 Arten auch relativ hoch. In den **Roten Listen** der Schweiz, Deutschlands und Österreichs sind insgesamt 56 Arten eingetragen. In vielen Fällen sind die Altwald-zeigenden Arten auch auf den Roten Listen eingetragen.

Indikatorarten für Alt- oder Naturwald

Unter den 17 Arten, die als Indikatoren für **Alt- oder Naturwald** angesehen werden, befinden sich 6 Arten aus der Verwandtschaft der Keulchen- und Korallenpilzen, die überwiegend in Hochstauden- und farnreichen Fluren zu finden sind. Ökologisch lassen sich die 17 Indikatorarten wie folgt auftei-

len: fünf Holzabbauer, drei Mykorrhizapilze und neun terricole Saprophyten (*Tabelle 3.8-2*). Damit ergibt sich eine ausgewogene Mischung aller drei ökologischen Hauptgruppen im Ökosystem subalpiner Fichtenwald.

Tabelle 3.8-2: Die 17 Altwald-Indikatorarten, die im Bödmerenwald nachgewiesen werden konnten (nach KARSTRÖM 1992, KOTIRANTA & NIEMELÄ 1993, NITARE 2000, HOLEC 2003).

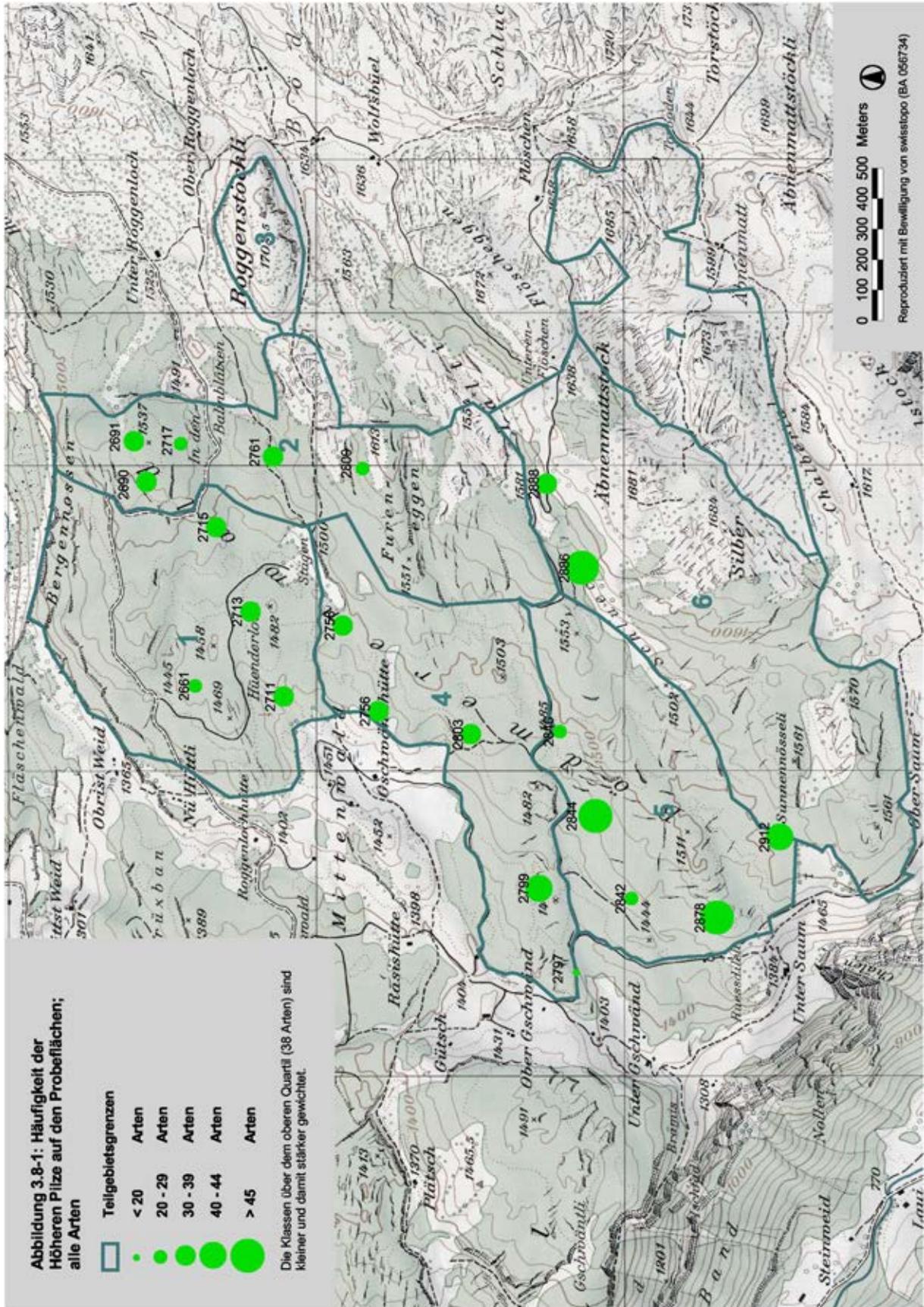
Indikatorart		Lebensweise	Vorkommen in Teilgebiet
<i>Clavaria asterospora</i>	Sternsporiges Keulchen	terricol	2
<i>Clavaria falcata</i>	Weisses Keulchen	terricol	1, 2, 4, 5, 6
<i>Clavaria incarnata</i>	Fleischrotes Keulchen	terricol	2
<i>Clavulinopsis laeticolor</i>	Schöne Wiesenkeule	terricol	4, 5
<i>Cortinarius fulvoochraceus</i>	Gelbbrauner Schleierling	Mykorrhiza	4
<i>Flammulaster muricatus</i>	Grobwarziger-Flockenschüppling	holzabbauend	6
<i>Fomitopsis rosea</i>	Rosaroter Baum-schwamm	holzabbauend	1
<i>Gomphus clavatus</i>	Schweinsohr	Mykorrhiza	5
<i>Gymnopilus bellulus</i>	Hübscher Flämmling	holzabbauend	4, 6
<i>Hygrocybe reidii</i>	Honig-Saftling	terricol	5
<i>Kavinia alboviridis</i>	Grünweisses Hängezähnen	holzabbauend	4
<i>Lactarius zonarioides</i>	Gezonter Fichten-Milchling	Mykorrhiza	2
<i>Limacella vinosorubescens</i>	Weinroter Schleimschirmling	terricol	4
<i>Phellinus chrysoloma</i>	Fichten-Feuerschwamm	holzabbauend	5
<i>Ramaria testaceoflava</i>	Ziegelgelbe Koralle	terricol	5
<i>Ramaria largentii</i>	Largent's Koralle	terricol	5
<i>Ramaria obtusissima</i>	Stumpfe Koralle	terricol	1

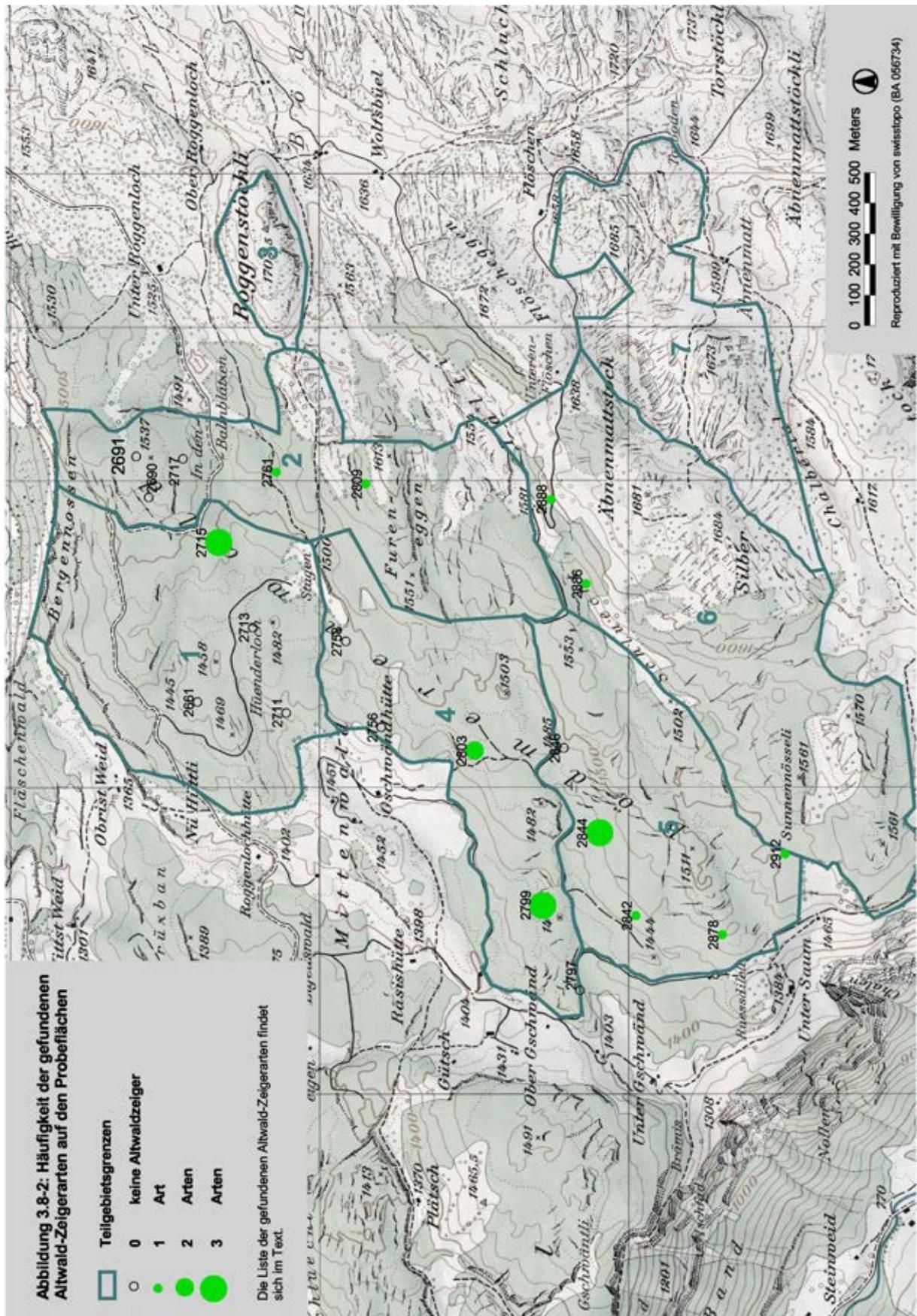
Verteilung der Arten im Untersuchungsgebiet

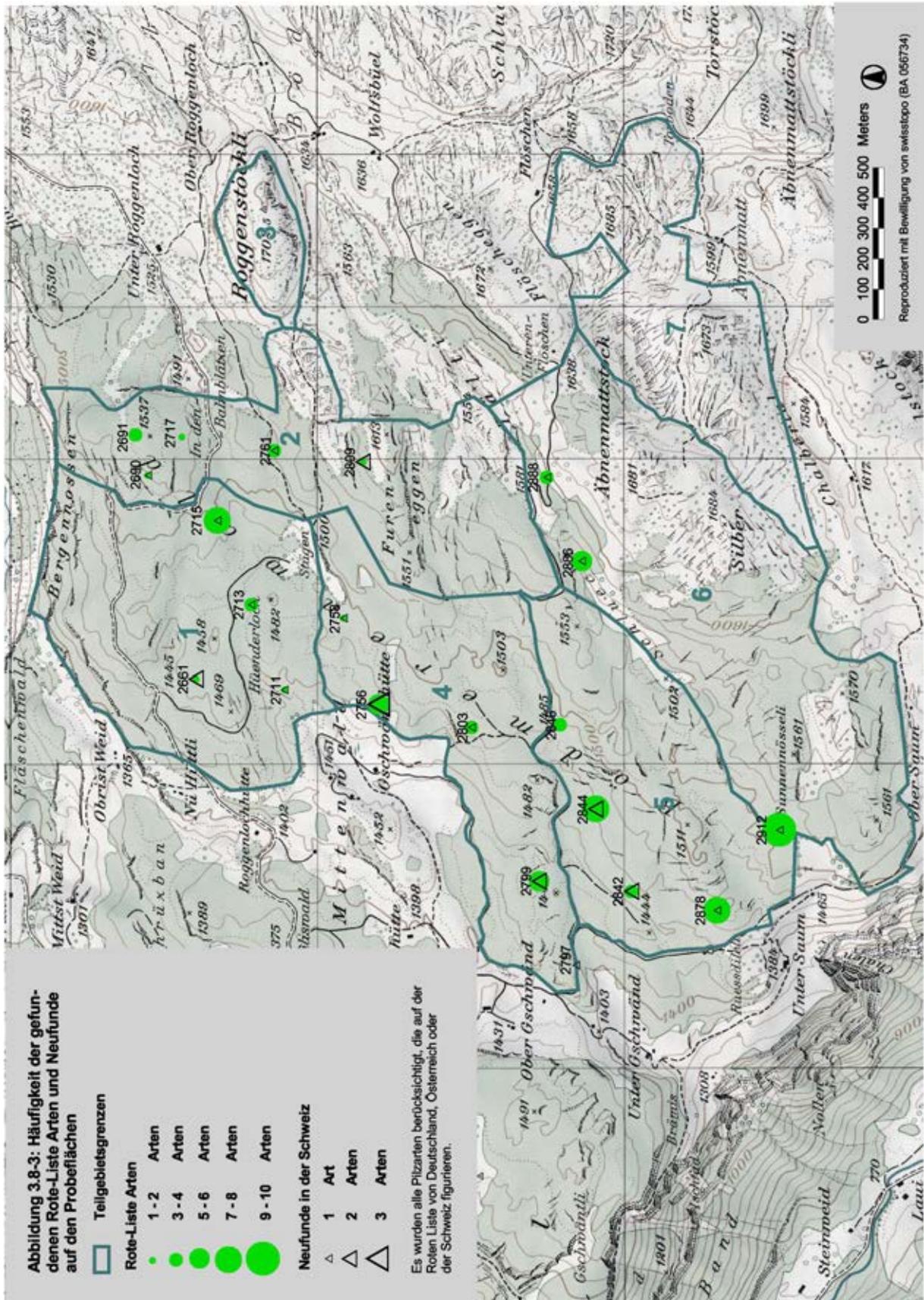
Wie aus der *Tabelle 3.8-2* ersichtlich, kommen die Altwald-Indikatorarten im ganzen Untersuchungsgebiet vor. Im **Teilgebiet 2**, dem bestehenden Reservat, konnten nicht mehr Indikatorarten nachgewiesen werden als in den anderen Teilgebieten (*Abbildungen 3.8-3* und *3.8-4*).

