



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

"Struktur und Dynamik in einer naturnahen, totholzreichen Waldzelle im Nationalpark Gesäuse"

Diplomarbeit

von

Franz DIETHARDT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur der Forstwirtschaft (Dipl.-Ing.)

Betreuer/ Beurteiler: Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Georg Gratzner
Mitbetreuer: Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Michael Grabner

eingereicht im
Dezember 2007

Institut für Waldökologie

der Universität für Bodenkultur, Wien

Ich widme diese Diplomarbeit
meinem Sohn Andreas
und meiner Frau Helga

Danksagung

Ich möchte mich bei Dr. Georg Gratzner vom Institut für Waldökologie bedanken, der die Betreuung dieser Arbeit in freundschaftlicher Art und Weise übernahm.

Weiters danke ich Dr. Michael Grabner und seinem Team vom Institut für Holzforschung für die Hilfe bei den dendroökologischen Untersuchungen.

Ich möchte mich auch bei Mag. Daniel Kreiner von der Nationalparkverwaltung bedanken, der mir die Möglichkeit schuf, eine Diplomarbeit über einen Teil dieser wunderbaren Gebirgslandschaft im Nationalpark Gesäuse zu machen.

Den Steiermärkischen Landesforsten danke ich für die Bereitstellung der kleinen Jagdhütte im Untersuchungsgebiet und für die Fahrerlaubnis zur Sulzkaralm.

Einen besonderen Dank möchte ich Herrn Josef Wolf, vulgo Wolfbauer, für seine bereitwillige Auskunft über die Wirtschaftsweise auf seiner ehemaligen Alm überreichen.

Meinen Eltern möchte ich danken, dass ich in dieser wunderschönen Gesäuseregion aufwachsen durfte.

Ein ganz besonders herzlicher Dank gilt meiner Frau Helga, die mir immer während meines Studiums zur Seite stand und mich unterstützte. Bei dieser Arbeit half sie mir bei den Aufnahmen im Gelände und übernahm das Korrekturlesen.

Kurzfassung

In einem 52 ha großen subalpinen Fichten-Lärchen-Zirbenwald im Gesäuse wurden Inventurdaten erhoben, um daraus Bestandesstrukturtypen abzuleiten und die treibenden Faktoren für Baumartenzusammensetzung und die Bestandesstruktur zu quantifizieren. Um sukzessionale Prozesse abschätzen zu können, wurde eine Aufnahme von Bestandeslücken durchgeführt. Darüber hinaus wurden die lückenerzeugenden und lückenschließenden Bäume erhoben und daraus Übergangswahrscheinlichkeiten der Baumarten berechnet. Zusätzlich wurden von 124 Bäumen Bohrkerne entnommen, um das Baum- und Bestandesalter zu ermitteln. Anhand der Jahrringverläufe wurden Freistellungsereignisse abgeschätzt, die durch Störereignisse ausgelöst wurden. Mit multivariaten statistischen Methoden konnten drei Strukturtypen gebildet werden. Strukturtyp 1 wurde als "Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand" charakterisiert und ist vor allem an jenen Flächen zu finden, wo früher Waldweide mit regelmäßiger Schwendung von Grünerle und Latsche stattgefunden hat. Strukturtyp 2 ist ein "Fichtendominierter Bestand" und umfasst 20 ha. Dieser Strukturtyp liegt größtenteils im nordöstlichen Teil der Untersuchungsfläche und ist nur gering anthropogen beeinflusst. Anhand der Höhe und Variation der Strukturmaße im Typ 3, der stammzahlarm und fichtendominiert ist, kann auf unterschiedliche Bestandesentwicklungsphasen geschlossen werden. Das Totholzvolumen auf der gesamten Untersuchungsfläche beträgt 20% des gesamten Holzvorrates. Drei Viertel des Totholzvolumens sind liegendem Totholz zuzuordnen und stehen ab Erreichung eines bestimmten Abbaugrades der Verjüngung als ansamungsgünstiger Kleinstandort zur Verfügung. Stürme sind die vorherrschende Störungsursache auf der Untersuchungsfläche und es dominieren kleine Bestandeslücken mit weniger als 10 m Durchmesser. Durchschnittlich konnte aus den dendroökologischen Untersuchungen alle 20-40 Jahre ein Freistellungsereignis detektiert werden. In Strukturtyp 1 wurde ein Baumartenwechsel von Fichte zur Lärche festgestellt. Vor allem in Strukturtyp 3 werden ausfallende Lärchen von Fichten ersetzt. Dieser Trend wird durch die Aufgabe der Almwirtschaft verstärkt. Aufgrund der geringen anthropogenen Beeinflussung im nordöstlichen Teil der Untersuchungsfläche, kann rund 24 ha als Urwaldrest angesehen werden. Die restlichen 28 ha sind aufgrund der ehemaligen Almbewirtschaftung als naturnaher Wald zu klassifizieren, der sich bei tragbaren Schalenwildständen wieder in Richtung eines Urwaldes entwickeln kann.

Schlagwörter: Bestandesstruktur, Bestandesdynamik, Lückendynamik
Störungsgeschichte, subalpiner Nadelwald, Nationalpark Gesäuse

Abstract

In the Gesäuse mountains, 52 ha of subalpine conifer stands were investigated. Stand structural types were formed based on inventory data and on multivariate statistical data analysis. The driving factors for stand structure and species composition were quantified. With a gap study, a gapmaker / gapfiller transition matrix was constructed and transition probabilities were calculated. Dendroecological methods were used for characterising the disturbance regime using tree cores from 124 trees. The running mean method was used for defining release events and additionally. Three different stand structural types could be discriminated. Structural type 1 is dominated by larch and a high stem density. It is predominantly located in areas, which were used for forest pastures and periodical clearing of the dwarf-pine and alder. In stand structural type 2, the dominant tree species is spruce. It is situated at the north-eastern part of the study site and encompasses about 20 hectare. The human impact is low in this type. Stand structural type 3 is characterised by large spruces and low stem densities. It reflects different stand development phases in a fine scales mosaic in the studied forest. The dead wood volume was 20% of the total volume, 75% of which are downed dead wood. Depending on the degree of decomposition it provides important safe sites for seed germination. Windstorms are the main drivers of stand dynamics, small gaps with a diameter up to 10 m predominate. Maximum ages of trees were 424 years. The created gaps were detected as release events in surviving neighbouring trees. Each tree experiences multiple release events with an average of 20–40 years of release free periods. The rather fine scaled disturbance regime causes a resulting fine scaled mosaic of gap dynamics and leads to a small scale and continuous change of tree composition in the studied forests. In structural type 1, a species change from spruce to larch was observed. Due to only minor human disturbances in the north-eastern part of the study site, an area of about 24 hectare could be determined as a virgin forest. The rest of the area is in early successional stages after abandonment of the ancient practice of pasture management. In the course of succession, larch will be replaced by spruce in the lower altitudes and by stone pine in the higher altitudes. Provided that red deer population densities are kept at moderate levels, these forests will develop into late successional natural forests.

Keywords: stand structure, stand dynamics, gap dynamics, disturbance history, subalpine conifer forest, Gesäuse National Park

1. EINLEITUNG	1
1.1. Zielsetzung und Fragestellungen	5
2. UNTERSUCHUNGSGEBIET	6
2.1. Geographische Lage.....	7
2.2. Geologie.....	8
2.3. Klima	9
2.3.1. Niederschlag	11
2.3.2. Temperatur	12
2.3.3. Wind.....	15
2.4. Wuchsgebiet.....	16
2.4.1. Geomorphologie	16
2.4.2. Böden.....	16
2.4.3. Höhenstufe.....	17
2.4.4. Natürliche Waldgesellschaft.....	17
2.5. Aktuelle Waldgesellschaft im Untersuchungsgebiet	18
2.5.1. Beschreibung der Baumarten in der Untersuchungsfläche.....	20
2.6. Die Wirtschafts- und Landnutzungsgeschichte in der Gesäuseregion	23
2.6.1. Die Geschichte der Zinödlalm	25
2.6.2. Mündlicher Bericht über die Wirtschaftsweise auf der Zinödlalm	25
3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN	28
3.1. Aufnahmedesign	28
3.1.1. Probpunkte und Probeflächen.....	28
3.1.2. Transekte	30
3.2. Aufnahmemethoden.....	31
3.2.1. Aufnahmeparameter im Makrorelief $R > 30$ m	31
3.2.2. Aufnahmeparameter im Mesorelief $R = 30$ m.....	32
3.2.3. Aufnahmeparameter in der Probefläche $R = 10$ m.....	32
3.2.4. Aufnahme der Wildökologischen Bestandestypen (WÖBT):	34
3.2.5. Erhebung im Verjüngungstreifen 4×5 m	35

3.2.6.	<i>Aufnahme der Einzelbaummerkmale</i>	<i>35</i>
3.2.7.	<i>Aufnahmeparameter im Linientranspekt</i>	<i>35</i>
3.3.	Auswertungsmethoden	36
3.3.1.	<i>Standort</i>	<i>37</i>
3.3.2.	<i>Bestandesstruktur</i>	<i>37</i>
3.3.3.	<i>Bestandesdynamik.....</i>	<i>47</i>
4.	ERGEBNISSE	51
4.1.	Standort	51
4.1.1.	<i>Geländeform</i>	<i>51</i>
4.1.2.	<i>Feldbodenkundliche Ansprache.....</i>	<i>55</i>
4.2.	Wildökologische Bestandestypen	59
4.3.	Anthropogene und schalenwildbiologische Beeinflussung	59
4.4.	Bestandesstruktur	60
4.4.1.	<i>Bestandesdichte</i>	<i>60</i>
4.4.2.	<i>Verteilungen.....</i>	<i>67</i>
4.4.3.	<i>Baumarten- und Strukturdiversität.....</i>	<i>82</i>
4.4.4.	<i>Strukturtypen.....</i>	<i>83</i>
4.5.	Dynamik	95
4.5.1.	<i>Windwurf.....</i>	<i>95</i>
4.5.2.	<i>Lücken</i>	<i>96</i>
4.5.3.	<i>Dendroökologische Untersuchungen</i>	<i>100</i>
4.5.4.	<i>Störungsgeschichte - Dendroökologische Zeitreihenanalyse.....</i>	<i>104</i>
5.	DISKUSSION.....	107
5.1.	Aufnahmemethode.....	107
5.2.	Standort	108
5.3.	Anthropogene und schalenwildbiologischer Beeinflussung	108
5.4.	Bestandesstruktur	110
5.5.	Strukturtypen.....	115
5.6.	Bestandesdynamik	118
5.7.	Dendroökologische Untersuchungen	120

5.8. Störungsgeschichte- Dendroökologische Zeitreihenanalyse	121
6. Schlussfolgerung.....	123
7. Verzeichnisse	126
7.1. Literaturverzeichnis	126
7.2. Abbildungsverzeichnis	130
7.3. Tabellenverzeichnis	134
7.4. Abkürzungsverzeichnis	136
8. Anhang.....	137

1. EINLEITUNG

Im Jahr 2002 wurde in der nördlichen Obersteiermark zwischen Admont und Hieflau der Nationalpark Gesäuse errichtet. Das Hauptziel eines Nationalparks ist nach IUCN-Kriterien die ökologische Unversehrtheit von Ökosystemen im Interesse der heutigen und kommenden Generationen zu schützen (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2002).

Die Forschungsaktivitäten im Nationalpark Gesäuse sind in erster Linie auf eine angewandte Naturschutzforschung ausgerichtet, die in Form von Biotopkartierung und Naturrauminventur die Lebensräume und die Arten im Nationalpark beschreiben soll. Langfristige Monitoring-Aktivitäten auf ausgewählten Referenzflächen dienen der Evaluierung von Maßnahmen zur Biotopverbesserung. In Grundlagenforschungen sollen natürliche oder möglichst wenig beeinflusste natürliche Abläufe erforscht werden (Nationalpark Gesäuse, 2007).

Im Rahmen dieser Grundlagenforschung wurde für diese Arbeit eine naturnahe, totholzreiche Waldzelle im Bereich der Zinödlalm ausgewählt.

Die Naturnähe von Wäldern kann mit der Dauer und dem Ausmaß der von Menschen ungestörten Waldentwicklung beschrieben werden (Ellenberg, 1963). Der Naturwald ist nach Ott et al. (1997) nur soweit anthropogen beeinflusst, dass sich die Baumartenmischung und Struktur innerhalb einer Baumgeneration in den ursprünglichen Zustand zurückentwickeln kann.

Im Gegensatz dazu wird unter dem Begriff "Urwald" nach Leibundgut (1993) ein ausgedehnter Waldkomplex verstanden, dessen Standort, Vegetation, Baumartenmischung und Aufbau ausschließlich durch natürliche Standorts- und Umweltfaktoren bedingt wurde. Dabei wird durch eine frühere vereinzelter Holzentnahme (z.B. Lagerfeuerholz oder Schindelholz) die Ursprünglichkeit eines Urwaldes nicht verändert.

Korpel' (1995) sieht als wichtigstes Merkmal eines Urwaldes die Beständigkeit der Baumartenzusammensetzung, eine hohe Altersdifferenzierung, die Fähigkeit lange Unterdrückung durch Bäume höherer geschlossener Schichten zu ertragen, die Anwesenheit von liegendem Totholz in verschiedenen Zerfallsstadien und eine minimale Flächenausstattung von mehr als 5 ha bei gleichen Standortsbedingungen. Zur Bewertung von Waldökosystemen und deren Naturnähe kann die strukturelle Heterogenität von Waldbeständen herangezogen werden (Hansen et al., 1991; Pretzsch, 1995; Spies, 1998).

Nach Spies (1998) ist die Waldstruktur sowohl das Produkt als auch der Treiber von Ökosystem-Prozessen und der Biodiversität.

Wichtige Komponenten der Waldstruktur sind die räumliche Verteilung der Baumdimensionen und Baumalter, die Dichte des Kronenschlusses, die vertikale Schichtigkeit und das stehende und liegende Totholz (Oliver und Larson, 1990; Spies, 1998). Lücken im Kronendach können edaphisch bedingt sein (auf der

Untersuchungsfläche durch felsige Geländepartien) oder durch Störungen, also die Unterbrechung des Kronendaches durch natürliche oder anthropogene Ereignisse, entstehen. Die Größe der Lücken im Kronendach wirken sich im Wesentlichen auf die Entwicklung der Verjüngung und der Krautschicht aus. Durch die vertikale Verteilung der Belaubung und der Schichtigkeit, wird das Mikroklima im Bestandesinneren beeinflusst und verschiedene Lebensräume für Tierarten und Pflanzen geschaffen.

Das Totholz ist ebenfalls ein wichtiger Lebensraum für verschiedene terrestrische Vertebraten, Invertebraten, Pflanzen und Pilze (Spies, 1998) und spielt in der Verjüngungsökologie als Element der Walddynamik eine wichtige Rolle (Ott et al., 1997).

Die Bestandesdynamik ist die zeitliche Veränderung der Bestandesstruktur während und nach einer Störung (Oliver und Larson, 1990).

Störungen sind zeitlich abgegrenzte Ereignisse, die die Bestandesstruktur und/oder die Verfügbarkeit von Ressourcen der physikalischen Umgebung verändern (Pickett und White, 1985).

Es gibt natürliche Störungen wie zum Beispiel Feuer, Wind, Erosion, Lawinen, Insekten oder Krankheitsbefall und anthropogene Störungen. Störungen können durch ihre Häufigkeit und ihr räumliches Ausmaß klassifiziert werden. Der Einfluss der Störung auf die Bestandesdynamik resultiert aus der Stärke der Störung und der Prädisposition des Bestandes gegenüber der Störung (Oliver und Larson, 1990).

Naturnahe Waldbestände und Urwälder durchlaufen in ihrer Entwicklung immer wieder verschiedene Entwicklungsphasen, die im starken Ausmaß durch Störungen beeinflusst werden. Diese Entwicklungsphasen sind Zusammenfassungen von Bäumen in ähnlichen Entwicklungsstadien. Sie gehen auf Watt (1947) zurück, der eine „Lückenphase“ in Buchenwäldern Sünglands ausschied. Dieses Konzept wurde für Mitteleuropäische Wälder aufgegriffen und adaptiert.

Leibundgut (1993) unterscheidet folgende Entwicklungsphasen:

- *Optimalphase*: Geschlossene, starke Baumholzbestände mit hohen Holzvorräten.
- *Altersphase* (synonym: *Terminalphase*): Starke Baumholzbestände mit altersbedingten Ausfall einzelner Bäume oder Trupps.
- *Zerfallsphase*: In fortgeschrittener Auflösung und Zerfall begriffene, starke Baumholzbestände mit weniger als der Hälften des Maximalvorrates und größeren Bestandeslücken und Blößen.
- *Plenterwaldphase*: Starke, stufig aufgebaute Bestände.
- *Jungwaldphase*: Jungwüchse, Dickung und schwache Stangenhölzer, die nach raschem Zerfall oder Zusammenbruch der Bestände, aus großflächiger Verjüngung hervorgegangen sind.

- *Phase des gleichförmigen starken Stangenholzes bis schwachen Baumholzes:* Unterscheiden sich von der Optimalphase durch geringere Holzvorräte und ein intensives Höhenwachstum.

Nach Mayer et al. (1987) ist die Stärke einer Störung und die damit verbundene Raschheit im Vorratsabbau entscheidend, ob ein Teil des Bestandes von der Terminalphase z.B. in eine Plenterphase oder eine Zerfallsphase übergeht. Das Phasenmodell impliziert also verschiedene Entwicklungspfade für verschiedene Störungsintensitäten. Der für mitteleuropäische Wälder oft als der „Normfall“ angenommene Gleichgewichtszustand in dem die einzelnen Entwicklungsphasen in einem mehr oder weniger großen, zufälligen und mosaikförmigen Nebeneinander ablaufen, ist geprägt durch ein dementsprechend kleinmaßstäbliches Störungsregime. Bei größeren Störungen, wie sie die starken Stürme der letzten beiden Jahrzehnte darstellen, werden die Wälder in frühe sukzessionale Stadien zurückgesetzt. Sie würden damit, auch bei fehlendem anthropogenen Einflüssen, der von Korpel' (1995) aufgestellten Forderung nach Beständigkeit in der Artenzusammensetzung nicht mehr entsprechen. Dies zeigt, dass sukzessionale Prozesse in Mitteleuropa aufgrund des vorwiegend klein strukturierten Störungsregimes, nur wenig Berücksichtigung fanden (Splechtna et al., 2005). Auch Änderungen in den menschlichen Einflüssen wie sie durch die Nationalparkwerdung von Gebieten auftreten, können solche sukzessionale Prozesse in Gang bringen. Ein gutes Verständnis dieser Prozesse ist eine Grundvoraussetzung für langfristige Naturschutzvorhaben.

Besonderheiten der Gebirgsnadelwälder

Im östlichen Teil der nördlichen Kalkalpen erstrecken sich die hochmontanen und subalpinen Nadelwälder in einer Seehöhe zwischen 1200-1900 m. Als die natürliche Waldgesellschaft der hochmontanen Höhenstufe tritt der Fichten-Tannen-Buchenwald auf, bei der die Fichte die dominierende Baumart ist. Im subalpinen Bereich befindet sich der tiefsubalpine Fichtenwald, der als schmaler Höhengürtel reichlich mit Lärchen durchmischt sein kann. In der gesamten subalpinen Höhenstufe tritt kleinflächig der Karbonat-Lärchenwald auf, der an schattigen Steilhängen oft bis 800 m Seehöhe hinuntersteigen kann (Kilian et al., 1994).

Nicht so häufig wie in den inneralpinen Höhenlagen, trifft man in den östlichen Kalkalpen auf den Lärchen-Zirbenwald, bei der die Zirbe in die hochsubalpine Latschengebüschzone vordringt und dort die obere Baumgrenze markiert (Reisigl und Keller, 1989).

Die gemeinsamen Besonderheiten der hochmontanen und subalpinen Standorte sind der Mangel an Wärme (kurze Vegetationszeit), die hohe und lang andauernde Schneebedeckung, die starke Sonneneinstrahlung, häufig auftretende Stürme, Borkenkäferbefall der allerdings meist durch den Wärmemangel in seiner Auswirkung begrenzt ist, und eine üppige Bodenvegetation (Ott et al., 1997).

Die Unterschiede in der Bestandesstruktur der fichtendominierten Nadelwälder zwischen der hochmontanen und der tiefsubalpinen Höhenstufe bestehen nach Ott et al. (1997) im Wesentlichen darin, dass in der hochmontanen Stufe das Kronendach meist geschlossen ist, die Bestände gleichmäßiger aufgebaut sind, durch die hohe Konkurrenz der Baumkronen die Kronenlängen auf ein Drittel der Baumlänge reduziert wird und unterdrückte Bäume unter dem Lichtmangel häufig absterben. Die vollholzigen Fichten sind meist sehr windwurfgefährdet, was nach Sturmereignissen zu einem raschen Zerfall der Oberschicht führen kann, nach der sich auf größerer Fläche wieder eine gleichaltrige Verjüngung einstellt.

Das Kronendach der tiefsubalpinen Fichtenwälder ist wegen der extremen Klimaverhältnisse und der nadelwaldfeindlichen Kleinstandorte meist offen. Die Fichten stehen häufig in Rotten zusammen, wodurch sie gegenüber Wind und Schnee sehr stabil sind. Die Kronenlänge der Fichten beträgt mehr als zwei Drittel der Baumlänge und die Kronen sind sehr schmal ausgebildet. Der Zerfall der Oberschicht geht hier sehr langsam vor sich und die Verjüngung stellt sich auf einem großen Teil der Fläche nur spärlich ein. Der Totholzanteil in den beiden Höhenstufen ist in etwa gleich hoch und beträgt rund ein Drittel des Holzvorrates lebender Bäume. Da viele Fichten vor ihrem physischen Tod geworfen werden, beträgt der liegende Totholzanteil häufig etwa zwei Drittel vom gesamten Totholzvolumen (Ott et al., 1997).

Der subalpine Lärchen-Zirben-Wald kennzeichnet sich durch einen lockeren bis räumigen Waldaufbau aus, indem die Bäume einzeln oder in Rotten mit wenigen Bäumen auftreten. Die Verjüngung der Lärche erfolgt im Bereich von einzelnen, umgefallenen Bäumen oder nach größeren Störungseignissen und profitiert in Almgebieten von starker Beweidung. Die Ansamung und die Verteilung der Zirben werden hauptsächlich durch den Tannenhäher gefördert, der die Samen sammelt und an erhöhten Stellen (Felsen und Blöcke) versteckt (Ott et al., 1997).

1.1. Zielsetzung und Fragestellungen

Die Zielsetzung dieser Arbeit besteht darin, die treibenden Faktoren für die aktuelle Bestandesstruktur zu quantifizieren und die Stärke des anthropogenen Einflusses in der Naturwaldzelle abzuschätzen. Darüber hinaus soll die Dynamik der Wälder erfasst und das Störungsregime charakterisiert werden. Bestandesstruktur und die Baumartenzusammensetzung sollen aus Inventurdaten dargestellt werden. Mittels statistischer Verfahren sollen Strukturtypen gebildet und hinsichtlich ihrer treibenden Faktoren untersucht werden. Die dynamischen Aspekte sollen in Form einer Lückenerzeuger-Lückenschließer-Matrix dargestellt und Übergangswahrscheinlichkeiten für die beiden Baumarten Fichte und Lärche berechnet werden. Das Störungsregime soll mit Hilfe dendroökologischer Methoden quantifiziert werden.

Folgende Fragestellungen sollen in dieser Arbeit beantwortet werden:

1. Können aus Inventurdaten verschiedene Strukturtypen berechnet werden?
2. Was sind die treibenden Faktoren der einzelnen Strukturtypen?
3. Wie groß ist der anthropogene Einfluss in den einzelnen Strukturtypen?
4. Können durch die Untersuchungen der Lückendynamik sukzessionale Prozesse in den einzelnen Strukturtypen nachgewiesen werden?
5. Wodurch ist die Störungsgeschichte in der Untersuchungsfläche charakterisiert und welchen Zeitraum umfasst die Störungsrotationszeit?
6. Kann man auf Basis der Untersuchungen eine Voraussage über die weitere natürliche Bestandesentwicklung auf der Untersuchungsfläche machen und wie kann diese Entwicklung aussehen?
7. Kann aufgrund der Entwicklungsgeschichte und der Ergebnisse dieser Untersuchung, der Begriff des Urwaldes für die Untersuchungsfläche angewandt werden?

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Im Bereich der Ennstaler Alpen zwischen Admont und Hieflau liegt der Nationalpark Gesäuse. In diesem östlichen Teil der Nördlichen Kalkalpen durchschneidet die Enns als reißender Wildfluss eine wild zerklüftete Hochgebirgslandschaft mit schroffen Felswänden und markanten Graten.

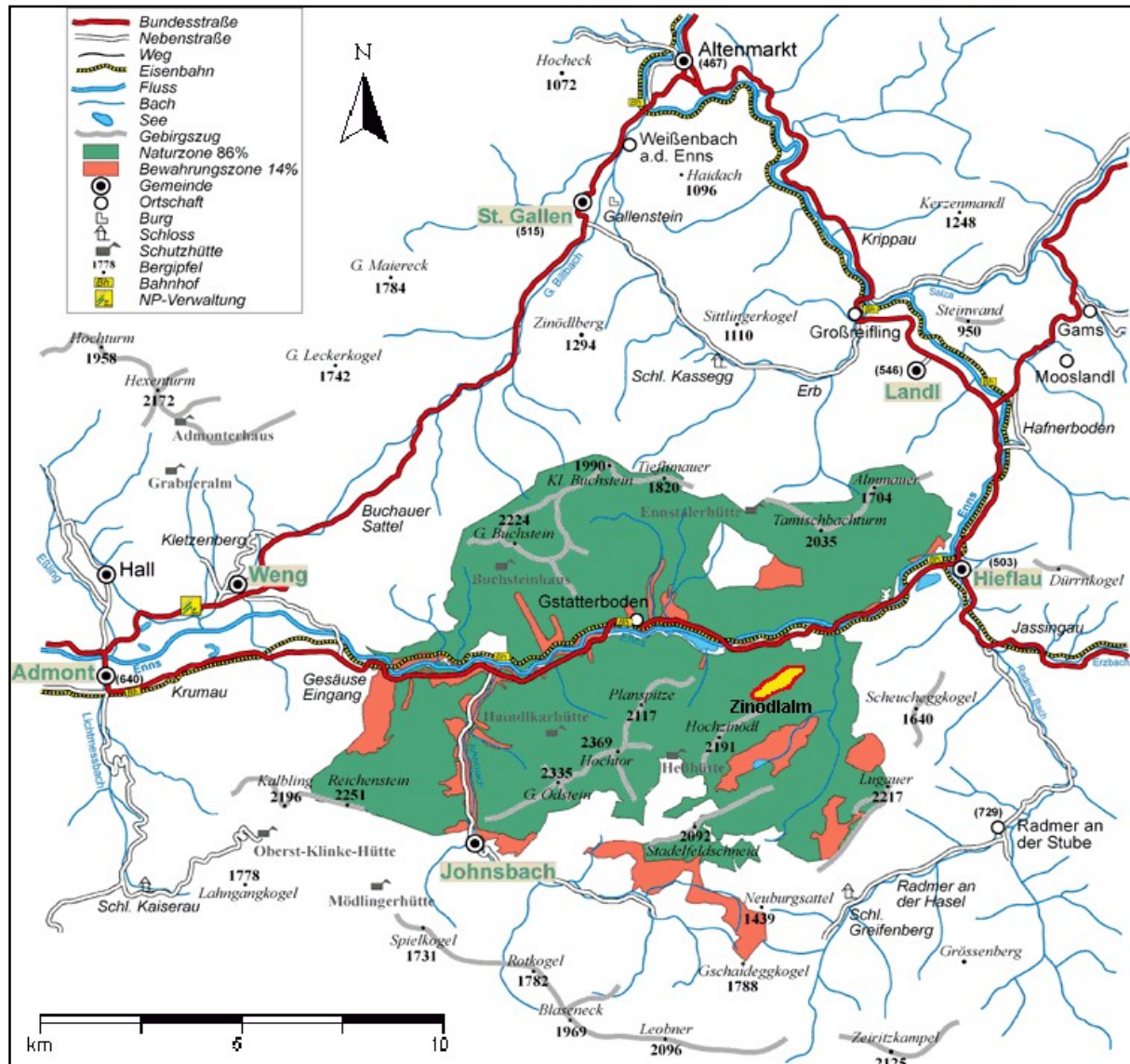


Abb. 1: Lage der Untersuchungsfläche „Zinödlalm“ im Nationalpark Gesäuse (Quelle: Nationalpark Gesäuse, 2007).

Beinahe die gesamte Nationalparkfläche (99,3%) ist im Besitz des Landes Steiermark und wird von den Steiermärkischen Landesforsten in forst- und jagdwirtschaftlichen Bereichen betreut. Der Rest entfällt auf öffentliches Gewässer (0,5%) und auf privates Eigentum (0,2%).

2.1. Geographische Lage

Nordöstlich des Zinödl (2191 m) und im Norden des Scheichkogels (1813 m) liegt hoch über der Enns (Höhendifferenz von rund 800 m) auf einer Plateauverebnung die Zinödlalm oder auch Wolfbauernhochalm ($14^{\circ}41'$ O/ $47^{\circ}35'$ N).

Die Untersuchungsfläche hat eine Fläche von 52 ha und liegt in einer Seehöhe von 1300-1700 m.

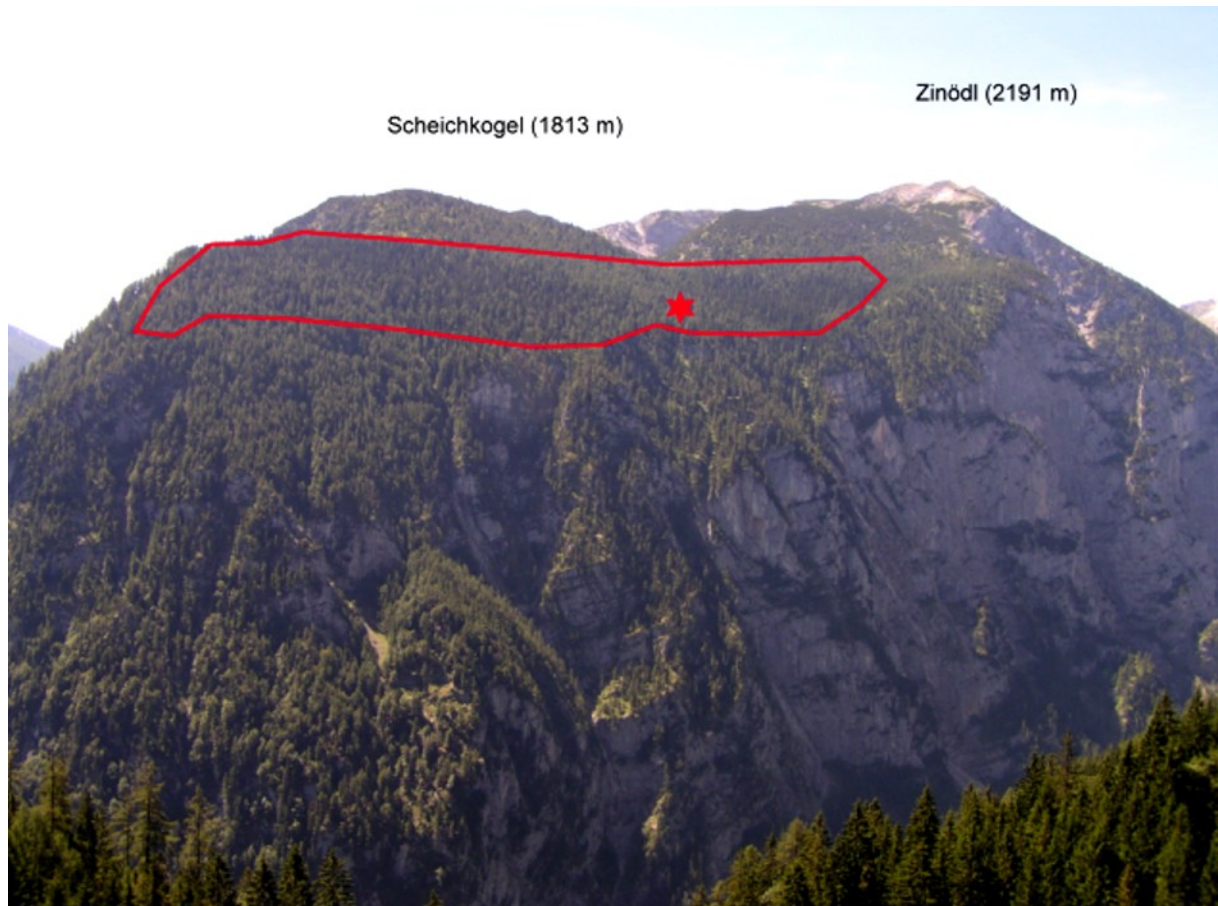


Abb. 2: Blick von Norden auf die Zinödlalm mit der Untersuchungsfläche (rote Umrandung) und Lage der verfallenen Almgebäude in 1482 m Seehöhe (roter Stern).

Die Abbildung 2 zeigt die Untersuchungsfläche (rote Umrandung) und die Lage der verfallenen Almgebäude (roter Stern), die auf einer kleinen, ausgehackten, ebenen Stelle in 1482 m, umgeben von einem Hochwald aus Fichten, Lärchen und Zirben, errichtet wurde.

Die Zinödlalm kann auf drei verschiedenen Zustiegswegen erreicht werden. Der leichteste, aber auch längste Weg, führt von Johnsbach in vier Stunden über die Hesshütte (Ennseck) und dem Panoramaweg (Ochsleiten) bis auf 1950 m hinauf und die „Goss“ hinunter in die Hochalm. Ein zweiter, kürzerer Weg führt aus Südosten in zwei Stunden, vom Sulzkar durch die „Hahnrinne“ hinauf, am Scheichkogel vorbei und von Süden in die Alm. Der dritte und anspruchsvollste Zustieg in die Zinödlalm

führt vom Eingang zum Hartlesgraben an der Enns, über den sehr steilen und ausgesetzten „Handhabenriegelsteig“ von Nordosten in zwei bis drei Stunden in die Zinödlalm.



Abb. 3: Blick vom Panoramaweg (1950 m) aus Südwesten über die Zinödlalm. Im Hintergrund liegt im Talbecken die Ortschaft Hieflau (503 m Seehöhe).

2.2. Geologie

Die Gesäuseberge waren im Tertiär ein welliges Hochland mit breiten Erosionstälern, die erst in der allerjüngsten alpinen Bruchtektonik (Trias) ihre heutige Erscheinungsform, in Gestalt von extremen Steilwänden (bis 1000 m) und tiefen Einschnitten wie Gesäuse- und Johnsbachdurchbruch, erhalten hat. Es lassen sich vier Gebirgsstöcke (Haller Mauern, Buchstein-Tamischbachturmzug, Hochtorn-Lugauerstock und Reichensteingruppe) unterscheiden, die nach dem Bauplan der nördlichen Kalkhochalpen vom Dachstein bis zum Gesäuse die gleiche Schichtfolge erkennen lassen (Ampferer, 1935).

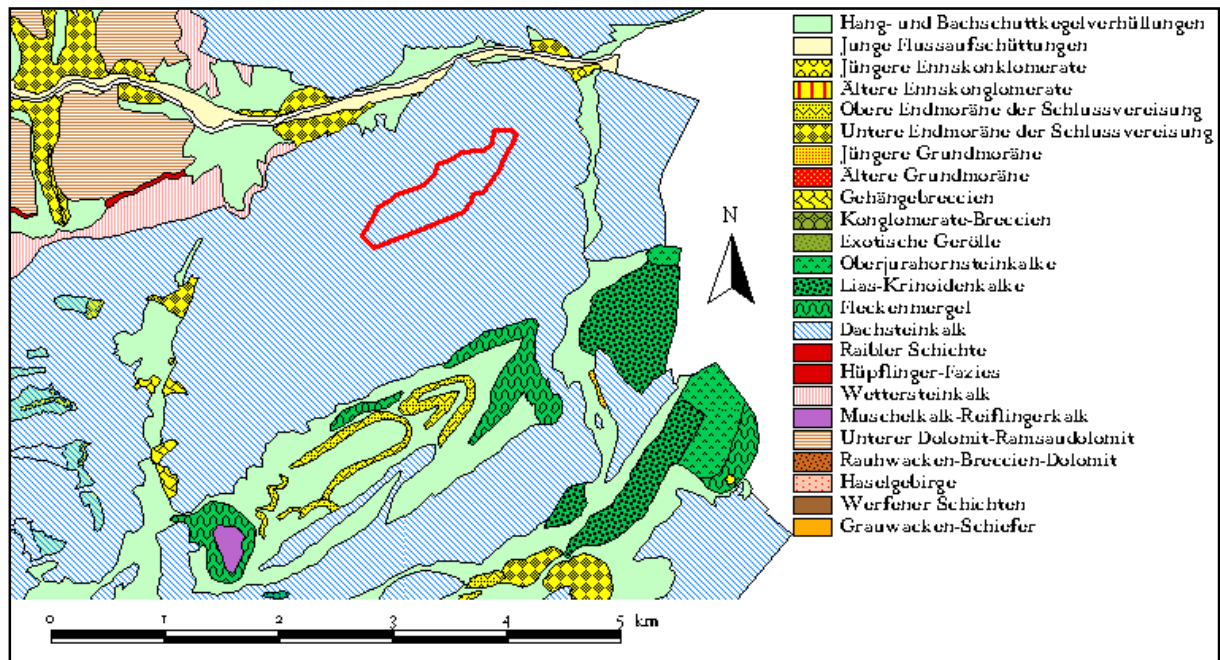


Abb. 4: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Quelle: Geologische Bundesanstalt). Die rot umrandete Fläche kennzeichnet die Lage der Untersuchungsfläche.

Das vorherrschende Grundgestein im Untersuchungsgebiet ist der feste und dickbandige rhätische Dachsteinkalk, der die mächtigste und letzte Sedimentations-einheit der Trias darstellt. Er stürzt bei der Verwitterung in großen Blöcken zu Tal, und bildet am Wandfuß oft ausgedehnte Blockkarre. Auf den alten Plateauverebnungen ist der Dachsteinkalk vom Niederschlagswasser rillen- und karreförmig zersägt und die daraus entstandenen Spalten sind oft mit uralten Lehmresten gefüllt. Auf geneigter Schichtfläche werden unter der Vegetationsdecke oft Rundkarre gebildet. Das Oberflächenwasser versickert in den Blockwerk-hohlräumen bis es auf eine wasserstauende Schicht trifft und an dieser wieder austritt (Ampferer, 1935).

Eine ausreichende Wasserversorgung der Vegetation ist bei solchen geologischen Bedingungen fast ausschließlich durch hohe Niederschläge und durch langsames Abschmelzen mächtiger Schneelagen zu decken (Thum, 1978).

2.3. Klima

Die Ennstaler Alpen bilden zusammen mit den Eisenerzer Alpen ein typisches Nordstaugebiet für westliche bis nordöstliche Strömungen. Die in der Regel sehr feuchten Luftmassen, meist atlantischer Herkunft, entfalten in diesem Gebiet bei nordalpinen Niederschlagslagen ihre größte Wirkung. Daraus entsteht ein niederschlags- und schneereiches Gebirgsklima, lange Schneebedeckung und kühle, feuchte Sommer. Südströmungen hingegen entwickeln sich zu Föngebieten, die den

Tallagen der nördlichen Steiermark dynamische Temperaturgewinne bescheren und den Temperaturverlauf ausgesprochen sprunghaft machen (Wakonigg, 1978).

Im Winter herrschen oft tage- bis wochenlang anhaltende Perioden gleicher Witterung, mit raschen und übergangslosen Wetterwechseln. W-N-Strömungen erzeugen ein stürmisch-kaltes Schnee- und Regenwetter mit temperaturbedingt niedriger Kondensationshöhe, welche an durchschnittlich 21% der Wintertage, die Hälfte der Winterniederschläge bringen. Längere Perioden mit ruhigem, klarem und kaltem Hochdruckwetter bewirken in Kessellagen durch Strahlung und Inversion extrem tiefe Temperaturen, während südliche Strömungen Tauwetter und teilweise heftige Föhnstürme (Windwurfgefahr) mit sich bringen (Wakonigg, 1978).

Das Frühjahr wird durch kalte W-N-Strömungen mit immer noch hohen Niederschlagsmengen beherrscht, die noch Anfang Mai Schneefälle bis ins Tal bringen können (Wakonigg, 1978).

Im Sommer herrschen hauptsächlich Tiefdruck- und W-N-Strömungen und bringen den halben Sommer Regentage an denen ca. 37% der Jahresniederschlagsmenge fallen können. Der lang anhaltende und ergiebige „Landregen“, der bis zu 100 mm Tagesniederschlag erzeugen kann, ist in diesem Gebiet von größerer Bedeutung als die Gewitterregen (Wakonigg, 1978).

Der Herbst ist dann die trockenste und schönste Jahreszeit. Es herrschen hauptsächlich Hochdrucklagen und S-Strömungen und die sonst häufigen ozeanischen W-N-Strömungen kommen zum Erliegen, sodass vom September bis in den November hinein lang anhaltende Schönwetterperioden zu erwarten sind (Wakonigg, 1978).

Die folgenden Klimadaten (Niederschlag, Temperatur und Wind) der Region stammen aus einer 30-jährigen Aufzeichnungsreihe der Messstation Hieflau (492 m). Die gesammelten Daten aus den Jahren 1971-2000 wurden dabei zu Monats- und Jahresmittelwerten zusammengefasst.

2.3.1. Niederschlag

In Hieflau fallen im 30-jährigen Jahresmittel 1567 mm an Niederschlag in Form von Regen und Schnee. Betrachtet man die Jahreszeiten, so fallen auf das Frühjahr 27%, auf den Sommer 31%, auf den Herbst und den Winter je 21% der jährlichen Niederschläge (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

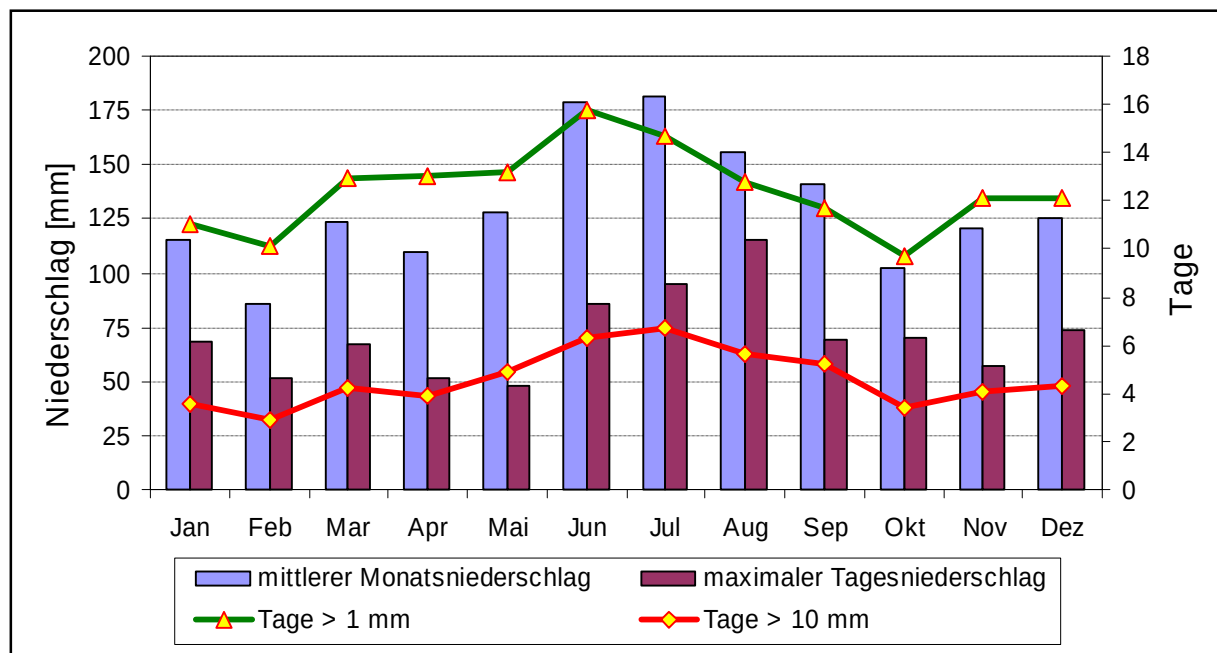


Abb. 5: Verlauf der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen der Messstation Hieflau (492 m) im Zeitraum 1971-2000 (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

Die ungefähre Niederschlagszunahme bei steigender Seehöhe wurde nach Thum (1978) wie folgt angenommen:

600 m Seehöhe	1500 mm Jahresniederschlag
1200 m Seehöhe	1800-2000 mm Jahresniederschlag
2000 m Seehöhe	2500 mm Jahresniederschlag

Überträgt man diese Werte auf die Untersuchungsfläche, so erhält man einen Niederschlag zwischen 2000-2300 mm pro Jahr für die Seehöhe von 1300-1700 m.

Die maximale Schneedecke in den Jahren 1971-2000 betrug in Hieflau 151 cm. Weiters wurde die Dauer der Schneebedeckung mit mehr als 1 cm Höhe an durchschnittlich 101 Tagen und Schneehöhen von mehr als 20 cm an 57 Tagen im Jahr gemessen (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

In den höheren Lagen fällt ein großer Teil der Niederschläge als Schnee, und man kann davon ausgehen, dass im Untersuchungsgebiet die Höhe der Schneedecke von 2 m erreicht und in manchen Jahren auch überschritten wird.

2.3.2. Temperatur

In den Jahren 1971-2000 lag die Tagesmitteltemperatur in Hieflau bei 7,6°C, die Mittelwerte der Tagesmaxima bei 12,9°C und das Mittel der Tagesminima bei 3,9°C. Der absolute Höchstwert dieser 30-jährigen Periode betrug 36,2°C und der tiefste Wert bei -22,8°C (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

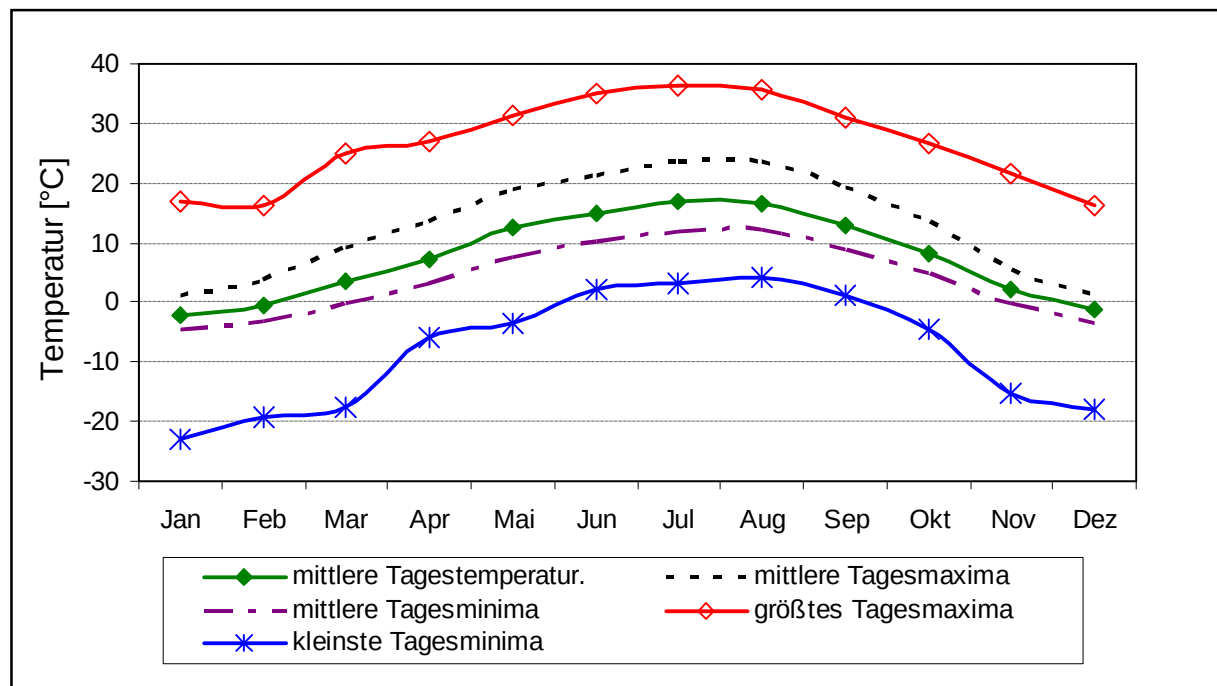


Abb. 6: Verlauf der mittleren monatlichen Temperaturen der Messstation Hieflau (492 m) im Zeitraum 1971-2000 (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

Thum (1978) beschreibt in seiner Arbeit den Temperaturverlauf für die einzelnen Höhenstufen wie folgt:

600 m Seehöhe	7,1°C
800 m Seehöhe	6,0°C
1000 m Seehöhe	4,8°C
1500 m Seehöhe	2,5°C

Die Periode zwischen 5-10°C ist im Frühjahr die Zeit der Obstbaumblüte und Laubentfaltung mit vereinzelt Spätfrösten und im Herbst die Zeit der Laubverfärbung mit den ersten Frühfrösten. Die „grüne Zeit“ beginnt mit dem Überschreiten der 10°C-Mitteltemperaturschwelle, sie kann als frostfrei bezeichnet werden und fällt mit der Baumgrenze in ca. 1800 m Seehöhe zusammen. Den Sommer kennzeichnet die 15°C-Isotherme (Wakonigg, 1978). Dieser Wert wird in der Untersuchungsfläche nicht mehr erreicht.

Die Abbildung 8 zeigt die Anzahl an Tagen über einem Tagesmittelwert von 5°C bzw. über 10°C.

Anhand dieser Daten aus Wakonigg (1978) werden in der Untersuchungsfläche an 145–174 Tagen Tagesmittelwerte von mehr als 5°C erreicht. Werte über 10°C können an 37-97 Tage erreicht und als Vegetationsperiode genutzt werden.

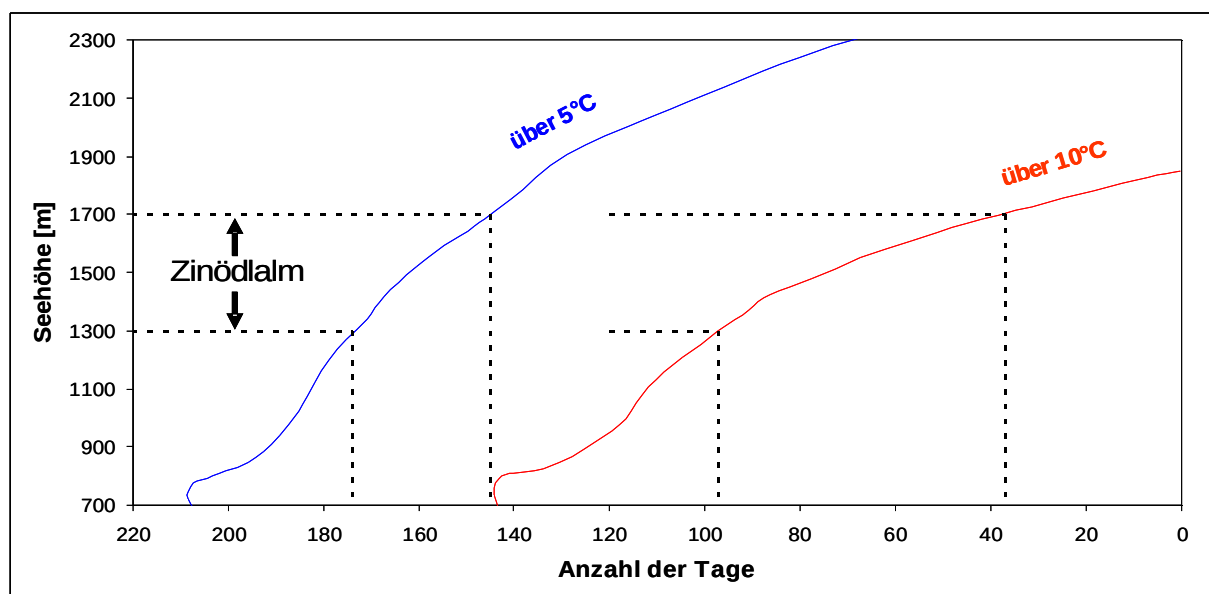


Abb. 8: Abhängigkeit der Tagesanzahl über 5°C bzw. über 10°C von der Seehöhe in den Nördlichen Kalkalpen der Obersteiermark (1951-1970) aus Wakonigg (1978), verändert.