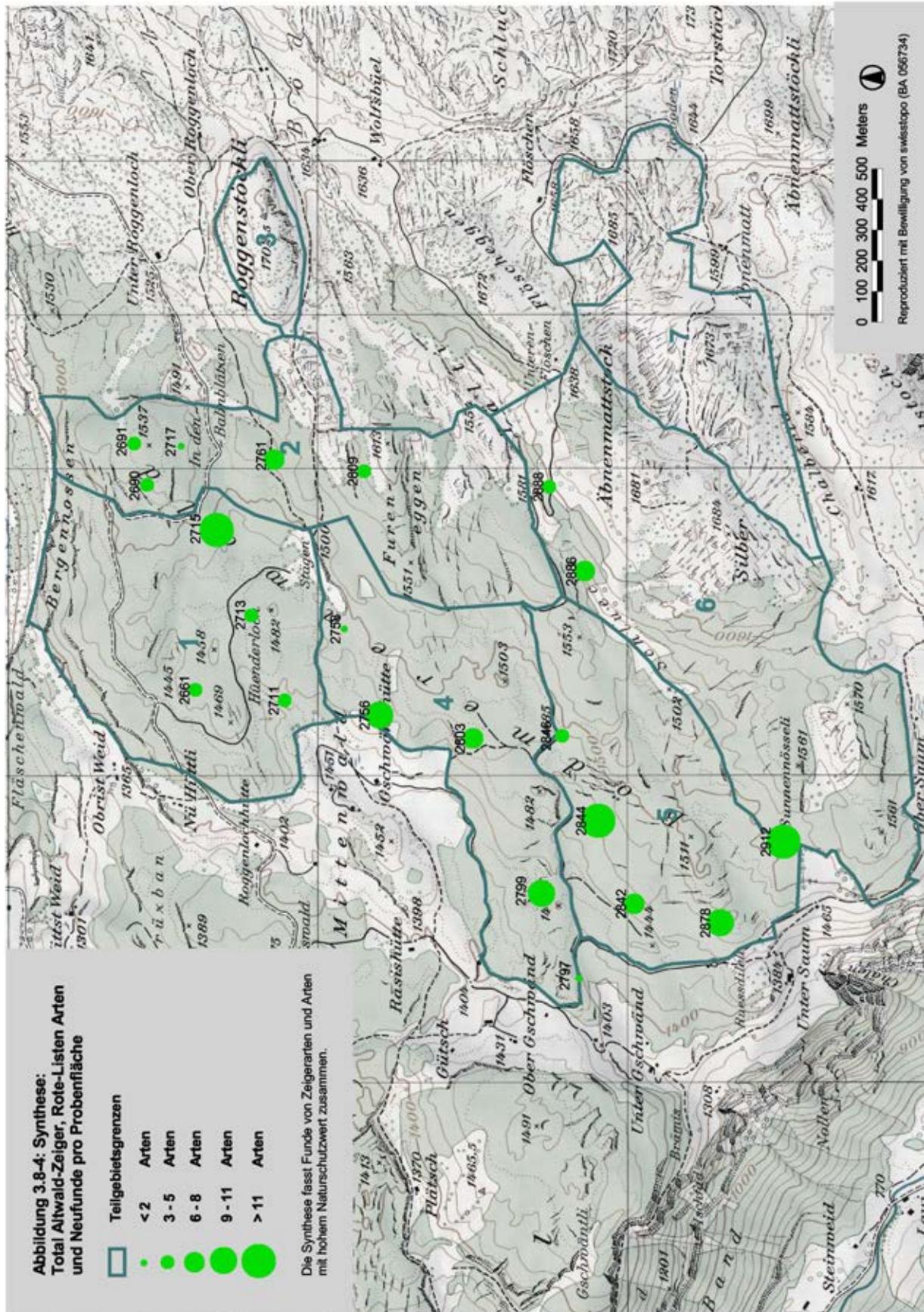
In der Übersichtsgrafik (*Abbildung 3.8-5*) zeigt sich das Teilgebiet 2, das bestehende Reservat, in Bezug auf die totale Artenzahl mit 142 Arten am reichsten, jedoch dicht gefolgt von den anderen Teilgebieten. Die geringere Artenzahl in **Teilgebiet 6** ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass dort nur zwei Stichprobenflächen aufgenommen wurden. Fokussiert man nur auf die durchschnittliche Anzahl Arten pro Stichprobenfläche, so sind die beiden Teilgebiete 5 und 6 am artenreichsten, gefolgt vom bestehenden Reservat (Teilgebiet 2).

Betrachtet man hingegen nur die Altwald-Indikatorarten, besitzen die **Teilgebiete 4 und 5** die grösste Anzahl, obwohl in diesen Gebieten noch forstwirtschaftliche Einriffe vorgenommen werden.









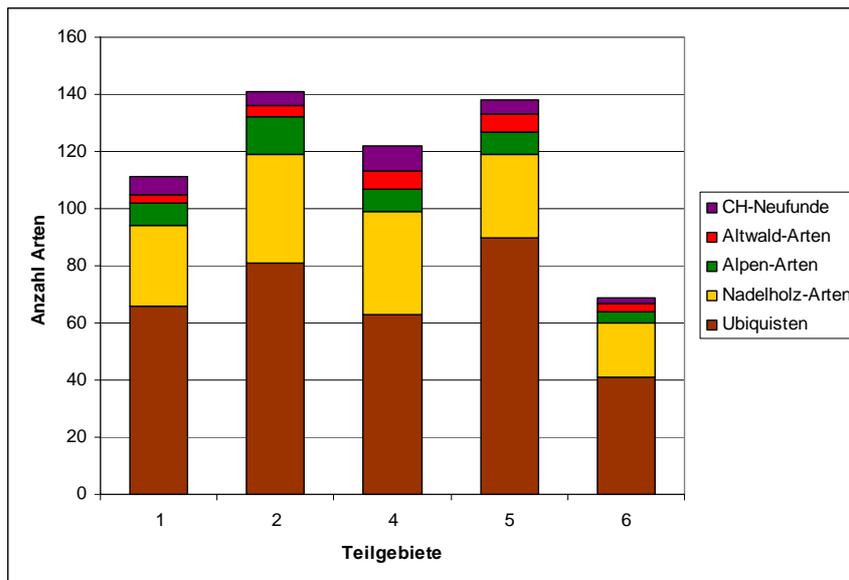


Abbildung 3.8-5: Die fünf Teilgebiete im Untersuchungsgebiet Bödmeren zeigen eine ähnliche Artenvielfalt. Am reichsten ist die Teilfläche 2, das bestehende Reservat.

3.8.4 Diskussion

Artenzahlen

In nur sechs Exkursionstagen konnten wir über 310 Arten nachweisen, was auf eine **grosse Pilzartenvielfalt** im Bödmerenwald schliessen lässt. Vorausgegangen Untersuchungen zur Pilzvielfalt im Bödmerenwald (SENN-IRLET 1994, KÜFFER & SENN-IRLET 2003) weisen ebenfalls auf eine reiche Mykoflora hin. In einer Untersuchung in einem in vieler Hinsicht vergleichbaren subalpinen Fichtenwald bei Habkern in den Berner Voralpen konnten SENN-IRLET & BIERI (1999) über zwei Vegetationsperioden hinweg 90 Arten von bodenbewohnenden Pilzen nachweisen, darin enthalten sind Mykorrhizasymbionten und terricole Saprophyten, nicht jedoch die holzabbauenden Arten. Die gefundenen Artenzahlen im Bödmerenwald sind höher, dies ist umso bemerkenswerter wenn die kurze Feldarbeit mitberücksichtigt wird. Für annähernd vollständige Inventare wird üblicherweise für bodenbewohnende Pilze eine Beobachtungsperiode von drei Jahren als geeignet angesehen (WINTERHOFF 1984).

Die Artenzahlen der **einzelnen Untersuchungsflächen** schwanken beträchtlich: von 14 bis 63 Arten. Dafür ist eine reiche, vielfältige Habitatsstruktur entscheidend. Für die **holzabbauenden Pilze** sind vielfältige Typen von Totholz wichtig, d.h. unterschiedliche Astlängen und –durchmesser und verschiedene Abbaugrade des Totholzes (KÜFFER & SENN-IRLET 2003). Diese ökologischen Nischen können so von einer Vielzahl von unterschiedlichen Pilzarten besiedelt werden.

Für die **Streusaprophyten** ist eine kleinräumig heterogene Fläche besonders günstig: kleine grasige Mulden wechseln sich mit Hochstaudenfluren und dichteren Baumbeständen mit geschlossenen Kronendach ab. Die besonders artenreiche Gruppe der Saprophyten, die auf abgestorbenen Hochstauden- oder Farnresten fruktifizieren, werden ebenso begünstigt, wie die terricolen Arten und die klassischen Nadelstreuabbauer.

Die Vielfalt der **Mykorrhizaarten** wird durch einen möglichst ungestörten Waldboden mit Fichten in unterschiedlichen Altersstadien begünstigt. Junge Fichten haben andere Mykorrhizapartner als ältere Bäume (SENN-IRLET & BIERI 1999). Eine gesunde Altersdurchmischung der Waldbäume, d.h. eine

mosaikartige Verteilung von Fichten verschiedenen Alters, fördert so die Artenvielfalt der Mykorrhizasymbionten.

Das **Teilgebiet 2**, also das bestehende Reservat, ist mit 142 gefundenen Pilzarten am artenreichsten. Die **Teilgebiete 4 und 5** sind jedoch nur unwesentlich artenärmer (121 und 138 Arten), was auf eine relativ hohe Natürlichkeit schliessen lässt. Die geringeren Zahlen in den Teilflächen 1 (111 Arten) und 6 (mit 68 Arten) sind auf die geringere Beprobungsdichte zurückzuführen.

Zumindest für die holzabbauenden Arten kann gesagt werden, dass in **allen Teilflächen** genügend geeignetes Substrat vorhanden ist. Bei einer allfälligen Bewirtschaftung sollte darauf geachtet werden, dass genügend Totholz in den verschiedenen Qualitäten vorhanden bleibt (unterschiedliche Astlänge und –durchmesser, verschiedene Abbaugrade des Holzes). Diese unterschiedlichen Ausprägungen des Substrates Totholz bestimmen im Wesentlichen die Artenzusammensetzung und –vielfalt eines Waldes (JONSSON 2000).

Indikatorarten für Alt- oder Naturwald

Wie für die Gesamtartenzahl, kann auch für die Verteilung der Altwald- oder Naturwaldarten gesagt werden, dass **im gesamten Gebiet genügend geeignetes Substrat** und Habitate vorhanden sind. Das Potential für Naturwald scheint noch überall vorhanden zu sein, obwohl die Spuren der forstwirtschaftlichen Nutzung doch relativ gut sichtbar sind.

Besonders die holzabbauenden Indikatorarten scheinen relativ enge ökologische Ansprüche zu haben, und deswegen sind diese speziell aussagekräftig. Einige gedeihen bevorzugt auf bereits stark abgebautem Holz von umgefallenen Stämmen, so z.B. *Fomitopsis rosea* oder *Flammulaster muricatus*. Nichtsdestotrotz konnten ebendiese Arten direkt neben Nutzungsspuren der Forstwirtschaft gefunden werden. LINDHE ET AL. (2004) konnten keine markanten Unterschiede zwischen der Artenzusammensetzung auf abgesägtem Totholz und natürlichem Totholz finden. Dies beeinträchtigt zwar ihre Aussagekraft als Indikatorart für Alt- oder Naturwald, nicht jedoch die Tatsache, dass diese Arten immer in naturnahen Wäldern vorkommen.

Die Arten aus der Gruppe der **Korallenartigen** (*Clavaria*, *Clavulinopsis* und *Ramaria*) besitzen, zumindest in Schweden (NITARE 2000), einen hohen Indikatorwert. Die Arten mit kleineren Fruchtkörpern gedeihen an immerfeuchten Standorten, wie z.B. in den Hochstaudenfluren. Oft können mehrere Arten aus dieser Gruppe miteinander im gleichen Habitat angetroffen werden. Im Bödmerenwald ist diese Artengruppe sehr reich vertreten. Auffallend waren in der zweiten Septemberhälfte die zahlreichen grossen, auffällig leuchtend gelborangen Fruchtkörper der diversen Korallenpilze (*Ramaria*).

Fomitopsis rosea, der **Rosarote Baumschwamm**, und *Kavinia alboviridis*, das Grünweisse Hängezähnenchen, zwei holzabbauende Arten, sind in Schweden als sehr gute Signalarten für Altwälder mit einem hohen Grad an Natürlichkeit ausgewiesen (NITARE 2000). Diese Arten sollen besonders geeignet sein, eine lang anhaltende ökologische Kontinuität in den borealen Fichtenwäldern anzuzeigen, d.h. das über längere Zeit immer geeignetes Substrat vorhanden war.

Der **Fichten-Feuerschwamm**, *Phellinus chrysoloma*, gilt in den skandinavischen Ländern als Art mit mittlerem Indikatorwert, d.h. er kann auch in Wäldern vorkommen, die forstwirtschaftlich genutzt werden. Das Vorkommen im Bödmerenwald bestätigt diese Einschätzung, werden doch im Teilgebiet, wo der Fichten-Feuerschwamm gefunden wurde (Teilgebiet 5) noch ab und zu forstwirtschaftliche Eingriffe durchgeführt.

Unter den Lamellenpilzen gilt es die Arten von sehr morschem Nadelholz hervorzuheben. Während *Pholiota scamba*, der **Seidige Schüppling**, und *Tricholomopsis decora*, der **Olivgelbe Holzritterling**, im Alpenraum weit verbreitet, im Gebiet der Bödmeren aber doch bemerkenswert häufig anzutreffen

sind, so gehören *Gymnopilus bellulus*, der **Hübsche Flämmling** und *Galerina pruinatipes*, der **Bereifte Häubling**, zu den sehr seltenen Arten des Finalstadiums von Nadelholz.

Wie erwartet weisen unter den Mykorrhizapilzen die **Schleierlinge** (*Cortinarius* spp.) einen beachtlichen Artenreichtum auf, wie dies für subalpine Nadelwälder typisch ist. Bei intensiveren Begehungen sind in dieser als äusserst schwierig zu bestimmen geltenden Gruppe sicher noch weitere Arten zu erwarten. Auch in dieser Artengruppe befinden sich zahlreiche Zeiger von Altwäldern.

Bemerkenswert ist ferner, wie wenig **Steinpilze** (*Boletus edulis*) gefunden wurden. Steinpilze fruchten oft besonders reichlich in schwach beweideten, lichten Fichtenwäldern und an Waldrändern und könnten somit als Störungszeiger eingestuft werden, womit deren Fehlen auch wieder auf sehr naturnahen Wald hinweisen würde.

Die Tatsache, dass in der diesjährigen Stichprobenuntersuchung in etwa die gleichen Pilzarten gefunden wurden wie in den Exkursionen von 1991 (SENN-IRLET 1994), deutet darauf hin, dass sich im Bödmerenwald sehr **dauerhafte Pilzgemeinschaften** etabliert haben, welche offensichtlich ein sehr konstantes Verhalten in der Fruchtkörperbildung zeigen. Letzteres wird neben der langen Waldkontinuität sicher auch vom für Pilze günstigen Lokalklima beeinflusst.

Rote Liste-Arten und Neufunde für die Schweiz

Unter den Rote Liste-Arten und den Neufunden für die Schweiz konnten einige Arten gefunden werden, die für die Fragestellung dieser Studie von Bedeutung sind.

Der **Fleckenpilz**, *Lobulicium occultum*, gehört zu den Rindenpilzen und wächst im Inneren von sehr stark braunfäuligen Fichtenstrünken, die bereits von anderen Organismen abgebaut worden sind. Diese Art wurde **in der Schweiz bisher noch nicht nachgewiesen**, und auch europaweit liegen nur wenige Funde vor. Der Nachweis dieser hochspezialisierten Art (in den Teilgebieten 4 und 5) unterstreicht die Bedeutung des Bödmerenwaldes als bedeutender Lebensraum für Pilze an Holz.

Trechispora subsphaerospora, der **kugelsporige Rindenpilz**, kommt besonders auf Holz im fortgeschrittenen Stadium des Holzabbaus vor. Von dieser Art sind bereits zwei Standorte im Kanton Tessin bekannt, jedoch noch kein Nachweis nördlich der Alpen. Er wird als allgemein nicht häufig beschrieben und kann somit als Hinweis darauf gewertet werden, dass der Bödmerenwald eine besonders reiche Pilzflora hat. Er wurde im Teilgebiet 4 nachgewiesen.

Zu den Lamellenpilzen mit „**Sensationswert**“ gehört *Inocybe strigiceps*, der **Pygmäen-Risspilz**. Dieser kleine Risspilz mit auffallend langen Huthaaren ist aus Papua-Neuguinea beschrieben worden. Neben der Typuslokalität in Ozeanien sind nur Standorte aus der Schweiz (Bödmeren, Ibergereg, Grindelwald) bekannt. Sollte sich doch noch herausstellen, dass es sich um verschiedene Arten handelt, so müssten die Schweizer Funde, die jeweils in der Nähe von Fichten und Salweide fruchteten, als **neue Art** beschrieben werden.

Typhula muelleri, **Müllers Fadenkeulchen**, ist eine weitere Art, die wohl zum **ersten Mal in der Schweiz** nachgewiesen werden konnte. Dieser kleine, aber doch sehr charakteristische Pilz wuchs auf einem toten Stängel der Breitblättrigen Laserkrautes (*Laserpitium latifolium*). Diese Hochstaude ist typisch für Vergandungsstadien oder eben für krautig-grasige Stellen in subalpinen Wäldern. Die Bedeutung für die Biodiversität von solchen Strukturelementen an natürlicherweise lichten Waldstellen zeigt sich mit diesem Pilzfund.

Das Vorkommen einer grösseren Gruppe des **Schweinsohres** (*Gomphus clavatus*), eines Speisepilzes, weist auf die Bedeutung der subalpinen Wälder als offensichtliche Rückzugsgebiete dieser Art in Europa hin. Aufgrund der starken Rückganges dieser Art in weiten Teilen Mitteleuropas, ist die Art in

vielen Ländern als gefährdet eingestuft und wurde gar als Art vorgeschlagen (DAHLBERG & CRONEBORG 2003), welche mit der Berner Konvention europaweit geschützt werden könnte.

Wo kommen im Bödmerenwald noch Altwaldreste vor?

Nimmt man die Höheren Pilze als Indikatoren für Altwaldreste im Bödmerenwald, so kann postuliert werden, dass noch an vielen Stellen ausserhalb des bestehenden Reservates **Altwaldreste** oder zumindest altwaldähnliche Reste vorhanden sind, insbesondere in den Teilflächen 4, 5 und 6 (*Abbildung 3.8-4*). In dieser Abbildung werden Altwald-Indikatorarten und Arten mit hohem Naturschutzwert zusammengefasst, wobei es durchaus sein kann, dass eine Art sowohl als Indikatorart, als auch als Rote Liste-Art gewertet wurde. Dies entspricht genau einer gewünschten Gewichtung der Arten.

Da das Vorkommen dieser **Indikatoren** aber oft nicht mit den forstwirtschaftlichen Realitäten übereinstimmen (deutliche Zeichen von forstlichen Eingriffen inmitten eines Stichprobenpunktes mit Vorkommen einer Indikatorart), darf nicht allein auf Pilze als Indikatoren abgestützt werden. Nur die Kombination von verschiedenen Indikatoren aus unterschiedlichen Organismengruppen führt zu einem verlässlichen Resultat.

4 Synthese

TOBIAS LIECHTI UND THOMAS BURGER

Zusammenfassung

Sowohl die Analyse der Altersstruktur sowie die Aussagen des alt Revierförsters weisen auf **einen kaum berührten Bereich im Zentrum des Waldes** hin (*Abbildung 4.4-3*: grün schraffierte Fläche). Dieser kann gemäss der Definition von Leibundgut (Kap. 1.3) als Urwald gelten. Diese Aussage wird durch die Totholzdaten unterstützt.

Die alpnahen Randgebiete werden seit Langem durch Älpler genutzt. Grössere **forstliche Nutzungen** beschränken sich auf die Gebiete 1, 4, teilweise 2 und 5. Trotz diesen Nutzungen sind auch diese Gebiete sehr naturnah und durchsetzt von **Urwaldrelikten**. Dies zeigen auch die z.T. genau hier vorkommenden, auf unberührte Wälder spezialisierten Flechten- und Pilzarten.

Die Daten aus der genetischen Untersuchung beweisen die spezielle **Einwanderungsgeschichte** der Bödmerenfichte. Die Pollenanalysen weisen auf die relative **Unberührtheit in vergangenen Jahrhunderten** hin. Holzschläge haben vor allem in neuester Zeit infolge von Strassenbau, Helikopter- und Seilkraneinsatz zugenommen (Teilgebiet 1 und 4). Dies wird nicht zuletzt durch die ausserordentlich hohen **Totholzanteile** im Reservat belegt, die in den umgebenden Waldteilen teilweise fehlen.

4.1 Bemerkung zur Zielsetzung

Die **Zielsetzung** der Untersuchung war festzustellen, wo und wie stark im Bödmerenwald Urwaldcharakter vorherrscht. Als Vergleichsbasis sollen die von KORPEL (1995) beschriebenen Urwaldmerkmale und die **Urwalddefinition von LEIBUNDGUT (1978)** herangezogen werden. Gemäss dieser Definition (vgl. *Kapitel 1.3*) ist ein Urwald „ein durch menschliche Einflüsse weder mittelbar noch unmittelbar in seinem Aufbau und in seiner natürlichen Entwicklung veränderter Wald.“ Lokale Eingriffe, wie die Entnahme einer einzigen Schindeltanne pro Waldteil sind toleriert, nicht aber grössere Schläge, welche die Struktur sichtbar verändern. Auch die systematische Entnahme eines bestimmten Elementes (Käferbäume, alles Brennholz) sollten in einem Urwald nicht vorkommen. Der Urwaldbegriff wird hier im oben erklärten Sinne verwendet.

In Bezug auf die **Definition von KORPEL (1995)**, der unter einem Urwald „einen ökologisch stabilen Wald mit konsolidierten, dynamisch ausgewogenen Beziehungen zwischen Klima, Boden und Organismen“ versteht, ist Folgendes beizufügen: Der Bödmerenwald steht teilweise in einem Sukzessionsprozess und bildet z.T. die Waldgrenze. Es ist daher nicht klar, ob der Bödmerenwald in einem konsolidierten ökologischen Gleichgewicht mit z.B. konstantem Vorrat steht.

4.2 Aussagekraft der einzelnen Untersuchungen

Die einzelnen Untersuchungen bzw. Urwaldmerkmale haben sich unterschiedlich für die Beantwortung der Fragestellung bewährt. Als geeignetes und gut nachvollziehbares Merkmal darf die **Altersstruktur** (Maximalalter, mittleres Alter, Altersstreuung) gelten. Sie wird jedoch nicht nur durch Nutzungen, sondern auch durch flächige Naturereignisse wie Stürme beeinflusst. Vermutlich hat auch der Standort (Bonität) einen Einfluss auf die Altersstruktur.

Ein weiteres gutes Merkmal ist das **Totholz**. Es reagiert wie die Altersstruktur auf Naturereignisse (Stürme, Käferschäden) und Standort. Sein Indikatorwert verhält sich jedoch komplementär zudem der Altersstruktur: Bei Naturereignissen nimmt der Totholzanteil meist zu und ist auf wüchsigen Standorten grundsätzlich höher als auf schlecht wüchsigen. Totholz ist eine wichtige Ressource im natürlichen Ökosystem und relativ leicht zu erfassen. Wichtig ist es, nicht nur die Menge, sondern auch den Abbaugrad des Totholzes aufzunehmen. Für die Interpretation der Daten sind Angaben über Vorrat und Zuwachs hilfreich.

Ebenfalls sehr aussagekräftig war das Interview mit dem alt Revierförster über die **Nutzungen** der vergangenen 90 Jahre. Anhand der im Feld gefundenen **Nutzungsspuren** (Strünke) konnten die Aussagen verifiziert und ergänzt werden. Eine zusätzliche Analyse über **Archivdaten**, (Betriebspläne), wie sie hier nur teilweise erfolgte, wäre zudem wünschenswert.

Die **Pollenanalyse** ermöglicht Rückschlüsse über die Vegetationsgeschichte der letzten Jahrtausende. Die **genetischen Analysen** sind relativ aufwändig. Sie ermöglichen es bei speziellen Fragestellungen, z.B. zur Einwanderungsgeschichte der Bäume, weiter zu kommen.

Altwaldzeigende Organismen wie bestimmte **Pilz-** und **Flechtenarten** können gleichzeitig Indikator und Schutzobjekt sein. Sie zeigen die Ungestörtheit und Funktionalität des Ökosystems auf Organismenseite. Diese Indikatoren werden wesentlich vom Standort (Pilze) und vom Lokalklima (Flechten) beeinflusst.

4.3 Synthese der Ergebnisse

4.3.1 Natürlicher Gleichgewichtszustand und Strukturen

Der **Holzvorrat** sollte in einem Urwald bei genügend grosser Referenzfläche (subalpin 80-100 ha) mehr oder weniger konstant sein. Im Bödmerenwald ist er, ausser im Teilgebiet 1 und 2, generell am zunehmen. Dies ist wahrscheinlich auf eine verminderte Holznutzung in den letzten Jahrzehnten in den südlichen Teilgebieten und evtl. auf die Klimaerwärmung zurückzuführen. Im Teilgebiet 1 wurden grosse Holzmengen entnommen, der Vorrat nahm daher ab. Im Teilgebiet 2 ist der Vorrat mehr oder weniger konstant, was für einen Urwald spricht. Generell basieren die Aussagen zur Vorratsveränderung auf nur zwei Inventurdatensätzen und sind daher von geringer Aussagekraft.