2.3.3. Wind

Das Netzdiagramm der Windrichtungen zeigt, dass in Admont aufgrund der Topografie die Hauptwindrichtungen aus West bis Nordwest (Schlechtwetterlagen) und Ost bis Südost (Schönwetterlagen) vorkommen, während in Hieflau, durch die Abschirmung der Gesäuseberge, die Hauptwindrichtung von Nordost-Südost reicht.

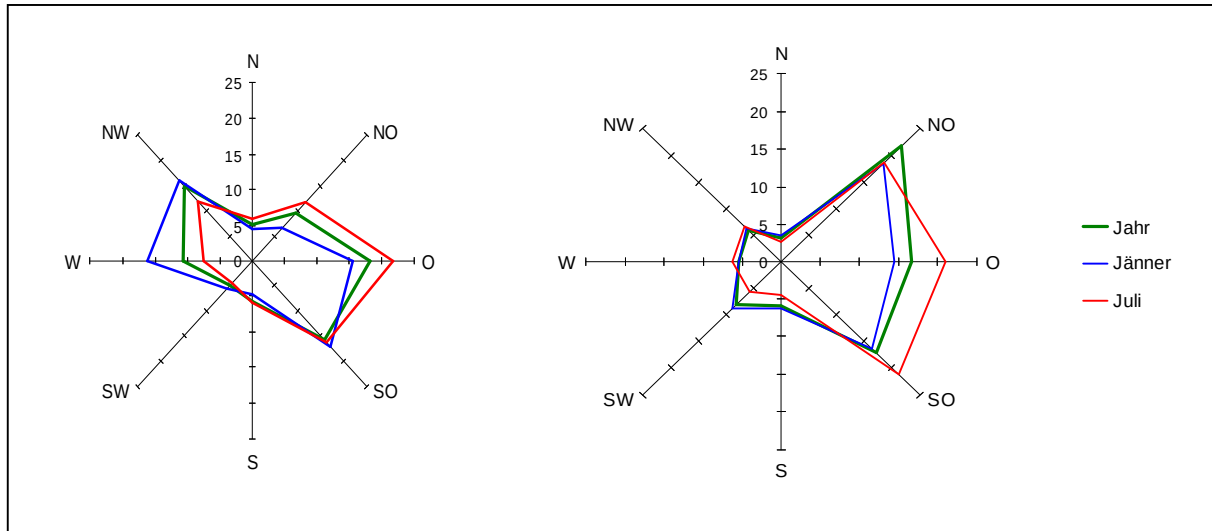


Abb. 9: Mittlerer Anteil der Windrichtungen in Admont (links) und Hieflau (rechts) im Zeitraum 1971-2000 (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

In Hieflau treten nach der Beaufortskala in den Monaten Jänner, Februar und September im 30-jährigen Durchschnitt, alle 3-5 Jahre Windstärken von Bft ≥ 8 ($\geq 17,2$ m/s) auf. Ab dieser Stärke können größere Bäume stärker bewegt werden (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002).

2.4. Wuchsgebiet

Die Untersuchungsfläche befindet sich nach der Naturraumgliederung von Kilian et al. (1994) im Wuchsgebiet "4.2 Nördliche Randalpen–Ostteil" nahe der Grenze zu Wuchsgebiet "3.1 Östliche Zwischenalpen–Nordteil".



Abb. 10: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs aus Kilian et al. (1994), verändert.

Das gemeinsame Merkmal des Hauptwuchsgebietes 4 ist ein kühl-humid-mitteuropäisches Klima mit häufigen und lang andauernden Stauregen (Kilian et al., 1994).

2.4.1. Geomorphologie

Das Hochgebirge besteht fast ausschließlich aus Kalk und Dolomit und weist ausgedehnte Karsthochflächen (Altlandschaften) mit steilen Felsflanken, tief eingeschnittenen Tälern und Schluchten auf (Kilian et al., 1994).

2.4.2. Böden

In den Kalkalpen kommen vorwiegend Kalkböden, wie Rendzina (39%), Braunlehm-Rendzina (29%) und Kalkbraunlehme (20%) vor. Kalkbraunerde (4%) trifft man auf unreinem Kalk und Dolomit an. Auf Werfener- und Gosau-Schichten treten

Pseudogley und Hanggley auf. Ein geringer Anteil (3%) von Semipodsol und saurer Braunerde werden auf Silikatgestein (z.B. Lunzer Schichten) gebildet (Kilian et al., 1994).

2.4.3. Höhenstufe

Die Untersuchungsfläche reicht nach Kilian et al. (1994) von der hochmontanen Höhenstufe (1200-1450 m) im nordöstlichen Teil, über die tiefsubalpine Höhenstufe (1450-1600 m), in die hochsubalpine Höhenstufe (1600- 1700 m) im Südwesten.

2.4.4. Natürliche Waldgesellschaft

Als typische Waldgesellschaft gilt der tiefsubalpine Fichtenwald in einem schmalen Höhengürtel mit reichlicher Lärchendurchmischung (*Adenostylo alliariae-Abietetum*). Der Karbonat-Lärchenwald (*Laricetum deciduae*) wird nur kleinflächig in der subalpinen Stufe ausgebildet und steigt an schattigen Hängen bis ca. 800 m hinab. Karbonat-Latschengebüsche können an ungünstigen Standorten (z.B. Schuttriesen, Lawinenzüge) von der hochsubalpinen bis weit in die montane Stufe hinabreichen. An feuchten, schneereichen Standorten treten häufig subalpine Grünerlengebüsche (*Alnetum viridis*) auf (Kilian et al., 1994).

2.5. Aktuelle Waldgesellschaft im Untersuchungsgebiet

Werschonig (in Arbeit) hat 2006 eine Vegetationskartierung im Almgebiet der ehemaligen Zinödlalm durchgeführt.

Die Abbildung 11 zeigt das Almgebiet mit den unterschiedlichen Vegetationstypen und Waldgesellschaften und rot umrandet die Lage der Untersuchungsfläche.

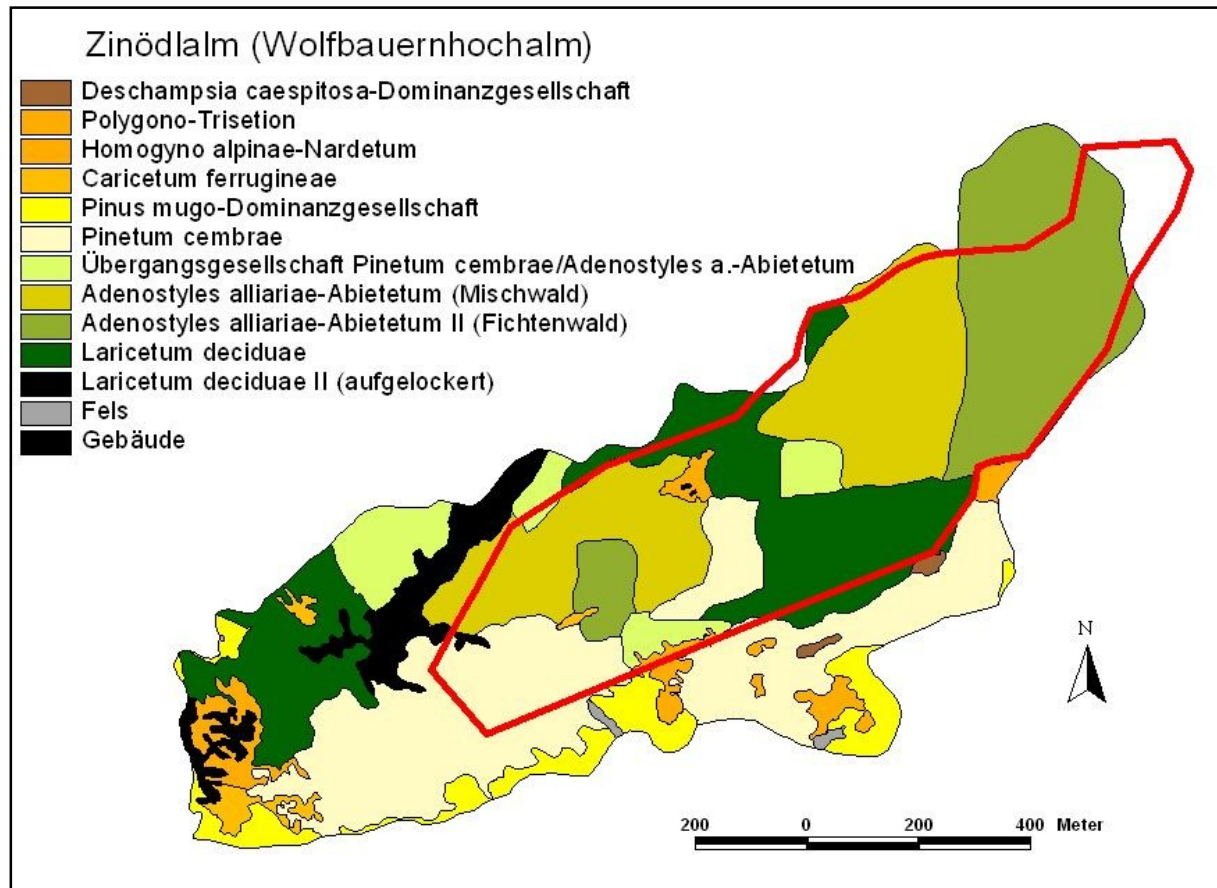


Abb. 11: Vegetationskartierung der Zinödlalm von Werschonigg (in Arbeit) mit Lage der Untersuchungsfläche (rot).

Nachfolgend werden die für die Waldgesellschaften typischen krautigen Pflanzen nach Willner und Grabherr (2007) angeführt.

Reicher Hochstauden-Fichtenwald *Adenostyles alliariae*-Abietetum (Kouch 1954)

- Sauerklee *Oxalis acetosella*
- Gabeliges Habichtskraut *Hieracium bifidum*
- Wald-Habichtsgraut *Hieracium murorum*
- Fuchs-Greiskraut *Senecio nemorensis* agg.
- Frauenfarn *Athyrium filix-femina*

- Heidelbeere *Vaccinium myrtillus*
- Dornfarn *Dryopteris carthusiana*
- Zweiblüttiges Veilchen *Viola biflora*
- Alpen-Brandlattich *Homogyne alpina*

Karbonat-Lärchenwald *Laricetum deciduae* (Bojko 1931)

- Heidelbeere *Vaccinium myrtillus*
- Bewimperte Alpenrose *Rhododendron hirsutum*
- Alpen-Brandlattich *Homogyne alpina*
- Waldhainsimse *Luzula sylvatica*
- Scheuchzers Glockenblume *Campanula scheuchzeri*
- Sauerklee *Oxalis acetosella*
- Preiselbeere *Vaccinium vitis-idaea*
- Zweiblüttiges Veilchen *Viola biflora*
- Dreiblättrige Baldrian *Valeriana tripteris*
- Wolliges Reitgras *Calamagrostis varia*

Karbonat-Lärchen-Zirbenwald *Pinetum cembrae* (Bojko 1931)

- Heidelbeere *Vaccinium myrtillus*
- Alpen-Brandlattich *Homogyne alpina*
- Preiselbeere *Vaccinium vitis-idaea*
- Bewimperte Alpenrose *Rhododendron hirsutum*
- Waldhainsimse *Luzula sylvatica*
- Weißer Germer *Veratrum album*
- Wald-Storchschnabel *Geranium sylvaticum*
- Wald-Habichtsgraut *Hieracium murorum*
- Sauerklee *Oxalis acetosella*
- Drahtschmiele *Avenella flexuosa*

2.5.1. Beschreibung der Baumarten in der Untersuchungsfläche

Fichte *Picea abies* (L.) Karsten

Die Fichte ist ein großer Baum mit spitzer, in Hochlagen schmaler und bis zum Boden reichender Krone, die meist sehr flache, tellerförmige und streichende Wurzeln besitzt und dadurch an ungünstigen Standorten stark windwurfgefährdet ist. Im Freiland wird die Fichte mit 30-40 Jahren und im Bestandesschluss mit 50-60 Jahren mannbar und trägt dann alle 3-4 Jahre, in rauen Gebirgslagen alle 6-8 Jahre reichlich Samen. Die Blütezeit ist im April-Mai und im Oktober reifen die geflügelten Samen aus. Bis zum 15. Lebensjahr entwickelt sie sich nur sehr langsam, dann lebhafter und beendet ihr Höhenwachstum mit etwa 70-120 Jahren. Sie erreicht in Wirtschaftswäldern 40 m und in Urwäldern sogar Höhen von 60 m. In Kulturwäldern wird sie etwa 150 Jahre alt und bis zu 600 Jahren in Urwäldern (Amann, 1993).

Die Standortsansprüche der Fichte hängen stark von der Höhenlage und den Klimaverhältnissen ab. Während die subalpinen Fichten (Halblichtbaumart) schon von Jugend an volles Licht verlangen, begnügen sich die Fichten in montanen und hochmontanen Tannen-Buchenstandorten jahrzehntelang mit Halbschatten.

Gegenüber Winterkälte sind alle Herkünfte unempfindlich und stellen nur geringe Ansprüche an die Sommerwärme. Die Waldgrenze fällt in den Alpen annähernd mit der 10°C-Juli-Isotherme zusammen. Hohe relative Luftfeuchtigkeit, frische Böden und ausreichende, gut verteilte Niederschläge werden von der Fichte bevorzugt. Auf Böden mit ungünstigen Luft- und Wasserhaushalt wurzelt sie nur oberflächlich und ist dadurch sehr sturmgefährdet und gegen Trockenheit empfindlich (Leibundgut, 1991).

Die Fichte gilt als Humus- und Rohbodenkeimer und verjüngt sich sehr gut auf Moderholz. Das erforderliche Lichtgenussminimum für die Verjüngung unter Schirm liegt bei der Fichte als Halbschattbaumart bei 2,8-3,6% der Außenbeleuchtung. Das natürliche Verbreitungsareal der Fichte erstreckt sich von Nord- bis Südeuropa und in Nordamerika. Das Untersuchungsgebiet gehört zum alpin-dinarischen Gebirgsvorkommen der Fichten. Durch die breite Gesellschaftsamplitude der Fichte kommt sie in vielen Standortseinheiten vor, und ihr ökologisches Maximum hat die Fichte in klimabedingten Schlusswaldgesellschaften (*Piceetum subalpin et montanum*) oder in den buchen- und tannenfreien Spezialgesellschaften auf montanen Extremstandorten (Mayer, 1984).

Durch den Rückgang der Salinen-Großkahlschläge, aber auch durch den Rückgang der Almbewirtschaftung dringen Fichtenwälder wieder in diese Gebiete zurück. Die Fichte besiedelt wieder die aufgelaassenen Alpen und unterwandert die lichten Hochlagenbestände, wodurch die Lärche zum Teil ausgeschaltet wird (Holzinger, 1987).

Lärche *Larix decidua* Miller

Die Lärche ist ein großer Baum mit einer stumpf-kegelförmigen Krone und tief gehenden, stark verzweigenden Herzwurzeln. Sie wird im Freiland mit 15-30 Jahren, in Gebirgslagen und im Bestandesschluss erst mit 30-40 Jahren mannbar. Die Blühzeit ist je nach Höhenlage von März bis Mai, und alle 3-10 Jahre werden reichlich Samen ausgebildet. Die Lärche wächst in der Jugend sehr rasch, wird von der Fichte jedoch im Alter von 20-30 Jahren eingeholt und überwachsen. Je nach Lage und Klima wird mit 60-150 Jahren ein Höhenwachstum von 20-40 m erreicht. Sie kann 600-700 Jahren werden, eine Höhe von 50 m, sowie Durchmesser von 150 cm erreichen. Die Lärche bedarf als ausgesprochene Lichtbaumart vollen Lichtgenuss in freien Lagen mit bewegter Luft und frische, lockere, kräftige Böden. Gegen Frost und Hitze ist die Lärche unempfindlich, jedoch sagt ihr als ausgesprochene Lichtbaumart seitlicher Kroneneinhang nicht zu und es bilden sich deshalb in fichtenreichen Beständen stark deformierte Kronen aus (Amann, 1993).

Leibundgut (1991) unterscheidet nach den heutigen Verbreitungsgebieten und nach den verschiedenen morphologischen Merkmalen folgende Gruppen von Lärchenrassen im europäischen Raum:

- Alpenlärche
- Sudetenlärche
- Tatralärche
- Polenlärche

Die Alpenlärche erreicht ihr Maximum im Alpenrosen-Lärchenwald, im Lärchen-Zirbenwald und im montanen Steinfels-Lärchenwald als natürliche Refugialstandorte (Mayer, 1984).

Die Lärche als extreme Lichtbaumart tritt an subalpinen Initialstandorten als primäre Pionierbaumart auf (Leibundgut, 1991).

Eine starke und ziemlich rasche Arealausweitung verursachten Alpenweiderodungen und Kahlschläge seit dem 17. Jahrhundert, wodurch eine breite Lärchen-Fichtenwaldzone entstand, in der die Lärchen dominieren (Holzinger, 1987).

Zirbe, Arve *Pinus cembra* Linne

Die Zirbe ist ein mittelgroßer bis großer Baum mit dickem, stark abholzigen Stamm und tief angesetzter, anfangs kegelförmiger, später walziger und zuletzt ganz unregelmäßiger, oft mehrwipfelter Krone. Die Bewurzelung ist weit ausgreifend und kräftig. Auf den hochgelegenen natürlichen Standorten wird die Zirbe erst mit 60-80 Jahren mannbar und trägt alle 6-10 Jahre Samen. Die Zirbe erreicht eine Höhe von etwa 20-30 m, einen Stammdurchmesser von bis zu 2 m und ein Alter bis zu 1000 Jahren. Der lebenszähre Hochgebirgsbaum scheut weder Sturmlagen noch die Nähe von Schneefeldern oder Gletschern und verlangt warme Sommer, sowie frische tiefgründige Böden und reichlich Luftfeuchtigkeit (Amann, 1993).

Die absolut winterharte Zirbe kommt mit einer kurzen Vegetationsperiode (Temperaturen über 10°C) von 2-2½ Monaten aus und kann auch noch während dieser Zeit ohne Schäden Fröste ertragen. Durch diese Eigenschaft ist es der Zirbe möglich in den Alpen über der Stufe des subalpinen Fichtenwaldes einen breiten Zirbengürtel zu bilden. Die untere Grenze ihres Vorkommens liegt auf 1400-1500 m im Areal des subalpinen Fichtenwaldes. Bestandesbildend wird sie erst oberhalb des Fichtenareals, auf etwa 1800-1950 m (Leibundgut, 1991).

Der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) spielt in der Verbreitungsökologie der Zirbe eine wichtige Rolle, da die Zirbe im Gegensatz zur Fichte oder Lärche keine geflügelten Samen besitzt und auf Tiere (Zoochorie) als Vektor angewiesen ist. Die Zirbelnüsse werden dabei vom Tannenhäher über große Entfernungen von mehreren Kilometern herangetragen und in Vorratsverstecken angelegt. Dieses Verhalten des Tannenhähers führt dazu, dass nicht alle Verstecke von ihm wieder gefunden werden bzw. dass so manche Zirbelnuss während des Transportes verloren gehen und die Nüsse keimen können. Anders als andere Samenfresser verbreitet der Tannenhäher die Zirbelnuss über die Waldgrenze hinaus (Richter, 2001).

Laubbaumarten spielen auf der Untersuchungsfläche nur eine untergeordnete Rolle.

Bergahorn *Acer pseudoplatanus* Linne

Der mittelgroße bis große Bergahorn bildet im Alter einen hochschaftigen Stamm mit breiter, abgewölbter Krone. Im Freiland erreicht er mit 25-30 Jahren, im Bestand erst mit 40-50 Jahren die Mannbarkeit, die sich dann alle 2-3 Jahre in guten Samenjahren zeigen. Der Bergahorn wächst in der Jugend langsam und erreicht mit 80-100 Jahren bei 20-25 m den Höhenwuchs. Er kann 400-500 Jahre alt, bis zu 30 m hoch und über 2 m stark werden. Er liebt kühle, feuchte Luft und stets frischen, tiefgründigen, sehr mineralkräftigen und lockeren Boden.

Die Hauptverbreitung des Bergahorns beschränkt sich auf die subatlantisch und submediterran getönten Berglagen von der montanen bis zur subalpinen Region, wobei die Höhengrenze über derjenigen der Buche, bei etwa 1500 m liegt (Leibundgut, 1991).

Vogelbeere, Eberesche *Sorbus aucuparia* Linne

Der mittelgroße Baum besitzt einen schlanken, walzigen Stamm mit rundlicher, lockerer Krone und einem weitreichenden und tiefgehenden Wurzelsystem. Die Eberesche wird mit 20 Jahren mannbar und trägt dann jedes Jahr reichlich Früchte. Sie ist sehr anspruchslos und kommt noch auf trockenem, magerem Boden, auf nassem Torfmoor und in hohen Gebirgslagen an der Waldgrenze vor. Das

Wachstum ist in der Jugend rasch und sie wird 10-17 m hoch, ca. 40 cm stark und selten über 80 Jahre alt (Amann, 1993).

Grünerle *Alnus viridis* (Chaix) DC.

Die niederliegende Grünerle bildet einen sommergrünen Strauch mit einer maximalen Höhe von 2-4 m und einer Stärke von 15 cm. Sie ist gegen Witterungseinflüsse nahezu unempfindlich, hat ein großes Stockausschlagsvermögen aus Wurzelbruten und bevorzugt feuchte, schattige Nordhänge. Sie bildet auch einen guten Schutz gegen Lawinen und Steinrutschungen und kann von den Tallagen bis in die alpinen Lagen (2800 m) vorkommen (Amann, 1993).

2.6. Die Wirtschafts- und Landnutzungsgeschichte in der Gesäuseregion

Der Wald und seine Produkte waren für die Menschen in dieser Region schon über viele Jahrtausende von großer Bedeutung. Sowie der Wald das Leben der Menschen prägte, hat auch der Mensch den Wald in der Region geprägt und verändert.

Nachfolgend wird anhand der Beschreibungen von Hasitschka (2005), sowie von Mühlbacher und Nichols-Schweiger (1989) die Entwicklungsgeschichte in der Gesäuseregion beschrieben. Dabei soll gezeigt werden, wie wichtig es war an das benötigte Holz heranzukommen.

Der Wald war der wichtigste Rohstofflieferant für die Verhüttung der Minerale und den Betrieb der Salinen. Holz wurde für den Bergbau, für die Errichtung von Wohn- und Wirtschaftsgebäude, für Gerätschaften, Beheizung, Zäune, Brücken, Waffen und für viele andere Zwecke gebraucht (Mühlbacher und Nichols-Schweiger, 1989).

In der Bronzezeit (3000-1000 v. Chr.) wurde in der Grauwakenzone südlich des Gesäuses Kupfer abgebaut, mit dem Höhepunkt um 1500 vor Christi Geburt. Nordöstlich des Johnsbachtales wurden auf der Neuburgalm 4000 Jahre alte Schmelzöfen, Schlackenhalde und unverbrauchte Kohle gefunden, die vermuten lassen, dass man die Erze aus Holzmangel hierher in die Nördlichen Kalkalpen getragen hat, um sie hier zu schmelzen.

Rund 500 v.Chr. kam zur Kupfer- auch die Eisengewinnung hinzu und als Norikum 16 v.Chr. dem Römischen Reich angegliedert wurde, trat das Bergregal des Kaisers in Kraft, in der sich der Kaiser im Bereich von Bergwerken und Eisenverhüttungen alle Nutzungsrechte vorbehielt. Nach der Gründung des Stiftes Admont 1074 zogen im 12. Jahrhundert in einer Art „zweiter Kolonisation“ bayrische Bauern aus dem Norden und Westen in die Region und rodeten aus Siedlungszwecke Waldstücke in

vielen höheren und unzugänglichen Gebieten. Sie waren angewiesen, ihre „Neubrüche“ (neue Rodungen) nicht zu sehr auszudehnen (Hasitschka, 2005).

Der erste Hammer wurde in St. Gallen um 1200 errichtet und benötigte neben Wasserkraft vor allem Holzkohle in Massen. Durch das Holzregal des Landesfürsten kam es immer wieder zu Streitigkeiten um die Nutzungsrechte in den Gesäusewäldern zwischen dem Landesfürsten und dem Stift Admont. 1495 erließ Kaiser Maximilian seine Waldordnung, die in erster Linie die Rohstoffversorgung sicherstellen sollte und erst in zweiter Linie sich um den Schutz des Waldes sorgte. Die Fertigstellung des Hieflauer Rechens im Jahre 1516 war ein Meilenstein in der Waldnutzung und Waldbewirtschaftung in der Region. In der Folge griffen vor allem die Hieflauer Hochöfen und die Hämmer der Umgebung in die Holzreserven beiderseits der Enns bis zu den Füßen des Dachsteins ein (Mühlbacher und Nichols-Schweiger, 1989).

Unter Kaiser Ferdinand II kam es 1625/26 zur Gründung der Innerberger Hauptgewerkschaften, die 1630 mit dem Stift Admont einen Wäldervergleich abschloss. Dieser Vergleich regelte die Nutzungsrechte an den stiftschen Wäldern. Das Alpen-, Jagd- und Fischereirecht blieb beim Stift und das Holznutzungsrecht ging auf die Innerberger Hauptgewerkschaften über. Es mußte dabei aber auf den Holzbedarf des Stiftes und deren Untertanen Rücksicht genommen werden. Die k. k. Innerberger Hauptgewerkschaften gingen 1868 in private Hand über und wurden eine Aktiengesellschaft, die 1872 mit dem Stift Admont einen Vertrag abschloss, der eine klare Trennung in Form eines Ablösevergleiches brachte (Mühlbacher und Nichols-Schweiger, 1989).

Die Wälder östlich des Gesäuseeinganges gingen in den Besitz der Innerberger AG über und die Nutzungsansprüche im Westen an den stiftschen Wäldern wurden aufgehoben.

Im Jahr 1872 brachte die Eröffnung der Kronprinz-Rudolfbahn durch das Gesäuse einen Umschwung in der Forstwirtschaft mit sich. Ab diesem Zeitpunkt konnte die Steinkohle aus Böhmen für die Hochöfen rasch angeliefert und der Abtransport von Holz leichter bewerkstelligt werden. Die Holzkohle wurde ab dieser Zeit nicht mehr nachgefragt und ihre Produktion eingestellt. Dies führte zu einer Regeneration der stark übernutzten Wälder beiderseits der Enns. Die Umstellung der Eisenverhüttung von Holz auf Steinkohle veranlasste die Österreichische Alpine Montan-Gesellschaft als Nachfolger in der Innerberger Hauptgewerkschaften, den Großteil ihrer Waldungen zu verkaufen (Hasitschka, 2005).

Um die Wälder zu erhalten, aber auch um der bodenständigen Bevölkerung eine dauerhafte Verdienstmöglichkeit zu sichern, erwarb das Land Steiermark mit Kaufvertrag vom 16. Februar 1888 die heutigen Landesforste. Mit dem 1.1.1889 werden die Steirischen Landesforste begründet (Mühlbacher und Nichols-Schweiger, 1989).

Mit dem Ziel ein Schutzgebiet zu schaffen, in dem der Ablauf natürlicher Entwicklungen auf Dauer sichergestellt und gewährleistet wird, wurde am 26.10.2002 der Nationalpark Gesäuse gegründet (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2002).

2.6.1. Die Geschichte der Zinödlalm

Die Zinödlalm wird das erste Mal 1602 im Almbuch von 1630 urkundlich erwähnt. Aus Aufzeichnungen von 1741 geht hervor, dass Wolfbauer aus Johnsbach 32 Kühe, 27 Stück Galtrind und 10 Ochsen in die Alm auftrieb. Die Kaiserin Maria Theresia setzte im Jahr 1754 eine Kommission ein, welche unter anderem die Aufgabe hatte, die Schätzung und Beschreibung der Wälder des Erbherzogtums Steyr vorzunehmen. Diese Daten wurden in 28 Bänden dem so genannten „Waldtomus“ niedergeschrieben. Im Waldtomus von 1760 werden die Wälder im Bereich der Zinödlalm mit 76.000 Faß „wirkmäßiges“, sofort nutzbarem Holz, beschrieben. Damit war die Zinödlalm das einzige Waldgebiet in der Region, das keine Altersklassen aufwies - es musste sich demnach um alte Bestände handeln. Der Forsttaxator Wondrak erwähnt 1856 einen 27 Joch (15,5 ha) großen Bestand in der Nähe der „Wolfbauernhütte“ mit 667 Kubikklafter (4546 m³) überständigem Holz. Aus diesen Aufzeichnungen geht hervor, dass aufgrund der Ablegenheit des Gebietes nie eine forstwirtschaftliche Nutzung stattgefunden hat (Hasitschka, 2006).

2.6.2. Mündlicher Bericht über die Wirtschaftsweise auf der Zinödlalm

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der 78-jährige Altbauer Josef Wolf, vulgo Wolfbauer in Johnsbach über die Art und Weise der Almbewirtschaftung auf seiner ehemaligen Zinödlalm mittels halbstrukturiertem Interview befragt.

Zusammenfassung des Gesprächs vom 04.01.2007

Die Zinödlalm war eine gute, satte Alm in der man eine sehr fettreiche (rahmreiche) Milch erhielt. Durch die kurze Vegetationsperiode war die Weidezeit jedoch nur auf ein Drittel der üblichen Weidezeit (Anfang Juli bis Ende August) im Tal begrenzt. Bis 1921 wurden 24 Milchkühe, etwa gleichviel Jungvieh, zwei Schweine und Schafe in mehr als vierstündiger Auftriebszeit in die Alm getrieben. Der Auftriebsweg führte über die Heshütte, der Ochsenleiten (Panoramaweg) hinüber auf die Nordseite des Zinödls und die „Goss“ hinunter zur Alm. Die Schafe weideten hauptsächlich im Gipfelbereich des Zinödls. Die Alm wurde von einer Sennerin und einem Hirten betrieben. Die Menschen aus dem Nahen Hieflau stiegen über den steilen Handhabenriegelsteig zur Alm auf, um die begehrte Butter und den Käse zu kaufen.

Die heutigen Wege über das Johnsbachtal waren vor dem Bau der Eisenbahn bzw. der Gesäusestrasse noch nicht erreichbar. 1921 kaufte der Großvater von Josef Wolf einen heruntergekommenen Hof (Kassegger) im Johnsbachtal mitsamt den dazugehörenden Weiderrechten. Dies führte dazu, dass man ab diesem Jahr nur mehr das Jungvieh, die Ochsen und die Schafe auf die Hochalm auftrieb. Die Milchkühe wurden auf die hofnähere Alm getrieben.

Als Josef Wolf den Hof übernahm wollte er 1964/65 die Zinödlalm mit einer näheren Alm (Koderboden), die in diesem Zeitraum in den Besitz der Landesforste kam, abtauschen. Er konnte sich mit dem damaligen Landesforstdirektor Himmelstoß nicht einigen, trieb aber ab 1965 keine Rinder mehr auf die Zinödlalm. Erst mit dem darauf folgenden Landesforstdirektor Sattmann und unter Einbeziehung der Bezirksagrarbebehörde wurde der Almtausch 1973 vollzogen. Josef Wolf war das letzte Mal 1964 auf der Zinödl.

Die Alm war immer nach Norden und Osten (Absturzgefahr), sowie nach Südwesten in Richtung Heshütte bei der „Goss“ eingezäunt, um das Heimgehen der Tiere zu verhindern. Der Zaun ging also ungefähr von der östlichen bis zur nordwestlichen Umgrenzung entlang der Untersuchungsfläche. Zu Fronleichnam (Ende Mai bis Mitte Juni) ging man auf die Alm, um in zweitägiger Arbeit den Zaun herzurichten. Dabei wurde für Zaunholz (Stiepfeln u. Ranteln) jede, in unmittelbarer Nähe vorkommende Baumart (Lärche, Zirbe, Fichte) verwendet und nie ein Drahtzaun errichtet.

Die Kühe weideten im gesamten Almbereich, bevorzugten aber die südlichen Flächen (oberhalb der Jagdhütte) am „Hochfeld“ (einzige Wasserstelle), die östlich der Alm gelegene freie Fläche am Rücken zum Hartlesgraben („Bruder Lenzen“) und die westlichen Lichtungen unterhalb der „Goss“ am „Feldl“. Zu diesen Flächen führte ein Steig, der durch Markierungen mit der Hacke an Bäumen gekennzeichnet wurde. Bei schlechtem Wetter (starkem Gewitter oder Wettersturz) hielten sich die Tiere oft im nordöstlichsten und am tiefsten gelegenen Teil der Hochalm auf (beim „Handhabenriegel“). Wasser gab es am „Hochfeld“ (Tümpel) und aus zwei Quellen, eine 50 m unterhalb der Jagdhütte und eine ca. 200 m westlich der Almgebäude (beide Brunnröge waren 2006 noch erkennbar).

Neben dem Recht auf Zaunholz gab es noch ein jährliches Holzbezugsrecht für Brennholz (ca. 4 rm) und Bauholz (ca. 3 fm). Brenn- und Bauholz wurde ebenfalls aus der Nähe der Alm geholt; meistens oberhalb der Alm um den Transport möglichst einfach zu gestalten. Für Brennholz wurde auch nicht auf die Qualität, auf den Durchmesser oder die Baumart geachtet. Es wurde das genommen, was einfach zu kriegen war. Wenn sich ein Tier auf der Zinödlalm verletzte (z.B. Beinbruch) oder verendete, wurde es vor Ort, wenn möglich, verarbeitet (Fleisch) und der Rest verbrannt. Als Brennholz wurde der nächstgelegene Baum gefällt. Der Altbauer kann sich nicht erinnern, dass es jemals in der Zinödlalm Streunutzung oder Schneitelung gegeben hätte, denn die Tiere hatten immer genug zum Fressen. Nur für den Kuh-

und Schweinestall wurden im Umkreis der Almhütten krautige Pflanzen (z.B. Pestwurz) gesammelt, getrocknet und als Einstreu verwendet.

Nach Ansicht von aktuellen Fotos und Luftbildern und auf die Frage nach der Bestandeszusammensetzung in früherer Zeit, konnte der Altbauer keine Veränderung zu früher feststellen. Allerdings wurde in den Lärchenbeständen immer wieder die Grünerle und Latsche geschwendet, um die Waldweide offen zu halten. Seiner Erinnerung zur Folge waren keine größeren Lücken oder Windwürfe vorhanden.

Zur Jagd meinte Josef Wolf, dass es immer sehr viel Birkwild gegeben hat, sowie Gams- und Rotwild.

3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

3.1. Aufnahmedesign

Die Aufnahmen im Gelände wurden in zwei Schritten durchgeführt. Im September und Oktober 2006 erfolgte die Bestandesaufnahme und im Juni 2007 wurde entlang von fünf Transekten an Fichten, Lärchen und Zirben Bohrkerne entnommen.

3.1.1. Probpunkte und Probeflächen

Es wurde ein Raster in Nord-Süd- und Ost-West-Ausrichtung von 100 m x 100 m, nach dem Koordinatensystem des Österreichischen Bundesmeldenetzes (BMN) über die Untersuchungsfläche gelegt. Probpunkte, die in sehr steiles Gelände ($>100\%$ Hangneigung) fielen, wurden nicht untersucht.

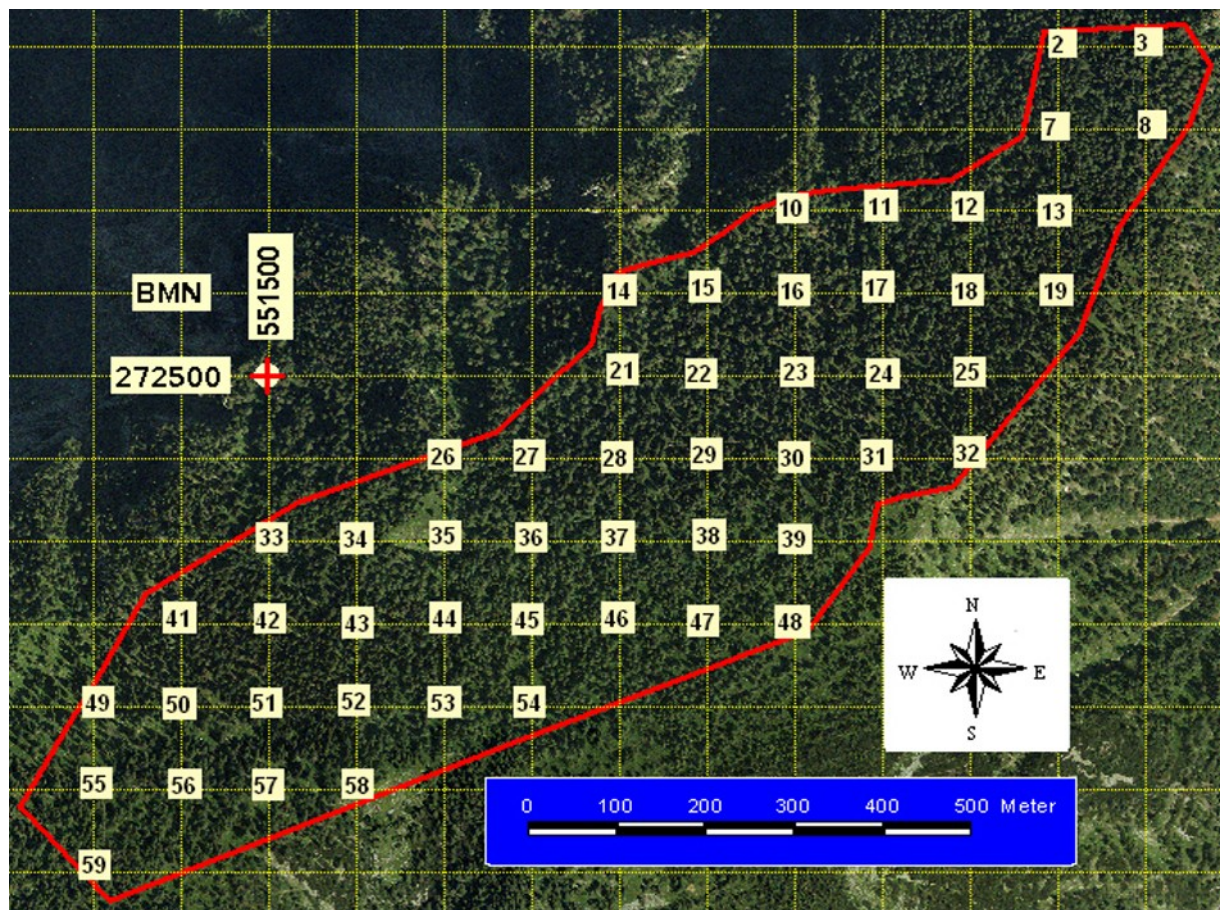


Abb. 12: Untersuchungsfläche mit Lage der Probpunkte, die nach BMN-Koordinaten und 100 m x 100 m ausgerichtet wurden. Probpunkt 35 liegt in unmittelbarer Nähe der verfallenen Almgebäude.

Die einzelnen Parameter wurden auf verschiedenen Probeflächen je Probepunkt untersucht. Der Probekreis mit einem Radius von 30 m wurde vor allem für Schätzvariable verwendet. Die Grundeinheit war ein Probekreis mit einem Radius von 10 m, der zwei Verjüngungstreifen von je 10 m Länge und 1 m Breite beinhaltet, die in Falllinie bzw. schichtenlinienparallel angeordnet lagen (Fläche = 19 m²).

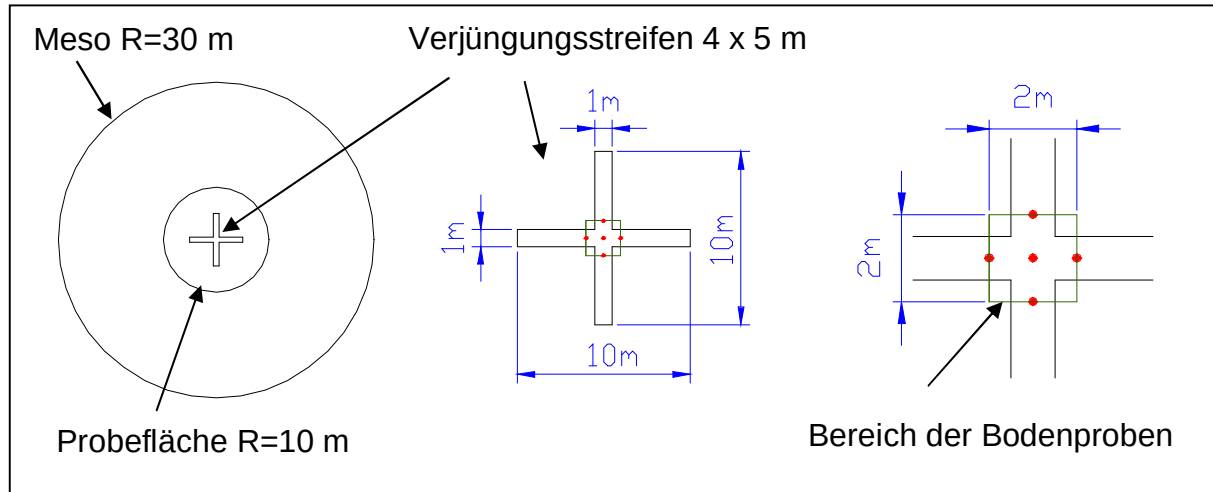


Abb. 13: Anordnung von Probekreis (links), Verjüngungstreifen (Mitte) und Bereich der Bodenprobe (rechts) mit den fünf Einschlagpunkten (rot) zur Feststellung der Gründigkeit.

3.1.2. Transekte

Nach Auswertung der ersten Aufnahmen wurden fünf Transekte (Abb. 14) mit 100-300 m Länge und einer Breite von 4 m bestimmt und in der Untersuchungsfläche aufgesucht. Jedem Baum mit einem BHD ≥ 5 cm wurde in 1 m Höhe Bohrkerne entnommen um das Alter und die Entwicklung des Bestandes aus den Jahrringfolgen zu ermitteln.

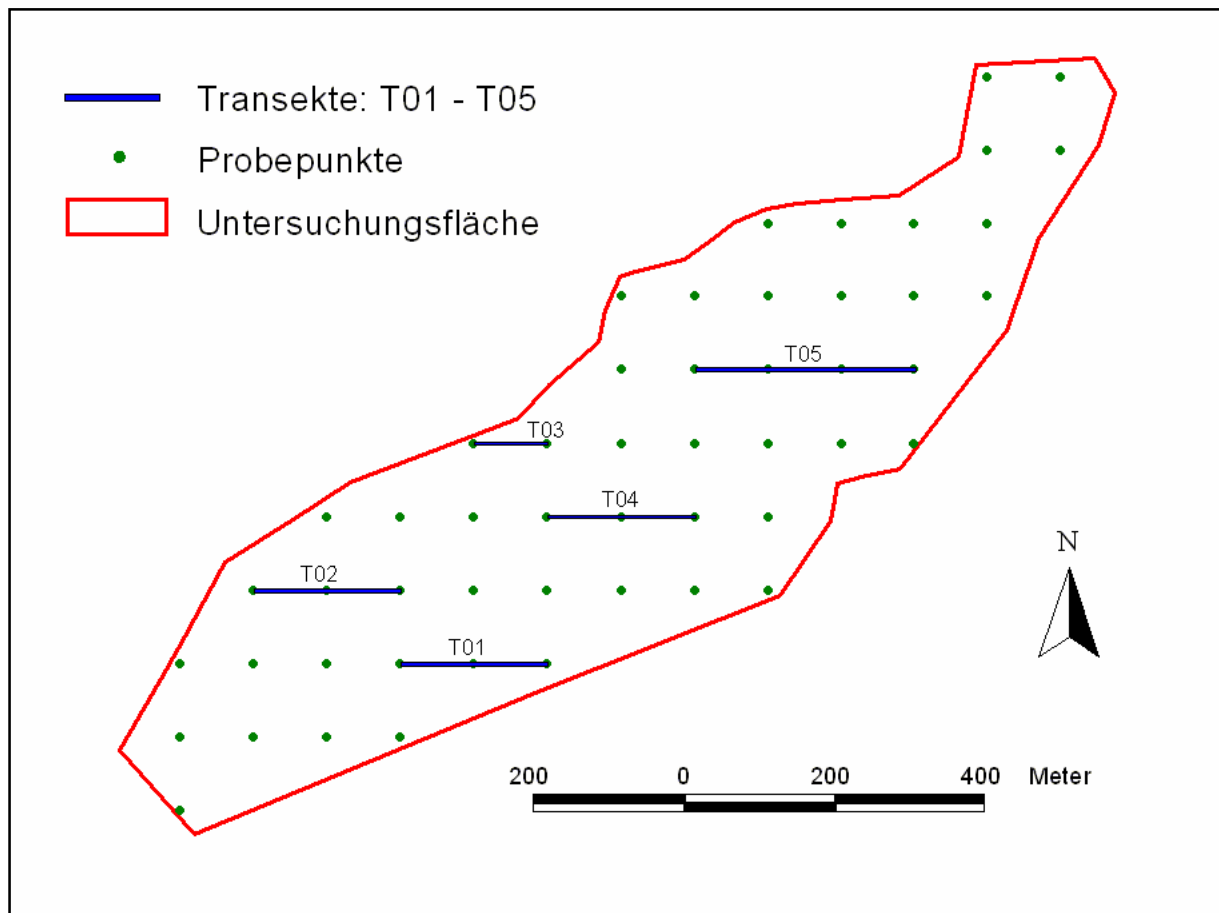


Abb. 14: Lage der fünf Linietransekte T01-T05 in der Untersuchungsfläche.

3.2. Aufnahmemethoden

Folgende Messgeräte und Werkzeuge wurden bei der Aufnahme verwendet:

- Lagebestimmung: Garmin GPS (Lagegenauigkeit: ± 15 m) und Kontrolle mit Orthofotos
- Seehöhe: Barometrischer Höhenmesseruhr in Übereinstimmung mit den Höhengichtlinien (Genauigkeit: ± 10 m)
- Exposition und Azimut: Wyssen-Kompaß (in Grad)
- Hangneigung: Meridian Gefällsmesser (in %)
- BHD der Prohebäume: *pi*-Band (Genauigkeit: ± 1 mm)
- Mittendurchmesser und BHD von Totholz: Kluppe (Genauigkeit: ± 1 cm)
- Baumhöhen, Kronenansatz und Horizontalentfernungen im Gelände: Vertex (Genauigkeit: ± 1 dm)
- Längen von liegendem Totholz, Verjüngungsstreifen und Kronenabplottung: 50 m Rollmassband (Genauigkeit: ± 1 dm)
- Spiegelrelaskop: Auswahl der Probestämme
- Schlagbohrer, Hammer und Spaten: Bodenprobe
- Fluchtstangen: Absteckung der Verjüngungsstreifen
- Zuwachsbohrer: Entnahme von Bohrkernen
- Für die Auswahl der Aufnahmeparameter wurde ein modifizierter Inventurschlüssel der „Naturrauminventur im Nationalpark Kalkalpen“ nach Eckmüllner et al. (1994) verwendet (siehe Anhang 4).

3.2.1. Aufnahmeparameter im Makrorelief $R > 30$ m

Im Makrorelief wurden folgende Parameter aufgenommen:

- | | |
|--------------|---------------|
| – Seehöhe | – Hangneigung |
| – Exposition | – Geländeform |

Entfernungsklassen

Es wurde von jedem Probepunkt aus die Entfernung zu einem der unten angeführten einsehbaren Bereiche geschätzt, bei der die sichtbare Länge mindestens 20 m betrug.

- *Geländeform*
- *Waldrand*
- *Bestandesrand*
- *Jungwuchsgruppe: Oberhöhe > 1,3 m*
- *Forststrasse*
- *Rückeweg oder Seiltrasse*
- *Wanderweg*

Sichtigkeit

Es wurde bei einer Drehung um die eigene Achse (Augenhöhe = 1 m) die Entfernung geschätzt, in der ein Rehkörper (80 x 30 cm) ohne Verdeckung gesehen werden kann.

- *maximale Sichtigkeit*
- *minimale Sichtigkeit*
- *mittlere Sichtigkeit*

3.2.2. Aufnahmeparameter im Mesorelief R=30 m

Exposition, Hangneigung und Geländeform im Mesorelief können sich z.B. durch kleine Gräben oder kleinräumige Expositionswechsel deutlich vom Makrorelief unterscheiden.

- *Lokalklima*
- *Exposition*
- *Hangneigung*
- *Geländeform*
- *Grundgestein*
- *Lockergestein*
- *Korngröße des Lockergesteins*
- *Anthropogene Einflüsse*

3.2.3. Aufnahmeparameter in der Probefläche R=10 m

Im Probekreis mit einem Radius von 10 m wurden folgende Aufnahmen gemacht.

Kleinrelief

- *Felsanteil*
- *Rinnen, Gräben, Buckel*
- *Windwurfteiler: mit/ohne Rohboden*
- *Wege und Steige*
- *Flechten*
- *Moose*

Feldbodenkundliche Ansprache

Die Bodenaufnahmen wurden mit Schlagbohrer (Schlagbohrertiefe 120 cm, Durchmesser 2 cm) und Spaten in Anlehnung an die „Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich“ von Englisch und Kilian (1999) durchgeführt.

In Abbildung 13 wird die Anordnung der fünf Einschlagpunkte (rot), zur Messung der Gründigkeit dargestellt. Die Bodenansprache wurde durch eine Spatenprobe im Bereich der Probepunkte durchgeführt.

Folgende Parameter wurden am Boden aufgenommen und angesprochen:

- *Gründigkeit*
- *Wasserhaushalt*
- *Auflagehumus*
- *Mineralboden*

Bodenerosion

- *Ursache*
- *Ausdehnung*

Bestandeslücke

- *Lückengröße*
- *Lage: Anteil am Probekreis*
- *Alter der Lücke*
- *Lückenerzeuger*
- *Lückenfüller*

Totholz

Abbildung 15 zeigt die verschiedenen Abbaugrade von Totholz nach Maser et al. (1979). Der Mittendurchmesser und der BHD wurde mit der Kluppe (± 1 cm) gemessen und die Länge des liegenden Totholzes mit dem Rollmassband (± 10 cm). Die Höhe des stehenden Totholzes wurde mit dem VERTEX gemessen (± 10 cm).