Bezogen auf das **Totholz** darf das Teilgebiet 2 als Urwald gelten. Teilgebiet 5 und vor allem Teilgebiet 6 ist ebenfalls urwaldnah. Es fehlt jedoch an altem liegendem Holz, das vermutlich durch Älpler als Brennholz eingesammelt wurde. Im nördlichen Bereich von Teilgebiet 4 ist eine regelmässige Nutzung über längere Zeit sichtbar. Entsprechend fehlt hier vor allem stehendes Totholz. Trotzdem darf dieses Gebiet als sehr naturnah mit Urwaldresten gelten. Teilgebiet 1 ist seit dem Bau der Passstrasse im Jahre 1974 stark von Nutzung und auch von bestandesverändernden Schlägen betroffen, war davor aber ähnlich unberührt wie die anderen Gebiete. Verglichen mit einem Wirtschaftswald sind die nicht geräumten Flächen im Teilgebiet 1 immer noch totholzreich.

Ausser im Teilgebiet 1 und stellenweise im Teilgebiet 4 gibt es keine Eingriffe, welche die natürliche **Waldstruktur** auf grösserer Fläche verändert haben. Im Reservat findet man augenfällig mehr Totholz. Dies zeigt indirekt, dass ausserhalb des Reservates mindestens ein Teil des Totholzes bzw. der absterbenden Bäume entfernt wurden. Relativierend muss gesagt werden, dass der Sturm Vivian von 1991 für einen Grossteil der Totholzvorkommen verantwortlich ist.

4.3.2 Nutzung und Nutzungsspuren

Im Bödmerenwald gab es, wahrscheinlich seit im Gebiet Alpwirtschaft betreiben wird, regelmässige, geringe, meist einzelstammweise **bäuerliche Nutzungen** (ca. 20% des Zuwachses). Sie konzentrieren sich vor allem auf die alpnahen und produktiven Gebiete. Diese forstlichen Nutzungen wurden nach dem Bau der Passstrasse intensiviert. Grössere Partien im Teilgebiet 2, 5 und 6 dürfen als kaum berührt gelten. **Beweidung** durch Ziegen fand und findet in alpnahen Gebieten und früher im Teilgebiet 1 und 2 statt. Die vom alt Revierförster angegeben Wanderrouten des Viehs durch den Wald, sind auch in der Vegetation sichtbar (FREY 2005, mündliche Mitteilung). **Nutzungen ab 1987** konzentrieren sich auf die Teilfläche 1 und 4. **Käferbäume** wurden auch in den Teilflächen 5 und 6 herausgeflogen.

Die **Nutzungsspuren** (Strünke) zeigen, dass früher vor allem in Randgebieten von Teilgebiet 1, 4 und 5 genutzt wurde. Teilgebiet 6 blieb praktisch unberührt, im Teilgebiet 2 wurden nur wenige Bäume entnommen.

Aus der Sicht **Nutzungsgeschichte** dürften grosse Partien der Teilgebiete 2, 5 und 6 als Urwald gelten.

4.3.3 Altersstruktur

Im ganzen Bödmerenwaldgebiet kommen einzelne Stichprobenflächen vor, auf welchen sich urwaldähnliche Altersstrukturen finden liessen. Das heisst, es gibt einzelne sehr alte Bäume, ein hohes Durchschnittsalter und grosse Altersunterschiede zwischen den Bäumen. Als kaum gestörtes Urwaldgebiet kann das Teilgebiet 6 gelten. Es finden sich hier bis zu 500-jährige Bäume. Das Durchschnittsalter beträgt über 200 Jahre und die Altersstruktur ist sehr heterogen. Die Teilgebiete 2 und 5 weisen ebenfalls urwaldähnliche Altersstrukturen auf. Die Teilgebiete 1 und 4 haben bezüglich Altersstruktur die schlechtesten Werte und wurden entweder durch Nutzung oder durch Stürme beeinträchtigt. Relativierend muss gesagt werden, dass Standortsfaktoren, wie die Bonität die Altersstruktur mitbeeinflussen. Wie stark ist nicht bekannt.

4.3.4 Vegetationsgeschichte und Einwanderung der Fichte

Der Bödmerenwald hat seinen **Ursprung** vor 7'000 Jahren. Seit der Besiedlung durch die Fichte war das Gebiet des Bödmerenwaldes **ohne Unterbrechung bewaldet**. Die Pollendiagramme zeigen einen **menschlichen Einfluss** auf das Gebiet durch das Auftreten von Heuwiesen ab dem frühen Mittelalter (ab ca. 500 n. Chr.). Im Unterschied zu vielen Regionen in der Schweiz ist der menschliche Einfluss spät und gering (erst ab Mittelalter) und gipfelt nicht in einer Kahlschlagwirtschaft, wie es sonst im 19. Jahrhundert in vielen Waldgebieten üblich war. Die menschlichen Einwirkungen auf die Vegetation im Bödmerenwald waren vor 1900 vergleichsweise gering und nahmen erst in neuerer Zeit im nördlichen Teil zu.

Die Bödmerenfichte zeigt im Vergleich zu den Fichten im übrigen Ostalpenraum eine unterschiedliche **Einwanderungsgeschichte**. Der Alpenraum wurde von Osten gegen Westen besiedelt. Im Muotathal hingegen geschah die Besiedlung von Norden her, möglicherweise von einem bisher nicht identifizierten Eiszeitrefugium. Die Hauptwanderung der Fichten im Alpenraum von Osten gegen Westen muss während dieser nördlichen Einwanderung zu einem Halt gekommen sein und sich erst später fortgesetzt haben. Dieses Einwanderungsmuster lässt sich mit den damaligen Vegetationsbedingungen und **unterschiedlichen ökologischen Anpassungen** der Fichte nördlichen und östlichen Ursprungs erklären. Die Fichten des Bödmerenwaldes stellen somit eine **besondere genetische Ressource** dar, welche es zu erhalten gilt.

4.3.5 Altwald anzeigende Organismen

Die eindruckliche Artenvielfalt und Anzahl an **Altwaldzeigern** bei den höheren Pilzen und lignicolen und epiphytischen Flechten zeigt die **Unberührtheit** des ganzen Gebietes. Es finden sich in allen Teilgebieten Altwald-Indikatorarten der Pilze und Flechten, vor allem in den Teilgebieten 1 und 4. Offensichtlich kommen auch in diesen relativ stark durch Nutzung betroffenen Gebieten genügend **Alt- und Totholzrelikte** über eine lange Zeitperiode vor, dass diese Organismen überleben konnten.

Zudem sind die **Standortsvielfalt** (Pilze) und das **Lokalklima** (Flechten) für die Artenvielfalt stark **entscheidend**. Eine geringe, punktuelle Nutzung zerstört diese Artenvielfalt nicht, eine systematische Nutzung (z.B. entfernen allen Totholzes, flächige Schläge) wäre aber problematisch.

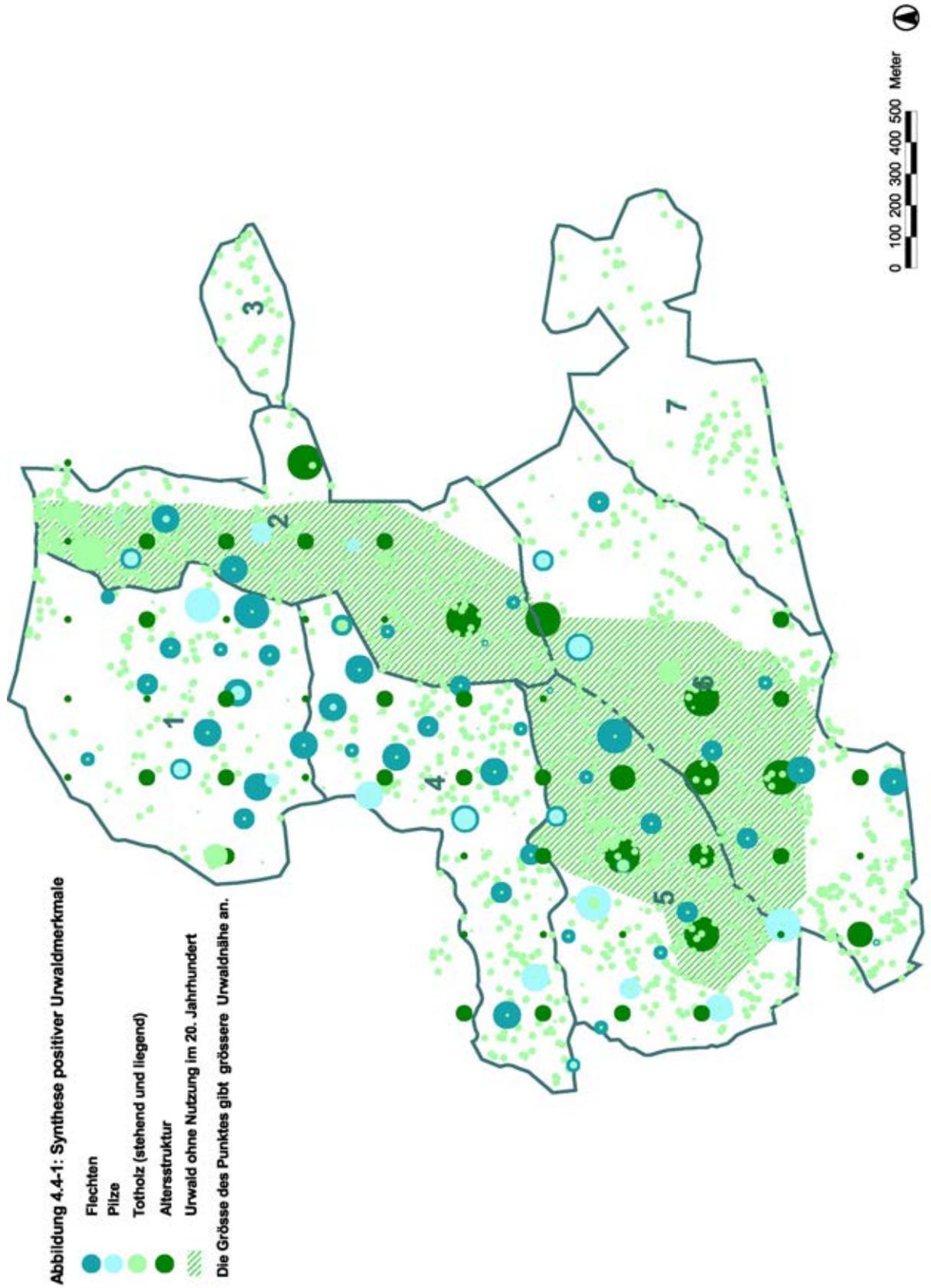
Die Region Hüenderloch, Stägen (Teilgebiet 1) bis Gschwändhütte (Teilgebiet 4) hat spezielle lokalklimatische Eigenschaften, die sich in der Flechtenvielfalt spiegelt. Ein für Flechten günstiges Lokalklima findet man in anderen Teilgebieten nur bedingt.

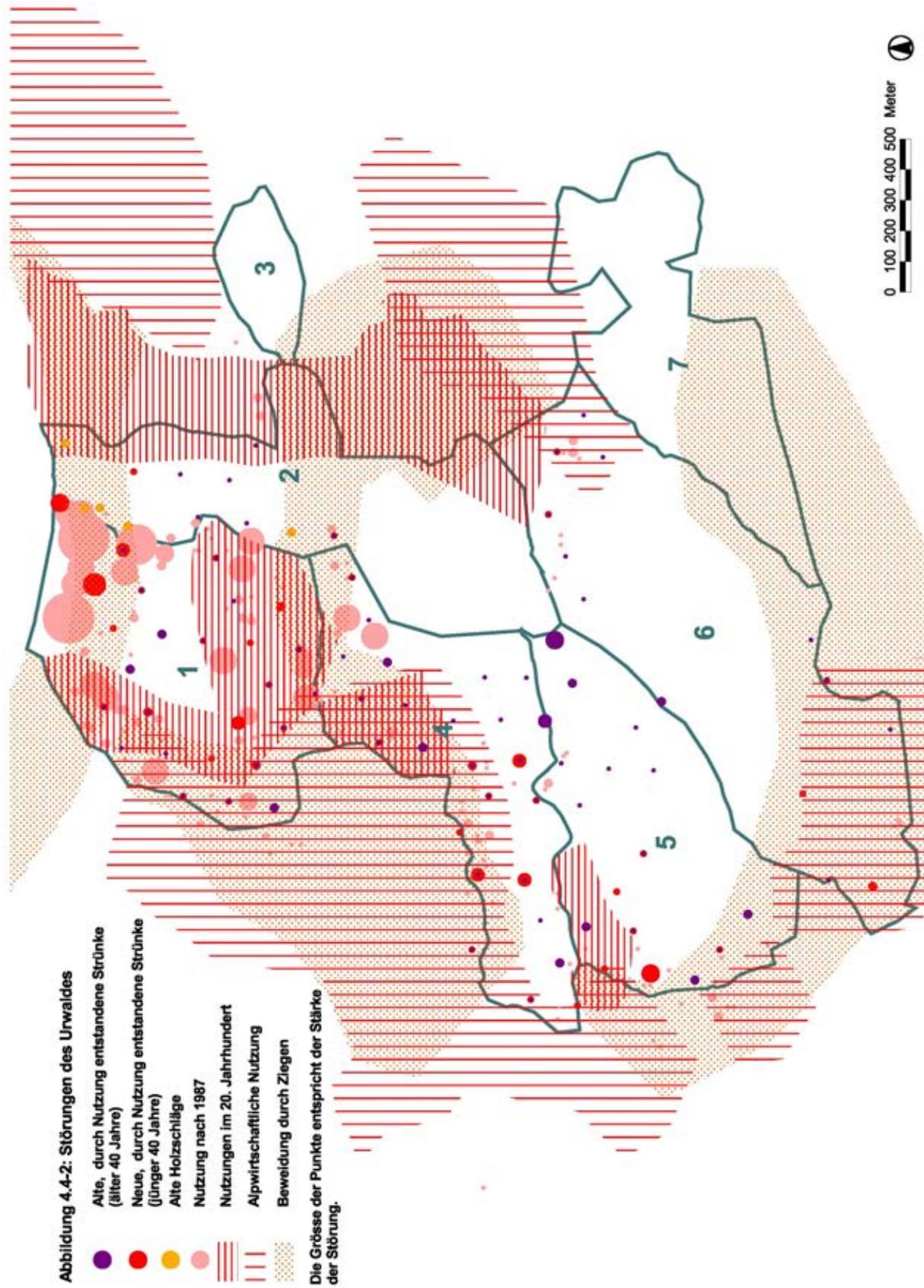
4.4 Überlagerte Karten

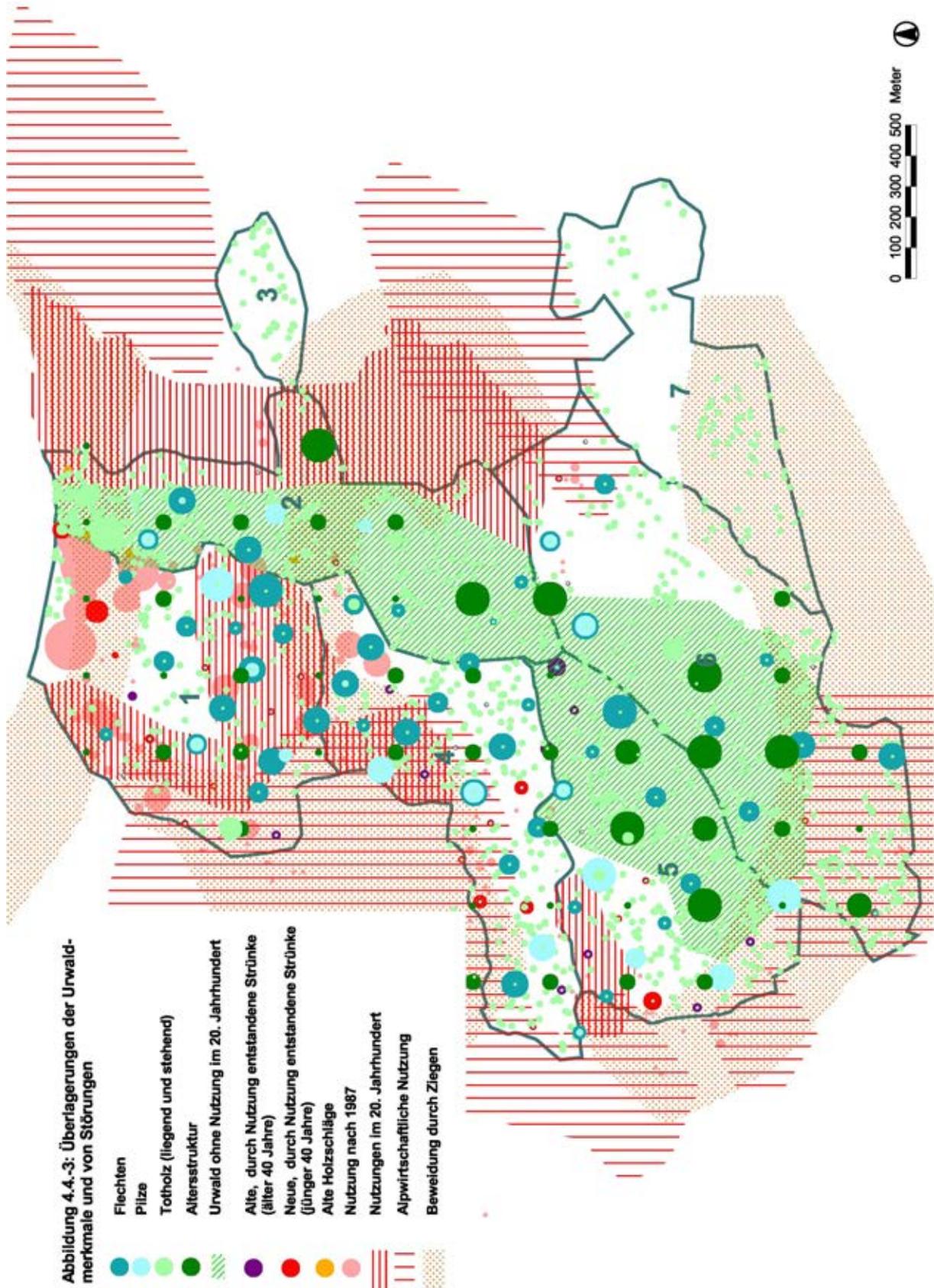
Auf der *Abbildung 4.4-1* werden alle im Kapitel 3 vorgestellten **positiven Urwaldmerkmale** überlagert und leicht vereinfacht dargestellt. Auffallend ist der grüne Bereich, in welchem gemäss Aussagen des alt Revierförsters kaum genutzt wurde. In diesem Band liegen auch die besten Werte aus der Altersuntersuchung. Die Totholzwerke sind weniger deutlich. Im Band liegen jedoch die grossen Totholzorkommen des Teilgebietes 2 und zwei Schwerpunkte von Teilgebiet 5 und 6. Die Flechten und Pilze zeigen eine andere Verteilung. Vor allem die Flechten haben einen Schwerpunkt im Teilgebiet 4 und im Süden von Teilgebiet 1, was auf lokalklimatische Faktoren zurückzuführen ist.

In *Abbildung 4.4-2* sind alle **Nutzungen und Nutzungsspuren** überlagert dargestellt. Auffallend ist der starke Einfluss im Waldrandandbereich durch die bäuerliche Nutzung. Nutzungszentren liegen im Teilgebiet 1 und 4, vereinzelt alte Nutzungsspuren und neue „Sanitärhiebe“ finden sich auch in den zentralen Bereichen von Teilgebiet 2, 5 und 6.

Die **Gesamtüberlagerung** in *Abbildung 4.4-3* zeigt, dass im Zentrum des Untersuchungsgebietes ein grosses Waldstück praktisch unberührt die Jahrhunderte überdauert hat. Grössere Störungen finden sich nur am Rand und im Teilgebiet 1 und 4. Mögliche Konfliktzonen ergeben sich in den relativ stark genutzten Teilgebieten 1 und 4 mit bedeutenden Flechtenvorkommen.







4.5 Urwald-Bereiche

Zuhanden der Praktiker soll versucht werden, aus Expertensicht eine grobe Abgrenzung von Urwaldbereichen mit unterschiedlichem Natürlichkeitsgrad für den Bödmerenwald vorzunehmen. Die hier vorgenommene Ausscheidung stützt sich auf die Aussagen des vorliegenden Berichts, insbesondere auf die Kapitel forstliche und andere Nutzungen, Totholz und Altersdifferenzierung der Bäume. Sie versucht den Istzustand zu beschreiben. Wenn möglich wurden klare, im Gelände sichtbare Grenzen gewählt.

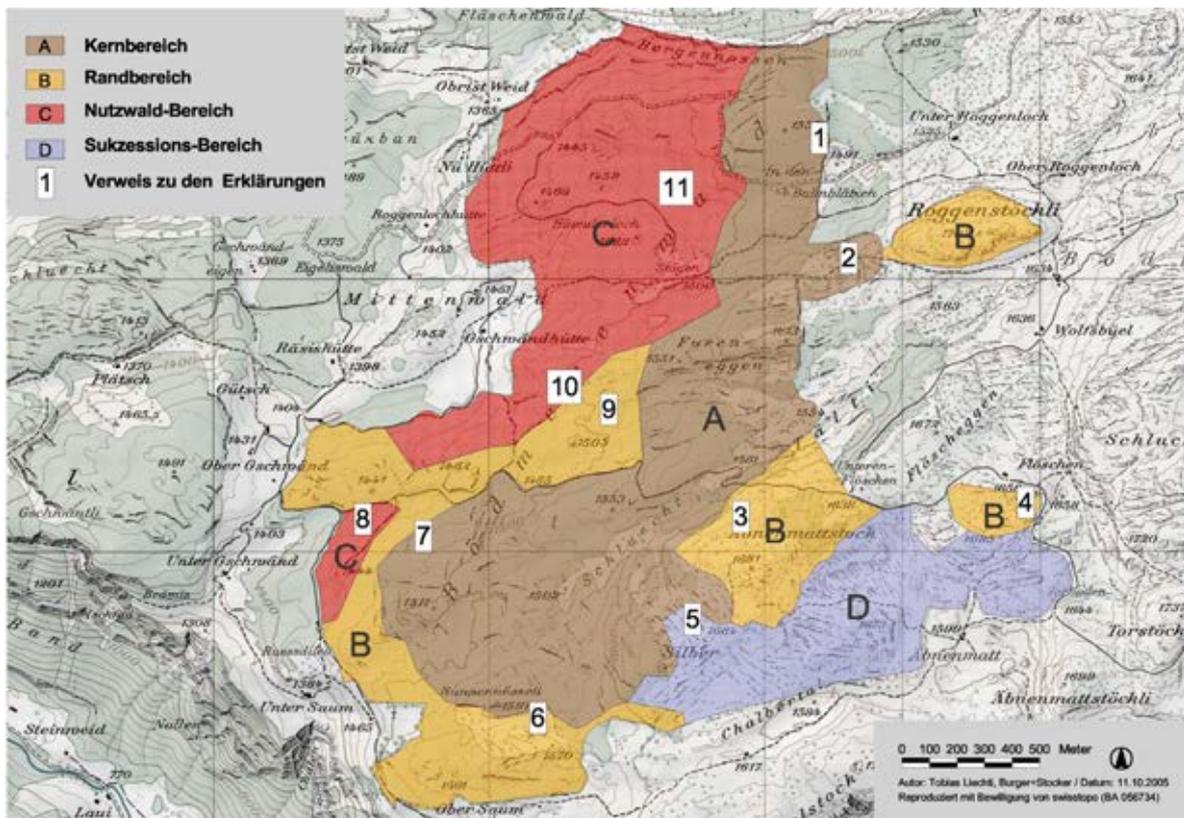


Abbildung 4.5-1: Urwaldbereiche im Bödmerenwald.

Kernbereich

Der Kernbereich umfasst den kaum berührten **Primär-Urwald**. Bei der Abgrenzung wurde auf den bestehenden Reservatperimeter Rücksicht genommen.

Randbereich

Der Randbereich grenzt an die Alpen und wird durch die **alpwirtschaftliche Nutzung seit Langem beeinträchtigt**. Dies betrifft vor allem die Entnahme von Totholz und einzelnen Bäumen (Brennholz, Hagholz, Schindeltannen) sowie die Beweidung durch Ziegen. Der Wald ist aber in seiner natürlichen Entwicklung und in seiner Struktur als Urwald mehr oder weniger intakt geblieben.

Nutzwald-Bereich

Der Nutzwald-Bereich war und ist durch **forstliche Nutzungen im grösseren Stil** geprägt. Die Waldstruktur wurde hier zum Teil stark verändert. Trotzdem finden sich immer wieder Urwaldelemente. Viele altwaldzeitige Organismen wie Flechten und Holzpilze sind noch vorhanden. Die Abgrenzung zum Randbereich ist oft schwierig zu ziehen.