Totholz liegend: Mittendurchmesser < 10 cm

- *Flächenüberdeckung*

Totholz liegend: Mittendurchmesser ≥ 10 cm

- *Baumart*
- *Mittendurchmesser*
- *Länge*
- *Azimut: Fallrichtung in Grad*
- *Anteil in Probefläche*
- *Ursache*
- *Abbaugrad*

Totholz stehend: BHD ≥ 10 cm

Ab einem Abbaugrad „Stage 3“ nach Maser et al. (1979) wurde der Baum zum Totholz gezählt.

- Baumart
- BHD
- Baumhöhe
- Ursache
- Abbaugrad

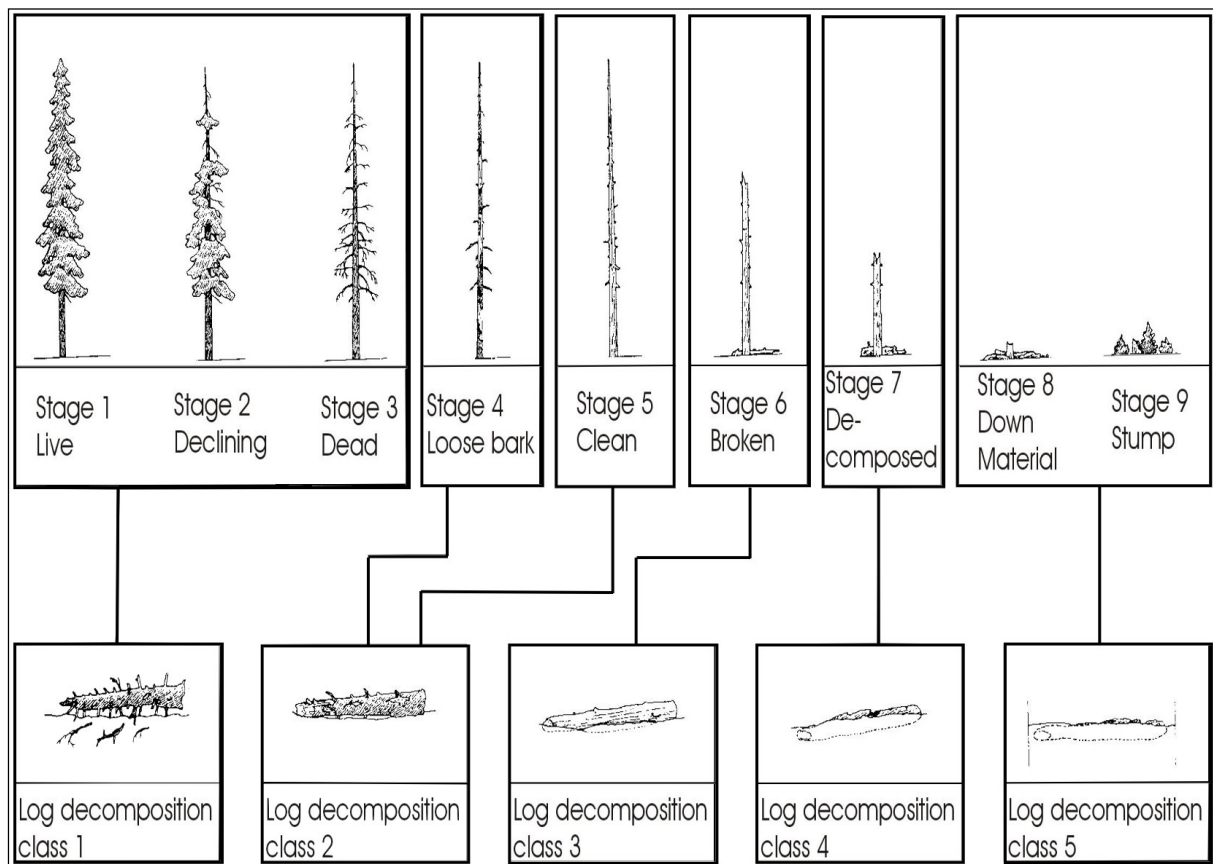


Abb. 15: Ansprache von Abbauklassen von Totholz nach Maser et al. (1979).

3.2.4. Aufnahme der Wildökologischen Bestandestypen (WÖBT):

Um die Habitataignung von Schalenwild beurteilen zu können, wurden verschiedene Waldtypen und Sondertypen visuell angesprochen. Die genaue Beschreibung der einzelnen WÖBT wird im Anhang 4 aufgelistet.

3.2.5. Erhebung im Verjüngungsstreifen 4 x 5 m

Keimlinge

- Baumart
- Keimlinge am Boden
- Keimlinge am Kadaver

Verjüngung ab einem Alter von 1 Jahr: BHD $\leq$ 10 cm

- Baumart
- Höhe
- Länge des Terminaltriebs
- Alter
- Schäden

Wildeinfluss

- Anzahl der Losungshaufen im Verjüngungsstreifen nach Wildarten.

3.2.6. Aufnahme der Einzelbaummerkmale

Die Auswahl der Probestämme erfolgte mit der Winkelzählprobe (WZP) nach Bitterlich (1949). Bei der WZP wird mit dem Spiegelrelaskop, vom Probepunktzentrum aus, mit einem konstanten Sichtwinkel ein Vollkreis vollzogen und alle Bäume in Brusthöhe anvisiert und nur jene als Probestämme ausgewählt, die breiter als der Sichtwinkel erscheinen und einen BHD $\geq$ 10 cm aufweisen.

Folgende Merkmale wurden an den ausgewählten Probestämmen aufgenommen:

- Baumart
- BHD
- Baumhöhe
- Höhe des Kronenansatzes
- Kronenradien: an je 30 Bäumen
- Kronensymetrie
- Soziologie: nach Kraft (1884)
- Vitalität
- Schäden
- Zwiesel, Schaftanomalien
- Flechten und Moose am Stamm

3.2.7. Aufnahmeparameter im Linientranspekt

Die Anfangspunkte der Transekte wurden auf vorher ausgewählte Probepunkte der Bestandesaufnahme gelegt. Die Richtung der Transekte wurde mit dem Kompass nach West ausgerichtet und jeder Baum, der in den 4 m breiten Streifen fiel und einen BHD $\geq$ 5 cm aufwies, wurde in 1 m Höhe am Stamm beprobt. Bäume mit

BHD<20 cm wurden von der Hangoberseite durchgebohrt. Stärkeren Bäumen wurden jeweils zwei Bohrkerne, im rechten Winkel zueinander entnommen.

Von den Prohebäumen wurden folgende Parameter ermittelt:

- *Baumart*
- *Baumhöhe*
- *BHD*

3.3. Auswertungsmethoden

Die Aufnahmedaten wurden in eine ACCESS-Datenbank übertragen und danach mit dem Statistikprogramm „SPSS 11.0 für Windows“ und „Excel“ von Microsoft ausgewertet.

Verteilungsmuster der Bestandesstruktur wurden mit dem GIS-Programm „ArcView 3.2a“ mit integrierter „Kriging Data Interpolation“-Erweiterung berechnet und dargestellt. Unter Kriging versteht man ein lineares geostatistisches Schätzverfahren, das die Werte an unbeprobten Orten aus bekannten Messwerten der umliegenden Nachbarschaft schätzt (Armstrong, 1998).

Der erste Schritt bei der Auswertung der Aufnahmen war eine Plausibilitätskontrolle und Datenbereinigung, die Mess- und Registrierungsfehler aufdecken soll. Als Hilfsmittel dafür wurden Boxplots, Histogramme, Streu- und Liniendiagramme verwendet, um fehlerhafte Daten, Ausreißer und Extremwerte zu lokalisieren.

Um Gruppen (z.B. Baumarten, Cluster, usw.) hinsichtlich ihrer signifikanten Mittelwertsunterschiede zu überprüfen, wurde die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) verwendet. Zusätzlich wurde bei mehr als zwei Gruppen ein Post-Hoc-Mehrfachvergleich mittels Scheffé-Test durchgeführt, um homogene Untergruppen ($p < 0,05$) aufzudecken.

Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde überprüft, ob sich eine nominal- oder gruppierte ordinalskalierte Variable (z.B. Anzahl der Losungen, Keimlinge/ha oder Lücken) in ihrer Verteilung signifikant von einer erwarteten oder gleich verteilten Häufigkeit unterscheidet (Janssen und Laatz, 2005).

3.3.1. Standort

Aus den Standortdaten wurden Geländeeigenschaften und die Bodenverhältnisse beschrieben, sowie die anthropogene und wildbiologische Beeinflussung untersucht.

3.3.2. Bestandesstruktur

Waldstrukturen wurden durch die Strukturelemente Dichte, Verteilung und Diversität dargestellt.

3.3.2.1. Bestandesdichte

Aus der Winkelzählprobe mit Zählfaktor 4 wurden die Kreisflächendichte/ha und die Baumanzahl/ha in der Untersuchungsfläche berechnet.

Kreisflächendichte

Durch Aufsummieren der Kreisquerschnittsflächen in Brusthöhe (1,3 m) aller Bäume/ha, erhält man als Dichtemaß die Kreisflächendichte (1) oder Bestandesgrundfläche. Bei der Winkelzählprobe entspricht dieser Kreisflächendichte die Anzahl der ausgewählten Probestämme mal dem Zählfaktor k .

$$G / ha = k \times n \quad (1)$$

n = Anzahl der ausgewählten Probestämme

k = Zählfaktor (in der Aufnahme wurde der Zählfaktor 4 verwendet)

Stammzahl

Jeder Probestamm repräsentiert mit seinen Merkmalen (z.B. Höhe, BHD, Schäden, usw.), indirekt proportional zu seinem Brusthöhendurchmesser eine bestimmte Anzahl an Bäumen/ha (2).

$$N / ha = \sum_{i=1}^n \frac{k}{BHD_i^2 \frac{p}{4}} \quad (2)$$

n = Anzahl der ausgewählten Probestämme

k = Zählfaktor (in der Aufnahme wurde der Zählfaktor 4 verwendet)

BHD = Brusthöhendurchmesser (m)

Stand-Density-Index

Der Stand-Density-Index (SDI) nach Reineke (1933) beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Durchmesser des Kreisflächenmittelstammes (3) und der Stammzahl/ha (2) vollbestockter, unbewirtschafteter Reinbestände und ist weitgehend alters- und bonitätsunabhängig (Sterba, 1985).

Da der SDI (4) für Mischbestände nur bedingt geeignet ist, soll er in dieser Arbeit in erster Linie für die Darstellung einer relativen Bestandesdichte dienen.

Der SDI berechnet sich nach folgender Formel:

$$dg_{beob} = \sqrt{\frac{4G}{N_p}} \quad (3)$$

$$SDI = N_{beob} \times \left(\frac{25}{dg_{beob}} \right)^{-1,605} \quad (4)$$

N_{beob} , N = Anzahl der Bäume pro Hektar (N/ha)

dg_{beob} = BHD des Kreisflächenmittelstammes

G = Kreisflächendichte (G/ha)

Sterba (2001) hat aus den Ertragstafeln von Marschall (1975) folgende Rahmenwerte für den SDI berechnet:

Baumart		Fichte	Lärche
SDI	von	900	500
	bis	1100	600

Tab. 1: Rahmenwerte des Stand-Density-Index für Fichte und Lärche nach Sterba (2001).

Schirmflächenprozent

Das Schirmflächenprozent (5) ist ein Maß für die durchschnittliche Konkurrenz im Kronenraum und ein gutes Maß für das zum Waldboden kommende Licht, das aus Sicht der Verjüngung überlebensnotwendig ist (Sterba, 2001).

Unter der Annahme, dass die Schirmfläche (**Crown Projektion Area**) kreisrund ist und die Krone durch Konkurrenz im Wachstum keine Beeinträchtigung erfährt, wird das Schirmflächenprozent als die Summe der Kronenschirmflächen aller Bäume im Bestand im Verhältnis zur Bestandesfläche bestimmt. Ein Wert von 100 würde bedeuten, dass sich die Baumkronen gerade noch berühren und die Bodenoberfläche ganz überdeckt ist.

$$CPA\% = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{KB_i^2}{4}}{F} \times 100\% \quad (5)$$

n = Anzahl der Probestämme

KB = Kronenbreite (m)

F = Bestandesfläche (in den Berechnungen auf 1 ha hochgerechnet)

Um die Kronendurchmesser der einzelnen Bäume zu schätzen, wurden an 21 Fichten, 12 Lärchen und 3 Zirben in den Richtungen Nord, Ost, Süd und West die Kronenradien gemessen und daraus das quadratische Mittel des Kronendurchmessers (6) bestimmt. In Anlehnung an die BHD-Kronendurchmesser-Beziehung von Solitäräumen nach Hasenauer (1997) wurde eine vereinfachte lineare Beziehung zwischen BHD und Kronendurchmesser angenommen, eine Ausgleichsfunktion (7) ermittelt und damit die Schirmfläche der Probestämme berechnet.

$$KB = \sqrt{\sum_{i=1}^4 r_i^2} \quad (6)$$

$$KB = a + b \times BHD \quad (7)$$

KB = Kronenbreite (m)

r_i = Kronenradius in den vier Richtungen i (m)

a, b = ermittelte Koeffizienten

BHD = Brusthöhendurchmesser (cm)

Der Zusammenhang zwischen BHD und Kronenbreite und die Koeffizienten der Ausgleichsfunktion werden in der nachfolgenden Tabelle angeführt:

Baumart	a	b	R ²
Fichte	0,998	0,0919	0,46
Lärche	3,41	0,0853	0,47

Tab. 2: Koeffizienten der beiden Hauptbaumarten Lärche und Fichte für die Berechnung der Kronenbreiten.

Holzvorrat lebender Bäume

Der Vorrat von Fichte, Lärche und Bergahorn wurde mit Hilfe der Formzahlfunktion für Schaftholz nach Pollanschütz (1974) ermittelt (8). Für Bergahorn wurden die Koeffizienten von Buche eingesetzt.

Das Baumvolumen der Zirbe ist aufgrund der häufigen Zwieselbildungen in unterschiedlichen Höhen und der tief beasteten Krone nur schwer zu berechnen.

Lick (1991) nimmt in seiner Formzahlfunktion (9) für Zirbe eine mittlere Höhe der Zwieselbildung von 2/3 der Baumhöhe an.

Durch multiplizieren der Formzahl mit der Baumhöhe und der Kreisfläche des Stammes in Brusthöhe, erhält man das Volumen des Probebaumes (10).

$$f_{\text{Pollanschütz}} = b_1 + b_2 \ln^2 d + \frac{b_3}{h} + \frac{b_4}{d} + \frac{b_5}{d^2} + \frac{b_6}{dh} + \frac{d_7}{d^2 h} \quad (8)$$

$$f_{\text{Lick}} = 0,705 - 0,0392 \times (\ln^2 d) - \frac{19,5}{h} \quad (9)$$

$$V_{\text{fmD}} = \frac{BHD^2 p}{4} \times f \times H \quad (10)$$

f = Schaftholzformzahlfunktion

$b_1 - b_7$ = Koeffizienten der österreichischen Schaftholzformzahlfunktion

d = Brusthöhendurchmesser (dm)

h = Baumhöhe (dm)

BHD = Brusthöhendurchmesser (m)

H = Baumhöhe (m)

Die Formzahlen für Fichte, Lärche und Bergahorn (Buche als Ersatz) berechnen sich aus den folgenden Koeffizienten, die Pollanschütz (1975) aus 12000 Probestämmen der Österreichischen Forstinventur bestimmt hat.

Baumart	Koeffizienten						
	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
Fichte	0,468	-0,0139	-28,2	0,375	-0,289	28,3	0,0
Lärche	0,609	-0,0456	-18,7	-0,249	0,127	37,0	-14,2
Buche	0,686	-0,0372	-31,1	-0,386	0,220	49,6	-22,4

Tab. 3: Koeffizienten der österreichischen Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz (1974).

Totholzvolumen

Das Volumen des liegenden Totholzes wurde nach folgender Formel (11) berechnet.

$$V_{tot,liegend} = \frac{MD^2 p}{4} \times l \times a \quad (11)$$

MD = Mittendurchmesser (m)

l = Länge (m)

a = Anteil des Totholzstückes der innerhalb der Probefläche R=10 m liegt

Bei stehendem Totholz mit einer Höhe ≥ 3 m wurde der BHD auf den Durchmesser der mittleren Baumhöhe reduziert (12) und eine Abholzigkeit von 0,5 cm je Längener angenommen, um das Volumen (13) zu berechnen.

$$RF = \left(\frac{h}{2} - 1,3 \right) \times 0,5 \quad (12)$$

$$V_{tot,liegend} = \frac{(BHD - RF)^2 p}{4} \quad (13)$$

BHD = Brusthöhendurchmesser (m)

h = Baumhöhe (m)

RF = Reduktionsfaktor

An stehendem Totholz mit einer Höhe ≤ 3 m wurde der Mitteldurchmesser des Baumstumpfes gemessen und das Volumen (14) wie folgt berechnet:

$$V_{tot,stehend} = \frac{MD^2 p}{4} \times h \quad (14)$$

MD = Mittendurchmesser (m)

h = Baumhöhe (m)

Um das Totholzvolumen (15) des Probekreises auf Hektarwerte hochzurechnen wurde ein Blow-up-Faktor (16) nach Sterba (2001) verwendet.

$$BF = \frac{10000}{R^2 p} \Rightarrow BF_{R=10m} = \frac{100}{p} \quad (15)$$

$$V_{tot} / ha = V_{tot} \times BF \quad (16)$$

BF = Blow-up-Faktor

R = Radius des Probekreises

3.3.2.2. Verteilungen

BHD-Verteilung

Für die Darstellung der Durchmesser wurden 10 cm breite BHD-Klassen gebildet.

Baumhöhenverteilung

Die Baumhöhenverteilung und die Höhenkurve sollen den Zusammenhang von Durchmesser- und Höhenwachstum darstellen. Für die Darstellung der Höhenkurve wurde eine logarithmische Ausgleichskurve (17) für die Baumarten Fichte, Lärche, Zirbe und Bergahorn berechnet.

$$h = a + b \times \ln BHD \quad (17)$$

h = Baumhöhe (m)

a, b = Parameter der Ausgleichsfunktion

BHD = Brusthöhendurchmesser (m)

Kreisflächenmitteldurchmesser und Oberhöhe

Die beiden Maße sollen über die Dimensionen der Bäume bzw. über die Bestandeshöhe Auskunft geben.

Der Kreisflächenmitteldurchmesser (18) ist dabei der BHD des Baumes mit der mittleren Kreisfläche im Bestand.

$$dg = \sqrt{\frac{4G}{N_p}} \quad (18)$$

G = Kreisflächendichte (G/ha)

N = Anzahl der Bäume pro Hektar (N/ha)

Die Oberhöhe nach Pollanschütz (1970) ist die Mittelhöhe der stärksten Bäume, die eine gemeinsame Kreisflächendichte von 12 m²/ha erreichen. Die Oberhöhe berechnet sich, bei Aufnahmen mit der Winkelzählprobe (Zählfaktor 4), aus den drei stärksten Probestämmen.

Schlankeitsgrad

Ein Maß zur Charakterisierung der Stabilität von Einzelbäumen ist der Schlankheitsgrad oder h/d-Wert (19), da ein physikalischer Zusammenhang zwischen Biegefestigkeit und dem Verhältnis zwischen Baumhöhe und Durchmesser besteht (Petty und Worrell, 1981; Valinger et al. 1993).

Nadelbäume mit einem h/d-Wert < 80 werden als weitgehend schneebruchresistent und stabil gegen Windbruch und Windwurf angesehen. Seltene Schneebrüche an Bäumen mit h/d-Wert < 80, betreffen meist nur kleine Teile der Krone und führen nicht zum Absterben der Bäume (Johann, 1981).

Allerdings sind die bei Stürmen auftretenden Kräfte groß genug, um auch Bäume mit kleineren h/d-Werten zu werfen. Aus diesem Grund ist hinsichtlich der Windwurfstabilität die kollektive Bestandesstabilität wichtiger (Thomasius, 1988).

$$h / d - \text{Wert} = \frac{h}{d} \quad (19)$$

h = Baumhöhe (cm)

d = Brusthöhendurchmesser (cm)

Mayer (1984) gibt für die Fichte folgende Stabilitätsgrade gegen Schneebruch, bei unterschiedlichen h/d-Werten an.

Stabilität	sehr stabil	stabil	instabil	sehr instabil
h/d-Wert	< 60	60 - 80	81 - 100	> 100

Tab. 4: Stabilitätsindex nach h/d-Werten für Fichte (Mayer,1984).

Kronenform

Die Berechnung des Kronenprozents (20) und des Plumpheitsgrades (21) soll über die Morphologie der Baumkronen in den subalpinen Höhestufen Auskunft geben.

$$\text{Kronen\%} = \frac{\text{Kronenlänge}}{\text{Baumhöhe}} \times 100\% \quad (20)$$

Nach Sterba (2001) nutzt ein Baum mit geringem Plumpheitsgrad seine Standfläche, durch eine größere assimilierende Kronenoberfläche besser aus.

$$PL = \frac{\text{Kronenbreite}}{\text{Kronenlänge}} \quad (21)$$

Soziale Stellung und Vitalität

Die soziale Stellung der Bäume im Bestand nach Kraft (1884) und die Vitalität sollen über den Bestandesaufbau und den Gesundheitszustand der Bäume in den drei Baumschichten (Ober-, Mittel- und Unterschicht) Auskunft geben.

Schäden und Verletzungen

Unter diesem Punkt wurden alle Schädigungen am Einzelbaum mit abiotischer Herkunft zusammengefasst und dargestellt.

Im Besonderen wurden Schaftanomalien (Säbelwuchs, Zwieselbildung und Kandelaber), Wipfelbrüche, sowie Verletzungen durch Steinschlag oder Blitzschlag und Frostrisse dargestellt.

Verjüngung

Die Individuenzahl von Keimlingen und Verjüngungen ab 1 Jahr und BHD < 10 cm, wurden berechnet und auf Schädigungen untersucht. Verjüngung ab 1 Jahr wurde in drei Höhenklassen eingeteilt. Die erste Klasse reicht bis 20 cm Höhe und stellt den Anteil an der Verjüngung dar, der am stärksten durch Konkurrenzvegetation bedroht ist. Die zweite Klasse 21-150 cm, ist am stärksten durch Verbiss (Kollerbusch) und durch hohe Schneeeauflage betroffen (Schneeschemel). Verjüngung, die schon eine Höhe von mehr als 1,5 m erreicht hat, kann als jener Teil der Verjüngung mit einer höheren Überlebenschance angesehen werden.

3.3.2.3. Diversität

Die Diversität lässt sich nach Schaefer (1992) in drei Gruppen einteilen:

1. Die Artendiversität soll die Vielfalt und Häufigkeiten von Arten in einem Ökosystem beschreiben. Die Höhe der Diversität hängt dabei nicht unbedingt mit der Höhe der Stabilität eines Ökosystems zusammen.
2. Die Strukturdiversität soll die Vielfalt der räumlichen Strukturen beschreiben und steht meist in enger Beziehung zur Artendiversität.
3. Die biochemische Diversität beschreibt die Anzahl der organischen Verbindungen in einem Ökosystem.

Baumartendiversität

Ein Maß zur Quantifizierung der Artenvielfalt ist der Shannon-Index H (22), der von Shannon und Weaver (1949) entwickelt wurde und für die Beschreibung der Artendiversität eingesetzt werden kann. Der Shannon-Index wird ursprünglich mit dem *Logarithmus zur Basis 2* berechnet, aber aus Gründen der Vereinfachung wird auch der *Logarithmus naturalis* verwendet.

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \ln p_i) \quad (22)$$

S = Anzahl der vorkommenden Arten in der Winkelzählprobe

p_i = Artenanteil an der Gesamtpopulation

Bei raren Arten wird im Verhältnis zu dominanten Arten der Index überproportional erhöht, was der allgemeinen Auffassung entspricht, dass rare Arten mehr zur Diversität beitragen als dominante Arten (Pretzsch, 2002).

Strukturdiversität

Das Artenprofil A (23) nach Pretzsch (1996) kombiniert die Schichtigkeit eines Bestandes und die Artenvielfalt zu einer Diversitätszahl. Dazu wird der Bestand in drei Höhengschichten eingeteilt, die von 0-50%, 50-80% und 80-100% der maximalen Bestandeshöhe reichen.

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z (p_{ij} \times \ln p_{ij}) \quad (23)$$

S = Anzahl vorkommender Arten

Z = Anzahl der Höhenzonen (hier 3 Höhenzonen)

p_{ij} = Anteil der Arten in der Höhenzone

3.3.2.4. Strukturtypen

Die Waldzustandsbeschreibung von strukturreichen Waldökosystemen ist sehr stark von subjektiven Ansichten und Erfahrungen abhängig und führt meist zu unterschiedlichen Ergebnissen (Pretzsch, 2002). Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, wurde der BHD als Eingangsgröße für eine Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse ausgewählt, da er mit verschiedenen Strukturparametern wie z.B. Baumhöhe, Baumvolumen und Baumalter, in engem Zusammenhang steht. Nach der Methode von Gratzer (1998) wurden BHD-Klassen von lebenden und stehenden, toten Bäumen (Abbaugrad: Stage 3-7) der Hauptbaumarten Fichte, Lärche und Zirbe gebildet und daraus Cluster (Strukturtypen) berechnet.

Die folgenden Schritte zeigen die Vorgehensweise:

1. Zuerst wurden aus den BHD-Verteilungen von lebenden und stehenden toten Bäumen jeder Baumart, BHD-Klassen mit einer Klassenbreite von 20 cm gebildet, wobei die erste Klasse von 10-20 cm reicht. Diese wurden in eine Tabelle übertragen, in der die BHD-Klassen in den Spalten, die Probepunkte in den Zeilen und die jeweilige Anzahl Bäume pro Hektar in den Zellen steht.
2. Aus diesen Daten wurde eine Ähnlichkeitsmatrix mit dem Pearsonschen-Produkt-Moment-Korrelations-Koeffizient r (24) erzeugt.

$$r_{k,l} = \frac{\sum_{j=1}^n [(x_{jk} - \bar{x}_k) \times (x_{jl} - \bar{x}_l)]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n [(x_{jk} - \bar{x}_k)^2 \times (x_{jl} - \bar{x}_l)^2]}} \quad (24)$$

$\bar{x}_k, \bar{x}_l$ = Mittelwert der BHD-Klassen

x_{jk}, x_{jl} = Variablen der BHD-Klassen

n = Anzahl der Probepunkte

k, l = BHD-Klasse

3. Die erzeugte Ähnlichkeitsmatrix auf Punktebene wurde unter SPSS einer hierarchischen Clusteranalyse mit den Einstellungen „Ward-Methode“ und „Quadrierter Euklidischer Abstand“ unterzogen und die Anzahl der Cluster (Strukturtypen) wurden anhand von Dendrogramm und „Elbow-Kriterium“ ausgewählt.
4. Um die Qualität der berechneten Cluster zu überprüfen, wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt, die als Faktor die Clustermittglieder und als unabhängige Variablen die Häufigkeiten der BHD-Klassen verwendet.

5. Im letzten Schritt wurden die Cluster mit verschiedenen Strukturparametern kombiniert, um daraus treibende Faktoren für die Bildung von Strukturtypen aufzudecken.

3.3.3. *Bestandesdynamik*

3.3.3.1. Windwurf

Aus der Fallrichtung längerer Totholzstücke (Länge ≥ 10 m) wurde die Hauptwurf-richtung der Baumarten Fichte und Lärche und für die einzelnen Cluster (Strukturtypen) ermittelt.

3.3.3.2. Lücken

Mit Hilfe des Chi-Quadrat-Anpassungstests wurde die beobachtete Häufigkeit von Lücken in den Clustern mit der erwarteten gleichmäßigen Häufigkeit aufgrund der Clustergröße verglichen und auf signifikante Unterschiede überprüft.

3.3.3.2.1. Übergangswahrscheinlichkeit der Baumarten

Die dynamischen Aspekte von Lücken wurden in Form einer Lückenerzeuger – Lückenfüller-Matrix dargestellt und die Übergangswahrscheinlichkeiten für die Baumarten berechnet, um künftige Entwicklungen der Baumartenzusammensetzung sichtbar zu machen.

3.3.3.3. Dendroökologische Untersuchungen

Die Analyse der Bohrkerne dient einerseits der Ermittlung des jeweiligen Baumalters bzw. des Bestandesalters, andererseits soll durch Berechnung der 10-jährigen Zuwachsschwankungen auf die Stärke und Häufigkeit von Störungen geschlossen werden.

3.3.3.3.1. Aufbereitung der Bohrkerne

Die Bohrkernproben wurden auf ein Trägerhölzchen geleimt und mit Schleifpapier poliert, um die Jahrringgrenzen genau zu erkennen. Die so präparierten Bohrkerne wurden auf einer LINTAB-Messanlage (Firma Rinntech, Heidelberg) unter dem Mikroskop optisch bestimmt und in 1/100 mm auf einem Drehtisch eingemessen, der mit einem PC gekoppelt ist und die Messdaten direkt in das Programm TSAP („Time

Series and Analysis Presentation“, Firma Rinntech, Heidelberg) einliest und die Serien in Kurvenverläufen darstellt.

Nach optischer Überprüfung der paarweisen Synchronlagen am Bildschirm, erfolgte die Erstellung der Einzelbaummittelkurve unter der Voraussetzung, dass ein Kurvenpaar nach Eckstein und Bauch (1969) eine minimale Gleichläufigkeit (25) aufweist.

$$GL = 50 + 3,090 \times \frac{50}{\sqrt{a\%}} \quad (25)$$

a% = Überlappungslänge in Prozent

Mittels „Crossdating“ (Douglass, 1941) wurden die Baummittelkurven anhand einer gemeinsamen Baumartenmittelkurve auf etwaige fehlerhafte Jahrringmessungen (zu viele bzw. fehlende Jahrringe) überprüft und korrigiert. Mit dem Programm COFECHA (Cook 1985) aus der „Dendrochronology Program Library“ (DPL) wurden dann die korrigierten Messdaten überprüft, um Anhaltspunkte für weitere Korrekturen zu erhalten. Diese Schritte wurden so lange wiederholt bis eine möglichst hohe Korrelation aller Baummittelkurven je Baumart erreicht wurde.

3.3.3.3.2. Bestimmung des Baum- und Bestandesalters

Das Alter des jeweiligen Baumes setzt sich aus drei Teilen zusammen:

1. Anzahl der Jahrringe am Bohrkern
2. Fehlende Jahrringe, wenn das Mark durch den Zuwachsbohrer verfehlt wurde
3. Alter des Baumes in Bohrkernentnahmehöhe (1 m)

Wie alt jeder Baum beim Erreichen von 1 m Höhe war, wurde mit einer Regression zwischen Alter und Höhe, aus den Daten der Verjüngsaufnahmen, geschätzt.

Das Bestandesalter wurde aus den Mittelwerten der einzelnen Baumalter bestimmt.

3.3.3.4. Störungsgeschichte - Dendroökologische Zeitreihenanalyse

Der radiale Stammzuwachs eines Baumes wird durch Erbanlagen, endogene und exogene Faktoren bestimmt. Kurzfristige Ereignisse wie z.B. ein Trockenjahr, Naturkatastrophen oder stärkerer Lichteinfall durch Absterben eines Konkurrenten und Freistellungsereignisse, lassen sich in einzelnen Jahrringfolgen nachweisen. Dabei gibt die Sensitivität der Baumart einen Hinweis, wie stark sie auf Störungen reagiert (Schweingruber, 1993; Cook, 1987). Nach Nowacki und Abrams (1997)

bieten Jahrringverläufe ein geeignetes Mittel an, um in alten Waldbeständen mit geringer anthropogener Beeinflussung das Störungsregime zu beschreiben.

3.3.3.4.1. Freistellungsereignisse

Runing Mean Methode

In der Runing Mean Methode (Abb. 16) nach Nowacki und Abrams (1997) werden aus den Messwerten der Jahrringbreiten 10-jährige, gleitende Mittelwerte gebildet, um daraus Freistellungsereignisse zu berechnen.

Die Berechnung von Freistellungsereignissen wurde nach der Formel (26) von Nowacki und Abrams (1997) durchgeführt.

$$GC\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \quad (26)$$

GC% = Prozent der Jahrringbreitenänderung (Percentage growth change)

M₁ = Mittelwert der Jahrringbreiten der vorhergehenden 10-jährigen Periode

M₂ = Mittelwert der Jahrringbreiten der nachfolgenden 10-jährigen Periode

Der **GC%**-Wert wird am Ende der vorausgehenden Periode gesetzt; z.B. **M₁** = Mittelwert aus 1841-1850 und **M₂** = Mittelwert aus 1851-1860, dann wird der **GC%**-Wert für 1850 berechnet.

Bei der Auswertung wurde ein Schwellenwert (**GC%** > 25) festgelegt, ab der die Werte einem Freistellungsereignis zugeordnet werden.

Als Kriterium gilt jener **GC%**-Wert, der den Schwellenwert überschreitet, wobei nur der höchste Wert im Bereich der Überschreitung als ein Ereignis gezählt wird.

Nach Frelich (2002) wurden zwei Klassen von Ereignissen unterschieden:

1. Moderate Freistellungsereignisse: **GC%** > 25

- werden durch kleinere Ereignisse ausgelöst, wie z.B., dass der Baum in die Oberschicht durchwächst, oder am Rand einer neuen Lücke steht und eine seitliche Freistellung erfährt.

2. Starke Freistellungsereignisse: **GC%** > 50

- werden durch größere Ereignisse ausgelöst, bei der ein Baum durch die Lückenbildung eine volle Kronenfreistellung erfährt.

Die folgende Abbildung 16 zeigt anhand eines Lärchenbohrkerns nochmals die Vorgehensweise bei der Ermittlung von Freistellungsereignissen.

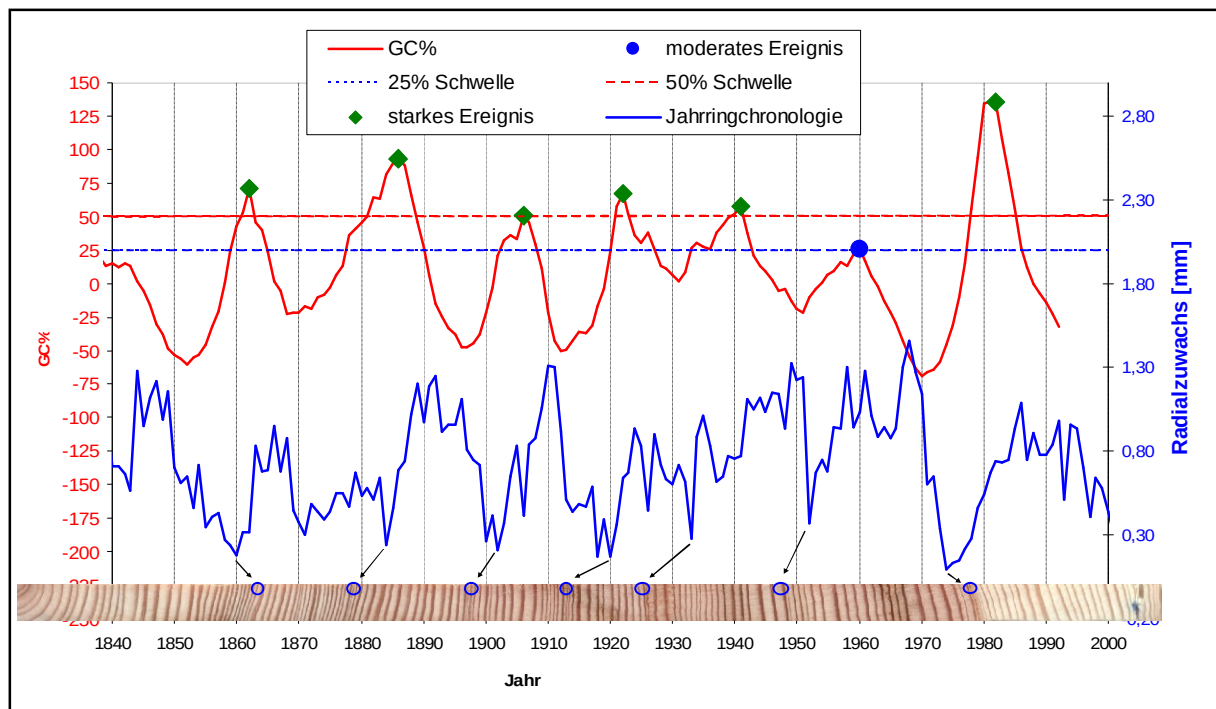


Abb. 16: Berechnung von moderaten (blauer Punkt) und starken Freistellungsereignissen (grüne Raute) am Beispiel einer Lärchenjahrringchronologie.

Nach Splechna et al. (2005) wurde die Stärke der Freistellungsereignisse in Dekaden zusammengefasst und überprüft. Zusätzlich wurde ermittelt, wie hoch der Anteil an Bäumen mit einem moderate bzw. starken Freistellungsereignis in der jeweiligen Dekade war.

3.3.3.4.2. Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen

Die Frequenz von Störungen wurde nach Robino und McCarthy (2004) durch die mittlere Andauer und die Wiederkehr von Freistellungsereignissen beschrieben. Die Andauer eines Freistellungsereignisses ist die Dauer des GC%-Wertes über dem Schwellenwert von 25%.

4. ERGEBNISSE

4.1. Standort

4.1.1. Geländeform

Die Untersuchungsfläche ist hauptsächlich nach Nordwest bis Nord exponiert und weist eine mittlere Neigung von 58% auf, dabei konnte zwischen den Neigungen des Makro- und Mesoreliefs kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

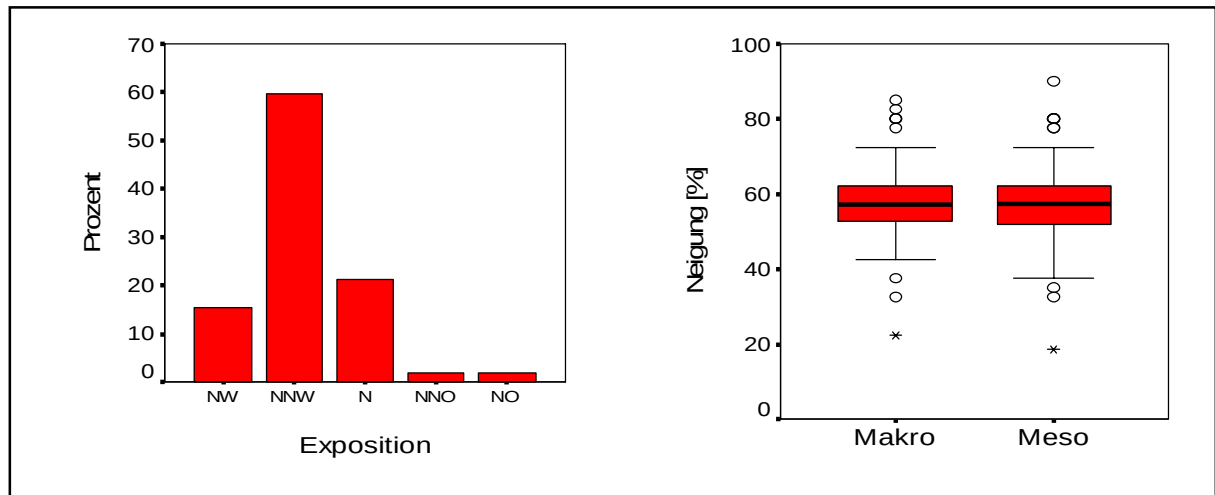


Abb. 17: Exposition und Neigung in der Untersuchungsfläche.

Der Mittelhang, an dem Materialzufuhr und -abtransport sich die Waage halten, nimmt dabei mit 50% im Makro- und 48% im Mesobereich den größten Anteil der Untersuchungsfläche ein. Ober- und Unterhänge mit Materialabfuhr bzw. -zufuhr sind in beiden Bereichen ungefähr gleich verteilt.

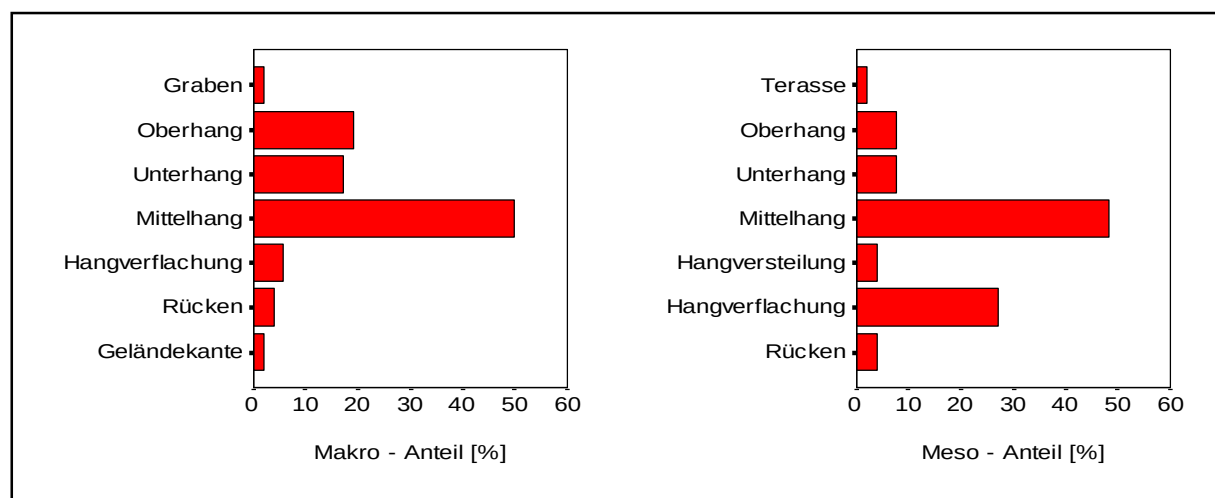


Abb. 18: Flächenanteile von Geländeformen im Makro- und Mesorelief.

Der anstehende gebankte Dachsteinkalk zieht sich mit seinen 1-15 m hohen Stufen in regelmäßigen Abständen quer durch die Untersuchungsfläche und bildet dabei die anderen kleinräumigen Geländeformen wie Hangversteilung bzw. -verflachung oder Terrassen und Gräben.

Im Mesobereich ($R=30$ m) herrscht zu 69% welliges Gelände (konvex/konkav) vor und das an der Oberfläche sichtbare Lockergestein wurde an 71% der Probeflächen als steinig-schuttig angesprochen.

Die Steine, die auf der Oberfläche liegen, stammen hauptsächlich aus der Verwitterung von anstehendem Dachsteinkalk.

Mesorelief ($R=30$ m)	Häufigkeit	Anteil
konvex	1	2%
konkav	5	10%
konvex/konkav	36	69%
intermediär	10	19%

Tab. 5: Anteil der Geländeausprägungen im Kleinrelief ($R=10$ m).

Korngröße ($R=30$ m)	Häufigkeit	Anteil
großblockig	1	2%
blockig	14	27%
steinig-schuttig	37	71%

Tab. 6: Korngröße, des an der Oberfläche sichtbaren Lockergesteines und die Verteilung in der Untersuchungsfläche.

Von den 52 Probepunkten wurde an drei Punkten im Mesobereich, Bodenerosion durch Windwurf oder Hangrutschung festgestellt, welche Plaiken mit einer Größe bis zu 25 m² verursachten. 88% des Kleinreliefs (R=10 m) sind ungleichmäßig und 41% der Probefläche durch natürliche Buckeln, Rinnen, Furchen und kleine Gräben, sowie 1-15 m hohe Felsstufen geprägt.

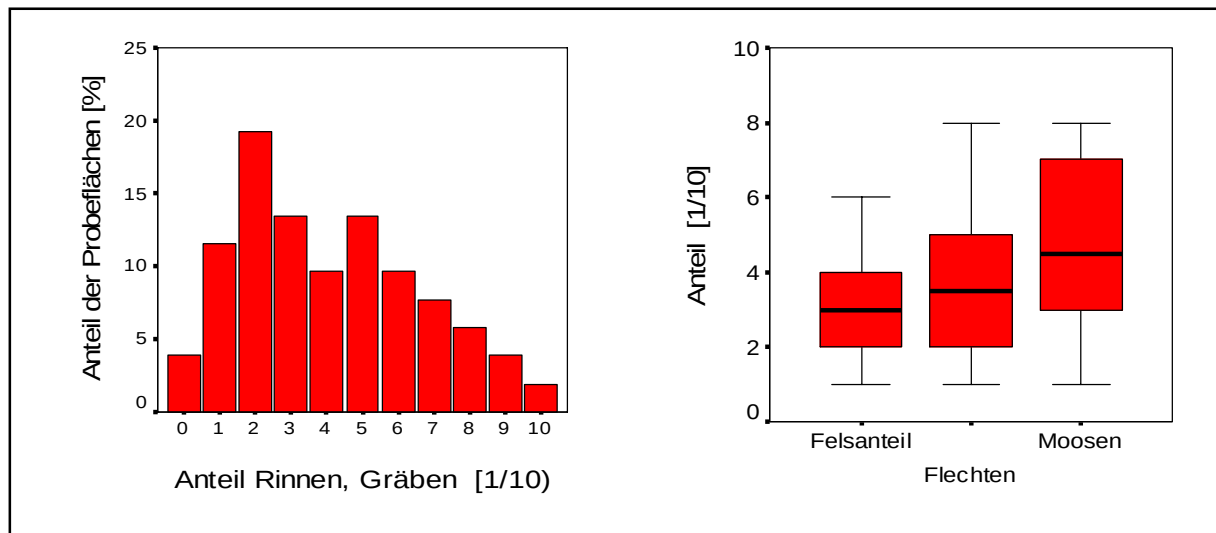


Abb. 19: Flächenanteil von natürlichen Rinnen, Furchen und Gräben (links) und Felsanteil mit einer Humusauflage < 1 cm und deren Bedeckungsart (rechts).

Der Felsanteil mit einer Humusauflage < 1 cm in der Probefläche liegt im Mittel bei 32%. Dieser Felsanteil ist durchschnittlich zu 39% mit Flechten und 48% mit Moosen bedeckt.

Entfernungsklassen

Eine weitere Ansprache der Gelände- und Bestandesverhältnisse wurde durch Entfernungsschätzungen zu Randzonen gemacht, die vom Probepunkt aus eingesehen werden konnten und mindestens eine Randlinienlänge von 20 m aufwiesen.

Randzonen konnten hauptsächlich im äußeren Bereich der Untersuchungsfläche von Probepunkten aus eingesehen werden.

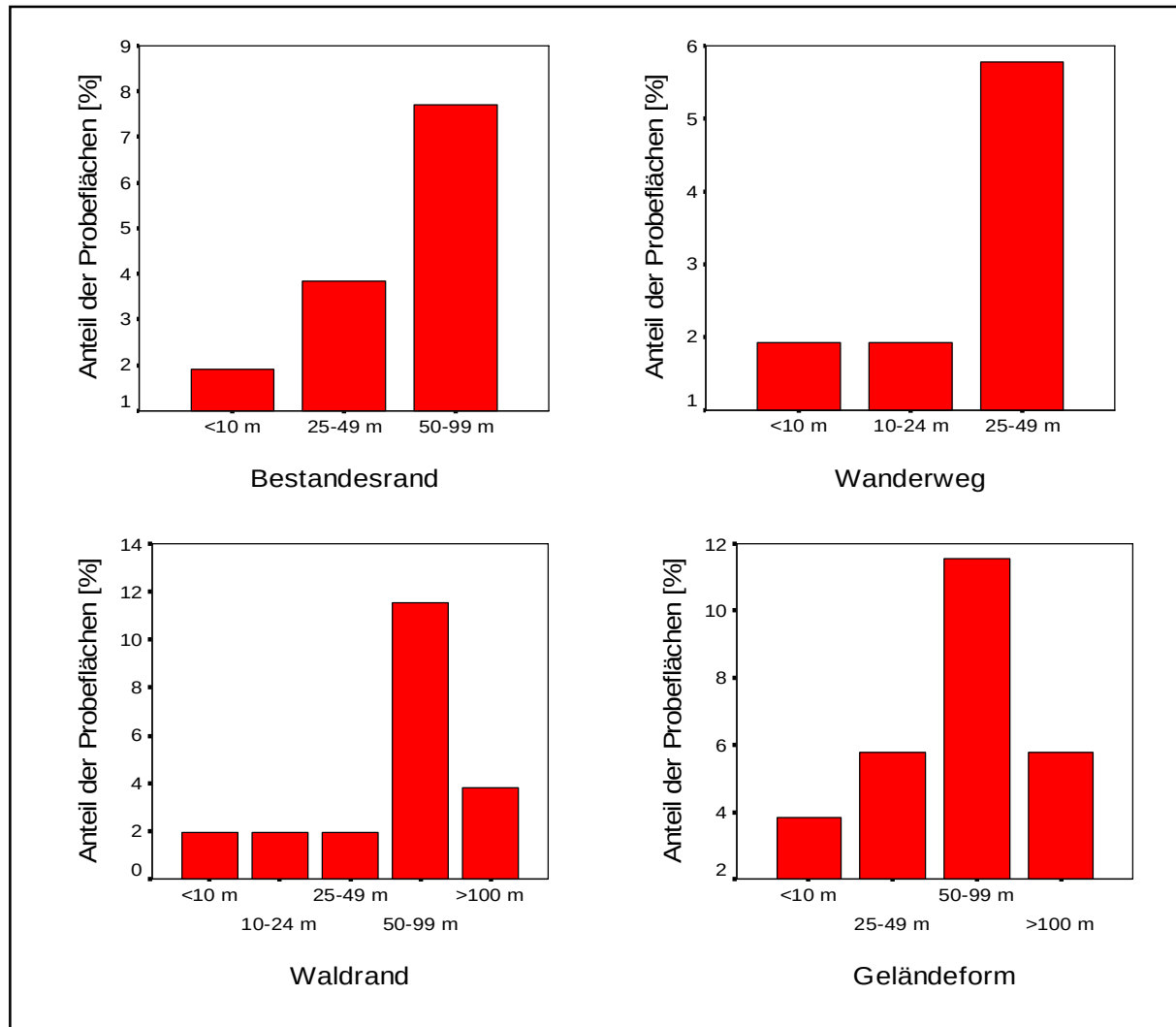


Abb. 20: Anteil der Probeflächen, aus denen man Randzonen einsehen konnte. Der Balken "keine" wurde wegen der besseren Veranschaulichung nicht abgebildet.

Als Kriterium für die Distanzschätzung gilt ein Rehkörper, der noch zur Hälfte aus einer Beobachtungshöhe von 1 m ohne Verdeckung gesehen werden kann. Die Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Sichtigkeit auf die Probepunkte. Demnach beträgt die mittlere Sichtigkeit auf der Untersuchungsfläche, aufgrund des ausgeprägten Kleinreliefs, ca. 20 m. Eine maximale Sichtigkeit von 50-100 m, ist durch den lockeren Bestandaufbau in der halben Untersuchungsfläche möglich.