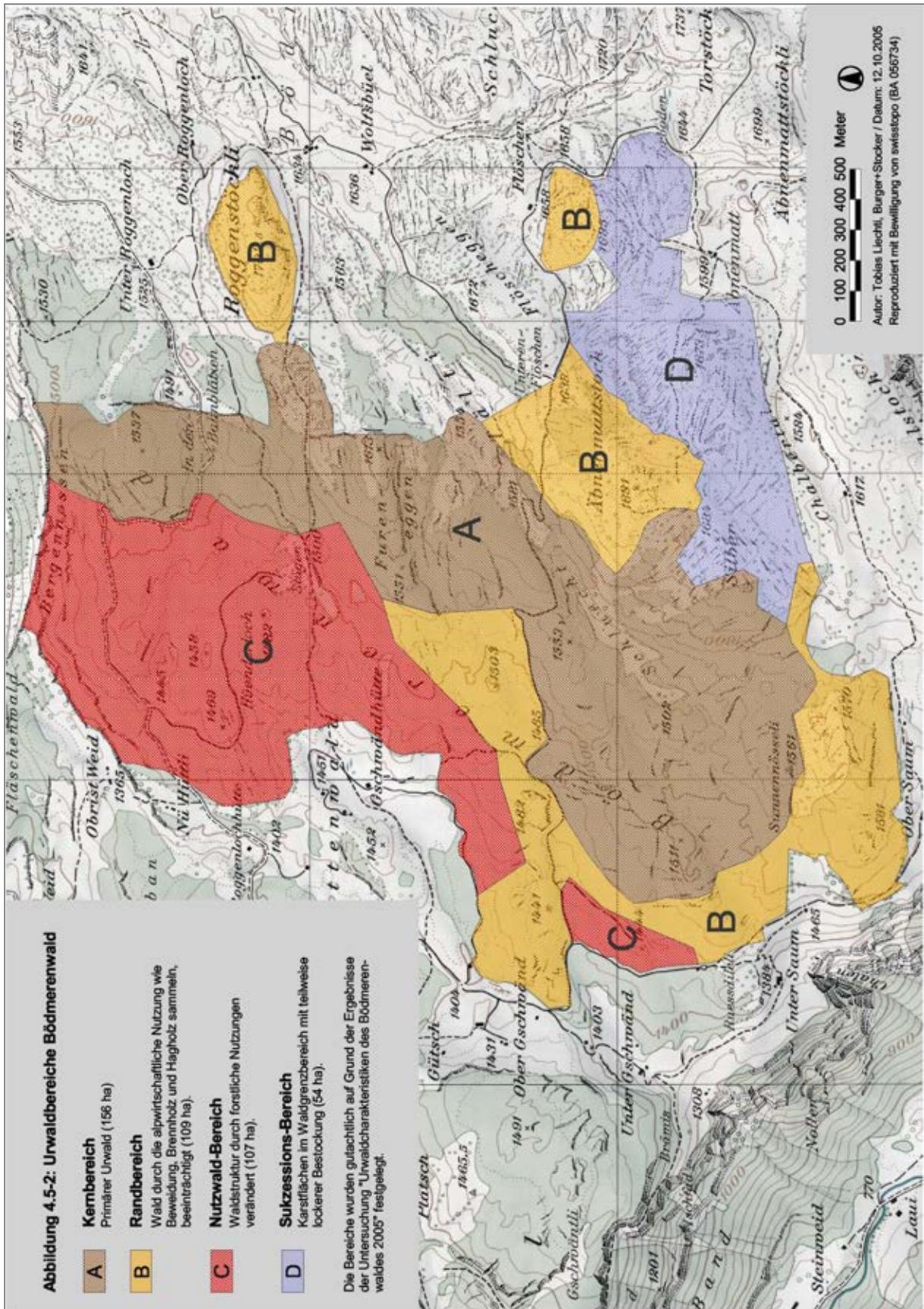
Sukzessions-Bereich

Der Sukzessions-Bereich ist nur teilweise locker mit Bäumen bestockt. Die **Bodenentwicklung** steht hier noch am Anfang. Die menschlichen Einflüsse beschränken sich auf die **Beweidung** durch Ziegen.

Erklärungen zu den Abgrenzungen

Grundsätzlich müssen fast alle Bereichsgrenzen als Übergänge aufgefasst werden. Die vorgeschlagenen Bereichsgrenzen wurden im Gelände nicht verifiziert.

1. Gemäss der Aussage von Gebietskennern waren die Nutzungen innerhalb des heutigen Reservatsperimeters marginal. Entgegen den Aussagen von alt Revierförster Schelbert (vgl. *Abbildung 3.2-1*) wird daher die Urwaldgrenze auf die Reservatsgrenze gelegt.
2. Diese kaum bestockte Fläche war vermutlich auch in der Vergangenheit, entgegen den Aussagen von alt Revierförster Schelbert (vgl. *Abbildung 3.2-1*), nicht durch Nutzung betroffen. Die gelegentliche Beweidung (Alpaufzug) wird hier für die Urwald-Bereichsausscheidung als unbedeutend eingestuft.
3. Die Wiesen und Waldstücke beim Äbnenmattstock werden alpwirtschaftlich genutzt. Zur Abgrenzung des Kernbereichs wurden möglichst im Gelände sichtbare Grenzen gewählt.
4. Dieses kleines Waldstück wurde und wird vermutlich durch die alpwirtschaftliche Nutzung beeinträchtigt.
5. Waldgrenze als natürliche Grenze zur Sukzessionsfläche
6. Im Gebiet Sunnennösseli wurden für die Grenzziehung Geländestrukturen verwendet.
7. Es wurde ein geologischer Bruch (Graben) mit Gesteinswechsel als natürliche Grenze gewählt.
8. Die Grenze zwischen Nutzwald- und Randbereich wurde ebenfalls teilweise entlang einer Bruchzone (Graben/Felsband) gezogen.
9. Die Abgrenzung zwischen Kern- und Randbereich in diesem Gebiet ist schwierig. Es wurden daher die bestehenden klar erkennbaren bzw. markierten Grenzen (Strasse, Reservat) gewählt. Bei einer allfälligen Reservatserweiterung könnte hier eine Urwald-Kernzone auch grösser ausgeschieden werden.
10. Die Abgrenzung zwischen Rand- und Nutzwaldbereich ist hier fließend, im Gelände nicht deutlich erkennbar.
11. Für die Abgrenzung von Nutzwald- und Kernbereich wurde die bestehende Reservatsgrenze gewählt. Die Geländemulde im Hüenderloch zeichnet sich durch sehr seltene Flechtenvorkommen aus, die bei der Holzernte beachtet werden sollten. Es könnte hier daher eine spezielle Flechtenzone ausgeschieden werden.



5 Weitere Untersuchungen

TOBIAS LIECHTI

5.1 Einleitung

Der Bödmerenwald gilt als einer der am besten untersuchten subalpinen Fichtenwälder in Europa. Verschiedene Untersuchungen haben sich am Rande auch mit der Frage nach der Unberührtheit befasst. Es gibt auch Knochen- und Holzfunde, die bis jetzt nicht publiziert wurden. In der folgenden Zusammenstellung werden diese Funde kurz beschrieben. Zudem wird auf drei für die Fragenstellung nach dem Urwaldcharakter interessante Untersuchungen hingewiesen.

5.2 Funde und Untersuchungen

5.2.1 Alter Stamm

Im Zusammenhang mit dem Bau eines unbewilligten Güterweges wurde im Tälchen nordöstlich der Hütte des Ober Roggenloch (LK: „Zingel“) 1994 ein Entwässerungsgraben ausgehoben. Dabei wurde ein alter Baumstamm entdeckt. An der WSL wurde eine Altersbestimmung durchgeführt. Die für die Altersbestimmung erforderliche Präparation, die Aufarbeitung und Datierung des Probenmaterials erfolgte im Radiocarbonlabor des Physikalischen Institutes der Universität Bern. Die Proben wurden mit 410 ± 20 Jahren BP datiert. Der Baum war 150 Jahre alt. Die Überdeckung des Stammes im Flachmoor betrug ca. 30 cm (KÄLIN, Briefe 1996).

5.2.2 Knochenfunde

Herr Walter Imhof aus Muotathal hat in der Höhle Hüenderbalm im Gebiet Hüenderloch einen etwa 11'000 jähriger Steinbockknochen gefunden. Ein am gleichen Ort gefundenes Knochenfragment eines Schneehuhnes ($10'700 \pm 70$ Jahre BP) weist zusammen mit dem Steinbockknochen auf offene Bestandesverhältnisse zu dieser Zeit hin.

In der gleichen Höhle wurde eine Holzkohlen-Probe (1000 ± 45 Jahre BP) gefunden. Aus dem gleichen Zeitraum stammt auch ein Ziegenknochenfund aus dem Knochenloch (Ober Saum). Diese Funde lassen auf menschliche Einflüsse im Gebiet schliessen.

5.2.3 Kleinsäuger

Im 13. Bericht der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft von 2001 wurde eine Studie zu den Kleinsäufern des Urwaldreservates Bödmeren und seiner Umgebung publiziert. Die 1996 durchgeführte Untersuchung konnte zwölf Kleinsäugerarten, darunter die Alpenwaldmaus, nachweisen. Das Untersuchungsgebiet scheint durch seine topografische und mikroklimatische Vielfalt wie durch den Spaltenreichtum des Karsts für Kleinsäuger vielfältige Lebensbedingungen zu bieten. Die ermittelte Artenzahl ist angesichts der geringen Fläche und des kleinen Höhenbereichs des Untersuchungsperimeters erstaunlich hoch (STECK et al. 2001).

5.2.4 Moosvegetation

Im 10. Bericht der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft von 1994 stellt Josef Bertram die Moosvegetation und Moosflora des Urwald-Reservates Bödmeren vor. In einer Inventurliste werden die 256 bis jetzt im Gebiet nachgewiesene Moos-Sippen vorgestellt und ihre Fundort und die geschätzte Häufigkeit ihres Vorkommens im Reservat angegeben. 24 davon stehen auf der Roten Liste

der Moose der Schweiz. Besonders erwähnenswert sind die für Europa einmalig grossen Vorkommen von *Haplomitrium hookeri*, einer phylogenetisch sehr alte Pflanze.

5.2.5 Mollusken

Im 10. Bericht der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft von 1994 stellt Margret Gosteli die Mollusken des Bödmerenwaldes und angrenzender Gebiete vor. Im Urwald-Reservat Bödmeren liessen sich 36 Schneckenarten nachweisen. Für einen subalpinen Nadelwald ist diese Artenzahl beachtlich, was vor allem auf die grosse Struktur und Standortvielfalt des Waldes zurückzuführen ist. Zu den artenreichsten Biotopen des Reservates gehören warme, trockene Felsen. Von den insgesamt 72 nachgewiesenen Arten stehen neun Arten auf der Roten Liste. Besonders ist das häufige Vorkommen von *Causa holosericea*.

6 Ausblick

TOBIAS LIECHTI UND THOMAS BURGER

Im Verlauf der Projektarbeit sind neue Fragen zur Ökologie des Bödmerenwaldes aufgetaucht. Diese können einen direkten Bezug zur Urwaldfrage haben oder eher auf die Verbesserung der Grundlagenkenntnisse abzielen. In den folgenden unvollständigen Listen sind einige Fragen und empfehlenswerte Untersuchungen zusammengestellt.

Besondere Bedeutung hätte eine dendrochronologische Studie, denn die abgesägten Strünke sind nur noch kurze Zeit in gutem Zustand erhalten. Ausserdem empfiehlt es sich, die im Jahre 2004 aufgenommenen Verjüngungsdaten auszuwerten. Der Bödmerenwald beherbergt international bedeutende Flechtenvorkommen. Vertiefte ökologische Forschung in diesem Bereich wäre sinnvoll. Der ganze Fragekomplex zur Sukzession, Waldgrenze und Bodenentwicklung sollte interdisziplinär angegangen werden.

Tabelle 6.1-1: Empfohlene weitere Untersuchungen zur Urwaldcharakteristik.

Gebiet	Gegenstand	Ziel/Fragestellung
Dendroökologie	Geräumte Fläche im Teilgebiet 1, abgesägte Strünke	Populationsstruktur und Wachstumsdynamik inkl. Verjüngung und Mortalität in einem Urwaldbestand.
Altersstruktur	Altersstruktur und Standort; Vergleich mit anderen Wäldern	Welchen Einfluss hat der Waldstandort auf die Altersstruktur? Wie sieht die Altersstruktur in einem Wirtschaftswald im Muotathal aus?
Totholz	Holzabbaurate	Wie lange dauert es, bis ein Stamm bzw. Strunk an einem bestimmten Ort abgebaut ist?
Nutzung	Archivdaten der OAK und aus anderen Quellen aufarbeiten	Lassen sich alte Nutzungen lokalisieren und quantifizieren?
Holznutzung Alpwirtschaft	Berechnung der theoretisch nötigen Holzmenge für die Käseproduktion	Wie viel Holz haben die Älpler vermutlich für ihre Wirtschaft aus dem Wald gebraucht?
Luftbilder	Luftbildreihe mit alten Luftbildern	Wie hat sich die Struktur des Bödmerenwaldes in den letzten 100 Jahren verändert?
Boden	Humusform	Wo wurde der Boden in den vergangenen Jahrhunderten beweidet?
Holz bewohnende Käfer	Bockkäfer, Prachtkäfer, Schröter, u.a.	Gibt es spezielle, auf Altwald spezialisierte Totholzkäferarten im Bödmerenwald?

Tabelle 6.1-2: Empfohlene weitere Untersuchungen zur Vertiefung der Grundlagenkenntnisse.

Gebiet	Gegenstand	Ziel/Fragestellung
Klima	Detailliertere und systematische Messungen von lokalen Klimadaten	Wie gross sind die Niederschläge? Wo gibt es Kaltluftseen und wie lange? Wie verläuft die Jahresmitteltemperatur? Extremwerte? Wo liegt die klimatisch bedingte Waldgrenze?
Boden	Bodenentwicklungsprozesse	Wie läuft die Bodenentwicklung ab? Welche Teile des Bödmerenwaldes kann man als „Klimax“ bezeichnen? Hat die Bodenentwicklung zu der festgestellten Vorratszunahme geführt?

Gebiet	Gegenstand	Ziel/Fragestellung
Waldstandorte	Zuordnen der Stichprobenpunkte zu Vegetationstypen gemäss Frey & Bichsel; Übersichtskartierung über den ganzen Perimeter	Zu welchen Standortstypen gehören die Stichprobenpunkte? Wo findet man welche Vegetation im Bödmerenwald?
Waldgrenze	Gründe für die Waldgrenze im Bödmerenwald (Klimadaten, Vegetationskunde, Dendrochronologie)	Warum sind bestimmte Flächen im Bödmerenwald nicht bestockt? Warum liegt hier die Waldgrenze? Vergleichende Untersuchungen in Referenzgebieten.
Verjüngungsökologie	Auswerten der vorhandenen Daten	Auf welchen Kleinstandorten findet Verjüngung statt (quantitativ und qualitativ)? Wie wichtig ist das Totholz für die Verjüngungsprozesse?
Waldwachstum	Auswerten der ETH-Daten aus dem Reservat	Vorrat, Zuwachs, Wachstumsverlauf, Grundflächenveränderungen, Mortalität
Waldwachstum	Inventurdaten anders auswerten	Auswertung nach anderen Teilflächen. Wie gross ist die Grundfläche?
Flechten	Statistische Auswertung zur Diversität und zu Indikatorarten; Vergleichsuntersuchung in der Umgebung; Vertiefung im Reservat; Wirkung des Lokalklimas	Ist die Flechtenflora ausserhalb des Bödmerenwaldes anders? Welche Flechten finden sich an Ästen, Gesteinen und am Boden? Wie wirkt sich das Lokalklima auf die Flechtenvielfalt aus?
Pilze	Vollständiges Pilzinventar anstreben. Räumliche Verteilung der Pilze. Abhängigkeit vom Holzabbaustadium. Vergleichsuntersuchungen	Wie gross ist die Pilzvielfalt im Bödmerenwald? Welche speziellen Funde gibt es? Mit welchen Pilzen lassen sich die Holzerfallsstadien charakterisieren? In welchen Stadien stellen sich die bisher bekannten Indikatorarten für Altwälder ein? Wie speziell ist der Bödmerenwald im Vergleich zu strukturell und klimatisch ähnlichen subalpinen Nadelwäldern (z.B. Habkern, Berner Oberland)?
Specht u. Borkenkäfer	Verteilung der Dreizehenspechte und Auftreten der Borkenkäfer	Wo findet der Dreizehenspecht im Bödmerenwald seine Nahrung?