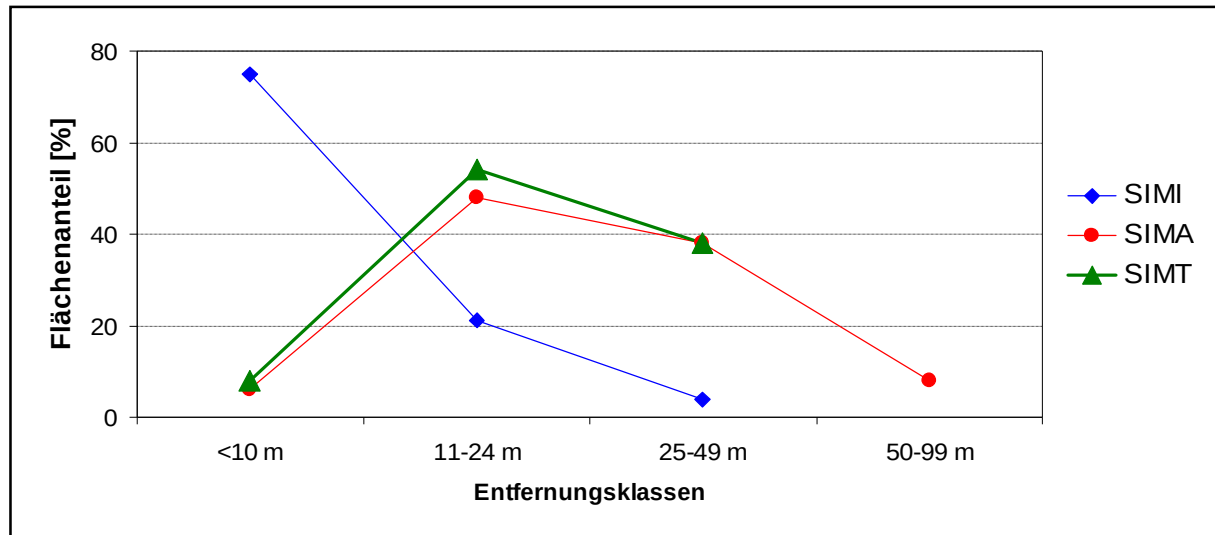


Abb. 21: Die Verteilung der minimalen (SIMI), mittleren (SIMT) und maximalen (SIMA) Sichtigkeit in der Untersuchungsfläche.

4.1.2. Feldbodenkundliche Ansprache

4.1.2.1. Mineralboden

Bodentypen

Auf der Untersuchungsfläche wechselt, durch das kleinräumige Geländere Relief bedingt, der Bodentyp innerhalb weniger Meter Abstand. Der in den Kalkalpen häufigste Bodentyp, Rendzina, wurde in den meisten Bodenprofilen (52%) vorgefunden, gefolgt von dem Übergangstyp zwischen Rendzina und Kalkbraunlehm, der Kalklehm-Rendzia (42%). Kalkbraunlehme sind in der Untersuchungsfläche in nur zwei Bodenprofilen (4%) angesprochen worden.

Horizontmächtigkeit

Die Mächtigkeit des Ahb-Horizontes bei den Rendzinen beträgt im Durchschnitt 14 cm. Die Kalklehm-Rendzinen haben durchschnittlich einen Ah-Horizont von 12 cm, einen AB-Horizont von 7 cm und einen Brel-Horizont von 2 cm. Kalkbraunlehme

zeigen einen mittleren A-Horizont von 30 cm und einen mittleren Brel-Horizont von 10 cm.

Skelettgehalt

Der Skelettgehalt größer 2 mm beträgt bei den Rendzinen 70%, bei den Kalklehm-Rendzinen 50%. Die untersuchten Kalkbraunlehm-Profile zeigen keinen Skelettgehalt.

Spaltengründigkeit

Alle Kalkbraunlehme und zwei Drittel der Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen zeigen Spaltengründigkeit.

Wasserhaushaltsklassen und Gründigkeit

Der Wasserhaushalt der Böden in der Untersuchungsfläche wurde zu 92% als frisch bis sehr frisch eingestuft.

Die Gründigkeit wurde aus fünf Einschlägen mit dem Bodenschlagbohrer festgestellt. Dabei wurden im Mittel an 65% der Probepunkte falchgründige Böden (15-30 cm) ermittelt. Die Gründigkeit ist sehr unregelmäßig und kleinräumig ausgeprägt und reicht von 1 cm auf Gesteinsrohboden bis maximal 65 cm an Stellen mit aufgefüllten Hohlräumen hinter Blöcken und Spalten im Grundgestein.

Diese Ergebnisse sind nach Ott et al. (1997) typisch für nach Norden exponierte Hanglagen in subalpinen Gebirgsnadelwälder.

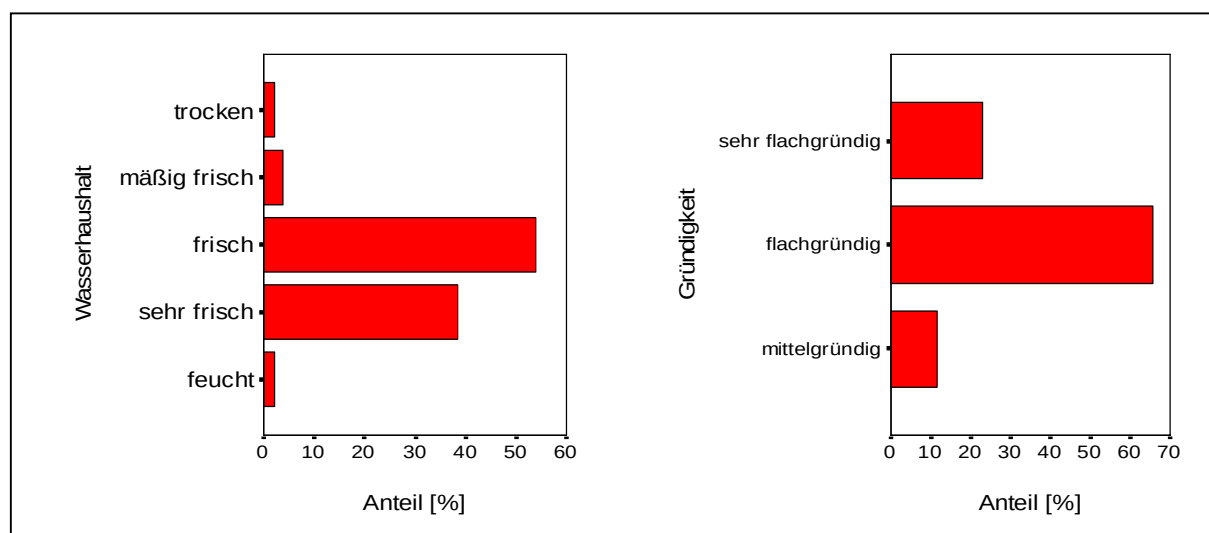


Abb. 22: Verteilung der Wasserhaushaltsklassen (links) und der Gründigkeitsklassen (rechts) (sehr flachgründig <15 cm; flachgründig.=15-30 cm; mittelgründig =31-60 cm).

4.1.2.2. Auflagehumus

Der häufigste Auflagehumustyp auf der Untersuchungsfläche ist Moder. Rohhumus-artiger Moder und Rohhumus wurden nur an wenigen Probepunkten festgestellt und mullartiger Moder kam nur auf Kalkbraunlehm vor.

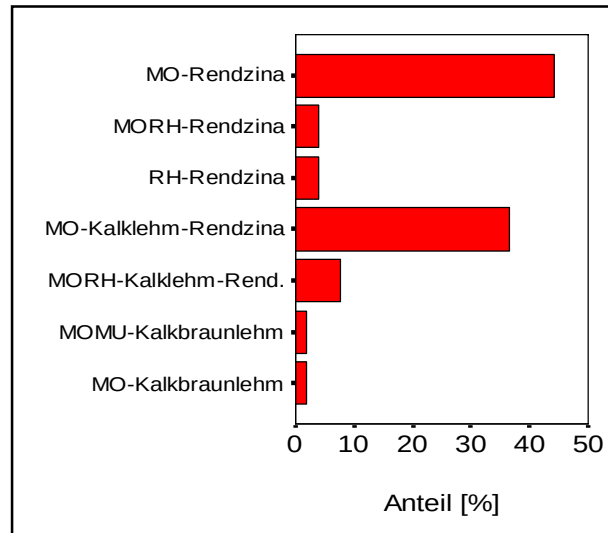


Abb. 23: Anteile der vorgefundenen Bodentypen und Auflagehumustypen (MOMU = mullartiger Moder, MO = Moder, MORH = rohhumusartiger Moder, RH = Rohhumus).

Der mullartige Moder wurde bei einem einzigen Humusprofil festgestellt. Dieser Auflagehumus-Typ ist charakterisiert durch einen hohen Anteil an Feinmoder und einer Schmierigkeit im L-Horizont. Die Lagerung des L-, F-, und H-Horizontes ist ohne Zusammenhalt locker liegend, die Horizontbegrenzung übergehend. Es konnte keine Verpilzung, dafür ein ausgeprägter Wurzelfilz bei diesem Humusprofil beobachtet werden.

Der häufigste Auflagehumus-Typ ist Moder. Auch bei diesem Typ ist der L-Horizont am stärksten ausgeprägt. Der L- und F-Horizont sind deutlich aneinanderhängend (verklebt) und verfilzt. Im H-Horizont ist die Feinsubstanz dicht gelagert und mehrheitlich schmierig, die Horizontbegrenzung ist überwiegend wellig. Ein Viertel der Humusprofile zeigt eine Verpilzung und fast überall ist ein Wurzelfilz.

Rohhumusartiger Moder wurde in sechs Humusprofilen gefunden. Er zeigt von allen festgestellten Auflagehumus-Typen den höchsten Anteil an Feinmoder im L-Horizont. Die Horizonte sind locker gelagert, der H-Horizont ist kompakt und nur in 67% der Fälle schmierig. Die Horizontbegrenzung ist vor allem absetzend wellig und allmählich übergehend. Wurzelfilz ist überall vorhanden, 17% der Humusprofile sind verpilzt.

Rohhumus zeichnet sich in zwei Humusprofilen durch einen hohen Anteil an Grobmoder mit schichtiger Lagerung (F-Horizont) aus. Die Lagerung der Horizonte kann als locker bezeichnet werden, die Horizontbegrenzungen sind übergehend und übergehend wellig.

Auflagehumus	Horizont	Mächtigkeit [cm]	Schmierigkeit H-Horizont	Verpilzung	Wurzelfilz
mullartiger Moder	L	0,5			
	F	1,0		0%	100%
	H	2,5	100%		
Moder	L	1,0			
	F	2,0		26%	98%
	H	3,5	86%		
rohhumusartiger Moder	L	1,0			
	F	3,0		17%	100%
	H	4,5	67%		
Rohhumus	L	2,5			
	F	4,0		0%	50%
	H	3,0	100%		

Tab. 7: Merkmale der verschiedenen Auflagehumustypen in der Untersuchungsfläche. Die Prozente der Merkmale stellen den relativen Anteil der Summe aller Bodenprofile dar. Die Ergebnisse der Verpilzung und des Wurzelfilzes beziehen sich auf alle drei Horizonte.

In keinem der Humusprofile konnte Holzkohle festgestellt werden. Ausgangsmaterial für die Auflagehumus-Typen waren Gras, Nadeln und Moos.

Die Standortparameter der Probepunkte werden im Anhang 1 zusammenfassend dargestellt.

4.2. Wildökologische Bestandestypen

In den Probeflächen (R=10 m) dominierte das Baumholz. Altholz mit Verjüngung war an einem geringen Anteil der Probeflächen zu finden. Andere wildökologische Bestandestypen wie Äsungsjungwuchs, Stangenholz, Baumholz-Rotte und Plenterstruktur konnten nur selten angesprochen werden.

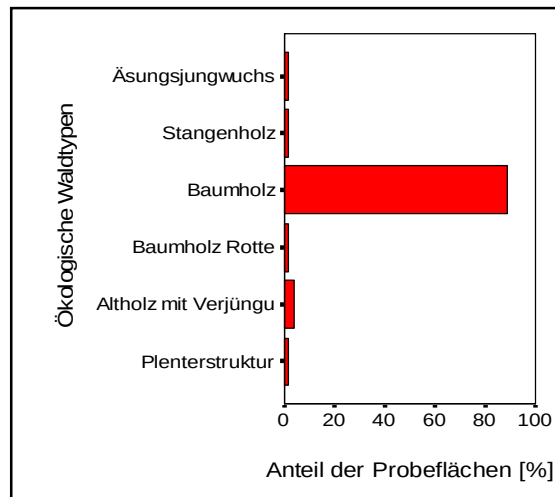


Abb. 24: Verteilung ökologischer Walddtypen in den Probeflächen (R=10 m).

4.3. Anthropogene und schalenwildbiologische Beeinflussung

Alte Stöcke wurden hauptsächlich in unmittelbarer Nähe zum Almgebäude gefunden, die für Brenn- oder Bauholz genutzt und einzel- oder truppweise entnommen wurden. Durch das Almgebiet führen mehrere alte Trieb- und Wanderweg, sowie Pirschsteige, mit Wegbreiten von 20-40 cm, die nur teilweise sichtbar, oder durch einsetzende Sukzession kaum mehr erkennbar waren.

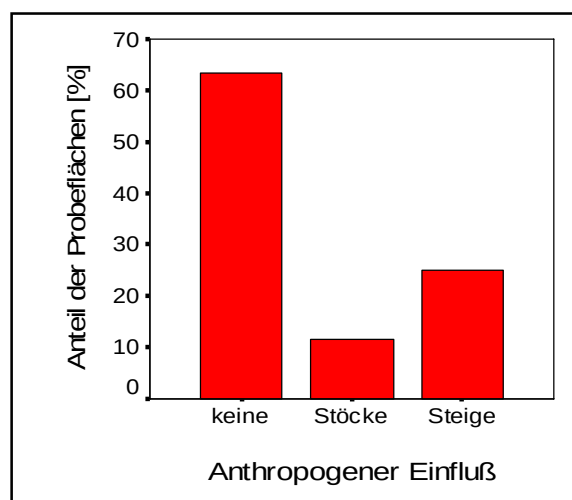


Abb. 25: Direkt sichtbarer anthropogener Einfluss im Mesobereich (R=30m).

Zur Bewertung der schalenwildbiologischen Beeinflussung wurde die Verteilung der Losung in den Verjüngungstreifen erhoben, auf Hektarwerte hochgerechnet und mit einer Varianzanalyse die gleichmäßige Verteilung der Losung in den unterschiedlichen ökologischen Waldtypen untersucht. In 40% der Verjüngungstreifen wurde Rotwild-Losung und in 27% Gamswild-Losung gefunden. In 44% aller Verjüngungstreifen wurde keine Losung angetroffen.

ANOVA					
Waldtypen/Losungen	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	3110	7	444	,793	,597
Innerhalb der Gruppen	24660	44	560		
Gesamt	27770	51			

Tab. 8: Varianzanalyse zur Überprüfung der Gleichverteilung von Losungen in den ökologischen Waldtypen.

Eine gleichmäßige Verteilung der Losungen in den ökologischen Waldtypen kann mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit nicht ausgeschlossen werden.

Auf Grund dieser Annahme wurde ein Mittel von 13 ± 23 Losungen/ha berechnet.

4.4. Bestandesstruktur

Die folgenden Darstellungen der Bestandesstrukturdaten wurden mit ArcView 3.2 und integrierter Kriging-Extension erzeugt. Die farbliche Darstellung wurde so gewählt, dass sich im Bereich des Farbwechsels, von hellrot nach hellblau, die Mittelwerte der einzelnen Berechnungen befinden. Jeder weitere dunklere Farbton stellt einen Bereich, der jeweils 1,2 und 3 Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt ist, dar.

4.4.1. Bestandesdichte

Die Bestandesdichte wurde mit folgenden beschrieben:

- Kreisflächendichte (G/ha)
- Stammzahl (N/ha)
- Baumartenanteil
- Stand-Density-Index (SDI)
- Schirmflächenprozent
- Gesamter Holzvorrat (lebend und tot)
- Totholzvolumen (liegend/stehend)

4.4.1.1. Kreisflächendichte (G/ha)

Die mittlere Kreisflächendichte beträgt 30,8 m²/ha und variiert von 4 m²/ha auf Probefläche mit nur wenigen Bäumen (Almfläche, Windwurffläche), bis 64 m²/ha in dichten Altbeständen mit durchwegs starkem BHD.

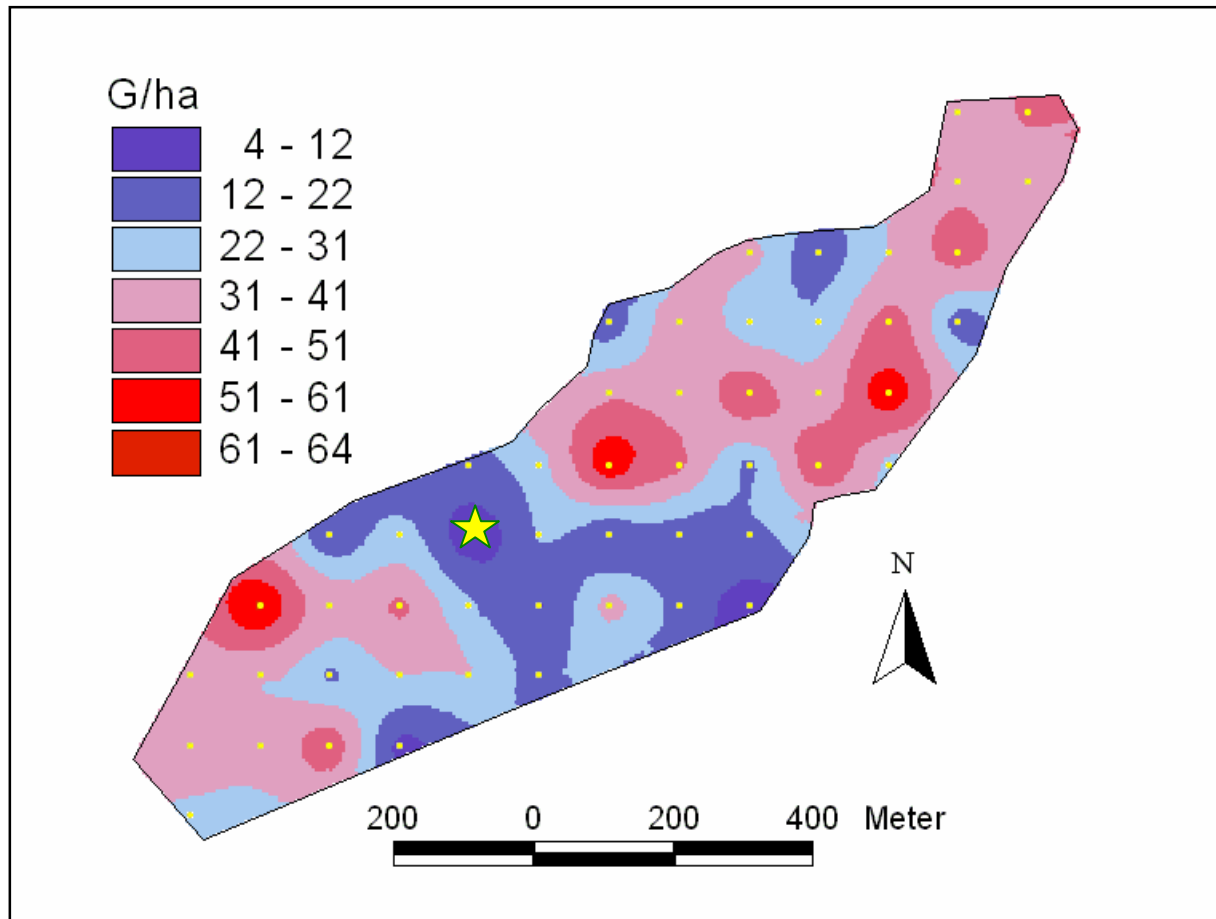


Abb. 26: Verteilung der mittleren Kreisflächendichte (G/ha) in der Untersuchungsfläche. Der gelbe Stern markiert die Lage der verfallenen Almgebäude.

Die Berechnung der Kreisflächendichte einzelner Baumarten ergibt deutliche Unterschiede zwischen Fichte, Lärche, Zirbe und Bergahorn.

Kreisflächendichte (G/ha)				
Baumart	Mittelwert	Std.abw.	Minimum	Maximum
Bergahorn	0,4	1,2	0	4
Fichte	17,6	16,5	0	64
Lärche	11,5	8,8	0	36
Zirbe	1,3	3,9	0	20
Gesamt	30,8	14,2	4	64

Tab. 9: Kreisflächendichte (G/ha) der Baumarten und die gesamte Kreisflächendichte.

4.4.1.2. Stammzahl (N/ha)

Die Stammzahl liegt zwischen 8 und 831 Bäumen/ha und zeigt ein heterogenes Verteilungsmuster.

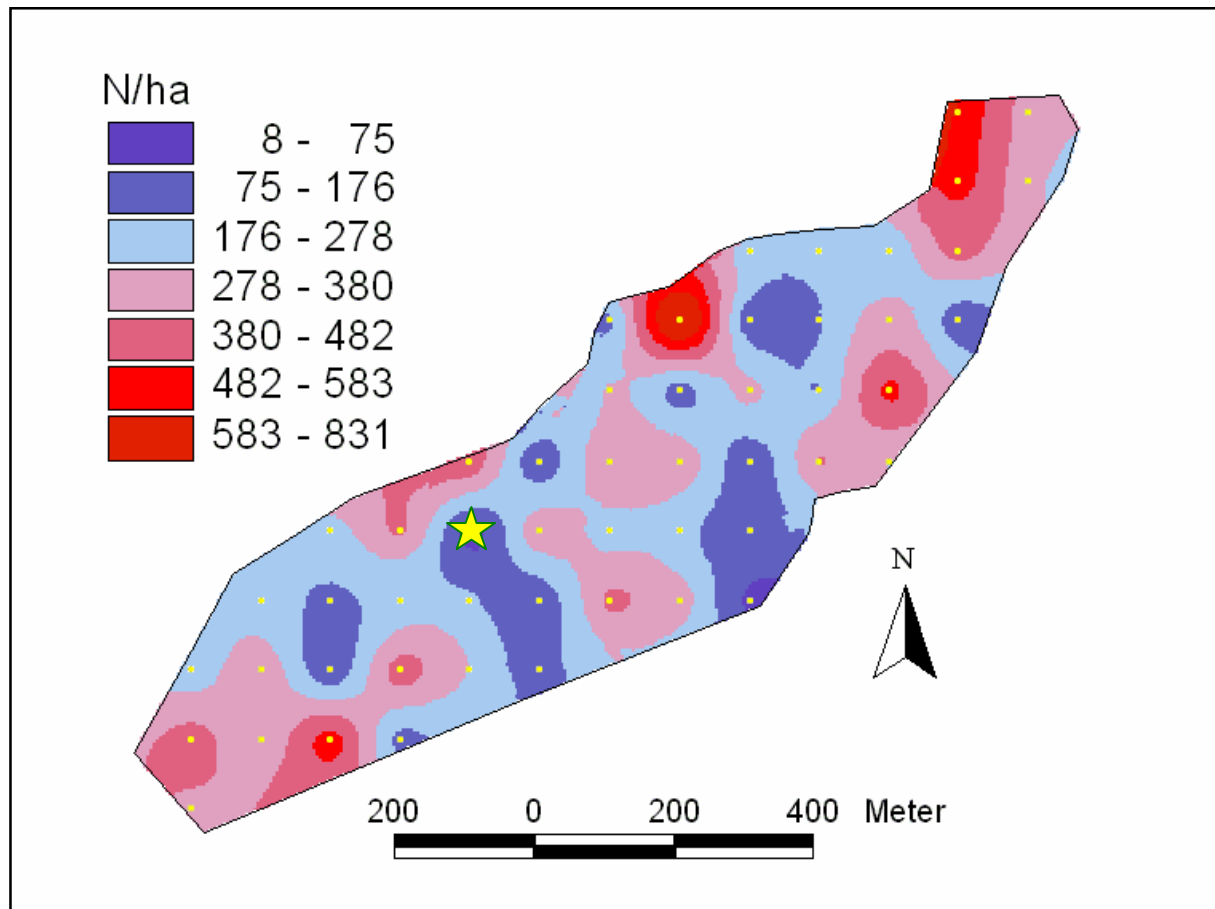


Abb. 27: Mittlere Stammzahlverteilung (N/ha) auf der Untersuchungsfläche. Der gelbe Stern markiert die Lage der verfallenen Almhäuser.

Die Fichten (49%) und Lärchen (41%) stellen den Hauptanteil der Baumarten. Die Zirbe (5%) kommt in höheren und die Bergahorn (5%) in tieferen Lagen der Untersuchungsfläche vor.

Stammzahl (N/ha)					
Baumart	Mittelwert	Std.abw.	Minimum	Maximum	Anteil
Bergahorn	14	55	0	306	5%
Fichte	136	140	0	514	49%
Lärche	115	115	0	416	41%
Zirbe	13	51	0	352	5%
Gesamt	278	165	8	831	100%

Tab. 10: Stammzahlen (N/ha) der Baumarten und der Baumartenanteil.

4.4.1.3. Stand-Density-Index (SDI)

Der SDI als Dichtemaß hat ein Mittel von 528 ± 239 und streut über die Fläche zwischen 52 und 1053.

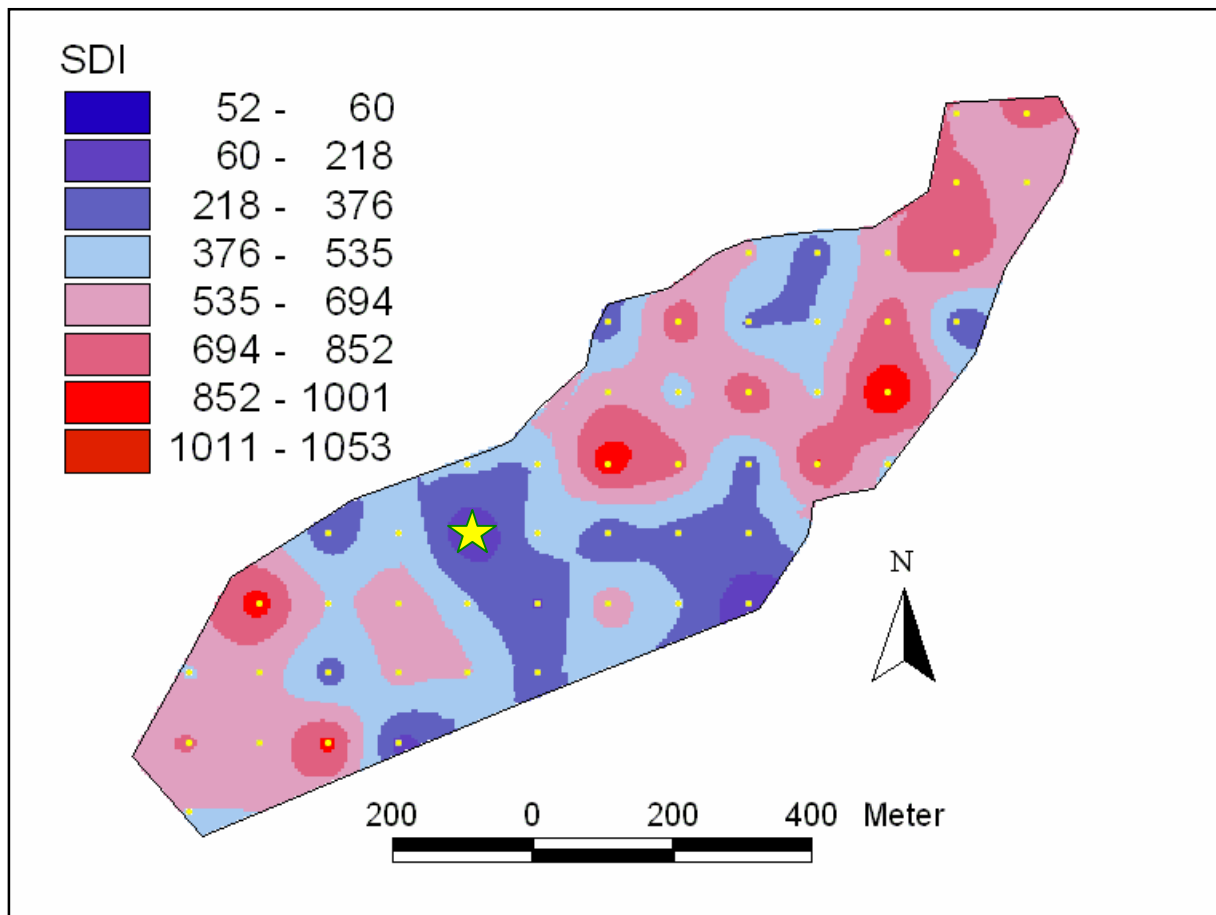


Abb. 28: Die Verteilung des Stand-Density-Index (SDI) in der Untersuchungsfläche. Der gelbe Stern markiert die Lage der verfallenen Almgebäude.

Die Anteile der Flächen in den verschiedenen SDI-Klassen zeigt eine rechtsschiefe Verteilung. Die höchsten Flächenanteile finden sich in der SDI-Klasse 401-600 (29%) und in der SDI-Klasse 201-400 (27%).

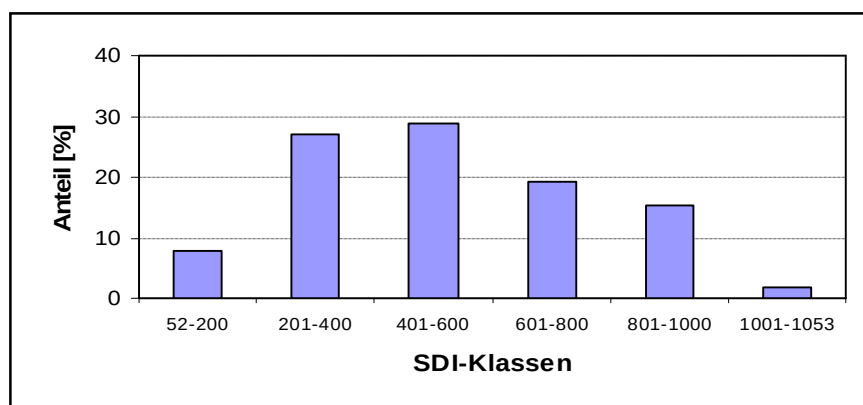


Abb. 29: Anteil der verschiedenen SDI-Klassen in der Untersuchungsfläche.

4.4.1.4. Schirmflächenprozent

Unter der Annahme, dass sich die einzelnen Kronen gegenseitig nicht im Wachstum behindern, wurde eine mittlere Überschirmung des Bodens durch die Kronen von $64\% \pm 31\%$ festgestellt. Das Minimum der Überschirmungsprozente (4%) liegt im Bereich der ehemaligen Almfläche (gelber Stern), auf der nur ein Probebaum in die Winkelzählprobe fiel.

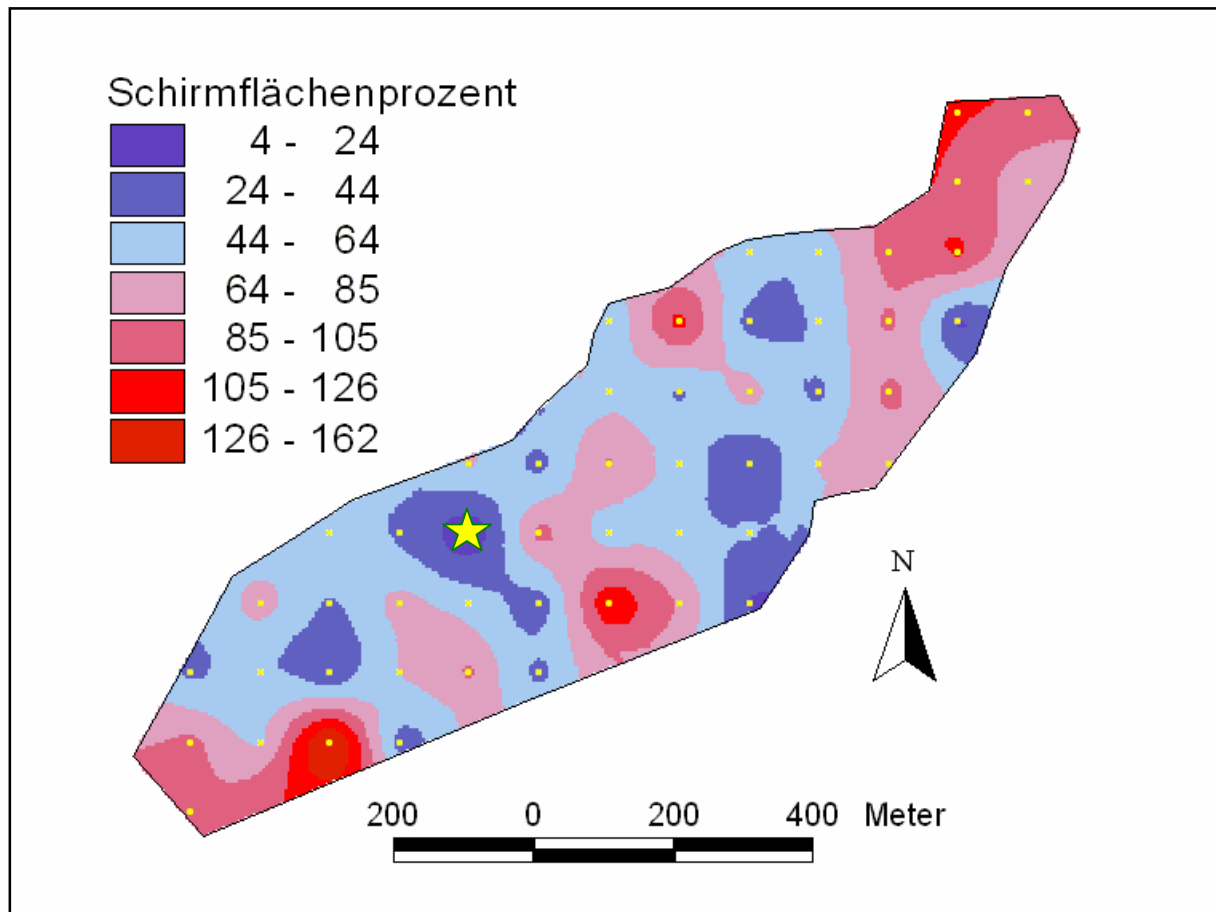


Abb. 30: Überschirmungsprozente in der Untersuchungsfläche. Der gelbe Stern markiert die Lage der verfallenen Almgebäude.

4.4.1.5. Gesamter Holzvorrat

Der mittlere Gesamtvorrat beträgt 354 ± 206 Vfm/ha und setzt sich aus dem Holzvorrat lebender Bäume (282 ± 164 Vfm/ha) und dem Totholzvolumen (72 ± 87 Vfm/ha) zusammen.

Der Totholzanteil macht im Mittel 20% vom Gesamtvorrat aus. Drei Viertel des gesamten Totholzvolumens ist liegend, ein Viertel stehend.

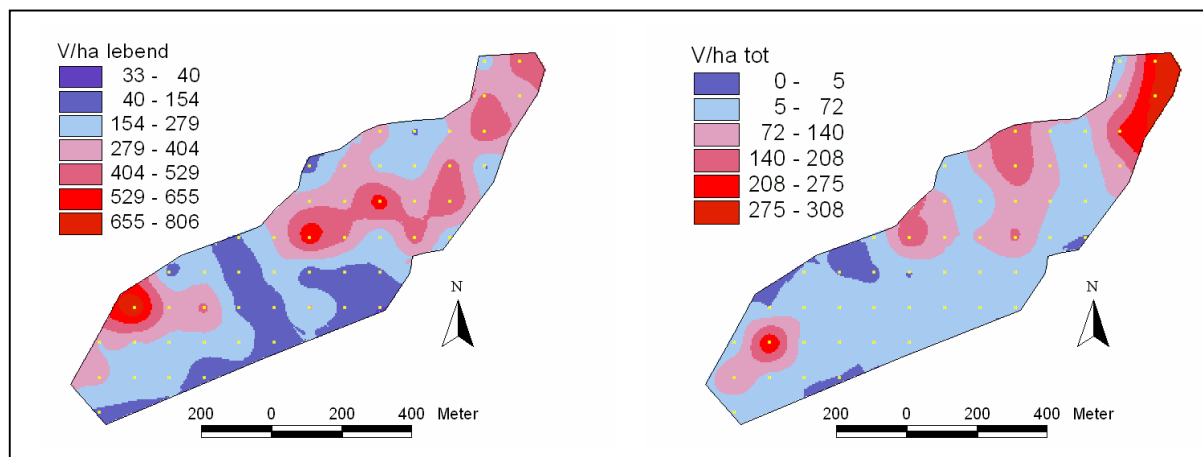


Abb. 31: Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume (links) und des Totholzvolumens (rechts).

Der Holzvorrat lebender Bäume streut zwischen 33-806 Vfm/ha, das Totholzvolumen zwischen 0-308 Vfm/ha und der Gesamtvorrat variiert im Bereich zwischen 41–810 Vfm/ha.

Rund 40% des liegenden Totholzvolumens können der Abbauklasse L3-L4 nach Maser et al. (1979) zugeordnet werden. Größere Totholzstücke ab einem Mittendurchmesser ≥ 30 cm und einer Länge ≥ 3 m nehmen 29% vom liegenden Totholzvolumen ein. Drei Viertel des gesamten Totholzvolumens ist liegend.

Holzvorrat (Vfm/ha)					
Baumart	lebend	tot			Gesamt
	Vfm/ha	Vfm/ha	stehend	liegend	Vfm/ha
Bergahorn	1	0	0%	0%	1
Fichte	172	48	20%	80%	220
Lärche	101	22	36%	64%	123
Zirbe	8	1	90%	10%	10
Gesamt	282	72	25%	75%	354
Std.abw.	± 164	± 87			± 206

Tab. 11: Holzvorrat auf der Untersuchungsfläche, nach lebend und tot (stehend, liegend) aufgeteilt.

Mit Hilfe der Korrelationsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen Holzvorrat lebender Bäume und liegenden bzw. stehenden und gesamten Totholzvolumen getestet.

		Korrelation			
		V lebend	V tot	V tot, stehend	V tot, liegend
Gesamtvorrat	Korr. nach Pearson	,912***	,638***	,362**	,600***
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,008	,000
V lebend	Korr. nach Pearson		,267	,092	,292*
	Signifikanz (2-seitig)		,056	,517	,036
V tot	Korr. nach Pearson			,678***	,863***
	Signifikanz (2-seitig)			,000	,000
V tot, stehend	Korr. nach Pearson				,213
	Signifikanz (2-seitig)				,130

Tab. 12: Korrelationsanalyse zwischen Holzvorrat lebender Bäume und Totholzvolumen (V lebend = Holzvorrat lebender Bäume, V tot = gesamtes Totholzvolumen, V tot, stehend = stehendes Totholzvolumen; V tot, liegend = liegendes Totholzvolumen).

Der Gesamtvorrat korreliert höchstsignifikant mit dem Holzvorrat lebender Bäume und dem Totholzvolumen.

Zwischen Holzvorrat lebender Bäume und dem gesamten Totholzvolumen, sowie zwischen Holzvorrat lebender Bäume und stehendem Totholzvolumen, besteht mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit kein Zusammenhang.

Ein signifikanter positiver Zusammenhang besteht jedoch zwischen der Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume und des liegenden Totholzvolumens.

4.4.2. Verteilungen

4.4.2.1. BHD-Verteilung

Der Bergahorn erreichte auf der Untersuchungsfläche nur geringere Dimensionen (BHD-Klassen bis 30 cm). Es wurde kein Totholz bei dieser Baumart aufgenommen. Die Fichte besitzt eine breitere Durchmesser-Verteilung mit mehr Bäumen in den oberen Durchmesser-Klassen (BHD > 50 cm) als die Lärche. In den unteren BHD-Klassen ist die Verteilung bei beiden Baumarten ähnlich. Das stehende Totholz ist bei der Fichte über die BHD-Klassen gleichmäßiger verteilt, während es bei der Lärche großteils in den unteren BHD-Klassen vorkommt.

Die Zirbe zeigt über die gesamte Durchmesser-Verteilung gleiche Stammzahlen/ha, mit geringem Totholzanteil in den BHD-Klassen 41-60 cm.

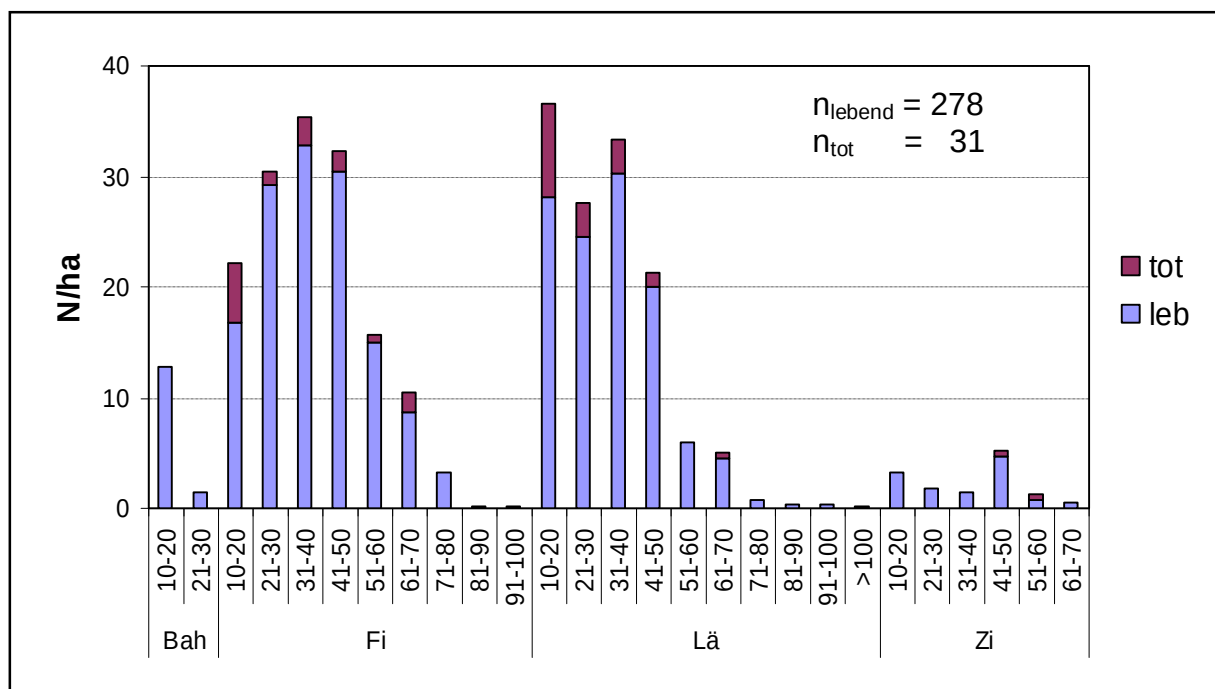


Abb. 32: BHD-Verteilung der Baumarten mit stehendem Totholz der Abbaugrade "Stage 3-7" nach Maser et al. (1979)

4.4.2.2. Baumhöhenverteilung

Die Verteilung der Höhe über die Durchmesser (Abb. 33) zeigt bei der Fichte einen recht straffen Zusammenhang, während bei der Lärche aufgrund von Wipfelbrüchen die Höhen mit zunehmendem BHD stärker streuen.

Auf der Untersuchungsfläche bleibt die Zirbe im Höhenwachstum deutlich hinter der Fichte (max. 38,3 m) und Lärche (max. 34,1 m) zurück und erreicht nur eine maximale Höhe von rund 19,1 m.

Bei Bergahorn wurde nur eine maximale Baumhöhe von 11,1 m gemessen, jedoch waren auch größere Exemplare im tieferen Teil der Untersuchungsfläche vorhanden, die nicht in die Aufnahme fielen.

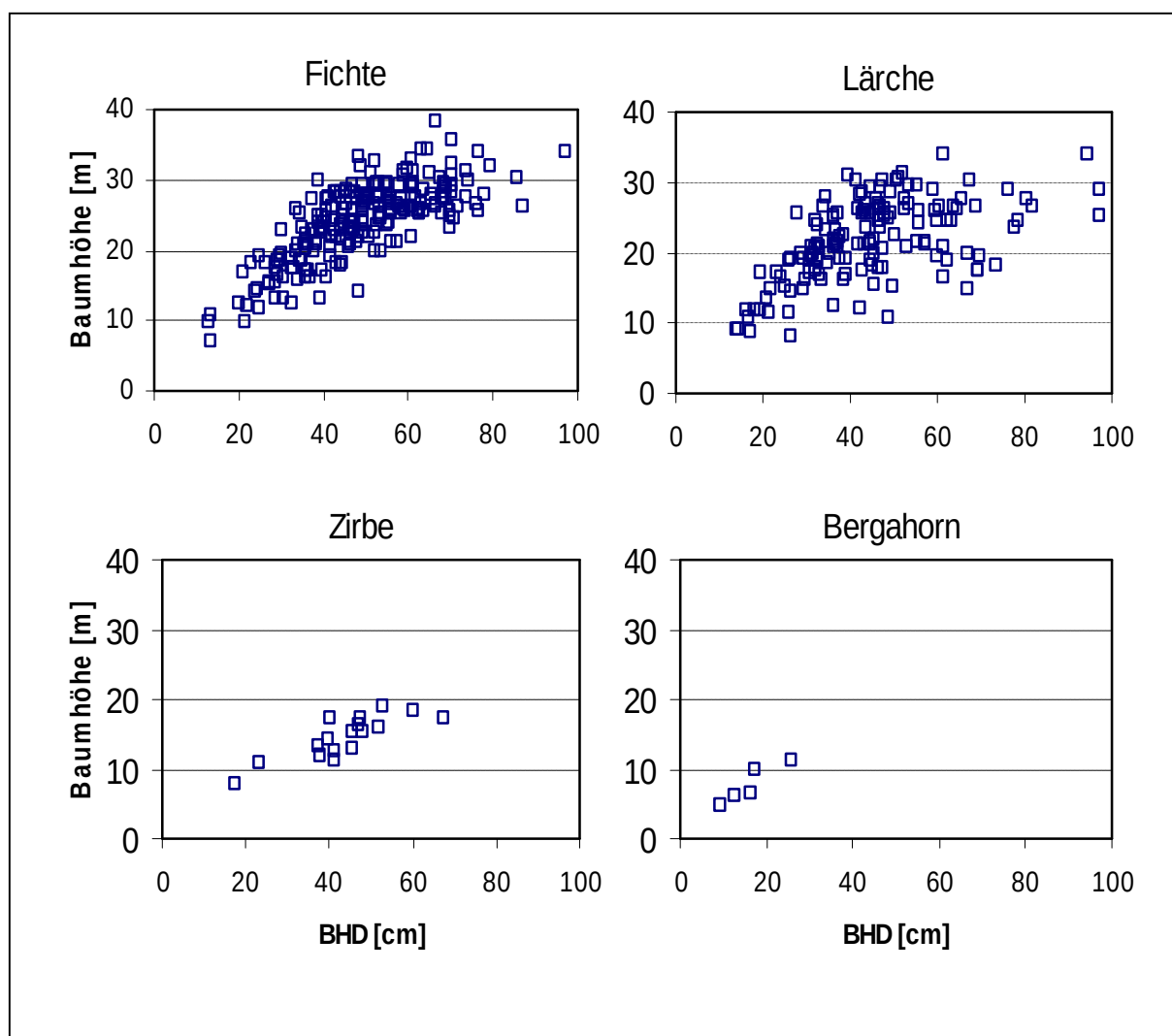


Abb. 33: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen dem BHD und dem Höhenwachstum der einzelnen Baumarten.

Die Höhenkurven wurden nach der Formel $h = a + b \times \ln BHD$ berechnet.

In der nachfolgenden Abbildung 34 erkennt man, dass die Lärche ab einem BHD von rund 33 cm von der Fichte in ihrem Höhenwachstum überholt wird.

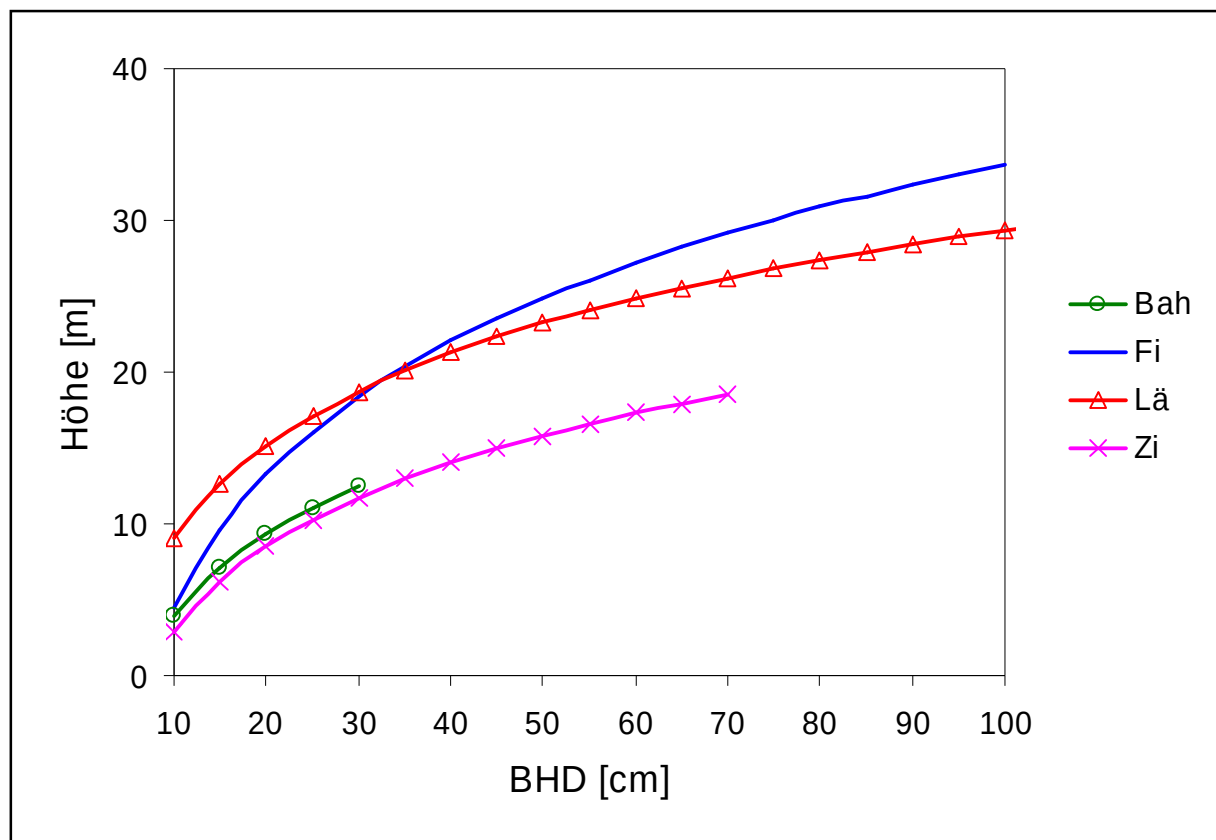


Abb. 34: Logarithmisch ausgeglichene Höhenkurve der vorkommenden Baumarten.

Das geringe Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,38$) der Ausgleichsfunktion bei der Lärche ist mit der Zunahme von Wipfelbrüchen ab BHD > 60 cm zu erklären.

Koeffizienten der Höhenkurve						
Baumart	a	b	R^2	F	df	Signifikanz
Bergahorn	-13,7	7,7	0,79	2	8	,111
Fichte	-24,8	12,7	0,62	227	370	,000***
Lärche	-11,3	8,8	0,38	148	90	,000***
Zirbe	-15,5	8,0	0,69	15	34	,000***

Tab. 13: Koeffizienten der Ausgleichsfunktion zur Berechnung der Baumhöhen.

4.4.2.3. Kreisflächenmitteldurchmesser und Oberhöhe

Die Berechnung der Kreisflächenmitteldurchmesser ergab Werte von 15 bis 79 cm. Markant sind die niedrigen Kreisflächenmitteldurchmesser in den Probepunkte der Randbereichen der Untersuchungsfläche. Der höchste Wert findet sich im Almbereich, wo nur ein sehr großer Baum in die Aufnahme fiel.