Tabelle 6.1-3: Empfohlene weitere Untersuchungen zur Einwanderungsgeschichte.

Gebiet	Gegenstand	Ziel/Fragestellung
Genetik	Analyse eines zweiten Gens zur Verifizierung des identifizierten Musters	Wie war die Einwanderungsgeschichte der Fichte im Muothatal? Gibt es ein nicht identifiziertes Eiszeitrefugium der Fichte im Süden Deutschlands?
Pollenanalysen	Zusätzliche Pollendiagramme in der Nordostschweiz	Wie verlief die Einwanderungsrouten der Bödmerenfichte?

7. Literaturverzeichnis

7.1 Einführung

- BURGER+STOCKER 2003: Projektierungsprojekt Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes (unveröffentlicht). Stiftung Urwaldreservat Bödmeren. Rickenbach (SZ), 37 S.
- KORPEL, S. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York, 307 S.
- LEIBUNDGUT, H. 1978: Über Zweck und Probleme der Urwaldforschung. Allg. Forst-Zeitschrift Nr. 24. Sonderheft Urwald-Forschung und -Lehre. S. 683.

7.2 Untersuchungsgebiet

- BERTRAM, J. 1994: Moosvegetation und Moosflora des Urwald-Reservates Bödmeren. Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 10: 5-94.
- BETTSCHART, A. 1990: Zur Vegetation des Bödmerenwaldgebietes, Muotatal SZ. Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 13: 51-64.
- FREY, H.-U.; BICHSEL, M. 2001: Vegetationstypen und deren Verbreitung im Urwaldreservat Bödmeren. Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 13: 9-49.
- GRONER, U. 1985: Palynologie der Karsthöhlensedimente im Hölloch, Zentralschweiz. Diss. Geogr. Univ. Zürich, 172 S.
- HANTKE, R. 1995: Erdgeschichte des Bödmerenwaldes (Gemeinde Muotathal, Kt. Schwyz). 2. überarbeitete Aufl. Eidg. Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft 337: 1-32.
- SIDLER, C. 2001: Spätglaziale und holozäne Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes, Gemeinde Muotathal/SZ (Pollenanalyse). Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 13: 51-64.
- SUTTER, R.; BETTSCHART, A. 1982: Zur Flora und Vegetation der Karstlandschaft des Muotathales. Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 9: 95-100.
- THEE, P.; HANTKE, R.; KÄLIN, W.; LEIBUNDGUT, H.; SCHWARZENBACH, F. H. 1987: Das Kartenprojekt Urwald-Reservat Bödmeren 1:2000. Ber. Eidg. Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft 299: 3-41.
- VAN DER KNAAP W. O. 2003: Genetische, paläogenetische und paläoökologische Untersuchungen. in: Burger+Stocker 2003: Projektierungsprojekt Urwaldcharakteristiken des Bödmerenwaldes (unveröffentlicht). Stiftung Urwaldreservat Bödmeren, Rickenbach (SZ), 13-19.
- VON GRAEFE, G. 1992: Untersuchungen zum Vorkommen von *Betula pubescens* im Bödmerenwald (unveröffentlicht). Diplomarbeit an der Abteilung für Forstwirtschaft an der ETH Zürich.

7.3 Vorrat, Zuwachs und Bestandesstruktur

- FREY, H.-U. 2000: Urwaldreservat Bödmeren Erweiterungsprojekt – Berechnung der Entschädigung eines totalen Nutzungsverzichts (unveröffentlicht). Stiftung Urwaldreservat Bödmeren. Rickenbach (SZ). 5 S.
- KÄLIN, W. 1982: Der Bödmerenwald. Ber. Schwyz. Naturf. Ges., 8: 81-86.

7.4 Forstliche und andere Nutzungen

- BÜTLER, R.; ANGELSTAM, P.; EKELUND, P.; SCHLAEPFER, R. 2004: Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-Alpine forest. *Biological Conservation*, Vol. 119, Issue 3: 305-318.
- HESS, R. 1982: Die Vögel des Karstgebietes Bödmerenwald – Twärenenräui – Silberalp. *Ber. Schwyz. Naturf. Ges.*, 8: 87-100.
- KÄLIN, W. 1982: Der Bödmerenwald. *Ber. Schwyz. Naturf. Ges.*, 8: 81-86.
- WERMELINGER, B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *For. Ecol. Manage.*, 202: 67-82.

7.5 Totholz

- BRASSEL, P; BRÄNDLI, U.-B. (Red.) 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993 - 1995, Birmensdorf, Ber. Eidg. Forschungsanstalt Wald, Schnee und Landschaft. Verlag Paul Haupt Bern, Stuttgart, Wien, 442 S.
- HUNTER, K. L. 1990: *Wildlife, forests, and forestry*. Printice Hall, Englewood Cliffs, 370 S.
- KORPEL, S. 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York, 307 S.
- LEIBUNDGUT, H. 1982: *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, 308 S.
- SANIGA, M; SCHÜTZ, J.-P. 2001: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweiz. Z. Forstwes.* 152, 10: 407-416.

7.6 Altersdifferenzierung der Bäume

- BRÄCKER, O.-U. 1981: Der Alterstrend bei Jahrringdichten und Jahrringbreiten von Nadelhölern und sein Ausgleich. *Mitt. Forstl. Bundes-Vers.* Augst. Wien 142, 75-102.
- GABRIEL, J.; BRÄCKER, O.-U.; MATTER, J.-F. 2001: Alterstruktur und Wachstum anhand geworfener Bäume auf einer Windwurflläche im Waldreservat Bödmeren. *Schweiz. Z. Forstwesen* 152, 2: 61-70.
- GÖTZ, M. 2001: Baumalterzusammensetzung und Absterbeprozess in einer ausgewählten Teilfläche des Waldreservates Scatlé / Brigels. Diplomarbeit im Fachbereich Waldbau, ETH Zürich. 66 S.
- HILLGARTER, F. W. 1971: Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald Scatlé/Brigels. Beiheft *Schweiz. Z. Forstwesen* Nr. 48, 80 S.
- HITZ, O. 2003: Boden- und Dendroökologische Untersuchungen zum Vegetationsmosaik auf Karstflächen in den Kurfürsten. Diplomarbeit im Fachgebiet Gebirgswaldökologie, ETH Zürich. 63 S.
- HORAT, S. 2001: Altersuntersuchung Bödmerenwald Muotathal. (unveröffentlicht). Stiftung Urwaldreservat Bödmeren. Rickenbach (SZ), 9 S.
- KORPEL, S. 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York, 310 S.
- KRAL, F.; MAYER, H. 1969: Pollenanalytische Beiträge zur Geschichte des Naturwaldreservates Brigels/Scatlé (Graubünden). *Schweiz. Z. Forstwesen* 119, 3: 121-125.

- LEIBUNDGUT, H. 1993: Europäische Urwälder. Verlag Paul Haupt Bern. 260 S.
- MANDALLAZ, D.: Mathematiker, Forstliches Ingenieurwesen ETH, Zürich. Mündliche Mitteilung.
- MOTTA, R.; NOLA, P.; PIUSSI, P. 1999: Structure and stand development in three subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Paneveggio (Trento, Italy). *Global Ecology and Biogeography* 8: 455-471.
- NIKLASSON, M. 2002: A comparison of three age determination methods for suppressed Norway spruce: implications for age structure analysis. *Forest Ecology and Management* 161: 279-288.
- PFISTER, CH. 1999: Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen. Verlag Paul Haupt Bern.

7.7 Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes

- BEAULIEU, J.-L. DE 1977: Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et Holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. PhD Thesis. Univ. Aix-Marseille, France: 358 p.
- BURGA, C. A.; HUSSENDÖRFER, E. 2001: Vegetation history of *Abies alba* Mill. (silver fir) in Switzerland – pollen analytical and genetic surveys related to aspects of vegetation history of *Picea abies* (L.) H. Karsten (Norway spruce). *Vegetation History and Archaeobotany* 10 (3): 151-159.
- BURGA, C. A.; PERRET, R. 1998: Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. Ott Verlag Thun, 805 S.
- CLERC, J. 1988: Recherches pollenanalytiques sur la paléo-écologie Tardiglaciaire et Holocène du Bas-Dauphiné. PhD Thesis. Univ. St. Jérôme, Marseille, France, 179 p.
- FAEGRI, K.; KALAND, P.; KRZYWINSKI, J. 1969: Textbook of pollen analysis (fourth edition). Chichester: John Wiley, 328 S.
- HUNTLEY, B.; BIRKS, H. J. B. 1983: An atlas of past and present maps for Europe: 0–13000 years ago. Cambridge University Press, Cambridge, 667 S.
- KORPEL, S. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- LANG, G. 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas – Methoden und Ergebnisse. Gustav Fischer, Jena, 462 S.
- MARKGRAF, V. 1970: Palaeohistory of the Spruce in Switzerland. *Nature* 228: 249–251.
- MITCHELL, E. A. D.; VAN DER KNAAP, W. O.; VAN LEEUWEN, J. F. N.; BUTTLER, A.; WARNER, B. G.; GOBAT, J.-M. 2001: The palaeoecological history of the Praz-Rodet bog (Swiss Jura) based on pollen, plant macrofossils and testate amoebae (Protozoa). *The Holocene* 11: 65–80.
- NAKAGAWA, T. 1998: Etudes palynologiques dans les Alpes françaises centrales et méridionales: histoire de la végétation tardiglaciaire et Holocène. PhD Thesis, Marseille, 211 S.
- SIDLER, C. 2001: Spätglaziale und holozäne Vegetationsgeschichte des Bödmerenwaldes, Gemeinde Muotathal/SZ (Pollenanalyse). *Urwaldreservat Bödmeren. Ber. Schwyz. Naturf. Ges.* 13: 51–64.
- VAN DER KNAAP, W. O.; VAN LEEUWEN, J. F. N.; FANKHAUSER, A.; AMMANN, B. 2000: Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits: chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories. *Review of Palaeobotany and Palynology* 108: 85–143.
- VAN DER KNAAP, W. O.; VAN LEEUWEN, J. F. N.; FINSINGER, W.; GOBET, E.; PINI, R.; SCHWEIZER, A.; VALSECCHI, V.; AMMANN, B. 2005: Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea*, and *Quercus* since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews* 24: 645–680.

- WELTEN, M. 1982A: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern – Wallis. Textheft / Diagrammheft. Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 95, 104 S.
- WELTEN, M. 1982B: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schweizerischen Nationalparks. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark, XVI/80, 1–43.

7.8 Einwanderungsgeschichte der Bödmerenfichte

- GUGERLI, F.; SPERISEN, C.; BÜCHLER, U.; MAGNI, F.; GEBUREK, T.; JEANDROZ, S.; SENN, J. 2001: Haplotype variation in a mitochondrial tandem repeat of Norway spruce (*Picea abies*) populations suggests a serious founder effect during postglacial re-colonization of the Western Alps. *Molecular Ecology* 10, 1255-1263.
- HUNTLEY, B.; BIRKS, H. J. B. 1983: An atlas of past and present maps for Europe: 0-13000 years ago. Cambridge, Cambridge University Press.
- SPERISEN, C.; BÜCHLER, U.; GUGERLI, F.; MÁTYÁS, G.; GEBUREK, T.; VENDRAMIN, G. G. 2001: Tandem repeats in plant mitochondrial genomes: application to the analysis of population differentiation in the conifer Norway spruce. *Molecular Ecology* 10, 257-263.
- VAN DER KNAAP, W. O.; VAN LEEUWEN, J. F. N.; FINSINGER, W.; GOBET, E.; PINI, R., SCHWEIZER, A.; VALSECCHI, V.; AMMANN, B. 2005: Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea*, and *Quercus* since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews* 24: 645–680.