Es wurden Oberhöhen von 11 bis 34 m errechnet. Die Verteilung der Oberhöhen zeigt einen kontinuierlichen Abfall der Oberhöhen vom mittleren Teil der Untersuchungsfläche hin zum höher gelegenen, südlichen Bereich.

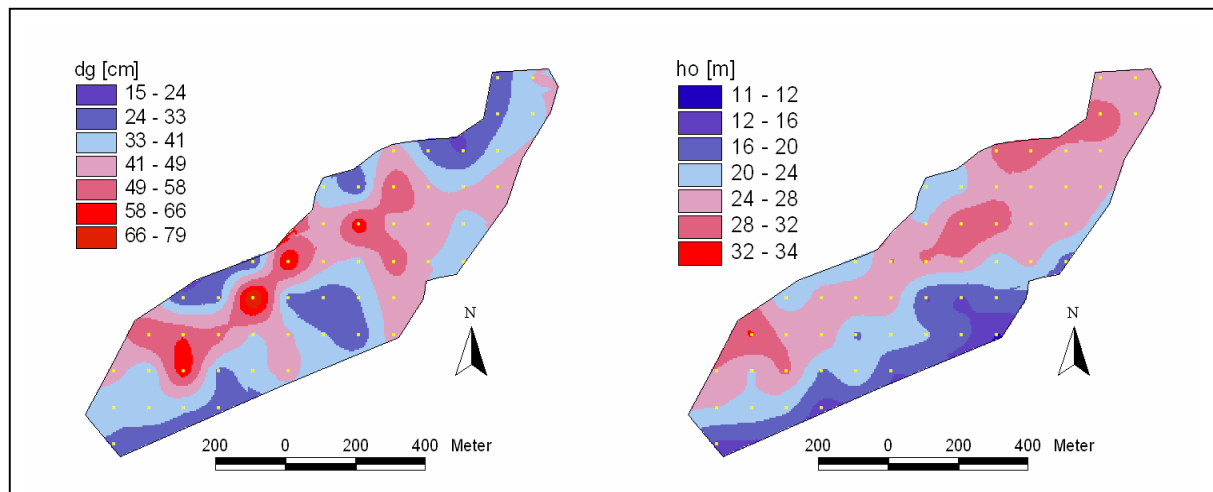


Abb. 35: Verteilung des Kreisflächenmittelstammes (dg) und der Oberhöhe (ho) in der Untersuchungsfläche.

Die statistische Auswertung der Kreisflächenmitteldurchmesser ergab für die Untersuchungsfläche einen mittleren Kreisflächendurchmesser von $40,6 \pm 12,2$ cm und eine mittlere Oberhöhe von $24,1 \pm 5,1$ m.

Kreisflächenmitteldurchmesser (dg) , Oberhöhe (ho)				
	Mittelwert	Std.abw.	Minimum	Maximum
dg [cm]	40,6	12,2	22,9	77,9
ho [m]	24,1	5,1	11,5	33,1

Tab. 14: Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte der Kreisflächenmitteldurchmesser (dg) und der Oberhöhen (ho) im Bestand.

4.4.2.4. Schlankheitsgrad

Der Schlankheitsgrad (h/d-Wert) fällt bei allen drei Baumarten mit zunehmendem BHD. Der durchschnittliche h/d-Wert beträgt bei Fichte 51 ±10, bei Lärche 52 ±14,3, und bei Zirbe 34 ±5,8. Der Grund für den niedrigen Wert der Zirbe liegt in den geringeren Wuchshöhen.

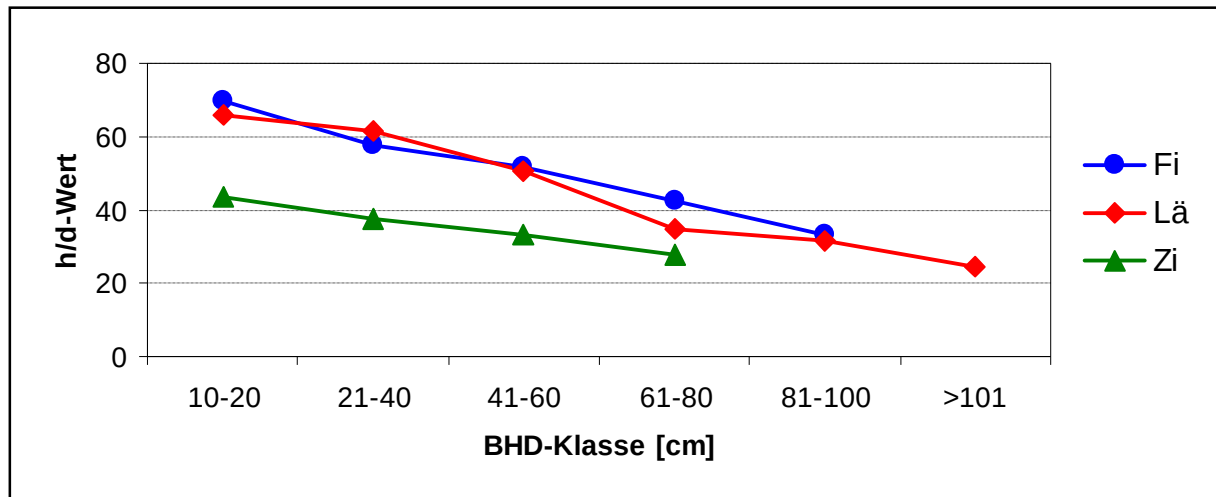


Abb. 36: Änderung des Schlankheitsgrades von Fichte, Lärche und Zirbe mit zunehmendem BHD.

Nach dem Stabilitätsindex von Mayer (1984) sind die Fichten auf der Untersuchungsfläche ab einem BHD > 20 cm stabil gegen Schneebruch.

Kronenprozent

Das Kronenprozent liegt bei der Fichte in allen BHD-Klassen über der Zirbe und der Lärche und variiert zwischen 79% und 85%.

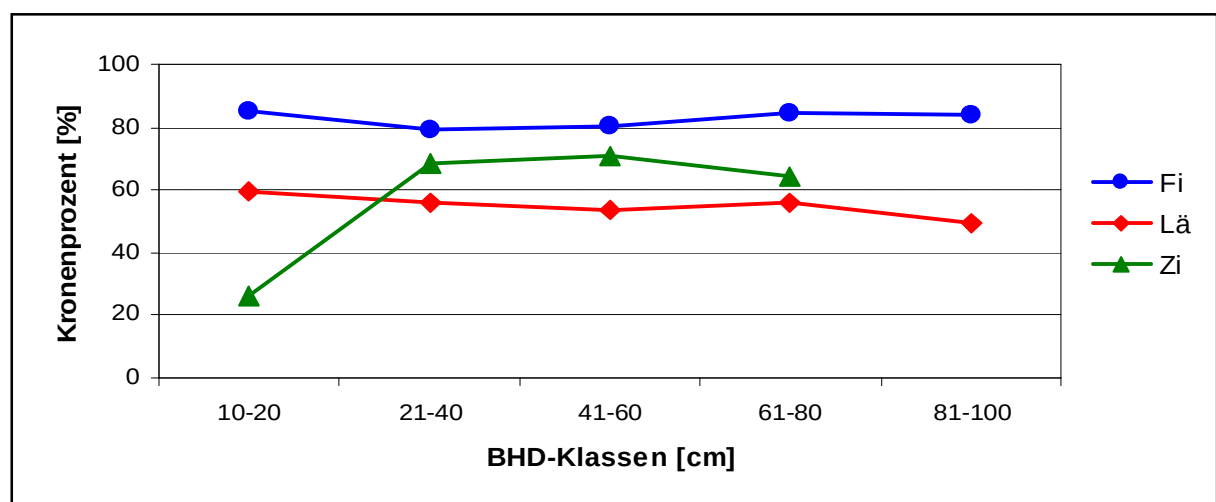


Abb. 37: Kronenprozent der beiden Hauptbaumarten Fichte und Lärche.

Plumpheitsgrad

Der Plumpheitsgrad zeigt für die subalpine Fichte, mit ihrer langen und schmalen Krone, niedrige Werte ($0,28 \pm 0,06$). Bei der Lärche ($0,81 \pm 0,76$) und der Zirbe ($1,18 \pm 0,55$) ist der Plumpheitsgrad wesentlich höher und breiter gestreut.

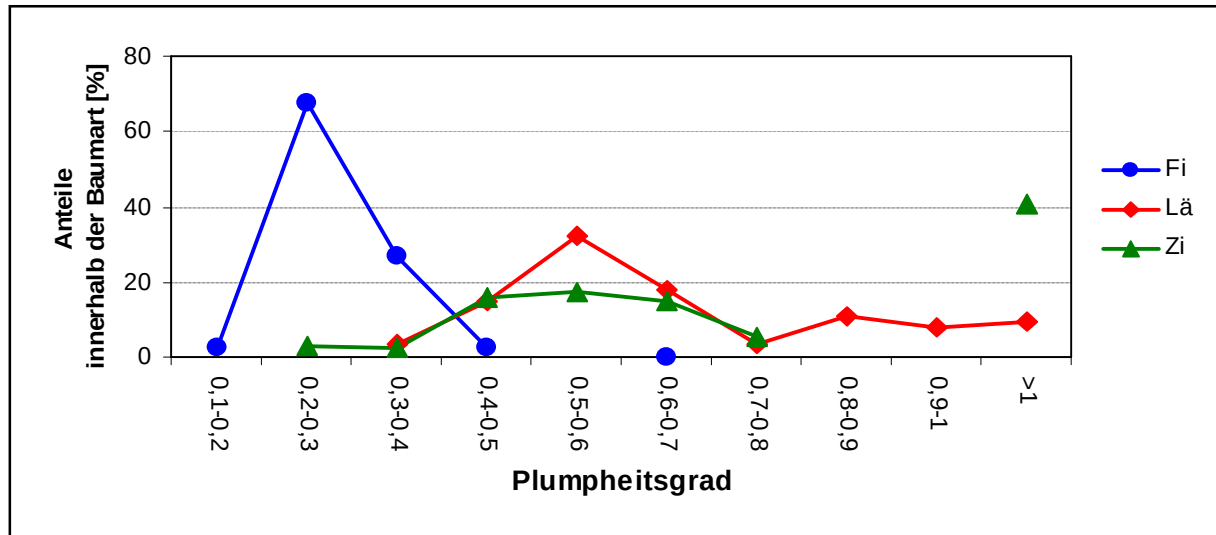


Abb. 38: Plumpheitsgrad der Hauptbaumarten Fichte, Lärche und Zirbe.

Kronensymmetrie

Die Zirbe besitzt auf der Untersuchungsfläche zu 78% eine einseitige Kronenform, während bei der Fichte die ein- und gleichseitige Kronensymmetrie am häufigsten vorkommt. Bei der Lärche wurde, speziell bei alten Bäumen, eine ausgeprägte unregelmäßige Kronensymmetrie vorgefunden.

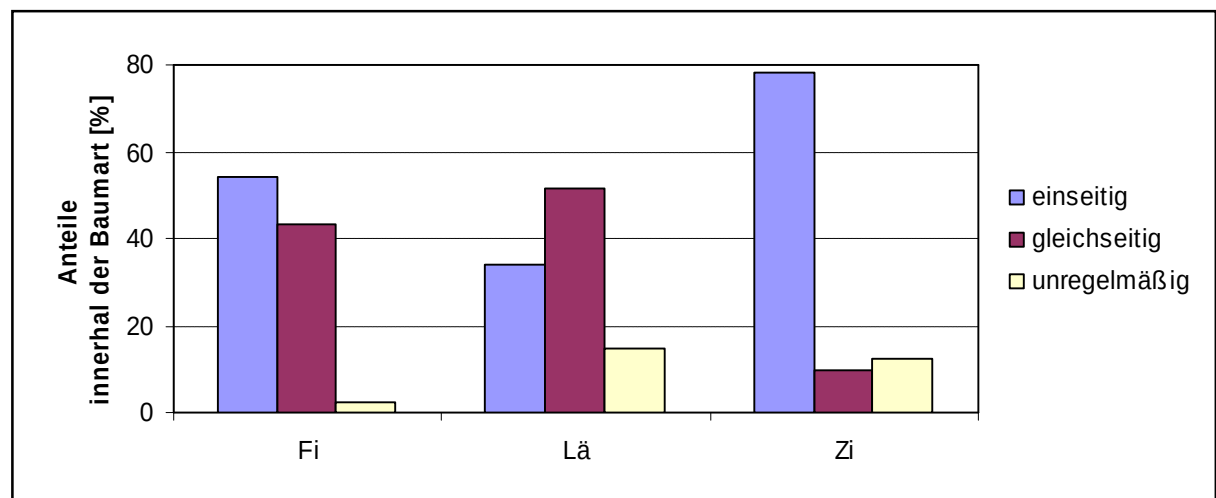


Abb. 39: Kronensymmetrie der Baumarten.

4.4.2.5. Soziale Stellung und Vitalität

Soziale Stellung

60% der Fichten und 65% der Lärchen wurden in ihrer sozialen Stellung als „herrschend“ eingestuft. Die Zirbe, als schattentolerante Baumart mit geringer Höhenwuchsleistung, erreicht nur mit 30% der Bäume die herrschende Oberschicht und wird bis zu 50% von anderen Baumarten beherrscht.

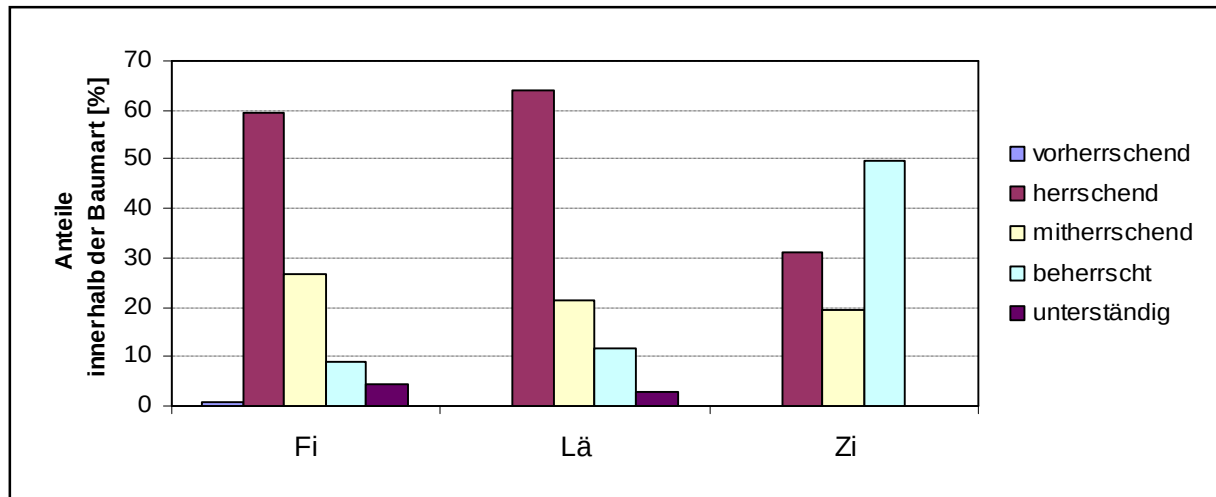


Abb. 40: Soziale Stellung der Baumarten.

Vitalität

Alle drei Baumarten wurden in den drei Schichten überwiegend als vital eingestuft. Der Anteil an kümmernden Bäumen liegt bei der Fichte und der Lärche unter 10%, bei der Zirbe mit 15% etwas höher.

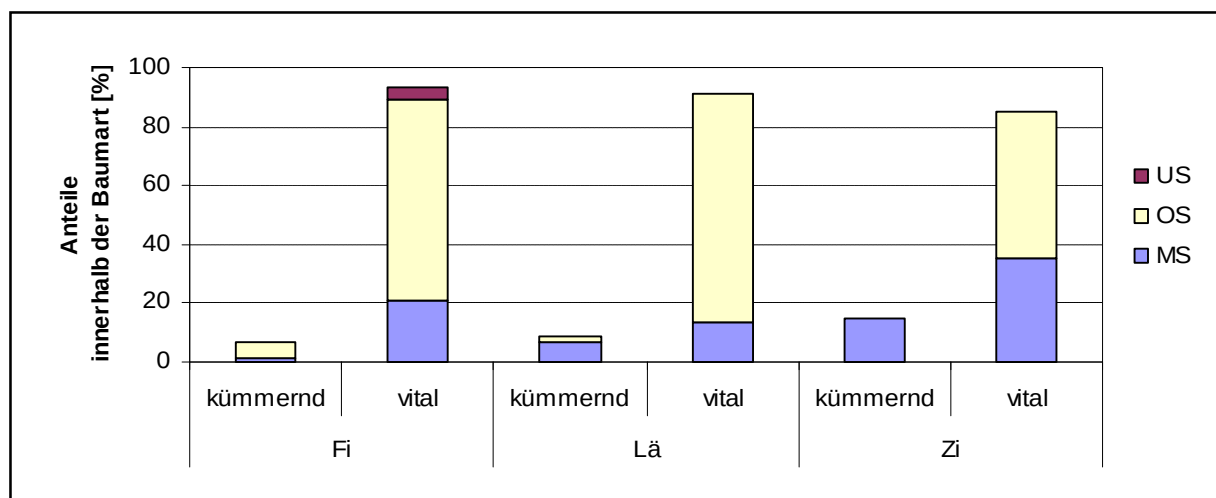


Abb. 41: Vitalität der Baumarten in den drei Bestandesschichten (OS = Oberschicht, MS = Mittelschicht, US = Unterschicht).

4.4.2.6. Schäden und Verletzungen

Säbelwuchs und Baumkrebs

Bei Bergahorn (67%) und Lärche (46%) wurde Säbelwuchs am Stammanlauf festgestellt, der durch exogene Einflüsse in der Jugend, wie z.B. Schneedruck bzw. Schneegleiten oder Wildverbiss, entstanden ist.

Baumkrebs wurde bei Fichte und Lärche zu je 10% vorgefunden und bewirkt hauptsächlich das Absterben von Ästen im unteren Kronenbereich.

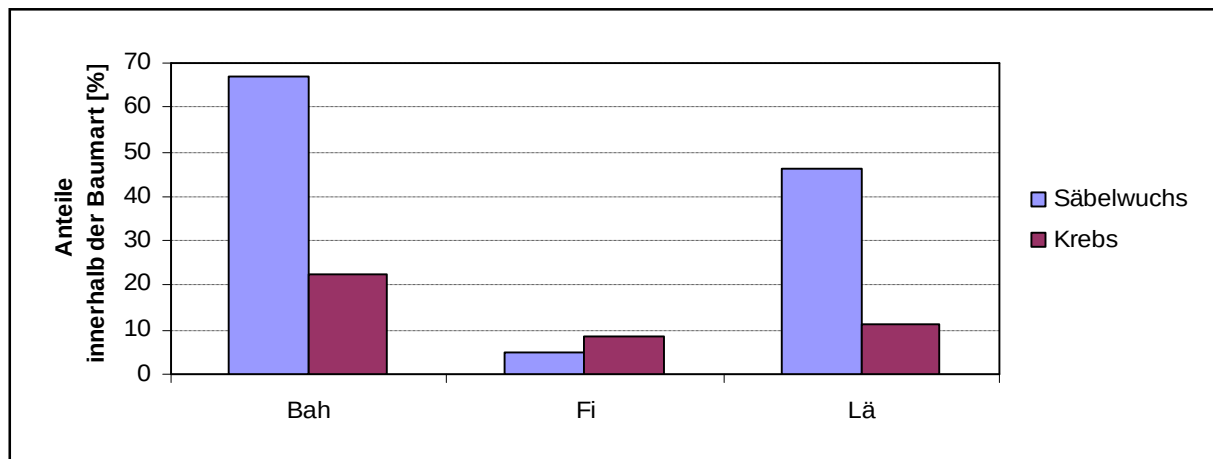


Abb. 42: Anteile von Säbelwuchs und Baumkrebs innerhalb der Baumart.

Wipfelbruch

Leichte Wipfelbrüche bis 3 m Länge wurden bei der Fichte und der Lärche in den unteren BHD-Klassen vorgefunden, während starke alte Brüche eher bei Lärchen in den mittleren BHD-Klassen vorkamen. Dürre Wipfel wies nur die Lärche auf.

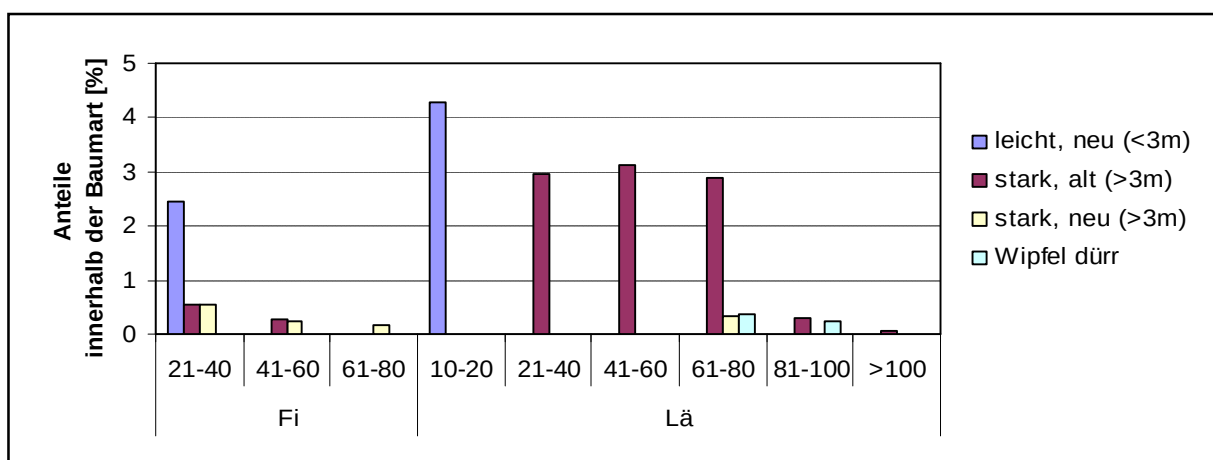


Abb. 43: Anteil der verschiedenen Wipfelbrüche je Baumart und BHD-Klasse.

Zwieselbildung

Zirben bilden die meisten Zwieseln aller Baumarten aus, wobei der einfache Zwiesel ab einer Höhe von 1,3 m bis zur halben Baumhöhe, bei allen drei Baumarten die häufigste Zwieselform ist.

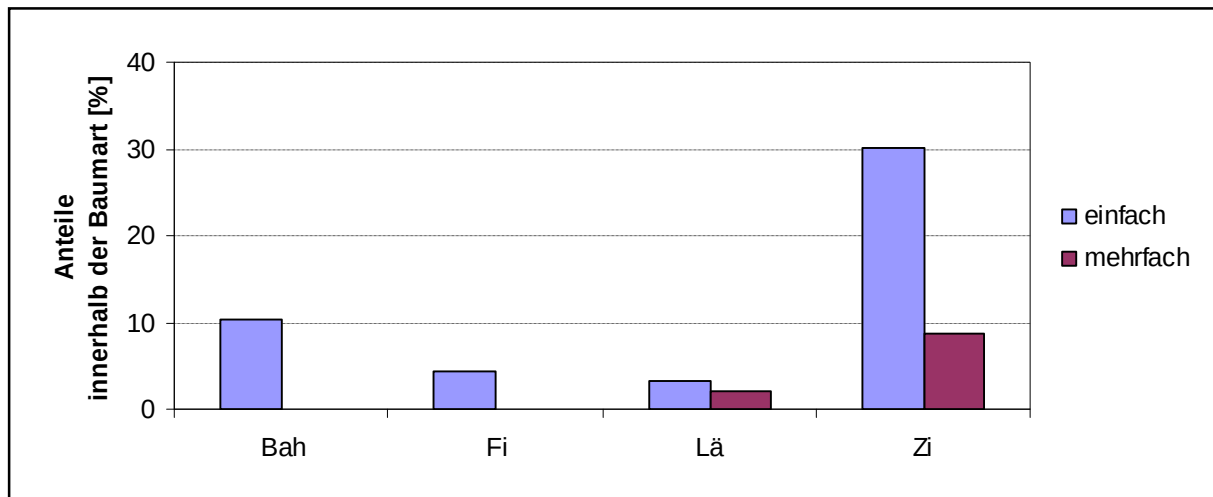


Abb. 44: Anteil der ein- bzw. mehrfachen Zwieselbildungen innerhalb der Baumarten.

Schaftanomalien

Schaftanomalien sind nur an wenigen Bäumen vorgefunden worden. Am häufigsten und auffälligsten sind dabei die oft mächtigen Kandelaber an alten Lärchen. Blitzschlag wurde an Lärche etwas häufiger angetroffen als bei der Fichte und Frostrisse traten an beiden Baumarten gleich selten auf.

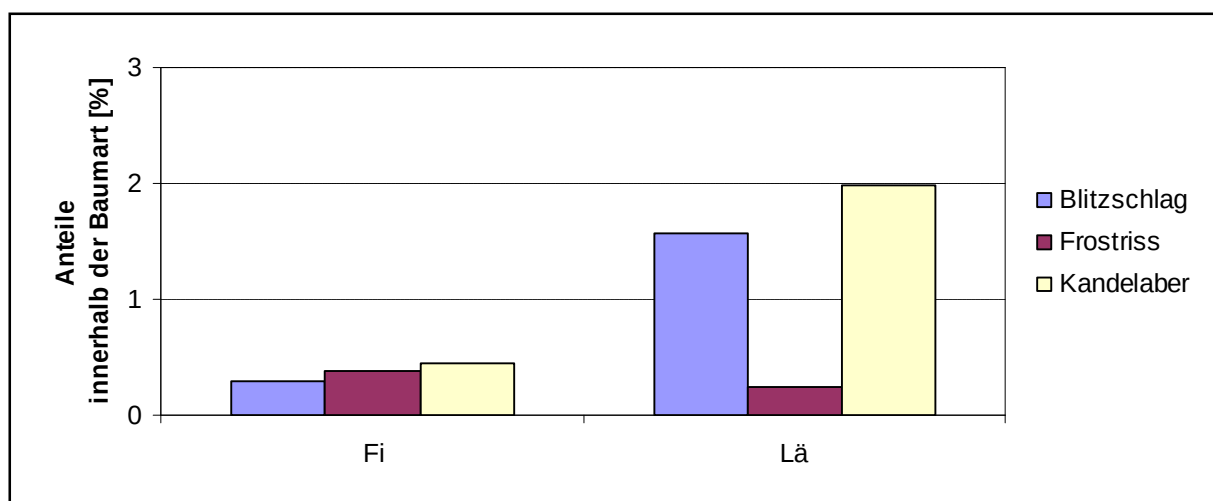


Abb. 45: Anteil verschiedener Schaftanomalien je Baumart.

Steinschlag

Die Häufigkeit der Steinschlagverletzungen ist bei allen drei Baumarten annähernd gleich groß. Eine qualitative Differenzierung der Verletzungen zeigt bei der Zirbe im Vergleich zur Fichte und Lärche den höchsten Anteil an mittleren Steinschlagverletzungen. Starke Steinschlagverletzungen mit Wunden, die breiter als 5 cm und länger als 100 cm waren, wurden nur an der Fichte und der Lärche festgestellt.

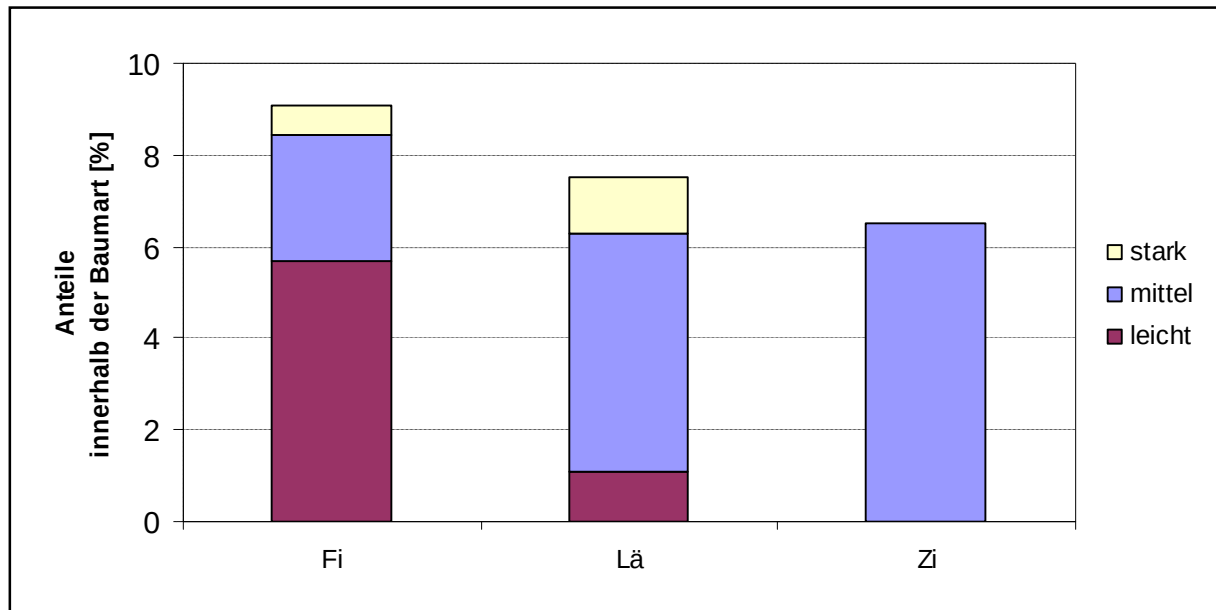


Abb. 46: Anteil der Stärke von Steinschlagschäden je Baumart (leicht = Breite < 5 cm, mittel = Breite ≥ 5 cm und Länge < 100 cm, stark = Breite ≥ 5 cm und Länge ≥ 100 cm).

4.4.2.7. Verjüngung

Keimlinge

Die Lärchenkeimlinge wurden durchschnittlich doppelt so oft wie Fichtenkeimlinge in den Verjüngungstreifen angetroffen. Es zeigt sich auch, dass Lärchenkeimlinge im Gegensatz zu Fichtenkeimlinge, häufiger am Boden als auf Kadaver vorkommen. In den Verjüngungstreifen wurden nur wenige Bergahorn- und Zirbenkeimlinge gefunden.

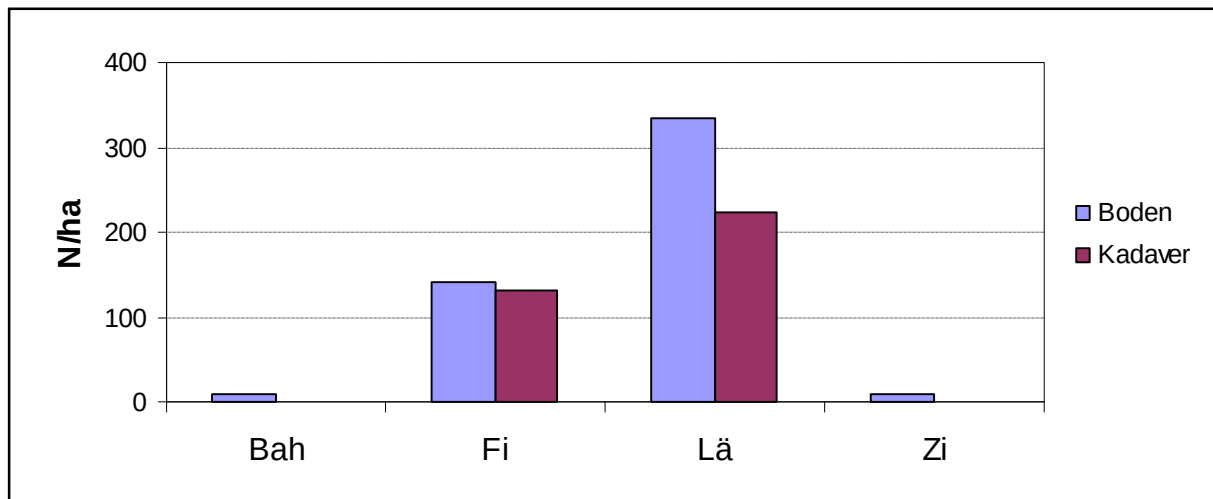


Abb. 47: Anzahl der Keimlinge pro Hektar auf Boden und Kadaver.

Die Anzahl der Keimlinge aller Baumarten nimmt oberhalb von 1400 m Seehöhe abrupt ab. Bergahorn- und Zirbenkeimlinge wurden ab 1400 m keine mehr gefunden und keine Fichtenkeimlinge ab 1600 m.

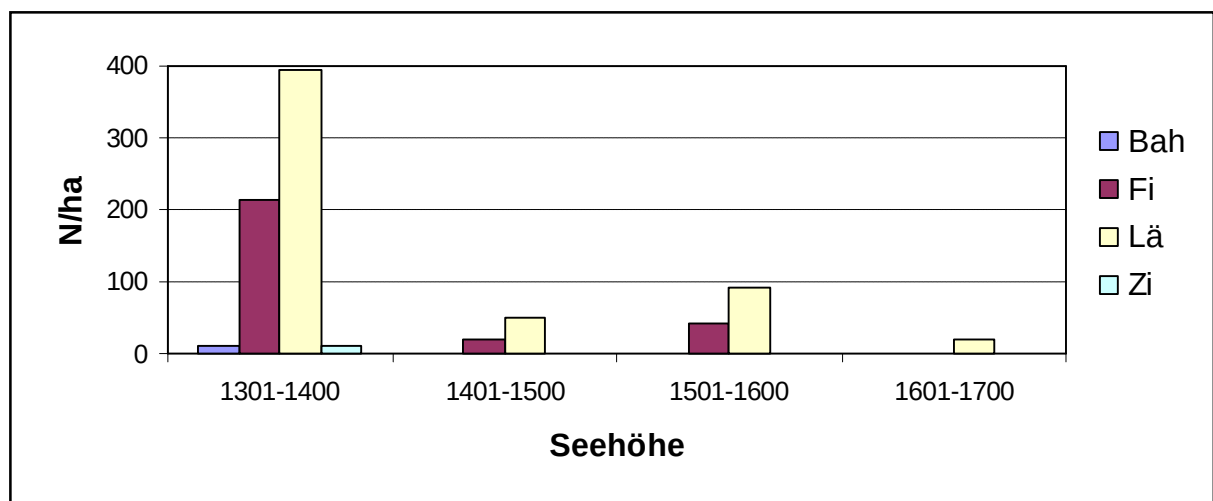


Abb. 48: Anzahl der Keimlinge je Baumart in unterschiedlichen Höhenstufen.

Mit Hilfe der Varianzanalyse wurde die Keimlingsanzahl unterhalb und oberhalb von 1400 m Seehöhe auf signifikante Unterschiede überprüft. Es konnten signifikante Zusammenhänge zwischen der Keimlingsanzahl/ha und der Seehöhe festgestellt werden.

ANOVA						
Keimlinge/Seehöhe		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Boden	Zwischen den Gruppen	65204615	1	65204615	36,84	,000***
	Innerhalb der Gruppen	88489512	50	1769790		
	Gesamt	153694128	51			
Kadaver	Zwischen den Gruppen	15014971	1	15014971	8,88	,004**
	Innerhalb der Gruppen	84555129	50	1691103		
	Gesamt	99570099	51			
Fichte Boden	Zwischen den Gruppen	4596497	1	4596497	27,99	,000***
	Innerhalb der Gruppen	8210015	50	164200		
	Gesamt	12806512	51			
Fichte Kadaver	Zwischen den Gruppen	3770786	1	3770786	16,96	,000***
	Innerhalb der Gruppen	11118649	50	222373		
	Gesamt	14889435	51			
Lärche Boden	Zwischen den Gruppen	30545596	1	30545596	23,99	,000***
	Innerhalb der Gruppen	63654718	50	1273094		
	Gesamt	94200314	51			
Lärche Kadaver	Zwischen den Gruppen	3736738	1	3736738	4,58	,037*
	Innerhalb der Gruppen	40777079	50	815542		
	Gesamt	44513817	51			
Zirbe Boden	Zwischen den Gruppen	40842	1	40842	8,85	,005**
	Innerhalb der Gruppen	230844	50	4617		
	Gesamt	271686	51			

Tab. 15: Varianzanalyse, um das unterschiedliche Vorkommen der Keimlinge in den beiden Höhenstufen 1300-1400 m und 1400-1700 m zu testen.

Verjüngung ab einem Alter von einem Jahr

In der Untersuchungsfläche setzte sich die in den Verjüngungstreifen vorgefunden Baumarten zu 64% aus Fichte, 27% aus Lärche und die restlichen 9% aus Vogelbeere und Grünerle zusammen.

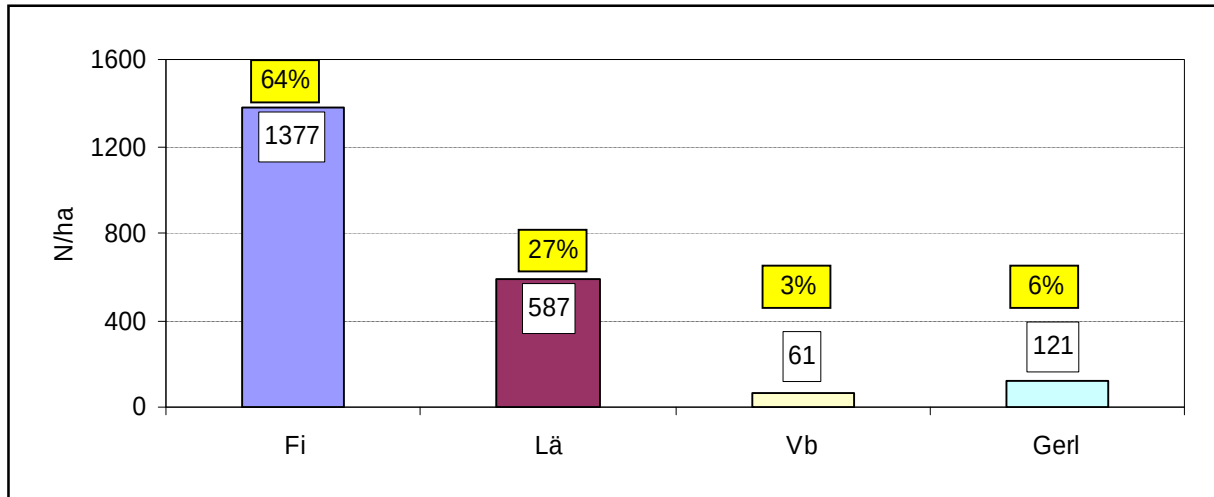


Abb. 49: Verjüngungszahlen (weiß hinterlegt) der Baumarten ab einem Alter von einem Jahr und der Baumartenanteil der Verjüngung (gelb hinterlegt).

Die Fichte verjüngt sich in einer Höhe zwischen 1401-1500 m am stärksten und die Lärchenverjüngung ist in allen Höhenstufen gleichmäßig verteilt. Die Verjüngung der Grünerle und der Vogelbeere findet vor allem in der Höhenklasse 1501-1600 m statt.

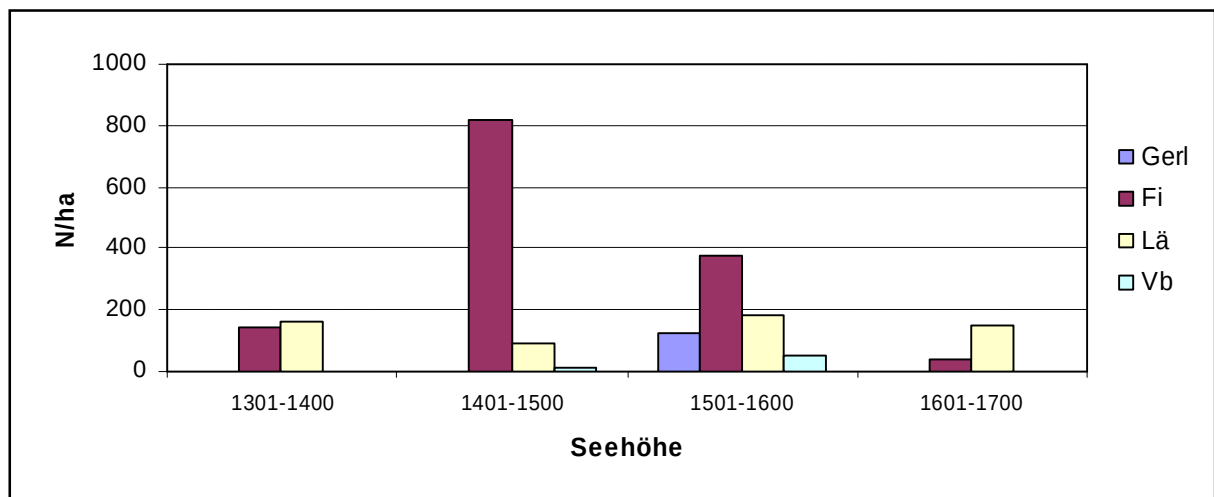


Abb. 50: Anzahl der Verjüngung in den verschiedenen Höhenstufen.

Das Höhenwachstum der Fichten- und der Lärchenverjüngung zeigt ab 15 Jahren eine stärkere Streuung. Beide Baumarten erreichen etwa im 15 bis 20igsten Lebensjahr eine Wuchshöhe von einem Meter.

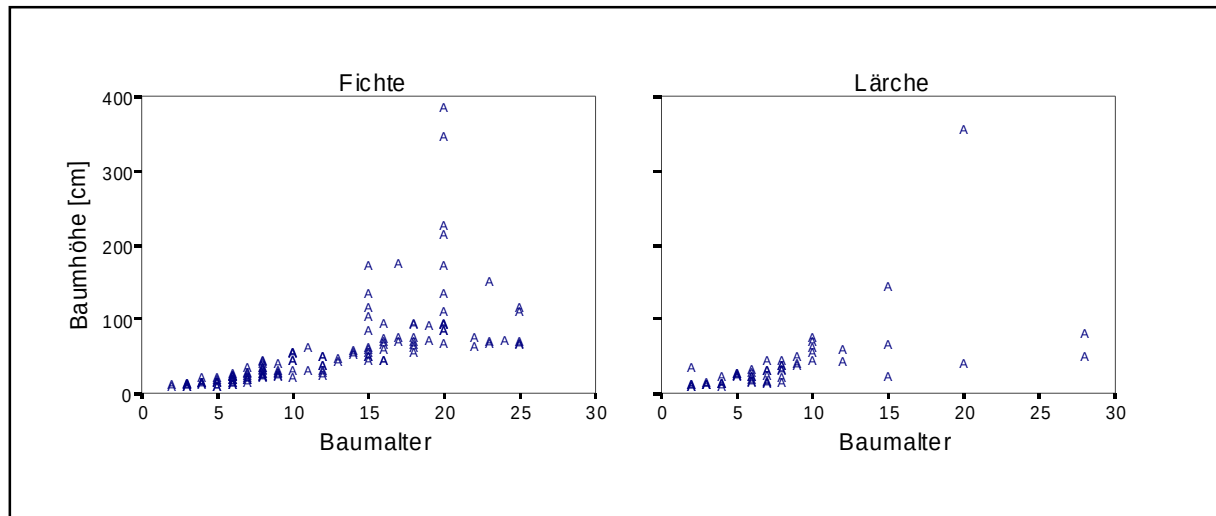


Abb. 51: Die Beziehung Alter und Höhenwachstum der Verjüngung ab 1 Jahr für Fichte und Lärche.

Die Abbildung 52 zeigt für die Fichtenverjüngung einen höheren Verbissdruck als für die Lärche und dass 73% der Fichtenverjüngung in der Höhenklasse 21-150 cm durch Verbiss geschädigt wurden. Ab einer Höhe von 151 cm nahm der Verbiss bei der Fichte auf 4% ab und bei Lärche wurde kein Verbiss mehr festgestellt.

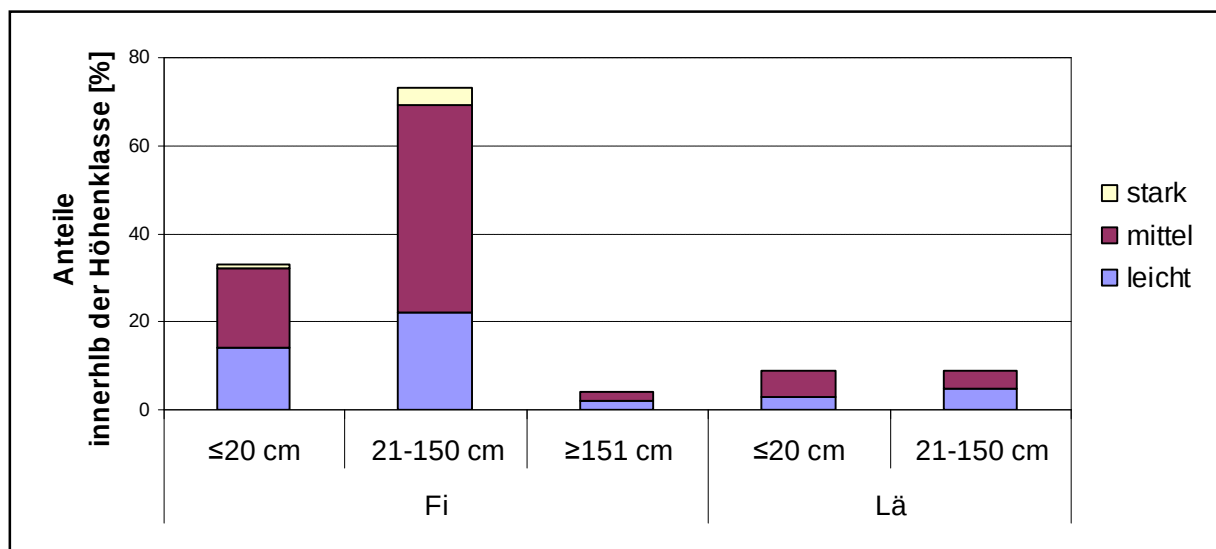


Abb. 52: Anteil verschiedener Verbissgrade innerhalb der Baumarten und Höhenklassen (leicht = <50% der Seitentriebe verbissen; mittel = Terminaltrieb und <50% der Seitentriebe verbissen; stark = Terminaltrieb und 51-90% der Seitentriebe verbissen).

An 21% der Fichtenverjüngung trat Mäusefraß in Form von kleinen Nagestellen an den Seitenästen auf. 3% der Fichtenverjüngung wurde durch das Schalenwild verfegt. Die Lärchenverjüngung war weniger stark durch Mäusefraß betroffen (1%), jedoch konnte an 5% Fegeschaden festgestellt werden.

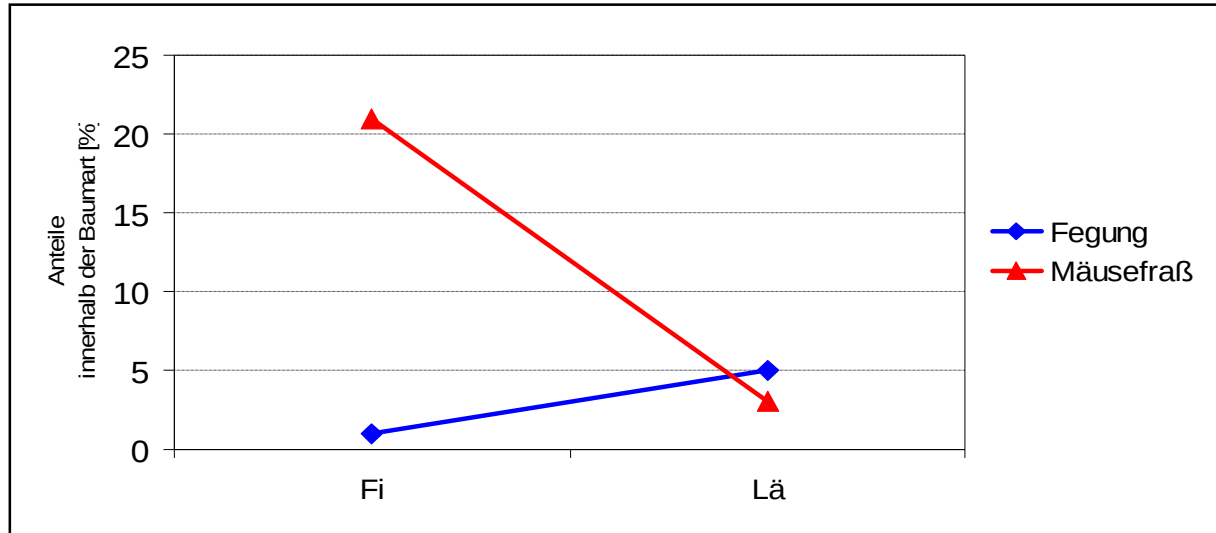


Abb. 53: Anteil von Mäusefraß- und Fegeschäden innerhalb der Fichten und Lärchen

4.4.3. Baumarten- und Strukturdiversität

Shannon-Index und Artenprofil

Für die vier vorkommenden Baumarten auf der gesamten Untersuchungsfläche, würde bei gleichmäßiger Verteilung, ein maximaler Shannon-Index von $H = 1,39$ erreicht werden.

Die Verteilung des Artenprofils auf der Untersuchungsfläche zeigt, dass ein großer Bereich (hell bis dunkelblau) aus einschichtigen Beständen besteht, bei der ein bis zwei Baumarten vorkommen. Das Artenprofil könnte bei gleichmäßiger Verteilung der Arten in den Bestandeshöhenschichten einen Maximalwert von 2,48 erreichen.

Die beiden Indizes sind aufgrund der gleichen Artenanzahl miteinander positiv korreliert ($R^2 = 0,76$).

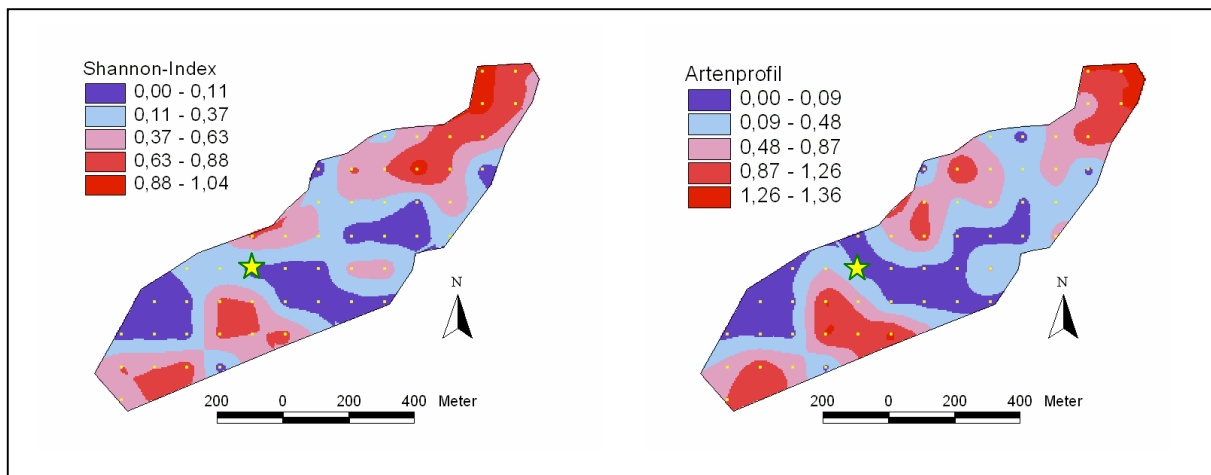


Abb. 54: Vergleich der Verteilung von Shannon-Index (links) und Artenprofil (rechts). Der gelbe Stern markiert die Lage der verfallenen Almbgebäude.

Der mittlere Shannon-Index beträgt $0,37 \pm 0,33$ und der mittlere Index für das Artenprofil $0,47 \pm 0,49$.

Baumdiversität				
	Mittelwert	Std.abw.	Minimum	Maximum
Shannon-Index	0,37	0,33	0,00	1,04
Artenprofil	0,47	0,49	0,00	1,36

Tab. 16: Statistische Auswertung der beiden Diversitätsindizes Shannon-Index und Artenprofil.

4.4.4. Strukturtypen

Die Anzahl von lebenden und stehenden toten Bäumen wurde in 20 cm Klassen auf Probepunktebene zusammengeführt und mit der Pearson-Korrelation zu einer Ähnlichkeitsmatrix umgewandelt, wobei Werte zwischen -1 und 1 auftreten, die die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der Punkte untereinander ausdrücken.

In der Tabelle 17 wird ein Teil der Ähnlichkeitsmatrix dargestellt. Ähnliche Punkte in Hinsicht auf die BHD-Verteilung der Baumarten sind z.B. die Punkte 3 und 12 (blau) mit einem Korrelationskoeffizient von $r=0,769$. Die Punkte 10 und 11 (rot) zeigen z.B. keine Ähnlichkeit ($r=0,039$).

PktNr	2	3	7	8	10	11	12	13	14	15
2	1	0,405	0,142	0,414	0,103	0,166	0,302	0,340	0,299	0,510
3	0,405	1	0,565	0,752	0,351	0,588	0,769	0,733	0,428	0,355
7	0,142	0,565	1	0,062	0,714	0,681	0,695	0,290	-0,058	-0,093
8	0,414	0,752	0,062	1	0,274	0,016	0,522	0,766	0,585	0,568
10	0,103	0,351	0,714	0,274	1	0,039	0,607	0,335	-0,082	0,066
11	0,166	0,588	0,681	0,016	0,039	1	0,555	0,220	-0,054	-0,098
12	0,302	0,769	0,695	0,522	0,607	0,555	1	0,540	-0,104	0,231
13	0,340	0,733	0,290	0,766	0,335	0,220	0,540	1	0,508	0,372
14	0,299	0,428	-0,058	0,585	-0,082	-0,054	-0,104	0,508	1	0,350
15	0,510	0,355	-0,093	0,568	0,066	-0,098	0,231	0,372	0,350	1

Tab. 17: Ähnlichkeitsmatrix der BHD-Verteilungen. Dargestellt ist nur ein Teil der Gesamtmatrix (blau hinterlegte Punkte zeigen hohe Ähnlichkeiten und rot hinterlegte Punkte zeigen keine Ähnlichkeiten an).

Diese Matrix wurde mit der Clusteranalyse auf Gruppenbildung (Cluster) untersucht. Dabei wurde die „Ward-Methode“ als Trennungs- bzw. Distanzmaß zwischen den Gruppen und ein „Quadratierter Euklidischer Abstand“ zwischen den Gruppenzentroiden angewandt. Die „Ward-Methode“ hat dabei den Vorteil, dass sie versucht, Cluster mit möglichst gleicher Gruppenanzahl zu berechnen.

Nach dem ersten Durchlauf der Clusteranalyse wurde anhand des Dendrogramms (Abb. 55) und dem „Elbow-Kriterium“ (Abb. 56) die Anzahl der Cluster für die weiteren Berechnungen festgelegt. Das Dendrogramm und auch das „Elbow-Kriterium“ bestätigen eine sinnvolle Trennung der BHD-Klassen in drei Cluster.

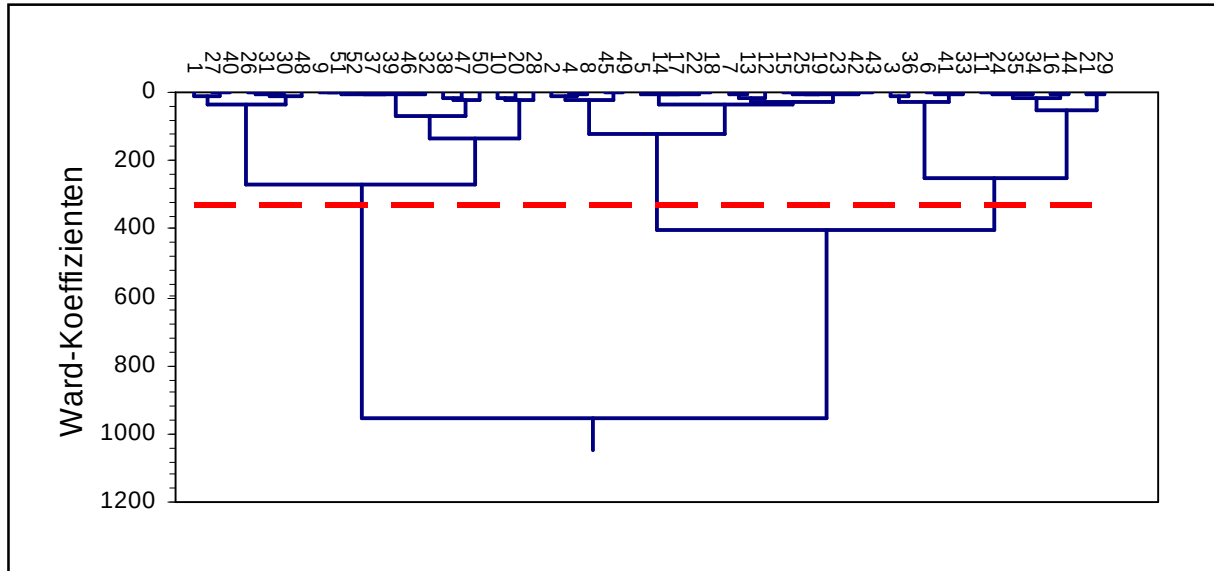


Abb. 55: Dendrogramm mit Ergebnis (rot strichliert) der Clusterzusammenführung.

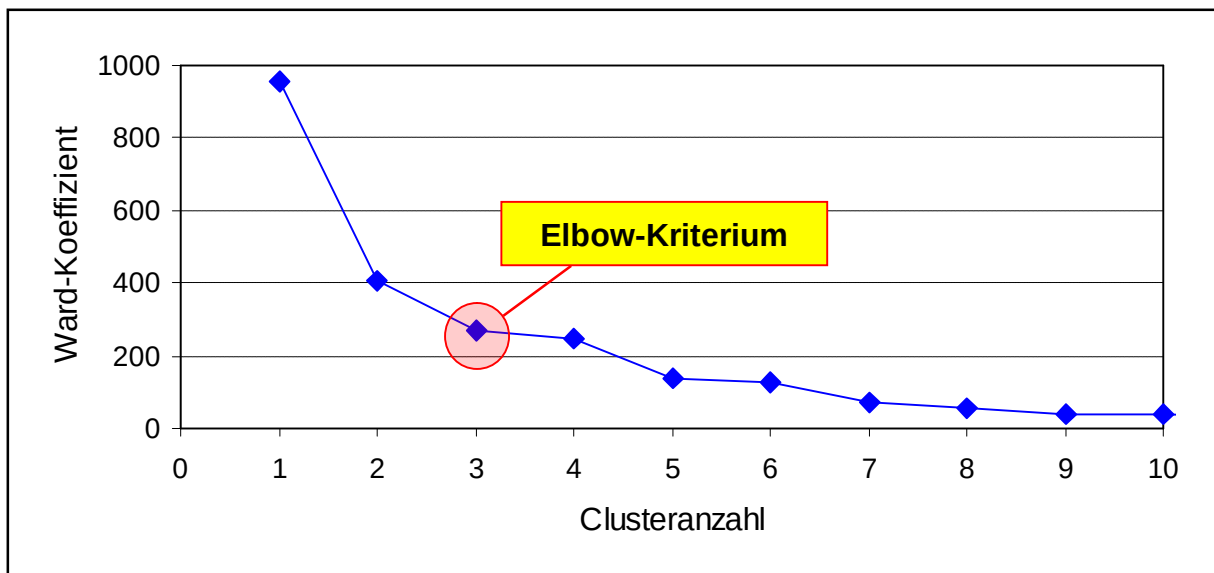


Abb. 56: Elbow-Kriterium als Bestimmungshilfe für eine sinnvolle Clusteranzahl.

Mit der Diskriminanzanalyse wurde überprüft, wie gut sich die einzelnen Cluster trennen lassen. Dabei wurden die tatsächlichen BHD-Verteilungen der Baumarten auf Punktebene den drei Clustern zugeteilt und daraus zwei Diskriminanzfunktionen errechnet.

Der Eigenwert der kanonischen Diskriminanzfunktion ist bei der ersten Funktion am höchsten. Es können 82,7% der Varianz durch die gruppierenden Variablen (BHD-Klassen) erklärt werden. Wilks' Lambda und Chi-Quadrat-Test in Tabelle 18 zeigen ebenfalls eine höchst signifikante Trennung der Cluster durch die erste Diskriminanzfunktion an.

Eigenwert			
Funktion	Eigenwert	% der Varianz	Kanonische Korrelation
1	10,53	82,7	,956
2	,21	17,3	,830

Tab. 18: Eigenwert der beiden kanonischen Diskriminanzfunktionen.

Wilks' Lambda				
Test der Funktion(en)	Wilks-Lambda	Chi-Quadrat	df	Signifikanz
1 bis 2	0,027	137,2	46	,000***
2	0,312	44,3	22	,003**

Tab. 19: Wilks' Lambda und Chi-Quadrat-Test der beiden kanonischen Diskriminanzfunktionen.

Das Streudiagramm der Diskriminanzanalyse zeigt eine gute Trennung der Clusterzentren und eine enge Zugehörigkeit der Gruppenmitglieder an.

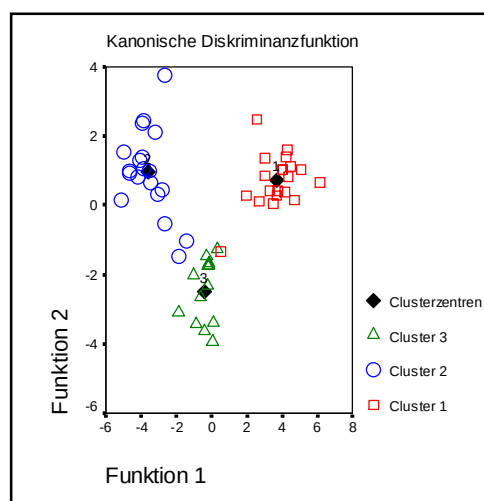


Abb. 57: Streudiagramm der kanonischen Diskriminanzfunktion mit Zuordnung der Gruppenmitglieder und Abstand der Clusterzentren.

Im nächsten Schritt wurden die BHD-Klassen auf ihre Stärke bei der Clusterbildung untersucht.

Ein höchst signifikantes Trennungsmerkmal der Clusterbildung ist die Baumart Fichte mit den drei lebenden BHD-Klassen 21-40 cm, 41-60 cm und 61-80 cm, sowie die Lärche mit den zwei lebenden BHD-Klassen 10-20 cm und 21-40 cm. Signifikantes Trennungsmerkmal ist das stehende Totholz der Fichte in den BHD-Klassen 21-40 cm und 41-60 cm.

Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte			
BHD-Klasse	Wilks-Lambda	F	Signifikanz
leb Fi 21-40 cm	,447	30,28	,000***
leb Lä 21-40 cm	,663	12,46	,000***
leb Fi 41-60 cm	,679	11,59	,000***
leb Fi 61-80 cm	,687	11,18	,000***
leb Lä 10-20 cm	,728	9,14	,000***
tot Fi 21-40 cm	,835	4,83	,012*
tot Fi 41-60 cm	,855	4,15	,022*
leb Zi 41-60 cm	,890	3,01	,058
leb Fi 10-20 cm	,902	2,66	,080
tot Lä 10-20 cm	,910	2,44	,098
tot Fi 10-20 cm	,932	1,80	,176
tot Fi 61-80 cm	,934	1,74	,187
leb Zi 61-80 cm	,937	1,65	,202
leb Lä 101-120 cm	,941	1,53	,226
leb Lä 81-100 cm	,950	1,28	,286
leb Zi 10-20 cm	,969	,79	,458
leb Zi 21-40 cm	,969	,79	,458
tot Lä 61-80 cm	,969	,79	,458
tot Lä 21-40 cm	,980	,51	,604
tot Lä 41-60 cm	,987	,33	,719
tot Zi 41-60 cm	,987	,33	,719
leb Lä 41-60 cm	,995	,12	,891
leb Fi 81-100 cm	,996	,11	,898
leb Lä 61-80 cm	,998	,05	,950

Tab. 20: Einfluss der BHD-Klassen auf die Clusterbildung. Die Werte des Signifikanzniveaus sind aufsteigend sortiert.

Die Cluster unterscheiden sich sehr stark in der BHD-Verteilung der Baumarten. In Cluster 1 überwiegt die Lärche mit einer hohen Stammzahl in den unteren BHD-Klassen, während in Cluster 2 die Fichte in den mittleren BHD-Klassen den Hauptanteil einnimmt. Cluster 3 zeichnet sich durch gleichmäßig geringe Stammzahlen bei Fichte und Lärche aus, die in den mittleren bis oberen Durchmesserklassen liegen.

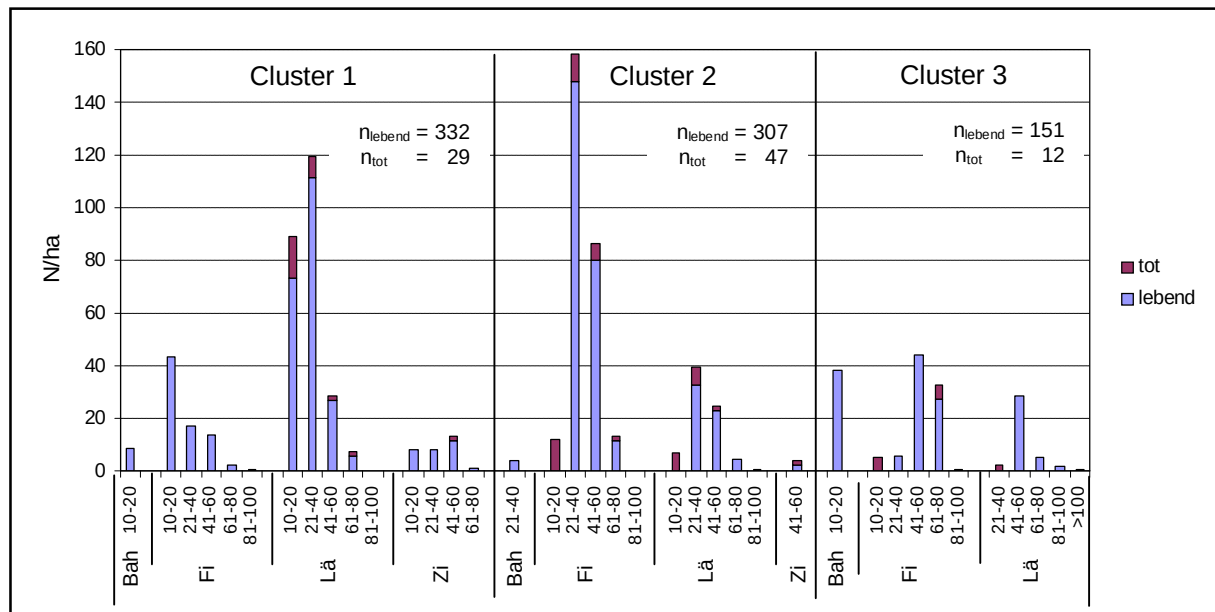


Abb. 58: Stammzahlverteilung der BHD-Klassen (lebend und stehend, tote Bäume) je Baumart in den drei Clustern.

Nimmt man die Stammzahlen der lebenden Fichten, Lärchen und Zirben zusammen, dann ergeben die Cluster sehr unterschiedliche BHD-Verteilungsmuster. Die Verteilung der Stammzahlen in Cluster 1 ähnelt einer Verteilung wie sie im Plenterwald auftritt. Cluster 2 hat eine rechtsschiefe Verteilung und Cluster 3 aufgrund des Bergahorns in der ersten BHD-Klasse eine zweigipfelige Verteilung.

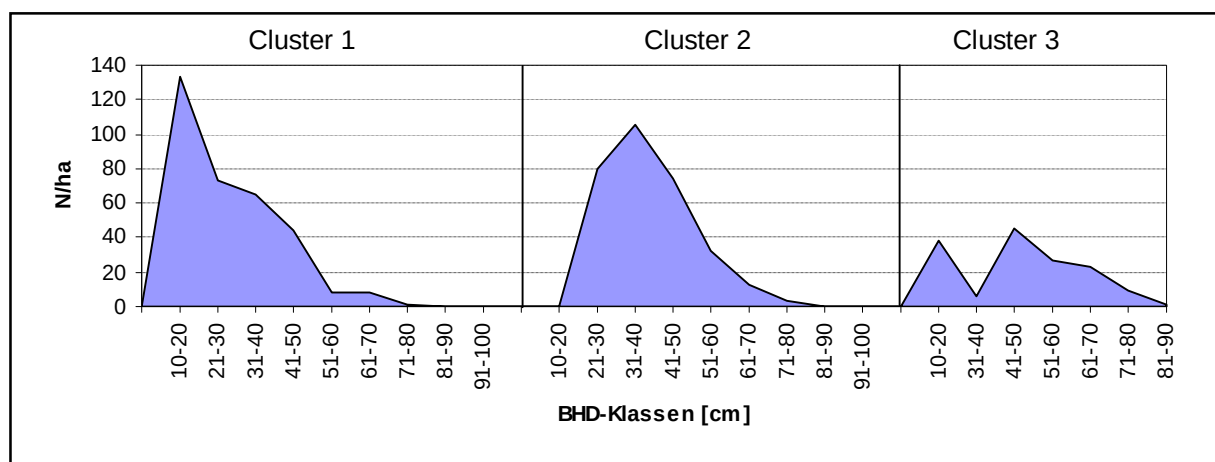


Abb. 59: Verteilung der BHD-Klassen in den drei Clustern.

Um die Strukturtypen besser beschreiben zu können, wurden Standortparameter und Bestandesstrukturmaße den drei Clustern zugeordnet und in einer Diskriminanzanalyse untersucht. Dabei sollten die treibenden Faktoren für die Clusterbildung herausgefunden werden, um diese für die Charakterisierung der Strukturtypen zu verwenden.

Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte			
Strukturparameter	Wilks-Lambda	F	Signifikanz
Kreisflächenmitteldurchmesser	,497	24,83	,000***
Oberhöhe	,624	14,79	,000***
V tot	,754	7,97	,001**
V lebend	,760	7,75	,001**
V tot, liegend	,769	7,38	,002**
Kreisflächendichte	,785	6,72	,003**
Stand-Density-Index	,789	6,55	,003**
Stammzahlen	,797	6,25	,004**
Schirmflächenprozent	,841	4,64	,014*
Felsanteil	,888	3,09	,054
Geländeform	,888	3,08	,055
mittlere Gründigkeit	,903	2,63	,082
V tot, stehend	,918	2,19	,123
mittlere Sichtigkeit	,920	2,12	,131
Artenprofil	,948	1,35	,270
Neigung	,968	,82	,447
Bodentyp	,972	,70	,501
Humustyp	,975	,63	,539
Verjüngung ab einem Jahr	,987	,31	,734
Moose	,992	,20	,822
Shannon-Index	,992	,20	,823
Flechten	,993	,18	,840
Rinnen, Gräben, Furchen	1,000	,00	,998

Tab. 21: Ergebnis der Diskriminanzanalyse zur Ermittlung von treibenden Faktoren der Clusterbildung. Die Werte des Signifikanzniveaus sind aufsteigend sortiert (Standortparameter sind blau unterlegt, Bestandesstrukturmaße sind gelb unterlegt).

Es zeigt sich, dass der Einfluss von Standortparametern auf die Clusterbildung mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

Einen höchst signifikanten Einfluss auf die Clusterbildung haben die Oberhöhe und der Kreisflächenmitteldurchmesser. Zu beachten ist allerdings, dass die Mehrzahl der Bestandesdichtemaße mit dem BHD positiv korreliert sind.

Im Folgenden wurden die einzelnen Bestandesstrukturmaße, die in der Diskriminanzanalyse als signifikant treibende Faktoren bestimmt wurden, hinsichtlich ihrer Unterschiede zwischen den Clustern untersucht und dargestellt.

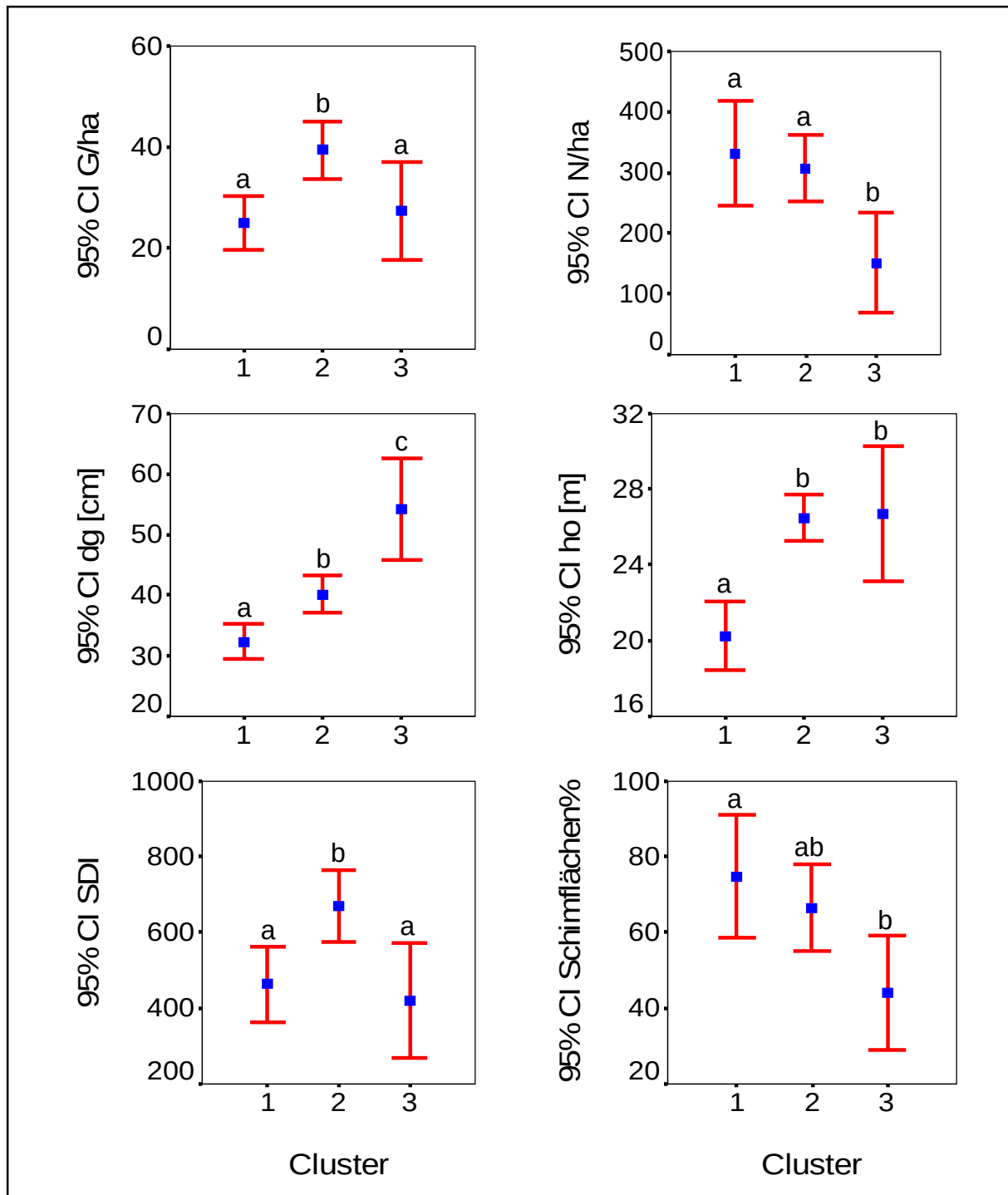


Abb. 60: Die drei Cluster mit den Bestandesstrukturmaßen: Kreisflächendichte (G/ha), Stammzahlen (N/ha), Kreisflächenmitteldurchmesser (dg), Oberhöhe (ho), SDI und Schirmflächenprozent (a, b und c zeigen homogene Untergruppen an, die sich signifikant voneinander unterscheiden).

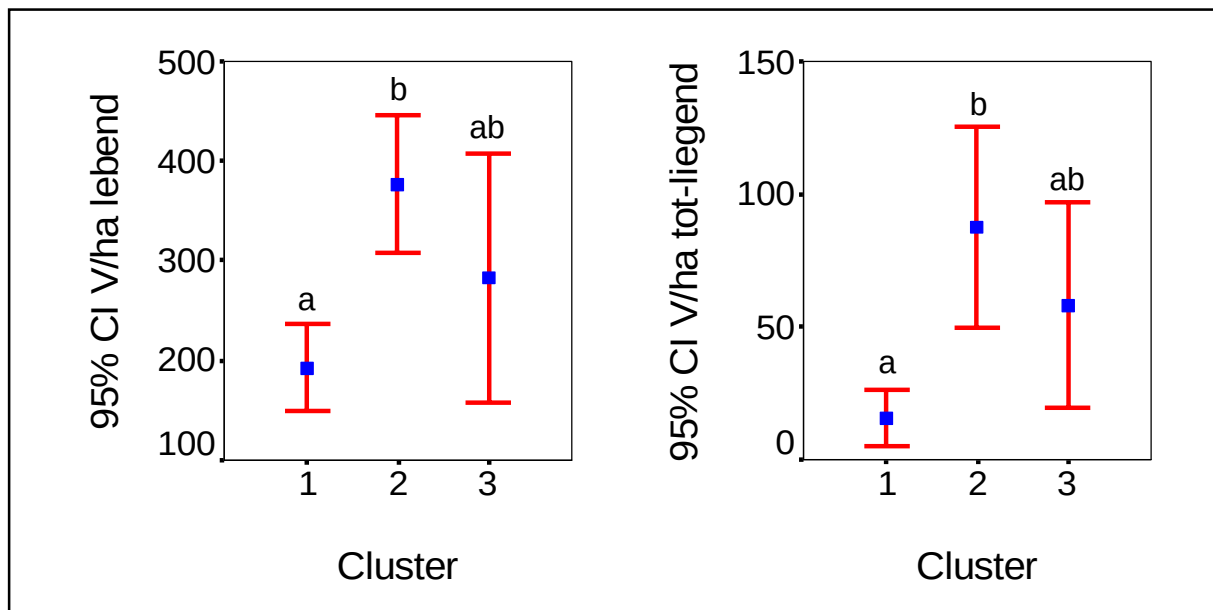


Abb. 61: Die drei Cluster mit den Bestandesstrukturmaßen Holzvorrat lebender Bäume (V/ha lebend) und liegendes Totholzvolumen (V/ha tot-liegend) (a und b zeigen homogene Untergruppen an, die sich signifikant voneinander unterscheiden).

Als zusätzliche Information für die Bildung von Strukturtypen wurde die Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume in den BHD-Klassen innerhalb der Cluster ermittelt.

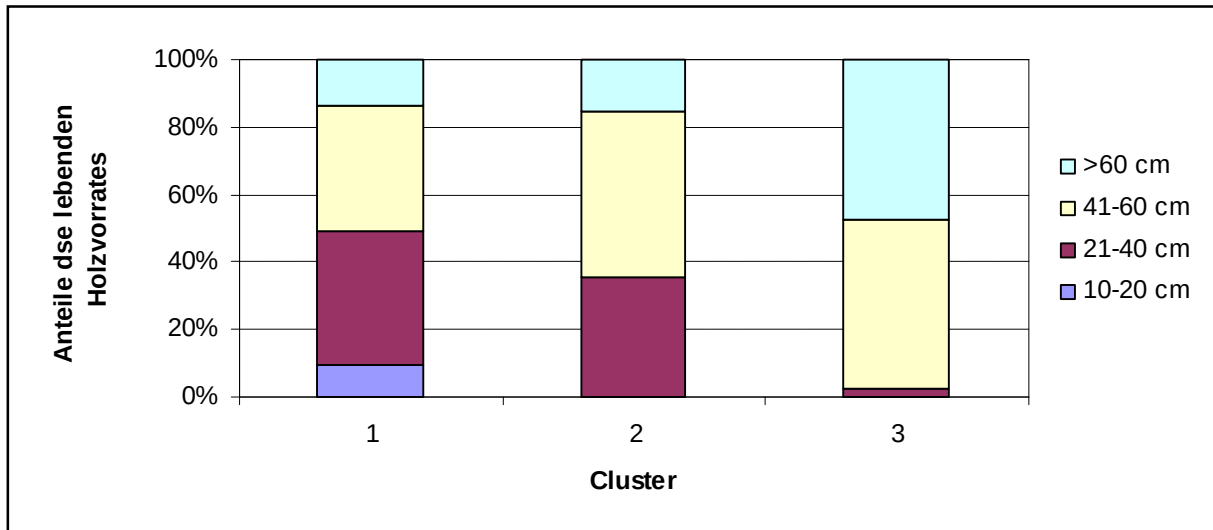


Abb. 62: Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume in den BHD-Klassen innerhalb der drei Cluster.

Die Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume in den BHD-Klassen innerhalb der drei Cluster unterscheidet sich deutlich voneinander. In Cluster 1 war der Vorratsanteil auf vier BHD-Klassen aufgeteilt, wobei die unteren und mittleren Klassen am stärksten vertreten waren. In Cluster 2 verschiebt sich die Verteilung zugunsten der mittleren und oberen BHD-Klassen. Diese Verschiebung ist in Cluster 3 noch markanter (97% des Volumens sind in den BHD-Klassen > 40 cm zu finden).

4.4.4.1. Charakterisierung der Strukturtypen

Mit Hilfe der BHD-Klassen-Verteilungen, den clusterbildenden Strukturparametern und der Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume in den BHD-Klassen (Abb. 58-62), wurden drei Strukturtypen charakterisiert.

Analog zur Benennung der Cluster 1-3 wird nachfolgend die Bezeichnung Strukturtyp 1-3 verwendet.

Die Strukturmaße der Strukturtypen auf Punktebene sind im Anhang 2 tabellarisch aufgelistet.

4.4.4.1.1. Strukturtyp 1: "Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand"

Der Strukturtyp 1 (Cluster 1) entspricht einer Größe von 20 ha oder 38,5% der Untersuchungsfläche und kennzeichnet sich durch einen hohen Lärchenanteil in den unteren BHD-Klassen aus. Die Baumartenzusammensetzung von 66% Lärche, 23% Fichte, 8% Zirbe und 3% Bergahorn weist auf einen "Stammzahlreichen, lärchendominierten Bestand" hin. Die stärkeren Lärchen dieses Strukturtyps finden sich vorwiegend in den tiefer gelegenen Teilen der Untersuchungsfläche (unterhalb von 1500 m) und sind dort von den Fichten mit geringerem BHD durchmischt. In den höheren Lagen kommt zur Fichte auch die Zirbe als Mischbaumart hinzu. Nimmt man die Baumarten zusammen, dann ergibt die Stammzahlverteilung in den BHD-Klassen (Abb. 59) eine ähnliche negativ exponentiale Verteilung wie im Plenterwald. Der mittlere Kreisflächendurchmesser mit $32,3 \pm 2,5$ cm und die mittlere Oberhöhe mit $20,2 \pm 0,9$ m sind in diesem Strukturtyp am niedrigsten. Das Überschirmungsprozent ist mit $75\% \pm 8\%$ im Vergleich zu den beiden anderen Strukturtypen am höchsten und das Volumen des liegenden Totholzes (16 ± 5 Vfm/ha), sowie das lebende Baumvolumen (193 ± 21 Vfm/ha) zeigen hier die niedrigsten Wert. Aufgrund der niedrigeren Baumdimensionen (Kreisflächenmitteldurchmesser und Oberhöhe) werden im Strukturtyp 1 auch die Baumvolumen vorwiegend in den niederen bis mittleren BHD-Klassen gebildet (siehe Abb. 62).

4.4.4.1.2. Strukturtyp 2: "Fichtendominierter Bestand"

Dieser Strukturtyp (Cluster 2) umfasst ein Gebiet von 19 ha (36,5%) und setzt sich aus 78% Fichte, 20% Lärche, 1% Zirbe und 1% Bergahorn zusammen. Die Bezeichnung des Strukturtyps wurde aufgrund des hohen Fichtenanteils in den BHD-Klassen 21-80 cm als "Fichtendominierter Bestand" gewählt. Die Verteilung der BHD-Klassen in Abbildung 58 zeigt eine rechtsschiefe Verteilung mit einer Kulmination in der BHD-Klasse 41-50 cm und keine Bäume in der ersten BHD-Klasse (10-20 cm). Die Bäume haben hier die signifikant höchste Kreisflächendichte mit $39,4 \pm 2,7$ m²/ha und der höchste Holzvorrat lebender Bäume mit $377 \pm 32,8$ Vfm/ha, welches sich zu 52% auf die BHD-Klasse 41-60 cm verteilt. Der Kreisflächenmitteldurchmesser mit

40,1 $\pm$ 1,5 cm und die Oberhöhe von 26,5 $\pm$ 1,6 m liegen jeweils zwischen den beiden anderen Strukturtypen, wobei sich der Kreisflächenmitteldurchmesser hoch signifikant von den anderen unterscheidet.

4.4.4.1.3. Strukturtyp 3: "Stammzahlarmer, fichtendominierter Bestand"

Der Strukturtyp 3 (Cluster 3) bedeckt eine Fläche von 13 ha (25%) und setzt sich aus 52% Fichte, 23% Lärche und 25% Bergahorn bei geringer Stammzahl von 151 $\pm$ 38 Bäumen/ha zusammen. Aufgrund dieser niederen Stammzahl wurde der Strukturtyp 3 als "Stammzahlarmer, fichtendominierter Bestand" charakterisiert.

Hier wachsen die signifikant stärksten ($dg=54,2 \pm 3,8$ m) Bäume. Die mittlere Oberhöhe von 26,7 $\pm$ 1,6 m ist nur geringfügig höher als in Strukturtyp 2, jedoch wurden hier die höchsten Fichten mit maximal 38,3 m und die höchsten Lärche mit maximal 34,1 m gemessen. Das Schirmflächenprozent ist mit 44% $\pm$ 7% das Geringste der Untersuchungsfläche und unterscheidet sich signifikant von den anderen Strukturtypen. Der Holzvorrat lebender Bäume von 282 $\pm$ 57 Vfm/ha ist zu 49% in der BHD-Klasse > 60 cm zu finden (Abb. 62) und die BHD-Verteilung aller Baumarten zusammen (Abb. 59) zeigt eine zweigipfelige Verteilung. Der erste Kulminationspunkt in der BHD-Klasse 10-20 cm wird nur durch den Bergahorn gebildet. Der zweite Kulminationspunkt dieser Verteilung liegt in der BHD-Klasse 41-50 cm. In der BHD-Klasse 31-40 cm sind keine Bäume vertreten.

4.4.4.1.4. Verteilung der Strukturtypen

Die nachfolgende Abbildung 63 zeigt die Verteilung der drei Strukturtypen über die Untersuchungsfläche.

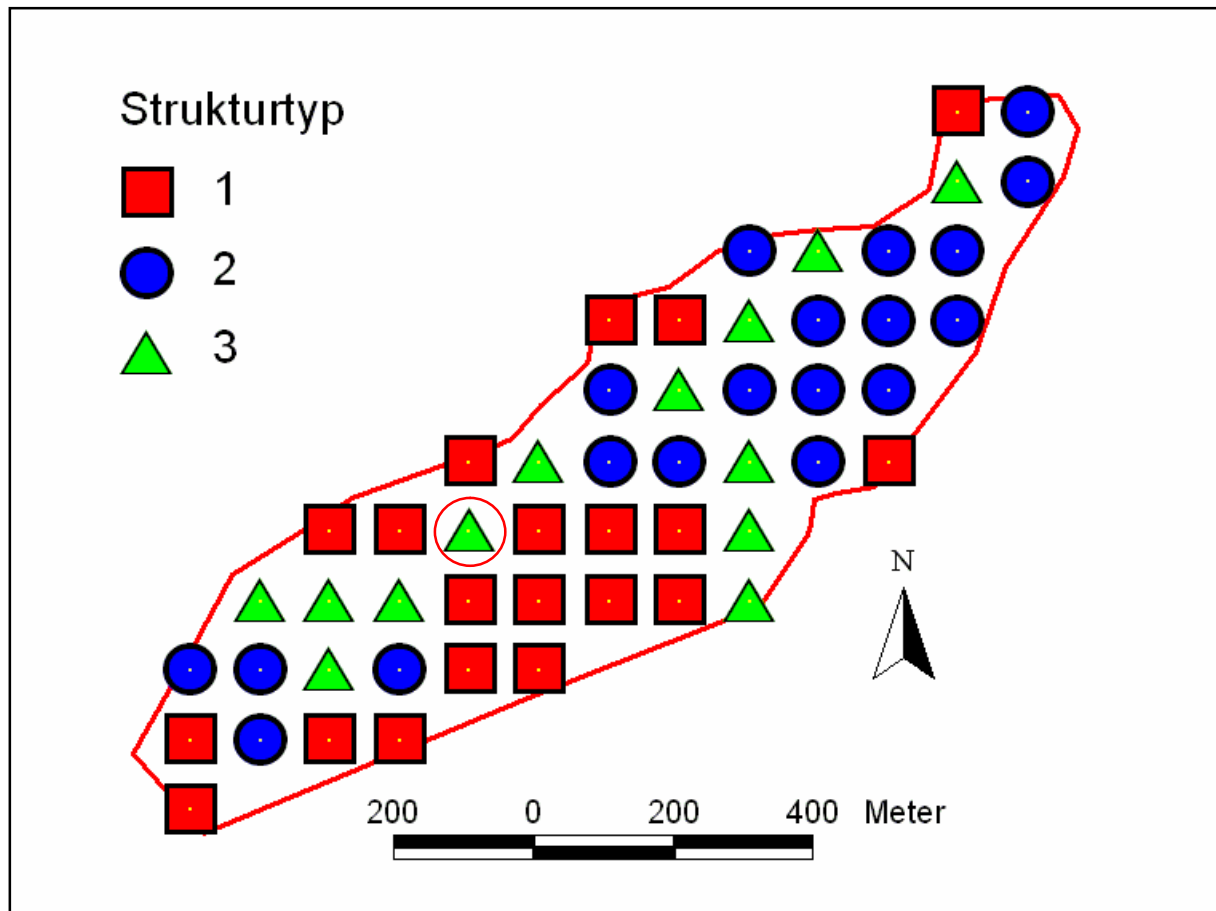


Abb. 63: Verteilung der drei Strukturtypen in der Untersuchungsfläche. Der rote Kreis markiert die Lage der verfallenen Almgebäude (Strukturtyp 1 = "Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand", Strukturtyp 2 = "Fichtendominierter Bestand", Strukturtyp 3 = "Stammzahlarmer, fichtendominierter Bestand").

Anthropogene Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung

Aus den Beobachtungen während der Aufnahmen und den Erzählungen des ehemaligen Almbewirtschafters Josef Wolf, vulgo Wolfbauer, wurden Flächen unterschiedlicher anthropogener Beeinflussung ausgeschieden (Abb. 64).

Im Bereich mit starker Beeinflussung (rot) fanden vor allem der Almbetrieb und die Waldweide statt. Zusätzlich wurden dort die Grünerle und die Latsche geschwendet, um die Waldweide offen zu halten. Im Bereich schwacher Beeinflussung (blau) wurde auch Waldweide betrieben, aber nicht in dem Ausmaß wie im roten Bereich. Im grünen Bereich konnte keine Beeinflussung durch die Waldweide festgestellt

werden und auch für Holznutzungen (Brenn- und Bauholz) waren diese Bereiche zu weit von der Almhütte entfernt.

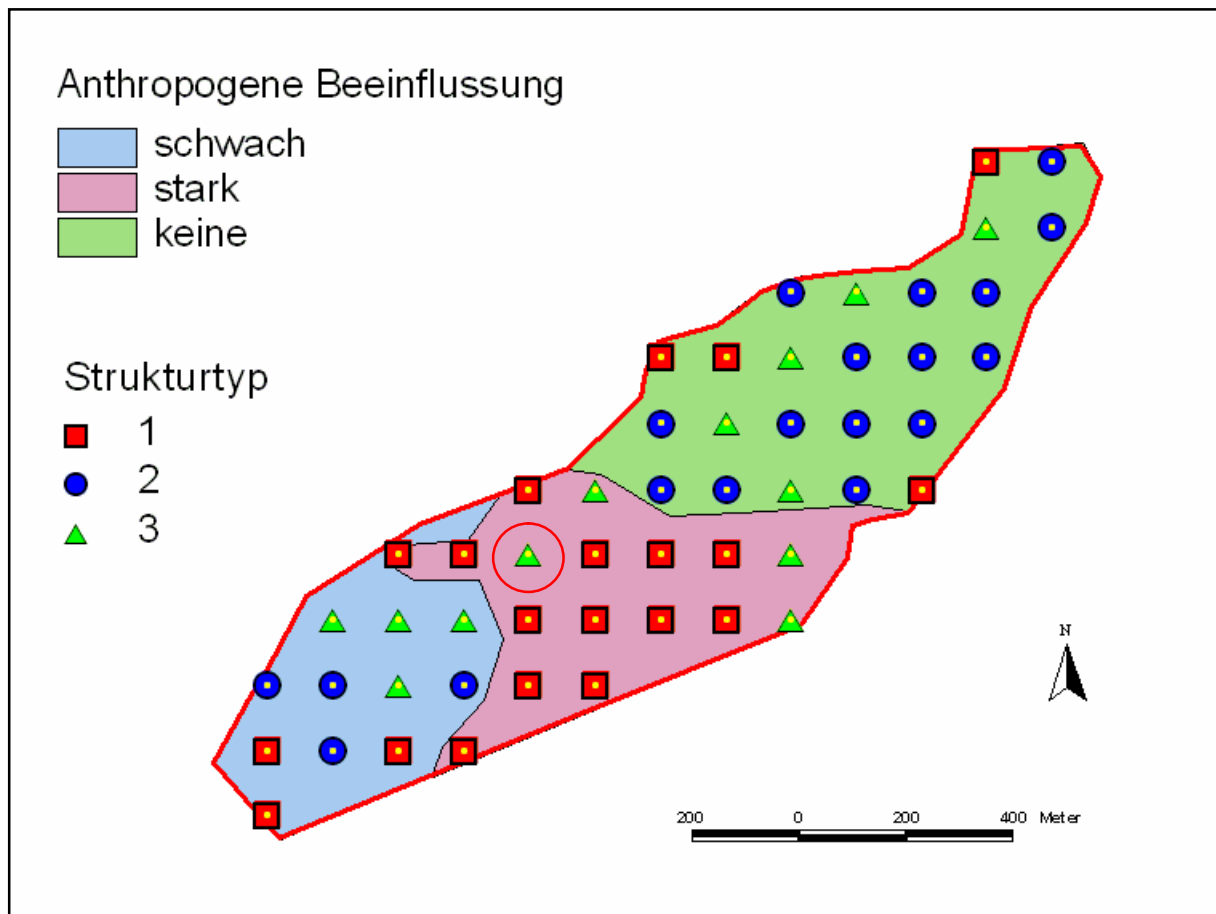


Abb. 64: Verteilung der Strukturtypen und die anthropogene Beeinflussung durch die ehemalige Almbewirtschaftung. Der rote Kreis markiert die Lage der verfallenen Almhäute.

Anthropogene Beeinflussungen durch die Almbewirtschaftung fanden überwiegend im Strukturtyp 1 statt. Im unzugänglichsten Bereich der Untersuchungsfläche im Osten, konnte auf 24 ha (46%) keine Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung nachgewiesen werden.

Strukturtyp	Anthropogenen Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung		
	schwach [ha]	stark [ha]	keine [ha]
1	4 (20%)	12 (60%)	4 (20%)
2	4 (21%)		15 (79%)
3	4 (31%)	4 (31%)	5 (38%)
Gesamt	12 (23%)	16 (31%)	24 (46%)

Tab. 22: Flächenanteile mit unterschiedlich starker anthropogener Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung.

4.5. Dynamik

4.5.1. Windwurf

Die Hauptwurfrichtung des liegenden Totholzes ab einer Länge von 10 m liegt bei Fichte und Lärche von Nordost bis Südost. Bei Lärche gibt es zusätzlich einen Anteil (21%) in Richtung Norden und einen kleineren Anteil von 9% in Richtung Westen.

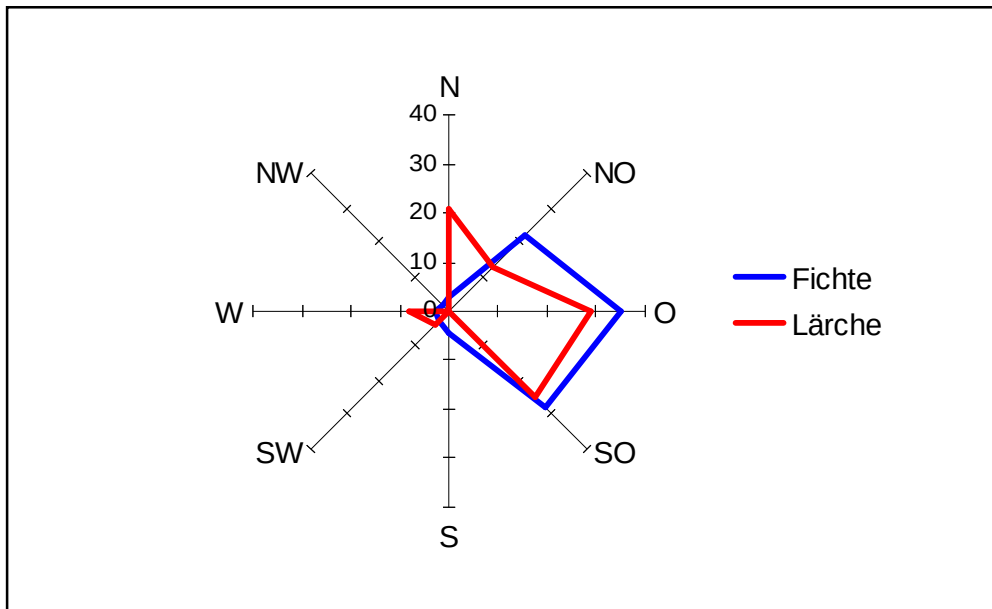


Abb. 65: Anteil der Fallrichtungen von liegendem Totholz mit Mittendurchmesser ≥ 10 cm und einer Länge ≥ 10 m, für die Baumarten Fichte und Lärche.

Im Strukturtyp 1 ist die Hauptwurfrichtung Ost bis Südost, im Strukturtyp 2 Nordost bis Südost und im Strukturtyp 3 Nordost bis Ost und 34% liegen in Richtung West.

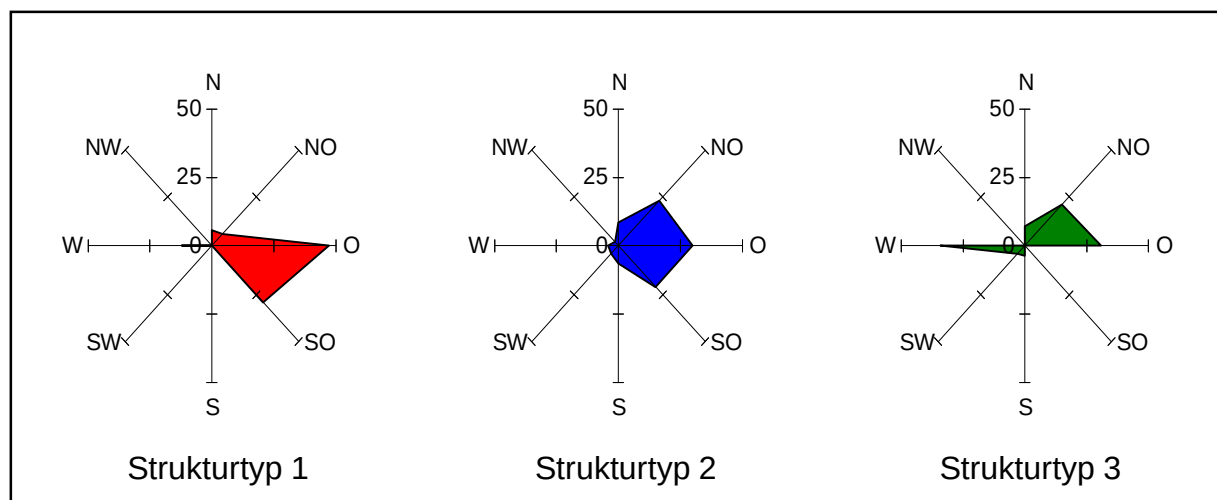


Abb. 66: Anteil der Fallrichtungen von liegendem Totholz mit Mittendurchmesser ≥ 10 cm und einer Länge ≥ 10 m in den drei Strukturtypen.

4.5.2. Lücken

Insgesamt wurden auf der Untersuchungsfläche 44 Lücken angetroffen, die durch Ausfall eines oder mehrerer Bäume entstanden sind und mit ihrer Lückenausdehnung in 26 Probeflächen (R=10 m) hineinreichen.

Die Differenzierung der Lücken, in Lückenalter und in Lückengröße innerhalb der drei Strukturtypen zeigt, dass im Strukturtyp 2 die höchste Lückenanzahl (gesamt 19) festzustellen war und auch eine frische Lücke unter 5 Jahren zu finden war. Lücken mit einem Durchmesser von 10-30 m und Durchmesser > 30 m konnten nur in den Strukturtypen 2 und 3 ermittelt werden.

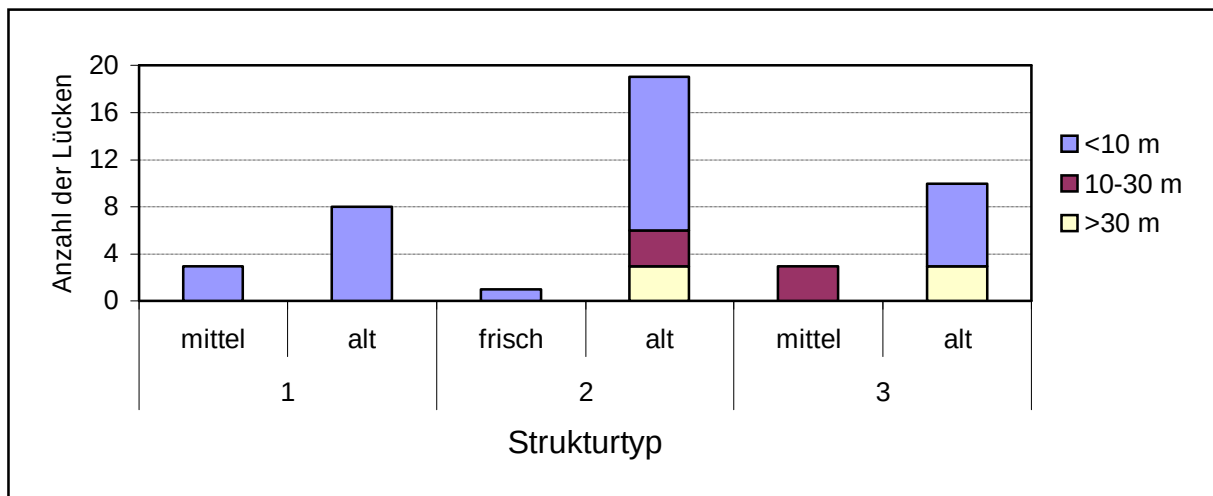


Abb. 67: Anzahl der Lücken, Lückenalter und Lückengröße in den drei Strukturtypen (frisch = Lückenalter <5 Jahre; mittel = Lückenalter >5 Jahre und Lückenfüller <10 m Höhe; alt = Lückenalter >5 Jahre und Lückenfüller >10 m Höhe und <2/3 der Bestandeshöhe).