7.9 Epiphytische und lignicole Flechten

- BRODO, I. M.; DURAN SHARNOFF, S.; SHARNOFF, S. 2001: Lichens of North America. Yale University Press, New Haven and London, 795 p.
- CAMENZIND-WILDI, R.; CLERC, P.; GRONER, U.; RUOSS, E.; VONARBURG, C.; WILDI CAMENZIND, E. 1996: Epiphytische Flechtenflora. Interdisziplinäres Forschungsprojekt Ibergereg. Ber. Schwyz. Naturf. Ges. 11: 77-86.
- CAMENZIND, R.; WILDI, E. 1991: Die epiphytische Flechtenflora des Gurnigel-Gantrischgebietes (BE). *Bot. Helv.* 101, 2: 183-197.
- DETTKI, H.; ESSEEN, P.-A. 1998: Epiphytic macrolichens in managed and natural forest landscapes: a comparison at two spatial scales. *Ecography* 21, 6: 613-624.
- ESSEEN, P.-A.; ERICSON, L.; LINDSTRÖM, H.; ZACKRISSON, O. 1981: Occurrence and ecology of *Usnea longissima* in central Sweden. *Lichenologist* 13, 2: 177-190.
- GRONER, U. 1990: Die epiphytischen Makroflechten im Bödmerenwaldgebiet, Muotatal SZ. Ber. Schwyz. Naturf. Ges. 9: 77-93.
- GRONER, U.; CLERC, P. 1988: Ausgewählte Beispiele zur Flechtenflora des Bödmerenwaldes, Schwyz (Zentralschweiz). *Bot. Helv.* 98: 15-26.
- HOLIEN, H. 1996: Influence of site and stand factors on the distribution of crustose lichens of the Caliciales in a suboceanic spruce forest area in central Norway. *Lichenologist* 28, 4: 315-330.
- JOHANSSON, P.; GUSTAFSSON, L. 2001: Red-listed and indicator lichens in woodland key habitats and production forests in Sweden. *Can. J. For. Res.* 31, 9: 1617-1628.
- LESICA, P.; MCCUNE, B.; COOPER, S. V.; HONG, W. S. 1991: Differences in lichen and bryophyte communities between old-growth and managed second-growth forests in the Swan Valley, Montana. *Can. J. Bot.* 69: 1745-1755.

- NILSSON, S. G.; HEDIN, J.; NIKLASSON, M. 2001: Biodiversity and its assessment in boreal and nemoral forests. *Scan. J. For. Res. Suppl.* 3: 10-26.
- NIMIS, P. L.; SCHEIDEGGER, C.; WOLSELEY, P. A. 2002: Monitoring with lichens – monitoring lichens. An introduction. In Nimis, P. L., Scheidegger, C.; Wolseley, P. A. (Eds.): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. NATO Science Series IV. Earth and Environmental Sciences 7. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 1-4.
- PURVIS, O. W.; COPPINS, B. J.; HAWKSWORTH, D. L.; JAMES, P. W.; MOORE, M. (Eds.) 1992: *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications and the British Lichen Society, London, 710 p.
- ROSE, F. 1976: Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. In Brown, D. H.; Hawksworth, D. L.; Bailey, R. H. (Eds.): *Lichenology. Progress and Problems*. Academic Press, London, 279-307.
- ROSE, F.; COPPINS, S. 2002: Site assessment of epiphytic habitats using lichen indices. In Nimis, P. L., Scheidegger, C.; Wolseley, P. A. (Eds.): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. NATO Science Series IV. Earth and Environmental Sciences 7. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 343-348.
- SCHEIDEGGER, C.; CLERC, P. 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Baum- und erdbewohnende Flechten. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, und Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève CJBG. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt, 124 S.
- SCHEIDEGGER, C.; GRONER, U.; KELLER, C.; STOFER, S. 2002: Biodiversity assessment tools – lichens. In Nimis, P. L.; Scheidegger, C.; Wolseley, P. A. (Eds.): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. NATO Science Series IV. Earth and Environmental Sciences 7. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 359-365.
- SELVA, S. B. 1994: Lichen diversity and stand continuity in the northern hardwoods and spruce-fir forests of northern New England and western New Brunswick. *Bryologist* 97, 4: 424-429.
- SELVA, S. B. 2002: Indicator species – restricted taxa approach in coniferous and hardwood forests of Northeastern America. In Nimis, P. L.; Scheidegger, C.; Wolseley, P. A. (Eds.): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. NATO Science Series IV. Earth and Environmental Sciences 7. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 349-352.
- SUTTER, R.; BETTSCHART, A. 1982: Zur Flora und Vegetation der Karstlandschaft des Muotatales. *Ber. Schwyzerische Nat.forsch. Ges.* 8: 13-79.
- TIBELL, L. 1992: Crustose lichens as indicators of forest continuity in boreal coniferous forests. *Nord. J. Bot.* 12, 4: 427-450.
- WILDI, E.; CAMENZIND, R. 1990: Die epiphytischen Flechten des Gurnigel-Gantrischgebietes. unpubl. Lizentiatsarb., Syst.-Geobot. Inst., Universität Bern, 242 S.
- WIRTH, V. 1995: Flechtenflora. Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. UTB 1062, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 661 S.

7.10 Höhere Pilze

- ABER, J. D.; MELILLO, J. M. 1991: *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- BERNICCHIA, A. 1990: *Polyporaceae s.l. in Italia*. Istituto di Patologia Vegetale, Bologna.
- BIDAUD, A.; HENRY, R.; MOENNE-LOCCOZ, P.; REUMEUX, P. 1991-2003: *Atlas des Cortinaires. Parties I-XII*. Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie.
- BOLLMANN, A.; GMINDER, A.; REIL, P. 2002: *Abbildungsverzeichnis europäischer Grosspilze (3. Auflage)*. Jahrbuch der Schwarzwälder Pilzlehrschau. Hornberg, Vol. 2

- BRANDRUD, T. E.; LINDSTRÖM, H.; MARKLUND, H.; MELOT, J.; MUSKOS, S. 1989-1998: *Cortinarius* Flora Photographica. HB, Matfors, Schweden.
- BREITENBACH, J.; KRÄNZLIN, F. 1981-2000: Pilze der Schweiz. Bände 1-5. Mykologia, Luzern.
- DAHLBERG, A.; CRONEBORG, H. 2003: 33 threatened fungi. Complementary and revised information on candidates for listing in Appendix I of the Bern Convention. T-PVS rev. Strasbourg.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR MYKOLOGIE (DGFM) UND DEM NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND (NABU) 1992: Rote Liste der gefährdeten Grosspilze in Deutschland. Hrsg.: Naturschutz Spezial.
- ERIKSSON, J.; HJORTSTAM, K.; RYVARDEN, L. 1978-1988: The Corticiaceae of North Europe. Fungiflora, Oslo, Vol. 1-8.
- GUSTAFSSON, L.; DE JONG, J.; NORÉN, M. 1999: Evaluation of Swedish woodland key habitats using red-listed bryophytes and lichens. Biodiversity and Conservation 8: 1101-1114.
- HALLENBERG, N.; ERIKSSON, J. 1985: The Lachnocladiaceae and Coniophoraceae of North Europe. Fungiflora, Oslo.
- HEILMANN-CLAUSEN, J. 2003: Wood-inhabiting fungi in Danish deciduous forests. PhD thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg C.
- HOLEC, J. 2003: Auf natürliche, vom Menschen nur minimal beeinflusste Vegetation beschränkte Großpilze. Fritschiana 42: 25-27.
- HOPKINSON, P.; TRAVIS, J. M. J.; EVANS, J.; GREGORY, R. D.; TELFER, M. G.; WILLIAMS, P. H. 2001: Flexibility and the use of indicator taxa in the selection of sites for nature reserves. Biodiversity and Conservation 10: 271-285.
- JONSSON, B. G. 2000: Availability of coarse woody debris in a boreal old-growth *Picea abies* forest. Journal of vegetation Science 11: 51-56.
- JÜLICH, W. 1984: Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze. In: Gams, H. (Hrsg.): Kleine Kryptogamenflora. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Band IIB/1.
- KARSTRÖM, M. 1992: Steget före – en presentation. Svensk Botanisk Tidskrift 86: 103-114.
- KÖLJALG, U. 1996. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in Temperate Eurasia. Synopsis Fungorum 9: 1-213.
- KOST, G. 1991: Zur Ökologie und Bioindikatorfunktion von Pilzarten in einigen Bannwäldern Baden-Württembergs, nebst Vorschlägen zum Artenschutz von Pilzen. Schriftenreihe Vegetationskunde 21: 161-182.
- KOTIRANTA, H.; NIEMELÄ, T. 1993: Uhanalaiset käävät Suomessa. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (Hrsg.) 2000-2003: Die Grosspilze Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, Bände 1-4.
- KRISAI-GREILHUBER, I. 1999: Rote Liste der gefährdeten Grosspilze Österreichs. In: Niklfeld, H. (Hrsg.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. 2. Auflage. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie Bd. 10.
- KRUYSS, N.; JONSSON, B. G. 1999: Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden. Canadian Journal of Forestry Research 29: 1295-1299.
- LINDHE, A.; ÅSENBLAD, N.; TORESSON, H.-G. 2004: Cut logs and high stumps of spruce, birch, aspen and oak – nine years of saproxylic fungi succession. Biological Conservation 119: 443-454.
- KÜFFER, N.; SENN-IRLET, B. 2003: Holzbewohnende Pilze in Schweizer Wäldern. Projektbericht zu Handen BUWAL, Eidgenössische Forstdirektion.
- MOSER, M. 1983: Die Röhrlinge und Blätterpilze. In: Gams H. (Hrsg.): Kleine Kryptogamenflora. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Band IIB/2.
- NIEMELÄ, T.; RENVALL, P.; PENTILLÄ, R. 1995: Interactions of fungi at late stages of wood decomposition. Annales Botanici Fennici 32: 141-152.

- NITARE, J. (Hrsg.) 2000: Signalarter – Indikatoren pa skyddsvärd skog, flora över kryptogamer. Skogsstyrelsens Forlag, Jönköping
- NITARE, J.; NORÉN, M. 1992: Nyckelbiotoper kartläggs i nytt projekt vid Skogsstyrelsen. Svensk Botanisk Tidskrift 86: 219-226.
- NORDSTEDT, G.; BADER, P.; ERICSON, L. 2001: Polypores as indicators of conservation value in Corsican pine forests. Biological Conservation 99: 347-354.
- PETERKEN, G. F. 1996: Natural Woodland – Ecology and Conservation in Northern temperate regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- PRENDERGAST, J. R.; QUINN, R. M.; LAWTON, J. H.; EVERS HAM, B. C.; GIBBONS, D. W. 1993: Rare Species, the Coincidence of Diversity Hotspots and Conservation Strategies. Nature 365: 335-337.
- PRIMACK, R. B. 1995: Naturschutzbiologie. Spektrum Verlag, Heidelberg.
- SENN-IRLET, B. 1994: Die Höheren Pilze des Bödmerenwaldes. Berichte der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft 10: 95-111.
- SENN-IRLET, B.; BIERI, G. 1999: Sporocarp succession of soil-inhabiting macrofungi in an autochthonous subalpine Norway spruce forest of Switzerland. Forest Ecology and Management 124: 169-175.
- SENN-IRLET, B.; BIERI, C.; HERZIG, R. 1997: Provisorische Rote Liste der gefährdeten Höheren Pilze der Schweiz. Mycologia Helvetica 9: 81-110.
- SENN-IRLET, B.; BIERI, B.; DE MARCHI, R.; MÜRNER, R.; ROEMER, N. 2003: Einblicke in die *Cortinarius*flora von Schweizer Wäldern. Journal des J.E.C. 5: 37-53.
- TIBELL, L. 1992: Crustose lichens as indicators of forest continuity in boreal coniferous forests. Nordic Journal of Botany 12: 427-450.
- WINTERHOFF, W. 1984: Analyse der Pilze in Pflanzengesellschaften, insbesondere der Makromyzeten. In: Knapp R. (Hrg.): Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Junk, Den Haag, 227-248.
- WSL 2004: Datenbank FUNGUS, Datenbankauszug vom 20. Oktober 2004. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- WULF, M. 1997: Plant species as indicators of ancient woodland in northwestern Germany. Journal of Vegetation Science 8: 635-642.

7.11 Synthese

- KORPEL, S. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York, 307 S.
- LEIBUNDGUT, H. 1982: Europäische Urwälder der Bergstufe. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, 308 S.

7.12 Weitere Untersuchungen

- BERTRAM, J. 1994: Moosvegetation und Moosflora des Urwald-Reservates Bödmeren. Ber. Schwyz. Naturf. Ges. 10: 5-94.
- GOSTELI, M. 1994: Die Mollusken des Bödmerenwaldes und angrenzender Gebiete. Ber. Schwyz. Naturf. Ges. 10: 133-149.
- STECK, P.; WÜST, M.; HESS, R.; GÜTTINGER, R. 2001: Die Kleinsäuger des Urwaldreservats Bödmeren und seiner näheren Umgebung (Schwyzer Nordalpen, Kanton Schwyz). Ber. Schwyz. Naturf. Ges. 13: 65-83.

Anhang

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einführung
 - 1.1 Aufwände
- 2 Vorrat und Zuwachs
 - 2.1 Legenden Inventurdaten 1974 und 1998
 - 2.2 Inventurdaten Probefläche 1974 und 1998
 - 2.3 Inventurdaten Bäume 1974 und 1998
- 3 Totholz und Nutzungsspuren
 - 3.1 Legende Aufnahme 2004
 - 3.2 Aufnahmeformular 2004
 - 3.3 Aufnahmemethode 2004
 - 3.4 Daten Probeflächen, Totholz und Nutzungsspuren 2004
- 4 Forstliche Nutzungen
 - 4.1 Daten forstliche Nutzungen
- 5 Altersdifferenzierung der Bäume
 - 5.1 Altersdaten Einzelbäume
 - 5.2 Altersdaten Probeflächen
- 6 Epiphytische und lignicole Flechten
 - 6.1 Aufnahmeformular
- 7 Höhere Pilze
 - 7.1 Artenlisten und Standort
 - 7.2 Artenliste und Analyse
- 8 Fotos von den Probeflächen 2004
 - 8.1 Bemerkungen zu den Fotos
 - 8.2 Fotos aller Probeflächen