Nachfolgend wurde die erwartete Lückenanzahl aufgrund der Größe der Strukturtypen mit der beobachteten Anzahl an Lücken in einem Chi-Quadrat-Anpassungstest hinsichtlich der gleichmäßigen Verteilung der Lücken in den Strukturtypen getestet.

Lückenanzahl			
Strukturtyp	Beobachtet	Erwartet	Residuum
1	11	16,9	-5,9
2	20	16,1	3,9
3	13	11,0	2,0
Gesamt	44		

Tab. 23: Beobachtete und aufgrund der Größe der Strukturtypen erwartete Lückenanzahl.

Mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit konnte kein Unterschied der Lückenanzahl aufgrund der Größe der Strukturtypen festgestellt werden. Statistisch kommen Lücken in allen drei Strukturtypen gleich häufig vor.

Lückenanzahl * Strukturtyp	
Chi-Quadrat	3,39
df	2
Asymptotische Signifikanz	,183
Monte-Carlo-Signifikanz ^b	,178

Tab. 24: Chi-Quadrat-Test zur Überprüfung, ob sich die beobachtete Anzahl von Lücken in den Strukturtypen von einer erwarteten Lückenanzahl aufgrund der Größe der Strukturtypen unterscheidet (b = basiert auf 10000 Stichprobentabellen und $p < 0,01$).

4.5.2.1. Übergangswahrscheinlichkeit der Baumarten

Um die Übergangswahrscheinlichkeit der Baumarten zu bestimmen, wurde eine Kreuztabelle zwischen Lückenfüller und Lückenerzeuger für Lärche und Fichte erstellt. Dabei zeigt sich, dass die Fichte zu 80% als Lückenerzeuger und zu 70% als Lückenfüller auftrat.

Lückenfüller * Lückenerzeuger				
		Erzeuger		Gesamt
		Lärche	Fichte	
Füller	Lärche	3	10	13
	Fichte	6	25	31
Gesamt		9	35	44

Tab. 25: Kreuztabelle der Erzeuger- und Füllerbaumarten von Lücken.

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Baumart, durch die eine Lücke erzeugt wurde und jener, durch die diese Lücke geschlossen wird, konnte für die gesamte Untersuchungsfläche nicht festgestellt werden.

Lückenfüller	
Chi-Quadrat	2,23
df	1
Asymptotische Signifikanz	,135
Monte-Carlo-Signifikanz ^b	,192

Tab. 26: Chi-Quadrat-Anpassungstest zur Überprüfung, ob sich die beobachtete Baumart des Lückenfüllers von der beobachteten Erzeugerbaumart unterscheidet (b = basiert auf 10000 Stichprobentabellen und $p < 0,01$).

Der Chi-Quadrat-Anpassungstest zeigt für die einzelnen Strukturtypen getrennt, in nachfolgender Tabelle 27, dass sich in Strukturtyp 1 die beobachtete Füllerbaumart höchst signifikant von der Erzeugerbaumart unterscheidet.

Lückenfüller		
Strukturtyp		
1	Chi-Quadrat	22,46
	df	1
	Asymptotische Signifikanz	,000***
	Monte-Carlo-Signifikanz ^b	,000***
2	Chi-Quadrat	1,57
	df	1
	Asymptotische Signifikanz	,210
	Monte-Carlo-Signifikanz ^b	,347
3	Chi-Quadrat	,43
	df	1
	Asymptotische Signifikanz	,510
	Monte-Carlo-Signifikanz ^b	,753

Tab. 27: Chi-Quadrat-Anpassungstest zur Überprüfung, ob sich in den drei Strukturtypen die beobachtete Baumart des Lückenfüllers von der beobachteten Erzeugerbaumart unterscheidet (b = basiert auf 10000 Stichprobentabellen und $p < 0,01$).

Die Übergangswahrscheinlichkeit für die Baumarten Lärche und Fichte in den drei Strukturtypen wurde durch eine Kreuztabelle ermittelt.

In Strukturtyp 1 wird jeder Lückenerzeuger zu 91% durch die Lärche ersetzt, in den beiden anderen Strukturtypen dominiert die Fichte als Lückenfüller. Nimmt man alle Strukturtypen zusammen, dann zeigt sich aber auch, dass der höhere Flächenanteil der beiden Strukturtypen 2 und 3 (63%) die Übergangswahrscheinlichkeit der Baumarten für die gesamte Untersuchungsfläche stärker beeinflusst als Strukturtyp 1. Demnach liegt die Wahrscheinlichkeit, dass eine Lückenerzeugerbaumart durch eine andere Lückenfüllerbaumart ersetzt wird, für Fichte bei 0,29 und für Lärche bei 0,67 und die Gesamtwahrscheinlichkeit, dass ein Lückenerzeuger durch eine Fichte ersetzt wird, bei 0,70.

Füller * Erzeuger * Strukturtyp					
Übergangswahrscheinlichkeit p			Erzeuger		Gesamt
Strukturtyp			Lä	Fi	
1	Füller	Lä	1,00	0,88	0,91
		Fi		0,13	0,09
2	Füller	Lä		0,06	0,05
		Fi	1,00	0,94	0,95
3	Füller	Lä		0,20	0,15
		Fi	1,00	0,80	0,85
Gesamt	Füller	Lä	0,33	0,29	0,30
		Fi	0,67	0,71	0,70

Tab. 28: Übergangswahrscheinlichkeit für die Baumarten Lärche und Fichte in den drei Strukturtypen und auf der gesamten Untersuchungsfläche.

4.5.3. Dendroökologische Untersuchungen

Es wurde von 124 Bäumen (68 Fichten, 53 Lärchen und 3 Zirben) Baummittelkurven erstellt und mittels „Crossdating“ an die Baumartenmittelkurve angepasst.

COFECHA (Quality Control)	Fichte	Lärche	Zirbe
Number of dated series	68	53	3
Master series (years)	387	231	169
Total rings in all series	10321	5135	495
Total dated rings checked	10244	5092	445
Series intercorrelation	.553	.590	.381
Average mean sensitivity	.197	.313	.172

Tab. 29: Qualitätskontrolle der Baumartenmittelkurven mit dem Programm COFECHA (DPL).

Die intraspezifische Korrelation stimmt für die Zuwachsverläufe bei Lärche und Fichte gut überein. Die Wachstumsverläufe der Zirben sind durch die geringe Probenanzahl weniger stark korreliert und die Datierung der einzelnen Jahrringe nicht so gut abgesichert wie bei Fichte und Lärche.

In Tabelle 29 ist an der Höhe der Sensitivität zu erkennen, dass die Lärchen (.313) auf Störungen am stärksten reagiert, während Fichten und Zirben weniger stark von abiotischen Umwelteinflüssen (Temperatur, Niederschlag) im Wachstum beeinflusst werden.

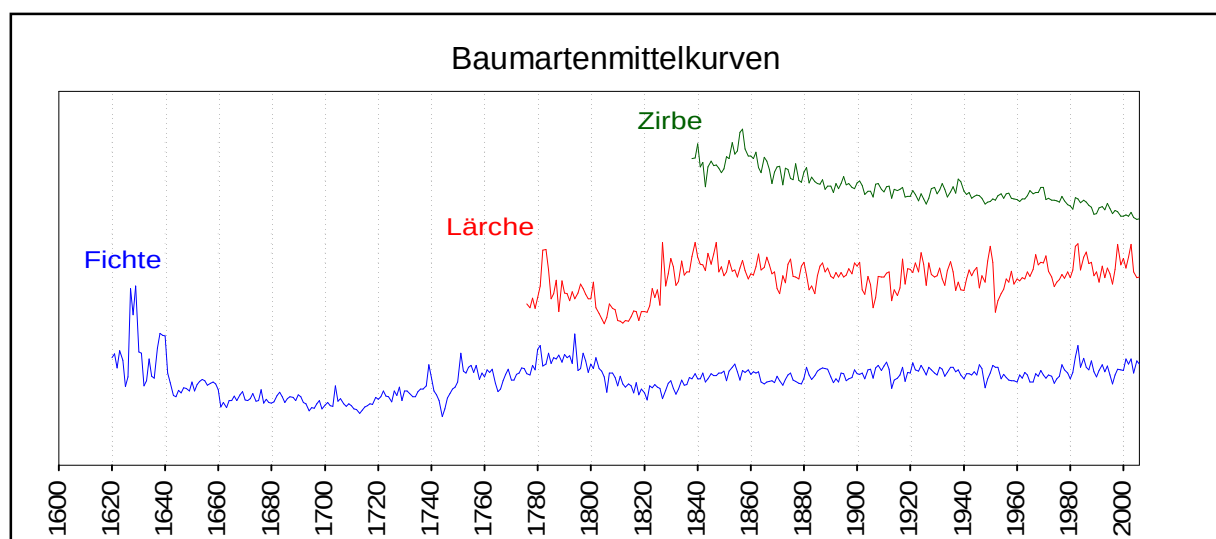


Abb. 68: Vergleich der Baumartenmittelkurven von Zirbe, Lärche und Fichte. Die Lage der Einzelkurven wurde vertikal aus Darstellungszwecken verschoben.

4.5.3.1. Baum- und Bestandesalter

Aus den synchronisierten Jahrringkurven und der Anzahl der Jahrringe, die durch Verfehlung des Markes nicht gemessen werden konnten und geschätzt wurden (ca. 5-25 Jahre), wurde das Baumalter bestimmt und mit dem Alter der Verjüngung, bei Erreichen von einem Meter Baumhöhe (Höhe der Bohrkernentnahme), ergänzt. Das Verjüngungsalter in einem Meter Baumhöhe wurde für jeden Strukturtyp mittels logarithmischer Ausgleichsfunktion (27) berechnet.

$$\text{Alter}_{\text{Verjüngung}} = a + b \times \ln \text{Höhe} \quad (27)$$

Strukturtyp	Baumart	a	b	R ²	F	df	Sigf	Alter in 1m Höhe
1	Fichte	-10,4	6,18	0,67	64,02	31	,000***	18
	Lärche	-6,76	4,93	0,42	23,51	32	,000***	16
2	Fichte	-5,57	5,30	0,87	302,5	46	,000***	19
	Lärche	-3,06	3,05	0,90	52,28	6	,000***	11
3	Fichte	-10,2	6,25	0,71	130,1	53	,000***	19
	Lärche	-1,14	2,67	0,71	31,58	13	,000***	11

Tab. 30: Koeffizienten der aus der Verjüngungsaufnahme abgeleiteten logarithmischen Ausgleichsfunktion zur Bestimmung des Alters in 1 m Höhe (Höhe der Bohrkernentnahme).

Die Höhe von 1 m erreichte die Lärchenverjüngung im Strukturtyp 2 und 3 im Durchschnitt schon mit 11 Jahren und im Strukturtyp 1 erst mit 16 Jahren, während die Fichte für diese Wuchshöhe in allen drei Strukturtypen rund 18-19 Jahre brauchte.

Altersverteilung

In Abbildung 62 wird der Anteil der Baumarten in den 50-jährigen Altersklassen für die Baumarten der 124 Probeebäume dargestellt. 43% der Lärchen sind 101-150 Jahre alt und somit im Mittel um 100 Jahre jünger als die Fichten, bei denen 37% zwischen 201 und 250 Jahre alt sind.

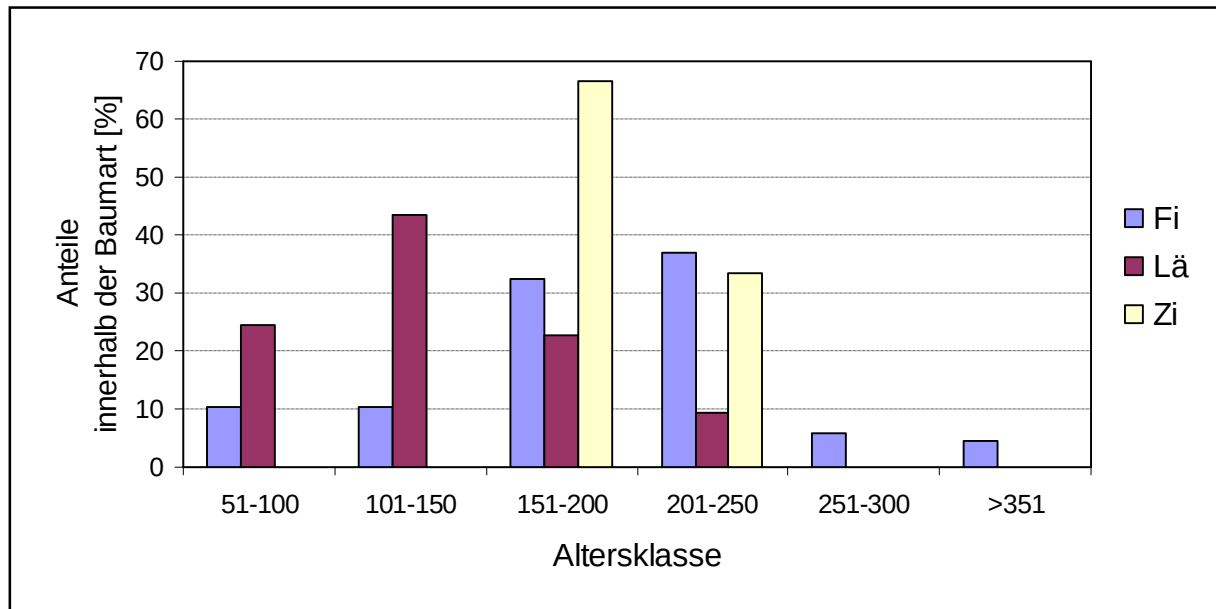


Abb. 69: Anteile innerhalb der Baumarten in den 50-jährigen Altersklassen.

Die Fichte und die Zirbe wiesen ein ähnliches mittleres Baumalter auf, wobei das Alter der Fichten deutlich größere Streuungen um den Mittelwert zeigt.

Das maximale Baumalter der Fichte (424 Jahre) und der Lärche (247 Jahre) wurde in Strukturtyp 2 festgestellt.

Baumalter					
Baumart	N	Mittelwert	Std.abw.	Minimum	Maximum
Fichte	68	193	63,3	67	424
Lärche	53	135	44,6	57	247
Zirbe	3	191	16,2	181	210
Gesamt	124	168	62,2	57	424

Tab. 31: Baumalter der 124 Probeebäume in den Transekten, getrennt nach Baumarten und gesamt.

Dass die Lärchen noch höhere Alter aufweisen können, wurde durch eine Probe außerhalb der Transekte festgestellt. Im Strukturtyp 3 wurde eine auffallend mächtige Lärche (BHD = 90 cm, Höhe = 27 m) ausgewählt und ein Bohrkern entnommen. Die Auswertung im Labor ergab ein Alter von 383 Jahren.

Die folgende Abbildung 70 zeigt für die Lärchen und Fichten eine große Alterdifferenz in den einzelnen Durchmessern. Das mittlere Baumalter der Fichten (193 Jahre) ist um 58 Jahre höher als das der Lärchen (135 Jahre).

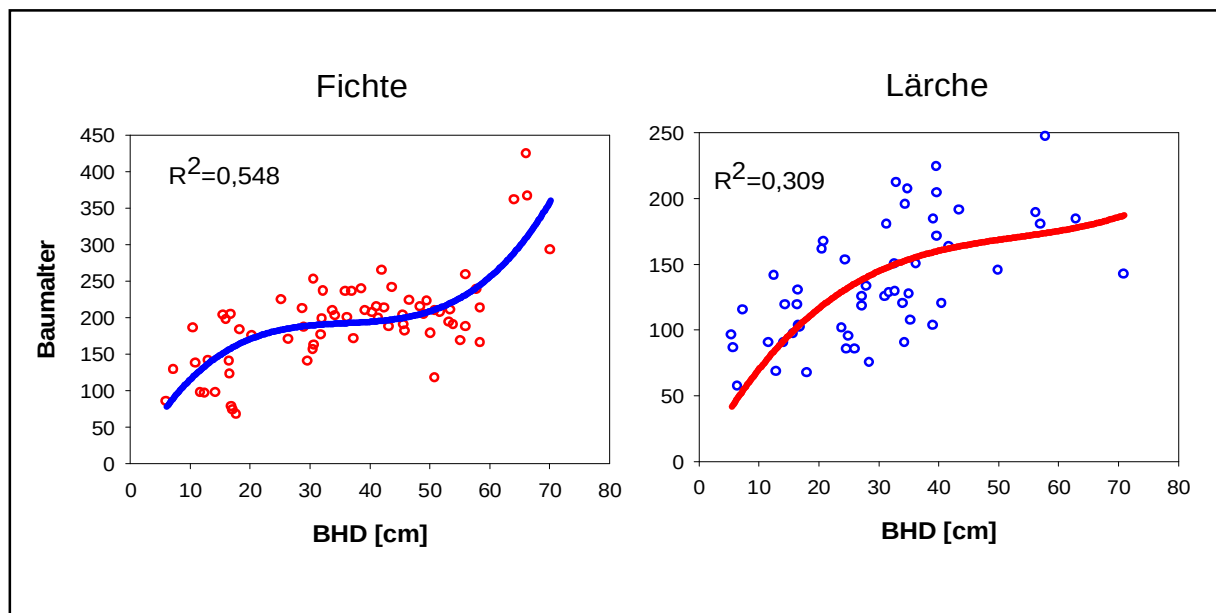


Abb. 70: Verteilung des Baumalters über dem BHD für die Fichten und Lärchen in den fünf Transekten mit kubischer Ausgleichsfunktion.

Das Bestandesalter im Strukturtyp 1 unterscheidet sich hoch signifikant von Strukturtyp 2 und 3 und beträgt im Mittel 132 Jahre. Im Strukturtyp 2 erreicht der Bestand ein mittleres Alter von 193 Jahren und unterscheidet sich nur leicht von Strukturtyp 3 mit einem mittleren Alter von 180 Jahren.

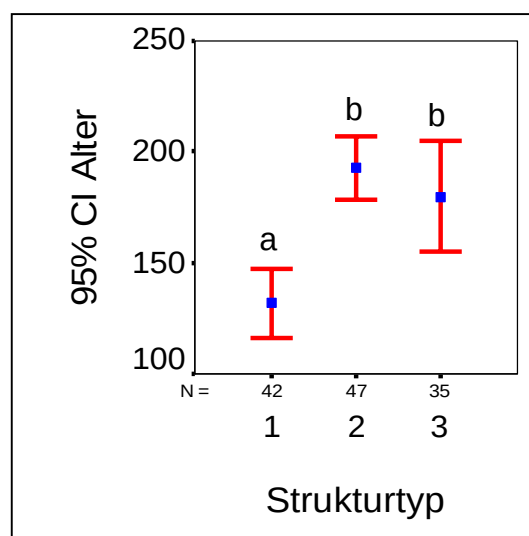


Abb. 71: Mittleres Bestandesalter der Strukturtypen (a und b sind homogene Untergruppen, die sich signifikant voneinander unterscheiden).

4.5.4. Störungsgeschichte - Dendroökologische Zeitreihenanalyse

4.5.4.1. Freistellungsereignisse

Mit der Runing Mean Methode nach Nowacki und Abrams (1997) wurden moderate ($GC\% \geq 25-50$) und starke ($GC\% \geq 50$) Freistellungsereignisse berechnet.

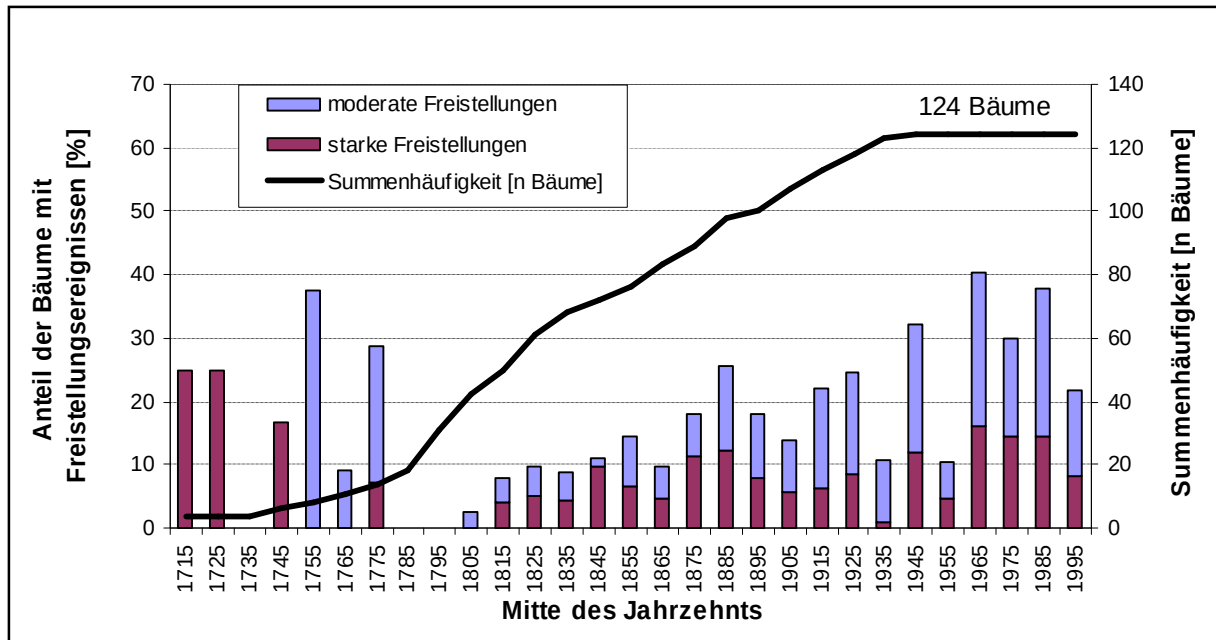


Abb. 72: Anteil der Bäume mit einem moderaten bzw. starken Freistellungsereignis im Zeitraum zwischen 1710 bis 2000. Die Jahreszahl markieren die Mitte der beobachteten Dekade.

In Abbildung 72 ist die Häufigkeit der Bäume, die durch ein Freistellungsereignis in ihrem Radialzuwachs profitiert haben, zu erkennen. Die ersten Freistellungsereignisse wurden für 1711-1720 errechnet und für drei Dekaden, 1731-1740, 1781-1790 und 1791-1800 konnten an den Probestämmen keine Freistellungsereignisse festgestellt werden. Im 19. Jahrhundert gab es in jeder Dekade 4-12% der Bäume, die ein starkes Freistellungsereignis aufwiesen. Mit der Anzahl an Probestämmen, die ein Alter >100 Jahre hatten, nahm im 20. Jahrhundert auch die Häufigkeit der Freistellungsereignisse zu. Die Ausnahme bilden die Jahrzehnte von 1931-1940 (1% der Bäume mit starker Freistellung) und 1951-1960 (5% der Bäume mit starker Freistellung). Im Jahrzehnt von 1961-1970 wurden insgesamt (moderat und stark) an 40% der Bäume, die höchsten Werte an Freistellungsereignissen festgestellt.

4.5.4.2. Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen

Aus der Anzahl der Jahre in der ein Schwellenwert von GC% ≥ 25 überschritten wird (Abb. 16), wurde die mittlere Dauer berechnet, in der ein Baum die verbesserten Umweltbedingungen (mehr Lichtgenuss) für höheres Radialwachstum ausnützen kann. Zusätzlich wurde die Dauer bis zur Wiederkehr eines moderaten bzw. starken Freistellungsereignisses ermittelt.

Es zeigt sich, dass ein Baum im Durchschnitt 6,7 Jahre die verbesserten Bedingungen ausnützt und das im Mittel alle 27,7 Jahre eine Störung auftritt, die einen Baum der drei Hauptbaumarten (Fichte, Lärche und Zirbe) im Wachstum positiv beeinflusst.

Baumart	D25%	D50%	Dges	W25%	W50%	Wges
Fichte	3,9	11,4	6,4	32,5	36,7	32,4
Lärche	3,4	9,7	6,9	25,5	24,5	20,1
Zirbe	5,0	12,5	10,0	18,0	98,0	58,0
Gesamt	3,7	10,5	6,7	29,8	32,2	27,7

Tab. 32: Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen der Baumarten und gesamt. D25% = Dauer von moderaten Freistellungen (D50% = Dauer von starken Freistellungen, Dges = Dauer einer Freistellung, W25% = Dauer bis zur Wiederkehr von moderaten Freistellungen, W50% = Dauer bis zur Wiederkehr von starken Freistellungen, Wges = Dauer bis zur Wiederkehr von Freistellungen).

Lässt man die Zirbe außer Acht, weil die drei Zirben statistisch zu gering vertreten sind, so zeigt sich, dass die Frequenz mit der ein Freistellungsereignis wiederkehrt im Mittel bei der Lärche mit 20,1 Jahren signifikant niedriger ist, als bei der Fichte mit 32,4 Jahre.

ANOVA						
Freistellung/Baumart		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Wges	Zwischen den Gruppen	3625	1	3625	6,76	,011*
	Innerhalb der Gruppen	52009	97	536		
	Gesamt	55635	98			

Tab. 33: Unterschiede in der Wiederkehr von Freistellungsereignissen (moderate und starke) der beiden Hauptbaumarten Fichte und Lärche (Wges = Dauer bis zur Wiederkehr von Freistellungen).

Die Andauer eines Freistellungsereignisses unterscheidet sich nicht wesentlich in den einzelnen Strukturtypen voneinander und beträgt für moderate Freistellungen rund 4 Jahre, für starke Freistellungen rund 10-11 Jahre und für moderate und starke Freistellungen zusammen zwischen 6 und 8 Jahren.

Strukturtypen	D25%	D50%	Dges	W25%	W50%	Wges
1	3,7	10,9	7,6	26,3	22,5	19,6
2	3,6	10,1	6,2	31,1	36,1	36,4
3	4,0	10,6	6,4	31,0	35,4	22,9

Tab. 34: Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen in den drei Strukturtypen (D25% = Dauer von moderaten Freistellungen, D50% = Dauer von starken Freistellungen, Dges = Dauer einer Freistellung (moderate und starke), W25% = Dauer bis zur Wiederkehr von moderaten Freistellungen, W50% = Dauer bis zur Wiederkehr von starken Freistellungen, Wges = Dauer bis zur Wiederkehr von Freistellungen).

Ein signifikanter Unterschied besteht in der Wiederkehr von moderaten und starken Freistellungsereignissen zwischen Strukturtyp 2 und Strukturtypen 1.

In Strukturtyp 2 dauerte es im Durchschnitt annähernd doppelt so lange wie in Strukturtyp 1 bis sich ein Freistellungsereignis an einem Baum wiederholt hat.

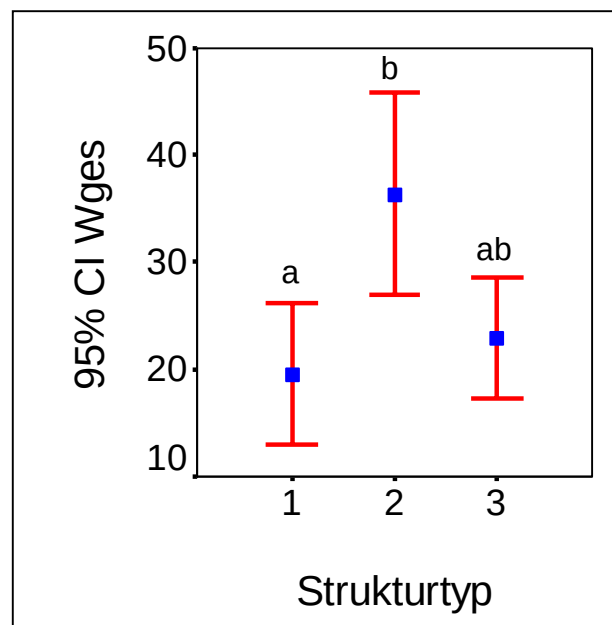


Abb. 73: Wiederkehrdauer von Freistellungsereignissen in den Strukturtypen 1, 2 und 3 (a und b sind homogene Untergruppen, die sich signifikant voneinander unterscheiden).

5. DISKUSSION

5.1. Aufnahmemethode

Bei den Geländeaufnahmen wurden die Probepunkte mit GPS-Messung und anhand von Orthofotos aufgesucht. Dabei sind folgende Probleme in der Umsetzung aufgetreten:

Trotz gutem Empfang des GPS-Signals am Nordhang, konnte das GPS nur zur groben Lagebestimmung im Gelände herangezogen werden, da es mit einer durchschnittlichen Genauigkeit von ± 15 m nicht sehr gut die vorgegebenen Rasterpunkte getroffen hat.

Gerade die Auswahl der Probebäume mit Hilfe der Winkelzählprobe nach Bitterlich (1949) verlangt eine genaue Positionierung am vorgegebenen Rasterpunkt, um die Auswertungen nicht zu verzerren.

Am Beispiel des Probepunktes 12 (Abb. 74) soll das Problem der Lagebestimmung erklärt werden.

Der gelbe Kreis markiert den Bereich der Lagefehler aus der GPS-Messung (± 15 m). Ob der Probepunkt in der Mitte der Lücke (grüner Punkt), oder im dichteren Bereich (roter Punkt) zum Liegen kommt, hat in diesem Fall einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Bestandesdichtemaße. Die Lage in der Lücke würde dazu führen, dass vielleicht kein Probebaum durch die Winkelzählprobe erfasst worden wäre und das Ergebnis, in diesem Fall extrem stark verfälscht wird. Die Lage des Probepunktes im dichteren Bereich (roter Punkt) würde z.B. eine doppelt so hohe Stammzahl ergeben wie die der geplanten Lage (gelber Punkt).

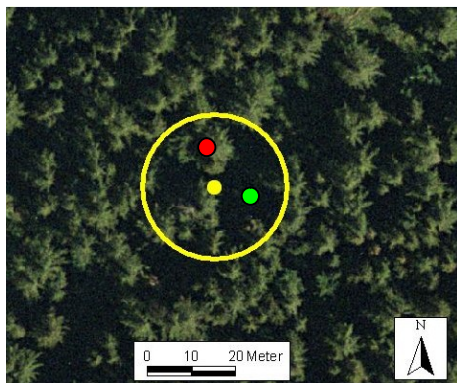


Abb. 74: Lagefehler der GPS-Messung.

Um eine Verbesserung der Lagegenauigkeit des Probepunktes zu erreichen, musste im Gelände nach Objekten (Fels, markante Baumindividuen, usw.), die im Orthofoto ebenfalls deutlich erkennbar waren, gesucht werden. Anhand dieser Objekte konnte die Probepunkte mit dem Kompass sehr gut mit einer Lagegenauigkeit von $\pm 3-5$ m eingerichtet werden. Eine weitere Fehlerquelle bei der Probepunktauswahl im Gelände besteht darin, dass man sich evtl. unbewusst dort hinstellt, wo man z.B. Bäume mit kleinerem BHD in der Winkelzählprobe erfassen kann.

Unter Berücksichtigung dieser Fehlerquellen, stellt die Winkelzählprobe nach Bitterlich (1949) eine gute Auswahlmethode für Probebäume in steilem Gelände dar und benötigt auch gegenüber einem fixen Probekreis einen geringeren Arbeitsaufwand, um die Strukturparameter im Gelände zu erfassen.

5.2. Standort

Die großteils nach Nord-Nordwesten ausgerichtete und durchschnittlich 58% geneigte Untersuchungsfläche in der Zinödlalm, wird von der Sonne nur in der warmen Jahreszeit (Mai bis September) über den ganzen Tagesverlauf direkt beschienen. Dabei erreicht die Morgensonne das westliche Untersuchungsgebiet und die Mittagssonne streicht mit ihren Lichtstrahlen durch den lockeren Bestand und erreicht nur im flachen Winkel den Boden. Die stärkste Einstrahlung erfährt das Gebiet, wenn die Sonne am Nachmittag noch hoch im Westen über dem Ennstal steht.

Lugauer 2217 m



Abb. 75: Blick von Nordwesten ins Untersuchungsgebiet. Aufnahmedatum 26.10.2006 (14h). Der größte Teil der Untersuchungsfläche liegt im Schatten. Im Hintergrund der Lugauer (2217 m).

Diese Geländebedingungen in einer Seehöhe von 1300-1700 m und das teilweise Vorhandensein von reliktschen Braunlehmen ergeben vorwiegend frische bis sehr frische Böden, die zu 65% flachgründig (15-30 cm) ausgebildet sind und sich in den verschiedenen Höhenlagen nicht wesentlich unterscheiden.

Die charakteristischen Bodentypen für die subalpinen Höhenlagen in den östlichen Kalkalpen, wie sie in Kilian et al. (1994) beschrieben werden, konnten auch in der Untersuchungsfläche mit Rendzina, Kalkbraun-Rendzina und Kalkbraunlehm vorgefunden werden. Durch das ausgeprägte Kleinrelief, das großteils konvex-konkav ausgebildet ist und immer wieder durch 1-15 m hohe Felsstufen unterbrochen wird, wechseln sich die Bodentypen innerhalb kürzerer Abstände mosaikartig ab. 83% der Bodenprofile tragen als häufigste Humusform den Moder.

5.3. Anthropogene und schalenwildbiologischer Beeinflussung

Eine forstwirtschaftliche Nutzung kam, wegen der schwierigen bis unmöglichen Holzbringung in diesem Gebiet, nicht in Frage. Die von Hasitschka (2005) in anderen Regionen des Nationalparks beschriebene Kohlholznutzung oder Verkohlung, konnte in der Untersuchungsfläche nicht nachgewiesen werden.

Die anthropogene Beeinflussung auf der Untersuchungsfläche geht hauptsächlich auf die von 1602-1965 betriebene Almbewirtschaftung zurück. Die Aussage des Altbauern Josef Wolf, vulgo. Wolfbauer, dass jährlich kleinere Mengen Brenn- und Bauholz aus der näheren Umgebung der Almgebäude und Zaunholz am Bestandesrand entnommen wurden, bestätigt sich durch alte Stöcke in Almnähe.



Abb. 76: Zinödlalm mit verfallenen Almgebäuden.

In regelmäßigen Abständen wurden die Grünerlenbüsche und die Latschen geschwendet, um die Waldweide offen zu halten. Ob auch die Fichten im höher gelegenen Bereich (südöstlich der Almgebäude) im 17.-19. Jahrhundert geschwendet wurden, um das Wachstum der Weidegräser zu begünstigen, konnte nicht herausgefunden werden. Die Belastung durch das Weidevieh könnte, wie auch bei Ott et al. (1997) beschrieben wird, für die Lärchen in den höheren Lagen der Untersuchungsfläche ein Vorteil gewesen sein, da durch den Tritt der Rinder der Mineralboden freigelegt und die Keimung der Lärchensamen positiv beeinflusst wurde. Die Beweidung war auch ein Mitgrund für das Erscheinen von manchen Arten der Hochstaudenfluren, die die Verjüngung der Fichte am Boden erschweren.

Durch die Auflassung der Waldweide 1965 werden die lärchendominierten Bestände durch die natürliche Sukzession in ihrer Baumartenzusammensetzung zu Gunsten der Fichten und Zirben in einem langsamen Prozess verändert. Ähnliche Abläufe werden auch bei Holzinger (1987) beschrieben.

Unter den Schäden an der Verjüngung war Verbiss durch Schalenwild am auffälligsten. Vor allem wurden die Fichten in der Höhenklasse 21-150 cm durch Verbiss der Terminal- und Seitentriebe geschädigt. Diese Schädigung wird jedoch von den Fichten durch Ersatzleittriebe kompensiert. Durch langjährigen Verbiss haben sich auch "Kollerbüsche" entwickelt, die solange klein gehalten werden bis der Terminaltrieb aufgrund der buschigen Beastung vom Schalenwild nicht mehr erreicht werden kann und der Baum nun ungehindert in die Höhe strebt. Mäusefraß wurde vermehrt an der Lärche gefunden.

Die Beeinflussung durch das Schalenwild kann nach Leibundgut (1993) auf den Menschen zurückgeführt werden. Durch die Ausrottung der großen Raubwildarten

wie z.B. Wolf oder Luchs und die intensive Hege des Schalenwildes, wurde eine künstliche Situation geschaffen, in der die Verjüngung der subalpinen Nadelwälder mit ihrer langen Verjüngungszeit besonders erschwert wird. Neben der Konkurrenz mit Arten in der Krautschicht, dem Wärmemangel, der kurzen Vegetationszeit und hohen Schneeeauflagen, kommen potentiell noch Verbiss-, Fegen- und Schäldruck als begrenzende Faktoren für die Verjüngung zu tragen.

Aus der Verteilung der ökologischen Waldtypen und der Losungen im Verjüngungstreifen kann man auf gute Habitateigenschaften für Schalenwild schließen. In dem abgelegenen, nur selten von Wanderern frequentierten Gebiet kann sich das Gams- und Rotwild in großteils übersichtlichen Baumholzbeständen, mit reichlicher Bodenvegetation ungestört aufhalten. Nach Auskunft des Revierjägers wechselt das Rotwild mit dem Beginn der Almzeit auf der Sulzkaralm ins Untersuchungsgebiet, nützt es als Sommereinstand und wechselt im Spätsommer wieder in die tiefer gelegene Sulzkaralm zurück.

5.4. Bestandesstruktur

Bestandesdichte

Besonders auffallend ist die große Variabilität in den Ergebnissen der einzelnen Strukturparameter, die an den Probepunkten festgestellt wurden.

Die mittlere Kreisflächendichte für die gesamte Untersuchungsfläche liegt bei 30,8 m²/ha. Auffallend ist, dass dieser Wert in unmittelbarer Nähe zu den verfallenen Almgebäuden (Abb. 26) und von diesen nach Osten und Süden hin deutlich unterschritten wird. Eine Erklärung für dieses Muster ist einerseits der höhere Lärchenanteil mit kleineren Durchmessern und lockerer Bestockung, andererseits könnte die Almbewirtschaftung einen maßgeblichen Einfluss auf diesen Bereich ausgeübt haben, indem durch Holznutzung in Almnähe und Waldweide bzw. Durchtrieb auf die nach Osten ("Bruder Lenzen") und Süden ("Antoniboden") gelegenen Weideflächen die Bestandesdichte reduziert wurden.

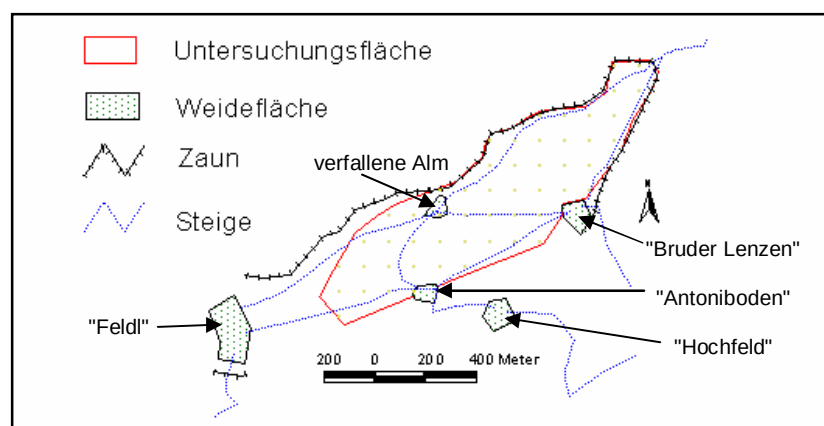


Abb. 77: Untersuchungsfläche mit Steigen und ehemaligen Weideflächen und Zäunungen.

Die höchsten Kreisflächedichten bis 64 m²/ha wurden in dichten Fichtenbeständen mit starkem BHD gemessen.

Die mittlere Stammzahl beträgt 278 Bäume/ha und variiert sehr stark in der Untersuchungsfläche (Abb. 27). Vergleichbare Stammzahlen auf ähnlichen Standorten finden sich bei Leibundgut (1993) im urwaldähnlichen Fichtenwald Bödmernwald/Schweiz und bei Kleine (1983) im Zirben-Lärchenwald am Warschenek/Totes Gebirge.

Die Fichte mit 49% und die Lärche mit 41% stellen auf der Untersuchungsfläche die Hauptbaumarten. Die Zirben mit 5% kommen in den höheren Lagen vereinzelt zwischen die Lärchen vor, aber auch in den dichten, von der Fichte dominierten tiefer gelegenen Bereich (bis 1500 m Seehöhe hinab) wurden einzelne Zirben angetroffen. Bergahorn (5%) tritt vermehrt im tiefsten Teil (unterhalb von 1450 m Seehöhe) der Untersuchungsfläche auf, wo die Temperaturbedingungen weniger rau sind. Dieser Bereich wird nach Kilian et al. (1994) zur hochmontanen Höhenstufe gezählt, in der nach Korpel' (1995) der Bergahorn durch häufige Fruktifikation und gutem Samentransport gegenüber der Buche die Fähigkeit besitzt, Flächen mit größeren Störungen rasch zu besiedeln und als elastisches, stabilisierendes Element aufzutreten.

Als Dichtemaß oder Grad der Bestockung zeigt der Stand-Density-Index mit 528 (Abb. 28) für die Untersuchungsfläche im Vergleich mit den Werten für vollbestockte Fichtenreinbestände nach Sterba (2001) relativ niedrige Werte an.

Unter der Annahme, dass sich die einzelnen Kronen gegenseitig nicht behindern, wurde eine mittlere Überschildung (Abb. 30) von 64% errechnet. Tatsächlich ist dieser Wert niedriger anzusetzen, da die Bäume öfters in Gruppen und Rotten zusammenstehen und die Kronen sich berühren bzw. überlappen. Der subjektive Eindruck eines räumigen und lockeren Bestandesaufbau, wurde durch die schmale und lange Kronenform der Fichte verstärkt. Das offene Kronendach bewirkt einerseits eine Begünstigung der Verjüngung durch mehr Licht am Boden, andererseits werden dadurch auch die verjüngungshemmenden Hochstaudenfluren in ihrem Wachstum begünstigt.

Der gesamte Holzvorrat (Abb. 31) setzt sich aus dem Holzvorrat lebender Bäume (282 Vfm/ha) und dem Totholzvolumen (72 Vfm/ha) zusammen. Ähnliche Werte für den Holzvorrat lebender Bäume finden sich auch bei Leibundgut (1993), Holzinger (1987) und Wallmann (1982). Der von Thum (1978) auf der Zinödlalm festgestellte Holzvorrat lebender Bäume von 624 Vfm/ha, konnte an zwei Probepunkten bestätigt werden, an einem Probepunkt lag dieser Wert sogar mit 806 Vfm/ha deutlich darüber.

Das Totholzvolumen machte rund 20% vom Gesamtvorrat aus, im Verhältnis zum Holzvorrat lebender Bäume steigt der Totholzanteil sogar auf rund 25%. Dieser Anteil erreicht nicht ganz den Wert von etwa 33% für Naturwälder in subalpiner Höhenstufe wie sie in Ott et al. (1997) beschrieben werden. Der Anteil des liegenden Totholzvolumens mit 75% vom gesamten Totholzvolumen ist jedoch nach Ott et al. (1997) ein typischer Wert für den Naturwald im Gebirgswald.

Als Strukturelement erfüllt Totholz verschiedene Funktionen im Waldökosystem. Es ist Lebensraum für verschiedene Vertebraten, Invertebraten, Pflanzen und Pilze.

Ein Beispiel für die Abhängigkeit zwischen Totholzanteil und Vertebratenvorkommen soll am Beispiel des Dreizehenspechtes (*Picoides tridactylus*) dargestellt werden. Bütler und Schlaepfer (2004) beschreiben das Vorkommen des Dreizehenspechtes als Indikator für hohen Totholzanteil in subalpinen Fichtenwäldern. Demzufolge nimmt die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen des Dreizehenspechtes unter einem Schwellenwert von 20 Vfm/ha an stehendem Totholzvolumen rapide ab und sinkt bei 10 Vfm/ha auf unter 50%. Aus diesen Werten kann man für die Untersuchungsfläche, bei einem mittleren stehenden Totholzvolumen von 17,5 Vfm/ha, auf gute Habitateigenschaften für den Dreizehenspechte schließen. Während der Aufnahmen konnten keine Dreizehenspechte beobachtet werden, jedoch waren an einigen Bäumen Spechtlöcher vorhanden.

Der hohe Anteil an liegendem Totholz ist nach Ott et al. (1997), Leibundgut (1993) und Ott und Mayer (1991) eine wichtige Voraussetzung für die Verjüngungsökologie der subalpinen Fichte. Dabei sind die Dimension und der Abbaugrad (Log 3-4 nach Maser et al. 1979) der Baumkadaver von entscheidender Bedeutung. Rund 29% (15 Vfm/ha) des liegenden Totholzvolumens wurden von Baumkadavern (Log 3-4 nach Maser et al. 1979) mit Mitteldurchmesser ≥ 30 cm und einer Länge ≥ 3 m gebildet und steht der Verjüngung als potentielle ansamungsgünstige Kleinstandorte zur Verfügung.



Abb. 78: Totholz mit unterschiedlichen Abbaugrad (links Log 1 und rechts Log 3).



Abb. 79: Totholz als verjüngungsfreundlicher Kleinstandort.

Verteilung

Die BHD-Verteilung (Abb. 32) und die Baumhöhenverteilung (Abb. 33) geben einen Überblick über die Anzahl der Bäume je Baumart in den verschiedenen BHD-Klassen und die Kontinuität von Verjüngung auf der Untersuchungsfläche. Der Bergahorn war nur in geringer Anzahl in den unteren BHD-Klassen (10-30 cm) und mit einer maximalen Baumhöhe von 11,1 m vorhanden. Größere Exemplare des Bergahorns, die nicht in die Aufnahme fielen, fanden sich im tiefsten Bereich der Untersuchungsfläche (Nordosten).

Die Fichten und die Lärchen zeigen ähnliche BHD-Verteilungen. Bei den Fichten fielen gegenüber den Lärchen weniger Bäume in die erste BHD-Klasse (10-20 cm). Dies deutet auf eine etwas diskontinuierliche Verjüngung der Fichten hin. Bei den Fichten waren die Durchmesserklassen 51-60 cm und 61-70 cm stärker besetzt als bei den Lärchen und kann durch das höhere mittlere Alter der Fichten erklärt werden. Die geringen Stammzahlen der Zirben sind einerseits auf den Tannenhäher zurückzuführen, der die Zirbensamen zufällig in der Untersuchungsfläche verteilt und andererseits auf die Waldweide, bei der die Lärchen zu Ungunsten der Zirben profitieren konnte.

Der Anteil des stehenden Totholzes wurde im mittleren und unteren Durchmesserbereich hauptsächlich durch Dürrlinge gebildet. Nur wenige, stark abgestorbene Bäume machten den stehenden Totholzanteil der Fichte und Lärche in den oberen BHD-Klassen aus.

Die maximalen Baumhöhen wurden bei der Fichte mit beachtlichen 38,3 m und bei der Lärche mit 34,1 m gemessen. Die Lärche wird von der Fichte ab einem BHD von rund 35 cm im Höhenwachstum überholt (Abb. 34) und wird von der Fichte verdrängt, wenn sie nicht einen Vorsprung im Höhenwachstum aufweist. Die Zirbe mit einer maximalen Baumhöhe von 19,1 m bleibt deutlich hinter der Fichte und der Lärche zurück. Die mittlere Oberhöhe über alle Baumarten beträgt 24,1 m und wird oberhalb von 1550 m Seehöhe allmählich geringer (11-15 m). Die maximale Oberhöhe wurde auf rund 1500 m Seehöhe im fichtenreichen Bestand mit 33,1 m gemessen. Ähnliche Werte finden sich auch bei Steindl (1982) und Leibundgut (1993) und weisen auf recht gute Wuchsbedingungen aufgrund des Braunlehmannteils in den Böden hin. Der Rückgang der Oberhöhe mit steigender Seehöhe ist vor allem durch die Annäherung an die obere Waldgrenze zu erklären. In 44% der Probeflächen wurde ein einschichtiger Bestandesaufbau festgestellt. Mehrschichtiger Aufbau wurde entweder durch eine Mittel- und Oberschicht (52%) oder durch eine Unter- und Oberschicht (4%) ausgebildet. Der Trend zum einschichtigen Bestandesaufbau von subalpinen Nadelwäldern kann mit einem schnelleren Höhenwachstum der Bäume in der Mittelschicht erklärt werden, wie es auch bei Leibundgut (1993) beschrieben wird.

Die Stabilität der Bäume gegenüber Schnee- und Windbruch sowie Windwurf, kann durch den Schlankheitsgrad angegeben werden. Nach dem Stabilitätsindex nach Mayer (1984) würden die Fichten auf der Untersuchungsfläche ab einem BHD ≥ 20

cm als stabil gegen Schneebruch gelten. Lärchen zeigen jedoch viele Wipfelbrüche, die auf Schneebruch hinweisen.

Die subalpine Fichte weist auf der Untersuchfläche neben der schmalen Kronenform mit einem mittleren Kronendurchmesser von 6,5 m, auch ein hohes mittleres Kronenprozent von 83% auf. Der Plumpheitsgrad beträgt bei der Fichte 0,28 und ist damit etwas höher als der von Sterba (2001) angegebene, typische Wert von 0,20 für spitzkronige Fichten. Die beiden Kronenmerkmale Kronendurchmesser und Plumpheitsgrad gewährleisten der Fichte zwei wichtige Vorteile: Erstens werden hohe Schneelasten verhindert und zweitens kann durch die vergrößerte assimilierende Kronenoberfläche die Fichte ihren Standraum besser ausnützen.

Die Lärche als Lichtbaumart weist ein niedrigeres Kronenprozent von 55% auf und nimmt in den oberen BHD-Klassen leicht ab. Der Plumpheitsgrad ist bei Lärche (0,81) und Zirbe (1,15) deutlich höher als bei der Fichte.

Die meisten Fichten und Lärchen wurden als vitale, herrschende Bäume eingestuft. Bei der Zirbe wechselt die soziale Stellung zwischen herrschend, mitherrschend und beherrscht von Baum zu Baum aufgrund der Schattentoleranz ab.

An Schäden und Verletzungen fielen besonders die Wipfelbrüche bei den Lärchen auf, die die Lärchen nur in wenigen Fällen zum Absterben brachten, und die mächtigen Kandelaber, die sich meist in halber Baumhöhe ausgebildet haben. Die häufigsten Zwieselbildungen waren bei der Zirbe zu finden. Blitzschläge und Frostrisse sind auf der Untersuchungsfläche seltene Ereignisse. Eine wichtigere Rolle spielt der Steinschlag, der an 6-9% jeder Hauptbaumart erkennbar war. Hingegen wurde kein Borkenkäferbefall festgestellt.

Zur Aufnahmezeit im Spätsommer wurde an vielen Fichten der Fichtennadelrost (*Chrysomyxa rhododendri*) beobachtet, der nach Butin (1996) die Bäume bei starkem Befall schwächen und bei Verjüngung sogar zum Absterben bringen kann.

Verjüngung

Die Anzahl der Keimlinge nimmt mit der Höhe oberhalb von 1400 m abrupt ab. Dies könnte durch schlechtere Klimaverhältnisse und höheren Schneeeauflagen erklärt werden. Da die Aufnahmen im September und Oktober erfolgten, könnten die Keimlingszahlen (Abb. 47) jenen Anteil der Keimlinge aufzeigen, der gute Überlebenschancen hat. Die Lärchenkeimlinge wurden rund doppelt so oft wie Fichtenkeimlinge in den Verjüngungstreifen angetroffen. Dabei spielte das Moderholz bei Fichte und Lärche eine wichtige Rolle.

Die Verjüngung ab einem Jahr zeigt im Unterschied zu den Keimlingen ein anderes Bild. Hier dominiert die Fichte mit einem Anteil von 64% und die Hauptverbreitung findet zwischen 1400-1500 m Seehöhe statt. Die Lärcheverjüngung wurde in allen Höhenlagen gleich häufig vorgefunden. An manchen Orten tritt die Verjüngung sehr zahlreich auf, während sie auf großen Flächen nur spärlich vorkommt. Die langen

Verjüngungszeiträume der subalpinen Nadelwälder, die von Ott et al. (1997) beschrieben werden, konnten auch auf der Untersuchungsfläche festgestellt werden. So dauert es bei der Fichte und Lärche ca. 15-25 Jahren bis die Wuchshöhe von einem Meter erreicht wird.

Baumarten- und Strukturdiversität

Die Vorstellung, dass sich in naturnahen Wäldern und Urwäldern eine hohe Baumarten- und Strukturdiversität einstellt, trifft auf subalpine Nadelwälder nach Leibundgut (1993) nicht unbedingt zu, da sich meist nur wenige Baumarten in mehr oder weniger einschichtigen Beständen in dieser Höhenlage etablieren können. Der Shannon-Index und das Artenprofil zeigen auf der Untersuchungsfläche ähnliche Verteilungen. Die dunkelblauen Bereiche in Abbildung 54 werden durch einschichtige Bestände mit einer Baumart gebildet und befinden sich südöstlich und westlich der ehemaligen Almgebäude. Die restliche Fläche ist mehr oder weniger stark mit weiteren Baumarten durchmischt.

5.5. Strukturtypen

Wenn man ein Waldgebiet betritt, werden die ersten Eindrücke von den Dimensionen der Bäume und der Durchmischung der Baumarten geprägt.

Um diese subjektiven Eindrücke, die von jedem Waldbesucher anders empfunden und interpretiert werden, auf eine objektive nachvollziehbare Ebene zu stellen, wurden in dieser Arbeit statistische Methoden verwendet, um markante Strukturunterschiede im Bestandesaufbau der Untersuchungsfläche aufzudecken und zu charakterisieren.

Der BHD eines Baumes steht mit vielen Strukturmaßen (z.B. Stammzahl, Baumhöhe, Volumen oder Baumalter) in engem Zusammenhang und ist für die Berechnung von Strukturtypen ein sehr geeigneter Eingangsparameter.

Die Aufdeckung von Strukturtypen erfolgte über die Anzahl der lebenden und toten, stehenden Bäume jeder Baumart in den unterschiedlichen BHD-Klassen. Die Clusteranalyse mit anschließender Diskriminanzanalyse brachte eine deutliche Trennung in drei Cluster (Strukturtypen), die vor allem auf die Höhe der Stammzahl in den unteren bis mittleren BHD-Klassen von Fichte und Lärche zurückzuführen war.

Der Standort besitzt auf der Untersuchungsfläche zwar auf begrenzter Fläche sehr unterschiedliche Ausprägungen, kommt aber als treibender Faktor für die einzelnen Strukturtypen mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit nicht in Frage.

Spies (1998) beschreibt die Waldstruktur als Produkt und Treiber für Ökosystem-Prozesse. Dies trifft auf die Untersuchungsfläche im hohen Maße zu, indem signifikante Unterschiede zwischen den Strukturtypen hauptsächlich durch die Strukturmaße wie z.B. Baumartenanteile, Stammzahlen, Kreisflächenmitteldurchmesser, Oberhöhe, Holzvorrat lebender Bäume oder liegendes Totholzvolumen vorgefunden wurden.

Der Strukturtyp 1 wurde als "Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand" charakterisiert, da die Baumartenzusammensetzung Lärche (66%), Fichte (23%), Zirbe (8%) und Bergahorn (3%) darauf hinweisen. Oberhalb von 1500 m Seehöhe entspricht dieser Strukturtyp nach Kilian et al. (1993) dem typisch zirbenarmen Lärchen-Zirbenwald. Vergleichbare Baumartenzusammensetzungen in diesem Waldtyp finden sich auch bei Holzinger (1987) und Kleine (1983). Die drei Probeflächen (15%) des Strukturtyps 1, die unterhalb von 1500 m Seehöhe liegen, sind im Übergangsbereich zum nördlichen Steilabbruch zu finden, wo sich die Lärchen aufgrund ihres Herzwurzelsystems gegenüber der Fichte besser behaupten können.

Auffallend im Strukturtyp1 ist die nach Bachofen (1999) typisch plenterartige BHD-Verteilung (Abb. 59), in der zu Beginn hohe Stammzahlen in der niedrigsten BHD-Klasse zu finden sind und durch Mortalität die Anzahl der Bäume in den weiteren BHD-Klassen exponential abnimmt.

Signifikante Unterschiede zu den Strukturtypen 2 und 3 bestehen im niedrigen Kreisflächenmitteldurchmesser, der geringen Oberhöhe und dem niedrigen, liegenden Totholzvolumen. Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht im niedrigen Bestandesalter von durchschnittlich 132 Jahren.

Diese Unterschiede können auf den hohen Flächenanteil dieses Strukturtyps in höheren Lagen der Untersuchungsfläche erklärt werden, indem aufgrund klimatischer Bedingungen schlechtere Wachstumsleistungen auftreten und nur die Lärchen und Zirben noch gute Wachstumsbedingungen vorfinden, die Fichten aber an ihre natürlichen Grenzen (obere Waldgrenze) stößt und nur mehr vereinzelt vorkommt.

Ein weiterer Grund für die Waldstruktur in diesem Strukturtyp ist die ehemalige Almbewirtschaftung. Es zeigt sich bei der Verteilung der Fläche des Strukturtyps 1 (Abb. 63), dass ein großer Teil im Bereich der ehemaligen Almgebäude bzw. nach Osten und Süden zu den Weideflächen hin führenden Bereichen liegt. Diese Bereiche wurden geschwendet, um die Waldweide offen zu halten. Rund 80% der Fläche von Strukturtyp 1 sind durch die ehemalige Almbewirtschaftung mehr oder weniger stark beeinflusst worden.



Abb. 80: Strukturtyp 1 der "Stammzahlreiche, lärchendominierte Bestand".

Der Strukturtyp 2 setzt sich aus 78% Fichte, 20% Lärche, 1% Zirbe und Bergahorn (1%) zusammen und kann somit als "Fichtendominierter Bestand" charakterisiert werden. In seiner Baumartenzusammensetzung entspricht er nach Kilian et al. (1994), dem typischen subalpinen Fichtenwald, der reichlich mit Lärche durchmischt ist.

Die signifikanten Unterschiede zu Strukturtyp 1 und 3 waren die hohe Kreisflächendichte, der Kreisflächenmitteldurchmesser (zwischen Struktur 1 und 2) und der hohe Stand-Density-Index. Der Holzvorrat lebender Bäume unterscheidet sich nicht signifikant von Strukturtyp 3, ist aber im Mittel mit 377 Vfm/ha am höchsten und mit jenen von Leibundgut (1993) durchaus vergleichbar. Das mittlere Bestandesalter reicht mit 180 Jahren nicht ganz an das von Strukturtyp 3 heran. Der Totholzanteil am Gesamtvorrat war in Strukturtyp 1 mit 24% und in Strukturtyp 3 mit 21 % in etwa gleich hoch, jedoch wurde im Strukturtyp 1 mit 8% rund doppelt soviel stehendes Totholzvolumen wie in Strukturtyp 3 vorgefunden.

Aufgrund der hohen Bestandesdichtemaße kann dieser Strukturtyp nach Leibundgut (1993) in seiner Entwicklung der Altersphase (Terminalphase) zugeordnet werden.

Ein anthropogener Einfluss durch die ehemalige Almbewirtschaftung kann auf 79% der Fläche des Strukturtyps 2 eher ausgeschlossen werden.



Abb. 81: Strukturtyp 2 der "Fichtendominierte Bestand".

Der Strukturtyp 3 setzt sich aus 52% Fichte, 23% Lärche und 25 % Bergahorn zusammen und kann aufgrund der signifikant niedrigen Stammzahl von durchschnittlich 151 Bäumen/ha als "Stammzahlarmer, fichtendominierter Bestand" charakterisiert werden. Der hohe Anteil des Bergahorns wird dadurch erklärt, dass er sich in den Lücken des Strukturtyps 3, vor allem in den tiefer gelegenen Probeflächen, erfolgreich ansamen kann.

Dieser Strukturtyp kann wie Strukturtyp 2, nach Kilian et al. (1993) dem typischen subalpinen Fichtenwald mit reichlicher Lärchedurchmischung zugeordnet werden.

Signifikante Unterschiede zu Strukturtyp 2 bestehen in der oben erwähnten, geringen Stammzahl/ha, dem höchsten Kreisflächenmitteldurchmesser und einem geringeren Stand-Density-Index. Die Bestände sind hier durch die Baumkronen am wenigsten überschirmt, was sich am geringen Überschirmungsprozent von 44% zeigt. Der

Holzvorrat lebender Bäume von durchschnittlich 282 Vfm/ha war deutlich geringer als bei Strukturtyp 2, zeigt aber die höchste Variation im Vorrat von 33-806 Vfm/ha. Auffallend ist auch der hohe Vorratsanteil (49%) in den obersten BHD-Klassen (BHD > 60 cm). Aufgrund des lockeren Bestandesaufbau wurde hier nur halb so viel stehendes Totholz angetroffen wie in Strukturtyp 2.

Die Bestandesentwicklung des Strukturtyps 3 kann nach Leibundgut (1993) nicht so eindeutig wie in Strukturtyp 2 zugeordnet werden. Anhand der Strukturmerkmale (Höhe und Variation) zeigt sich, dass in Strukturtyp 3 mehrere Entwicklungsphasen nebeneinander ablaufen. Im Bereich des höchsten Holzvorrates kann man von einer Optimal- bis Terminalphase ausgehen. In den Bereichen mittleren Vorrates bestimmt die Zerfallsphase das Waldbild und in den Bereichen mit niedrigsten Holzvorräten kommen Plenter- und Verjüngungsphasen vor.

Der anthropogene Einfluss durch die ehemalige Almbewirtschaftung kann auf 38% der Fläche des Strukturtyps 3 ausgeschlossen werden.



Abb. 82: Strukturtyp 3 der "Stammzahlarme, fichtendominierte Bestand".

5.6. Bestandesdynamik

Anschließend an Spies (1998), der die Waldstruktur als Produkt und Treiber von Ökosystem-Prozessen beschreibt, kommt auf der Untersuchungsfläche Wind, in Form von mehr oder weniger starken Stürmen, als wichtigster treibender Faktor für die räumliche und zeitliche Veränderung der Waldstruktur hinzu.

Nach Ott et al. (1993) erreichen die Bäume im Gebirgswald nur selten ihr maximales physisches Alter und scheiden sehr häufig durch Windwurf oder Windbruch vorzeitig aus. Dies kann auf der Untersuchungsfläche aufgrund des hohen Anteils des liegenden Totholzvolumens von 75% am gesamten Totholzvolumen bestätigt werden.

Windwurf

Die Hauptwurfrichtung der Bäume auf der Untersuchungsfläche folgt im hohen Maße den Hauptwindrichtungen im westlich gelegenen Raum Admont. Vor allem die

starken Winterstürme aus Nordwest bis West bringen den Großteil der Bäume durch Windwurf in Richtung Nordost bis Südost zum Liegen. Die Erklärung, dass nur im Strukturtyp 3 ein relativ hoher Anteil von 34% liegenden Totholzvolumen in Richtung Westen liegt, könnte einerseits durch die Schwerkraft erklärt werden, da beim Zusammenbrechen von Bäumen in der Zerfallsphase die Bäume bevorzugt Richtung Tal fallen. Andererseits könnten stärkere Stürme in Beständen, die sich in der Zerfallsphase befinden, chaotischere Fallrichtungen bewirken.

Lücken

Picket und White (1985) sehen in schwachen Störungen diskrete Ereignisse, die relativ häufig auftreten und Otto (1994) beschreibt eine große Wirkung von kleinen Störungen auf die Waldstruktur, die das Ökosystem vorantreiben oder auch zurückwerfen können. Dem entsprechend wurde auf der Untersuchungsfläche ein großer Anteil (73%) der Lücken mit einem Lückendurchmesser <10 m an den Probeflächen angetroffen, die durch Ausfall von Einzelbäumen oder von Baumgruppen entstanden sind. Dies wird auch bei McCarty (2001) beschrieben, der kleine Lücken als häufigste Lückenform in Wäldern mit einer ausgesprochenen Lückendynamik beschreibt.

Liu und Hytteborn (1991) fanden in einem alten borealen Fichtenwaldgebiet in Schweden heraus, dass 98% der Lücken eine Lückengröße kleiner als 200 m^2 aufweisen.

In den drei Strukturtypen wurden keine Unterschiede in der Lückenhäufigkeit festgestellt. Lücken mit einem größeren Durchmesser als 30 m wurden jedoch nur in Strukturtyp 2 und 3 festgestellt.

Das nicht nur diskrete Störungen auf der Untersuchungsfläche auftreten, sondern auch starke Störungen vorkommen können, haben Nachmessungen im Orthofoto gezeigt. Dabei wurden die drei größten Windwurfflächen in der Untersuchungsfläche mit einer Größe von rund 600 m^2 , 1100 m^2 und 2200 m^2 nachgewiesen, die wahrscheinlich durch die beiden Orkane "Vivian" 1990 und "Lothar" 1999 entstanden sind. In wieweit die orkanartigen Böen von "Kyrill", die am 18./19. Jänner 2007 die nördliche Steiermark getroffen haben, neue Windwurfflächen geschaffen haben, konnte während der Bohrkernentnahme im Sommer 2007 besichtigt werden. Dabei stellte sich heraus, dass durch "Kyrill" mehrere mittlere bis größere Lücken und Windwurfflächen entstanden sind. Diese größeren Lücken konzentrierten sich in den Strukturtypen 2 und 3 und betreffen im hohen Maße die Fichte mit ihrem Flachwurzelsystem. Dem ersten Eindruck nach wurden vorwiegend starke und hohe, herrschende und vorherrschende Fichten herausgerissen, die mit ihren langen Kronen ein großes Hindernis für die anprallenden, orkanartigen Böen aufwiesen. Im lärchendominierten Bereich des Strukturtyps 1 wurden wenige Windwürfe an Lärchen festgestellt, jedoch wurden mehrere Zirben geworfen oder gebrochen. Durch den schneearmen Winter 2006/07 und die warmen Temperaturen waren die Böden nicht gefroren, was dazu führte, dass beinahe alle geworfenen Bäume ihre Wurzelteller aufstellten, sodass in großen Bereichen der darunter liegende

Dachsteinkalk freigelegt wurde. Durch "Kyrill" ist der Anteil des liegenden Totholzvolumens vor allem in den Strukturtypen 2 und 3 um mehrere Prozent angehoben worden.



Abb. 83: Auswirkungen des Orkans "Kyrill" vom 18/19. Jänner 2007.

Um die Veränderung von Baumartenzusammensetzungen zu bestimmen, wurden Übergangswahrscheinlichkeiten für die Baumarten berechnet. Diese wurden aus den beobachteten Lückenerzeuger und Lückenfüller bestimmt.

In der gesamten Untersuchungsfläche tritt die Fichte zu 80% als Lückenerzeuger und zu 70% als Lückenschließer auf. Ein hoch signifikanter Baumartenübergang findet nur im Strukturtyp 1 statt, wo 88% der Fichten durch Lärchen ersetzt wurden. In den beiden anderen Strukturtypen wurden zwar alle lückenerzeugenden Lärchen durch die Fichte ersetzt, jedoch war der Anteil der Lärche als Lückenerzeuger zu gering, um einen signifikanten Baumartenübergang mit dem Chi-Quadrat-Anpassungstest nachzuweisen.

Eine langsame und kontinuierliche Entmischung der Lärche, in den Strukturtypen 2 und 3 kann in Zukunft nur durch die Bildung größerer Freiflächen aufgehalten werden.

Die Chancen, dass die Lärchen in den fichtendominierten Beständen weiterhin reichlich beigemischt vorkommen, werden durch seltene wiederkehrende Sturmereignisse wie "Vivien", "Lothar" oder "Kyrill" deutlich erhöht.

5.7. Dendroökologische Untersuchungen

Nach Schweingruber (1993) reagieren Bäume mit einer niedrigen Sensitivität weniger stark auf Umwelteinflüsse wie z.B. Temperatur- und Niederschlags-Schwankungen. Dies trifft in der Untersuchungsfläche auf die Fichten und die Zirben zu, worauf man für diese Baumarten auf gute Wachstumsbedingungen schließen kann. Die Lärche hingegen zeigt eine hohe Sensitivität gegenüber wechselnde Umweltbedingungen.

Baum- und Bestandesalter

Als eines der wichtigen Merkmale für einen Urwald beschreibt Korpel' (1995) die hohe Altersdifferenzierung der Bäume und in Ott et al. (1997) trifft dies besonders für Naturwälder in subalpiner Höhenlage zu.

Diese großen Altersunterschiede konnten in den Transekten ebenfalls bei den untersuchten Probestämmen festgestellt werden. Es stellt sich heraus, dass die Fichten im Mittel mit 193 Jahren hoch signifikant älter waren, als die Lärchen mit durchschnittlich 135 Jahren. Die Fichten erreichten auch das höchste maximale Alter von 424 Jahren.

Aus der Altersverteilung über dem BHD (Abb. 70) kann bei den Fichten die Fähigkeit, lange im Unterstand auszuharren, abgeleitet werden. Leibundgut (1993) hat auch darauf hingewiesen, dass die längere Unterdrückungsdauer keine Nachteile für die spätere Wuchsleistung der Bäume mit sich bringt und die Bäume mit langer Unterdrückung sogar die stärksten Durchmesser ausbilden und die höchsten Baumalter erreichen.

Jedoch zeigen die dendroökologischen Untersuchungen auch, dass die aufsummierten, mittleren Durchmesserzuwächse (Abb. 84) der neun ältesten Fichten (älter als 200 Jahre) keine Unterdrückung in der Jugend aufweisen und eine generelle Unterdrückung in der Jugend mit anschließendem raschen Wachstum, wie es in Leibundgut (1993) beschrieben wird, in der Untersuchungsfläche nicht bestätigt werden kann.

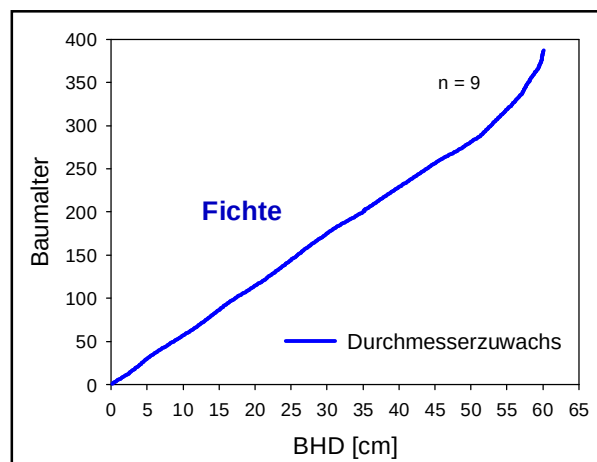


Abb. 84: Aufsummierte, mittlere Durchmesserzuwächse (ohne Rinde) der neun ältesten Fichten (>200 Jahre) in den Transekten.

5.8. Störungsgeschichte- Dendroökologische Zeitreihenanalyse

Wie schon bei den Lücken beschrieben, wurden auf der Untersuchungsfläche vorwiegend kleine Lücken angetroffen. Aufgrund der Lückengröße der hohen Differenzierung der Baumalter und dem hohen Anteil an liegenden Totholzvolumen kann in der Untersuchungsfläche auf ein diskretes Störungsregime geschlossen werden, das zu einer ausgeprägten Lückenphasendynamik führt.

Freistellungsereignisse

Nach Schweingruber (1993) lassen sich in den einzelnen Jahrringfolgen kurzfristige Ereignisse, wie z.B. ein Trockenjahr, Naturkatastrophen oder stärkerer Lichteinfall durch Absterben eines Konkurrenten nachweisen.

Die Running Mean Methode von Nowacki und Abrams (1997) ist nach Robino und McCarthy (2004) ein geeignetes Mittel, um Freistellungsereignisse zu klassifizieren. Jedoch ist die Höhe des Schwellenwertes, ab der ein Freistellungsereignis als solches bestimmt wird, von entscheidender Bedeutung. Da in der Literatur keine vergleichbaren Daten aus subalpinen Nadelwäldern zur Verfügung stehen, wurde in dieser Arbeit der von Nowacki und Abrams (1997) verwendete Schwellenwert von $GC\% \geq 25$ angewendet. Die Freistellungsereignisse wurden wie in Splachtna et al. (2005) beschrieben, in Dekaden zusammengefasst und in Abbildung 72 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass es Perioden unterschiedlich hoher Freistellungsereignisse gegeben hat. Lässt man den Zeitraum von 1710-1780 mit nur wenigen Probestämmen außer Acht, dann fallen insbesondere die Jahre 1780-1800 durch das Fehlen von Freistellungsereignissen auf. Ein weiteres auffallendes Merkmal ist die allgemeine Zunahme des Anteils von Bäumen mit Freistellungsereignissen mit dem Höhepunkt in den Jahren 1960-1970, wo 40% der Bäume ein Freistellungsereignis in den Jahrringfolgen anzeigten. Ruhigere Perioden mit nur wenigen Störungen waren 1930-1940 und 1950-1960. Im Allgemeinen unterscheidet sich die Anzahl der moderaten Freistellungsereignisse nur unwesentlich von den starken Freistellungsereignissen. Ein Baum kann im Durchschnitt 3,3mal durch ein Freistellungsereignis betroffen sein.

Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen

Die Dauer und die Wiederkehr von Freistellungsereignissen hängen sehr stark vom Schwellenwert ab. Zwischen den drei Strukturtypen wurden nur sehr geringe Unterschiede in der Dauer von Freistellungsereignissen festgestellt. Signifikante Unterschiede fanden sich, wenn man die Zirbe mit drei Bäumen außer Acht lässt, in der Wiederkehr von Freistellungsereignissen zwischen den Lärchen und den Fichten. Die Lärchen werden alle 20 Jahre von Freistellungsereignissen betroffen und die Fichten alle 34 Jahre. Dies könnte auf die höhere Sensitivität der Lärchen zurückzuführen sein, indem die Lärchen mit ihren höheren Lichtansprüchen stärker als die Fichten auf Störereignisse reagiert oder die einzelnen Bäume in Strukturtyp 2 schützen sich durch den dichteren Bestandesaufbau gegenseitig vor äußeren Beeinflussungen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Baum geworfen wird und durch Lückenbildung eine Freistellung an einem anderen Baum bewirkt, ist in Strukturtyp 2 geringer als in den beiden anderen Strukturtypen. Es zeigt sich aber auch, dass in locker bestockten Beständen, wie in Strukturtyp 1 und 3, häufiger Freistellungsereignisse auftreten.

6. Schlussfolgerung

In der Schlussfolgerung sollen die Fragestellungen dieser Arbeit aufgrund der Ergebnisse beantwortet werden.

1. Können aus Inventurdaten verschiedene Strukturtypen berechnet werden?

Mit den in dieser Arbeit angewandten statistischen Verfahren der Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse konnte aufgrund der BHD-Klassen-Verteilung eine sehr gute Trennung erreicht und drei Strukturtypen berechnet werden. Anhand der Strukturmaße wurde der Strukturtyp 1 als "Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand", der Strukturtyp 2 als "Fichtendominierter Bestand" und der Strukturtyp 3 als "Stammzahlarmer, fichtendominierter Bestand" charakterisiert.

2. Was sind die treibenden Faktoren der einzelnen Strukturtypen?

Als der treibende Faktor für die Walddynamik und wesentlichste Störungsursache auf der Untersuchungsfläche kann der Wind angesehen werden. Durch die Häufigkeit und Stärke von Sturmereignissen werden in der Untersuchungsfläche unterschiedlich große, mosaikförmig verteilte Lücken hinterlassen. Diese ausgesprochene Lückenphasendynamik ist vor allem für subalpine Nadelwälder eine wichtige Voraussetzung, um auf größerer Fläche eine Dauerwaldgesellschaft mit einem Nebeneinander von verschiedenen Entwicklungsphasen und hohen einzelnen Baumaltern aufrecht zu erhalten. Ein weiterer nicht zu unterschätzender treibender Faktor ist das Schalenwild, dass durch Verbiss, Fegung und Schälle die Qualität und die Quantität der langsam nachwachsenden Verjüngung in Gefahr bringen kann. Die Standortbedingungen scheiden einerseits durch ihre relative Homogenität auf der Fläche (für Exposition und Relief), sowie durch die regelmäßige kleinmosaikförmige Verteilung (Böden und Kleinrelief) als strukturbildender Faktor in der Untersuchungsfläche aus.

3. Wie groß ist der anthropogene Einfluss in den einzelnen Strukturtypen?

Ein direkter anthropogener Einfluss kann vor allem durch die ehemalige Almbewirtschaftung in der näheren Umgebung der verfallenen Almgebäude (Waldweide) und im Bereich der Viehtriebswege zu den höher gelegenen Weideflächen nachgewiesen werden. Die stärkste Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung wurde dabei durch Schwendungen und Waldweide auf den Strukturtyp 1, dem "Stammzahlreichen, lärchendominierten Bestand", ausgeübt. In den Strukturtyp 3, dem "Stammzahlarmen, fichtendominierten Bestand", fielen starke anthropogene Beeinflussungen durch die Almrodungen und schwächere Einflüsse durch die Waldweide. Den größten anthropogen unbeeinflussten Flächenanteil weist Strukturtyp 2, der "Fichtendominierte Bestand", auf. Zusammenfassend kann angenommen werden, dass rund 31% (16 ha) der Untersuchungsfläche durch die

Almbewirtschaftung stark beeinflusst wurden. Auf 23% (12 ha) der Fläche fand eine schwächere anthropogene Beeinflussung durch z.B. Freihieb von Trieb- und Pirschwegen, sowie Zaunholznutzung statt. In den restlichen 46% (24 ha) der Untersuchungsfläche war kein anthropogener Einfluss feststellbar.

Der Einfluss durch Schalenwild als hemmender Faktor in der Verjüngungsökologie wurde in Punkt 2 dargestellt.

4. Können durch die Untersuchungen der Lückendynamik sukzessionale Prozesse in den einzelnen Strukturtypen nachgewiesen werden?

Durch die Lückenphasendynamik findet in der Untersuchungsfläche ein kleinräumiger und stetiger Wandel der Baumartenzusammensetzung statt. Ein signifikanter Baumartenwechsel kann nur in Strukturtyp 1, dem "Stammzahlreichen, lärchendominierten Bestand", festgestellt werden. Hier werden ausfallende Fichten durch Lärchen ersetzt. In den beiden fichtendominierten Beständen ist der Baumartenwechsel der Lärche zur Fichte nicht nachweisbar, jedoch werden im Strukturtyp 2, dem "Fichtendominierten Bestand", die wenigen ausscheidenden alten Lärchen durch nachdrängende Fichten ersetzt. Entstehen dann durch starke Sturmereignisse größere Windwurfflächen, kann sich der Anteil der lichtbedürftigen Lärche mit ihrer weiten Samenausbreitung im Strukturtyp 2, dem "Fichtendominierten Bestand", wieder erhöhen.

5. Wodurch ist die Störungsgeschichte in der Untersuchungsfläche charakterisiert und welchen Zeitraum umfasst die Störungsrotationszeit?

Wie schon in Punkt 2 und 4 erwähnt wurde, findet auf der Untersuchungsfläche eine Lückenphasendynamik mit vorwiegend kleineren Lückenbildungen statt. Diese Lückenbildungen bewirken Freistellungen, die in den Jahrringverläufen nachweisbar sind. Die Jahrringverläufe von Strukturtypen 1, dem "Stammzahlreichen, lärchendominierten Bestand", und Strukturtyp 3, dem "Stammzahlarmen, fichtendominierten Bestand", zeigen ähnliche Wiederkehrdauer für Freistellungen von rund 20-23 Jahre. Für Strukturtyp 2, dem "Fichtendominierten Bestand", wurden 36 Jahre berechnet.

6. Kann man auf Basis der Untersuchungen eine Voraussage über die weitere natürliche Bestandesentwicklung auf der Untersuchungsfläche machen und wie kann diese Entwicklung aussehen?

Durch die Auflassung der Almbewirtschaftung im Jahr 1965 wurden die stark anthropogen beeinflussten Almbereiche wieder der natürlichen Sukzession überlassen. Aufgrund der langen Verjüngungszeiträume konnte die Tendenz zur Erhaltung der Lärchen im Strukturtyp 1, dem "Stammzahlreichen, lärchendominierten Bestand", also ein langes "Gedächtnis" in der Baumartenzusammensetzung festgestellt werden. In den beiden anderen fichtendominierten Strukturtypen findet

eine Ablösung der Lärche statt, die wie in Punkt 4 beschrieben wurde, nur durch große Störungsereignisse aufgehalten werden kann. Um natürliche Abläufe, vor allem die Verjüngungsökologie, nicht durch hohe Schalenwilddichten zu gefährden, bedarf es insbesondere in der abgelegenen Untersuchungsfläche einer geregelten und nachhaltigen Bejagung. Ein Schongebiet für das Schalenwild in diesem wertvollen und im Nationalpark seltenen Waldgebiet, würde das Gegenteil bewirken und die natürlichen Verjüngungsabläufe empfindlich stören.

7. Kann aufgrund der Entwicklungsgeschichte und der Ergebnisse dieser Untersuchung, der Begriff des Urwaldes für die Untersuchungsfläche angewandt werden?

Unter einem Urwald wird im Wesentlichen ein größeres Waldgebiet ohne jeden anthropogenen Einfluss verstanden. Wenn man dies sehr streng auslegen würde, könnten ausgewiesene Urwälder in Mitteleuropa aufgrund zurückliegender Jagdpraktiken mit starker Überhege nicht als solche bezeichnet werden.

Geht man davon aus, dass im Untersuchungsgebiet die Schalenwilddichte auf einem tragbaren Niveau gehalten wurde, kann im tiefer gelegenen nordöstlichen Teil (24 ha) der Untersuchungsfläche sehr wohl von einem Urwaldrest gesprochen werden. Die restlichen 28 ha müssen aufgrund der ehemaligen Almbewirtschaftung dem naturnahen Wald zugeordnet werden, in der sich vor allem der "Lärchendominierte Bestand" in einer frühen Sukzession befindet und sich bei zukünftiger tragbarer Schalenwilddichte wieder in Richtung eines Urwaldes entwickeln wird.

7. Verzeichnisse

7.1. Literaturverzeichnis

- AMANN, G. (1993) Bäume und Sträucher des Waldes. *Weltbild., Augsburg*. 232 S.
- AMPFERER, O. (1935) Geologischer Führer für die Gesäuseberge - mit geologischer Karte im M 1:25000, Kartenerläuterung und Beschreibung von 16 Wanderungen. *Geologische Bundesanstalt, Wien*. 177 S.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2002) Landesgesetzblatt 2002. Nr.61. Gesetz vom 12.März 2002 über den Nationalpark Gesäuse (Nationalparkgebiet Gesäuse, Stmk. NPG). *Medienfabrik Graz/Steiermärkische Landesdruckerei GmbH*. 314-315.
- ARMSTRONG, M. (1998) Basic Linear Geostatistics. *Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York*. 153 S.
- BACHOFEN, H. (1999) Gleichgewicht, Struktur und Wachstum in Plenterbeständen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 150: 157-170.
- BAUCH, E. U. (1969) Beiträge zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstw. Centralblatt*. 88: 230-250.
- BITTERLICH, W. (1949) Die Winkelzählprobe. *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 22 S.
- BUTIN, H. (1996) Krankheiten der Wald- und Parkbäume. *Thieme Verlag, Stuttgart-New York*. 261 S.
- BÜTLER, R. & SCHLAEPFER, R. (2004) Wie viel Totholz braucht der Wald? *Schweiz. Z. Forstwesen*. 155: 31-37.
- COOK, E. R. (1985) A time-series approach to tree-ring standardization. *Diss./Univ. of Arizona, Tucson*. 175 S.
- COOK, E. R. (1987) The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin*. 47: 37-59.
- DOUGLASS, A. E. (1941) Crossdating in dendrochronology. *Journal of Forestry*. 39: 825-831.
- ECKMÜLLNER, O., Katzensteiner, K., Koch, G. & Reimoser, F., (1994) Naturrauminventur Nationalpark Kalkalpen - Inventurschlüssel Pilotprojekt 1994. Eigenverlag. Wien. 34 S.
- ELLENBERG, H. (1963) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. *Ulmer Verlag, Stuttgart*. 943 S.
- ENGLISCH, M. & KILIAN, W. (1999) Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. *FBVA-Bericht.*, Nr 104: 110 S.
- FRELICH, L. E. (2002) Forest dynamics and disturbance regimes. *Cambridge Studies in Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge and New York. 266 S.

- GRATZER, G. (1998) Regeneration ecology of *Abies densa* forests in eastern central Bhutan. *Diss./Univ. f. BOKU, Wien*. 147 S.
- HANSEN, A. J., SPIES, T. A., SWANSON, F. J. & OHMANN, J. L. (1991) Conserving biodiversity in managed forests. *BioScience*. 41: 382-393.
- HASENAUER, H. (1997) Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. *Forest Ecology and Management*. 96: 197-206.
- HASITSCHKA, J. (2005) Gesäusewälder. Eine Forstgeschichte nach den Quellen von den Anfängen bis 1900. *Schriften des Nationalpark Gesäuse*. 120 S.
- HASITSCHKA, J. (2006) Die Geschichte der Wolfbauern-Hochalm. *Manuskript im Auftrag des Nationalpark Gesäuse*. 16 S.
- HOLZINGER, A. (1987) Struktur und Entwicklungsdynamik von subalpinen Karbonat-Fichten-Wäldern mit Verkarstungsgefahr im Gebiet "Eibl Alm - Prechtlesboden - Ladenwald" (Dachstein-Ostmassiv). *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 159 S.
- JANSSEN, J. & LAATZ, W. (2005) Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. *Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York*. 754 S.
- JOHANN, K. (1981) Nicht Schnee, sondern falsche Bestandesbehandlung verursacht Katastrophen. *Allgemeine Forstzeitung*. 92: 163-171
- KILIAN, W., MÜLLER, F. & STARLINGER, F. (1994) Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. *FBVA-Berichte*. Nr 82: 60 S.
- KLEINE, M. (1983) Waldbauliche Untersuchungen im Karbonat-Lärchen-Zirbenwald Warscheneck / Totes Gebirge mit Verkarstungsgefahr *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 162 S.
- KORPEL', Š. (1995) Die Urwälder der Westkarpaten. *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-New York*. 310 S.
- KRAFT, G. (1884) Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. *Hannover*. 147 S
- LEIBUNDGUT, H. (1991) Unsere Waldbäume. *Haupt Verlag, Bern*. 172 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1993) Europäische Urwälder. *Haupt Verlag, Bern*. 260 S.
- LICK, H. (1991) Das Wachstum der Zirbe bei Murau. *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 74 S.
- LIU, Q.-H. & HYTTEBORN, H. (1991) Gap structure, disturbance and regeneration in a primeval *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science*. 2: 391–402.
- MARSCHALL, J. (1975) Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. *Agrarverlag*. 199 S.
- MASER, C., ANDERSON, R. G., CROMACK, J. K., WILLIAMS, J. T. & MARTIN, R. (1979) Dead and Down Woody Material. In: Ward J. Wildlife Habitats in Managed Forests. *Washington DC : U.S. Government Printing Office*. 512 S.
- MAYER, H. (1984) Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York*. 513 S.
- MAYER, H. & OTT, E. (1991) Gebirgswaldbau - Schutzwaldpflege. *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Ney York*. 587 S.

- MAYER, H., ZUKRIGL, K., SCHREMPF, W. & SCHLAGER, G. (1987) Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich. *Inst. für Waldbau, Univ. für Bodenkultur, Wien*. 971 S.
- MCCARTHY, B. C. (2001) Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests. *Environ. Rev.* 9: 1-59.
- MÜHLBACHER, J. & NICHOLS-SCHWEIGER, H. (1989) Hundert Jahre Steiermärkische Landesforste. *Stmk. Landesdruckerei, Graz*. 106 S.
- NATIONALPARK-GESÄUßE (2007) Grundsätzliches zur Forschung im Nationalpark. <http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/forschung-allgemein.php?navid=47>
- NOWACKI, G. J. & ABRAMS, M. D. (1997) Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*. 67: 225-249.
- OLIVER, C. D. & LARSON, B. C. (1996) Forest stand dynamics. *Wiley, New York [u.a.]*. 520 S.
- OTT, E., FREHNER, M., FREY, H.-U. & LÜSCHER, P. (1997) Gebirgsnadelwälder. *Haupt Verlag, Bern*. 287 S.
- PETTY, J. & WORELL, R. (1981) Stability of coniferous tree stems in relation to damage by snow. *Forestry*. 54: 115-128.
- PICKET, S. T. & WHITE, P. S. (1985) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. *Academic Press, Orlando FL., US*. 472 p.
- POLLANSCHÜTZ, J. (1970) Auswertung von Waldinventuren. In: *100-Jahre Hochschule für Bodenkultur in Wien. Fachveranstaltung. Bd. IV/TI.1. Grundlagen der Forstwirtschaft*. 355-369
- POLLANSCHÜTZ, J. (1974) Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. *Allgemeine Forstzeitung*. 85: 355-369.
- PRETZSCH, H. (1995) Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Methodische Überlegungen am Beispiel niedersächsischer Buchen-Lärchen-Mischbestände. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*. 112: 91-117.
- PRETZSCH, H. (1996) Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *AFJZ*. 167: 213-221.
- PRETZSCH, H. (2002) Grundlagen der Waldwachstumsforschung. *Parey Buchverlag, Berlin-Wien*. 414 S.
- REINEKE, L. H. (1933) Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*. 46(7): 627-638.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1989) Lebensraum Bergwald. *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart- New York*. 144 S.
- RICHTER (2001) Skriptum zur Dendrologie für Forst- und Holzwirte. 119 S.
- ROBINO, D. L. & MCCARTHY, B. C. (2004) Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events. *Dendrochronologia*. 21/3: 97-115.
- SCHAEFER, M. (1992) Ökologie. *Gustav Fischer Verlag, Jena*. 433 S.

- SCHANNON, C. & WEAVER, W. (1949) The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois Press, Urbana*. 155 S.
- SCHAUER, T. & CASPARI, C. (1993) Der große BLV-Pflanzenführer. *BLV Verlagsgesellschaft mbH, München-Wien-Zürich*. 463 S.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1993) Jahrringe und Umwelt. *Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf*. 474 S.
- SPIES, T. A. (1998) Forest structure: A key to the ecosystem. *Northwest Science*. 72: 34-39.
- SPLECHTNA, B. E., GRATZER, G. & BLACK, B. A. (2005) Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest. A spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*. 16: 511-522.
- STEINDL, H. (1982) Bestandesaufbau und Entwicklungsdynamik im subalpinen Kalk-Fichtenwald-Reservat "Hinterer Wieswald" (FV Gosau). *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 113 S.
- STERBA, H. (1985) Das Ertragsniveau und der maximale Stand-Density-Index nach Reineke. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*. 102: 78-86.
- STERBA, H. (2001) Forstliche Biometrie I, Skriptum zur Lehrveranstaltung. *Univ. f. BOKU, Wien, Institut für Waldwachstumsforschung*. 98 S.
- THOMASIUS, H. (1988) Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme sowie deren Beeinflussbarkeit durch forstwirtschaftliche Maßnahmen. *Allgemeine Forstzeitung*. 43: 1037-1043, 1064-1068.
- THUM, J. (1978) Analyse und waldbauliche Beurteilung der Waldgesellschaften in den Ennstaler Alpen. *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 163 S.
- VALINGER, E., LUNDQVIST, L. & BONDESSON, L. (1993) Assessing the Risk of Snow and Wind Damage from Tree Physical Characteristics. *Forestry*. 66: 249-260.
- WAKONIGG, H. (1978) Witterung und Klima in der Steiermark. *Verlag für die Technischen Universität, Graz*. 473 S.
- WALLMANN, R. (1982) Waldkundliche Analyse des Urwaldrestes Wasserkar im Blühnbachtal. *Dipl.-Arb/Univ. f. BOKU, Wien*. 96 S.
- WATT, A. S. (1947). Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*. 35:1-22.
- WERSCHONIG, E. (in Arbeit) Vegetationskundliche Untersuchung dreier ausgewählter Almen im Nationalpark Gesäuse. *Dipl.-Arb./Univ.f.BOKU, Wien*.
- WILLNER, W. & GRABHERR, G. (2007) Die Wälder und Gebüsche Österreichs. *Spektrum Akad. Verl., München*. 302 S.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (2002) Klimadaten von Österreich, 1971-2000. <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/daten/klimadaten/stm/10000.htm#RANGE!Z1S1>

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der Untersuchungsfläche „Zinödlalm“ im Nationalpark Gesäuse.....	6
Abb. 2: Blick von Norden auf die Zinödlalm mit der Untersuchungsfläche und Lage der verfallenen Almgebäude.....	7
Abb. 3: Blick vom Panoramaweg (1950 m) aus Südwesten über die Zinödlalm.....	8
Abb. 4: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes.....	9
Abb. 5: Verlauf der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen der Messstation Hieflau im Zeitraum 1971-2000	11
Abb. 6: Verlauf der mittleren monatlichen Temperaturen der Messstation Hieflau im Zeitraum 1971-2000	12
Abb. 7: Abhängigkeit der durchschnittlichen Eintrittszeiten bestimmter Temperaturschwellenwerte in den Nördlichen Kalkalpen der Obersteiermark (1951-1970) .	13
Abb. 8: Abhängigkeit der Tagesanzahl über 5°C bzw. über 10°C von der Seehöhe in den Nördlichen Kalkalpen der Obersteiermark (1951-1970)	14
Abb. 9: Mittlerer Anteil der Windrichtungen in Admont und Hieflau im Zeitraum 1971-2000	15
Abb. 10: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs.....	16
Abb. 11: Vegetationskartierung der Zinödlalm mit Lage der Untersuchungsfläche...	18
Abb. 12: Untersuchungsfläche mit Lage der Probepunkte.....	28
Abb. 13: Anordnung von Probekreis und Verjüngungstreifen	29
Abb. 14: Lage der fünf Linietransekte T01-T05 in der Untersuchungsfläche.	30
Abb. 15: Ansprache von Abbauklassen von Totholz nach Maser et al. (1979).....	34
Abb. 16: Berechnung von moderaten und starken Freistellungsereignissen am Beispiel einer Lärchenjährringchronologie	50
Abb. 17: Exposition und Neigung in der Untersuchungsfläche.....	51
Abb. 18: Flächenanteile von Geländeformen im Makro- und Mesorelief.	51
Abb. 19: Flächenanteil von natürlichen Rinnen, Furchen und Gräben und Felsanteil mit einer Humusauflage<1 cm und deren Bedeckungsart.....	53
Abb. 20: Anteil der Probeflächen, aus denen man Randzonen einsehen konnte	54
Abb. 21: Die Verteilung der minimalen, mittleren und maximalen Sichtigkeit in der Untersuchungsfläche.....	55
Abb. 22: Verteilung der Wasserhaushaltsklassen und der Gründigkeitsklassen	56
Abb. 23: Anteile der vorgefundenen Bodentypen und Auflagehumustypen.....	57
Abb. 24: Verteilung ökologischer Waldtypen in den Probeflächen (R=10 m).....	59
Abb. 25: Direkt sichtbarer anthropogener Einfluss im Mesobereich (R=30m).	59

Abb. 26: Verteilung der mittleren Kreisflächendichte in der Untersuchungsfläche....	61
Abb. 27: Mittlere Stammzahlverteilung (N/ha) auf der Untersuchungsfläche.....	62
Abb. 28: Die Verteilung des Stand-Density-Index (SDI)	63
Abb. 29: Anteil der verschiedenen SDI-Klassen in der Untersuchungsfläche.....	63
Abb. 30: Überschirmungsprozente in der Untersuchungsfläche	64
Abb. 31: Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume und des Totholzvolumens ..	65
Abb. 32: BHD-Verteilung der Baumarten mit stehendem Totholz der Abbaugrade "Stage 3-7" nach Maser et al. (1979)	67
Abb. 33: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen dem BHD und dem Höhenwachstum der einzelnen Baumarten.....	68
Abb. 34: Höhenkurve der vorkommenden Baumarten	69
Abb. 35: Verteilung des Kreisflächenmittelstammes (dg) und der Oberhöhe (ho) in der Untersuchungsfläche.	70
Abb. 36: Änderung des Schlankheitsgrades von Fichte, Lärche und Zirbe, mit zunehmendem BHD.	71
Abb. 37: Kronenprozent der beiden Hauptbaumarten Fichte und Lärche.....	71
Abb. 38: Plumpheitsgrad der Hauptbaumarten Fichte, Lärche und Zirbe.	72
Abb. 39: Kronensymmetrie der Baumarten.....	72
Abb. 40: Soziale Stellung der Baumarten.	73
Abb. 41: Vitalität der Baumarten in den drei Bestandesschichten	73
Abb. 42: Anteile von Säbelwuchs und Baumkrebs innerhalb der Baumart.	74
Abb. 43: Anteil der verschiedenen Wipfelbrüche je Baumart und BHD-Klasse.	74
Abb. 44: Anteil der ein- bzw. mehrfachen Zwieselbildungen innerhalb der Baumarten.....	75
Abb. 45: Anteil verschiedener Schaftanomalien je Baumart.	75
Abb. 46: Anteil der Stärke von Steinschlagschäden je Baumart.....	76
Abb. 47: Anzahl der Keimlinge pro Hektar auf Boden und Kadaver.	77
Abb. 48: Anzahl der Keimlinge je Baumart in unterschiedlichen Höhenstufen.	77
Abb. 49: Verjüngungszahlen der Baumarten ab einem Alter von einem Jahr und der Baumartenanteil der Verjüngung.....	79
Abb. 50: Anzahl der Verjüngung in den verschiedenen Höhenstufen.....	79
Abb. 51: Die Beziehung Alter und Höhenwachstum der Verjüngung ab 1 Jahr für Fichte und Lärche.....	80
Abb. 52: Anteil verschiedener Verbissgrade innerhalb der Baumarten und Höhenklassen.....	80

Abb. 53: Anteil von Mäusefraß- und Fegeschäden innerhalb der Fichten und Lärchen	81
Abb. 54: Vergleich der Verteilung von Shannon-Index und Artenprofil	82
Abb. 55: Dendrogramm mit Ergebnis der Clusterzusammenführung.....	84
Abb. 56: Elbow-Kriterium als Bestimmungshilfe für eine sinnvolle Clusteranzahl.....	84
Abb. 57: Streudiagramm der kanonischen Diskriminanzfunktion mit Zuordnung der Gruppenmitglieder und Abstand der Clusterzentren	85
Abb. 58: Stammzahlverteilung der BHD-Klassen je Baumart in den drei Clustern ...	87
Abb. 59: Verteilung der BHD-Klassen in den drei Clustern.....	87
Abb. 60: Die drei Cluster mit den Bestandesstrukturmaßen: Kreisflächendichte, Stammzahlen, Kreisflächenmitteldurchmesser, Oberhöhe, SDI und Schirmflächenprozent.....	89
Abb. 61: Die drei Cluster mit den Bestandesstrukturmaßen Holzvorrat lebender Bäume und liegendes Totholzvolumen	90
Abb. 62: Verteilung des Holzvorrates lebender Bäume in den BHD-Klassen innerhalb der drei Cluster.	90
Abb. 63: Verteilung der drei Strukturtypen in der Untersuchungsfläche	93
Abb. 64: Verteilung der Strukturtypen und die anthropogene Beeinflussung durch die ehemalige Almbewirtschaftung.....	94
Abb. 65: Anteil der Fallrichtungen von liegendem Totholz.....	95
Abb. 66: Anteil der Fallrichtungen von liegendem Totholz in den Strukturtypen.....	95
Abb. 67: Anzahl der Lücken, Lückenalter und Lückengröße in den Strukturtypen ...	96
Abb. 68: Vergleich der Baumartenmittelkurven von Zirbe, Lärche und Fichte	100
Abb. 69: Anteile innerhalb der Baumarten in den 50-jährigen Altersklassen	102
Abb. 70: Verteilung des Baumalters über dem BHD für die Fichten und Lärchen in den fünf Transekten mit kubischer Ausgleichsfunktion.....	103
Abb. 71: Mittleres Bestandesalter der Strukturtypen.....	103
Abb. 72: Anteil der Bäume mit einem moderaten bzw. starken Freistellungsereignis im Zeitraum zwischen 1710 bis 2000	104
Abb. 73: Wiederkehrsdauer von Freistellungsereignissen in den Strukturtypen.....	106
Abb. 74: Lagefehler der GPS-Messung.	107
Abb. 75: Blick von Nordwesten ins Untersuchungsgebiet.....	108
Abb. 76: Zinödlalm mit verfallenen Almgebäuden.....	109
Abb. 77: Untersuchungsfläche mit Steigen und ehemaligen Weideflächen und Zäunungen.	110
Abb. 78: Totholz mit unterschiedlichen Abbaugrad.....	112

Abb. 79: Totholz als verjüngungsfreundlicher Kleinstandort	112
Abb. 80: Strukturtyp 1 der "Stamzahlreiche, lärchendominierte Bestand"	116
Abb. 81: Strukturtyp 2 der "Fichtendominierte Bestand"	117
Abb. 82: Strukturtyp 3 der "Stammzahlarme, Fichtendominierte Bestand"	118
Abb. 83: Auswirkungen des Orkans "Kyrill" vom 18/19. Jänner 2007	120
Abb. 84: Aufsummierte mittlere Durchmesserzuwächse der neun ältesten Fichten (>200 Jahre) in den Transekten	121

7.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Rahmenwerte des Stand-Density-Index für Fichte und Lärche.....	38
Tab. 2: Koeffizienten der beiden Hauptbaumarten Lärche und Fichte für die Berechnung der Kronenbreiten	39
Tab. 3: Koeffizienten der österreichischen Schaftholzformzahlfunktion	40
Tab. 4: Stabilitätsindex nach h/d-Werten für Fichte.....	43
Tab. 5: Anteil der Geländeausprägungen im Kleinrelief (R=10 m)	52
Tab. 6: Korngröße, des an der Oberfläche sichtbaren Lockergesteines und die Verteilung in der Untersuchungsfläche.....	52
Tab. 7: Merkmale der verschiedenen Auflagehumustypen	58
Tab. 8: Varianzanalyse zur Überprüfung der Gleichverteilung von Lösungen in den ökologischen Waldtypen	60
Tab. 9: Kreisflächendichte der Baumarten und die gesamte Kreisflächendichte.	61
Tab. 10: Stammzahlen der Baumarten und der Baumartenanteil.	62
Tab. 11: Holzvorrat auf der Untersuchungsfläche	65
Tab. 12: Korrelationsanalyse zwischen Holzvorrat lebender Bäume und Totholzvolumen	66
Tab. 13: Berechnete Koeffizienten der Ausgleichsfunktion zur Berechnung der Baumhöhen.....	69
Tab. 14: Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte der Kreisflächenmitteldurchmesser und der Oberhöhen im Bestand.....	70
Tab. 15: Varianzanalyse, um das unterschiedliche Vorkommen der Keimlinge in den beiden Höhenstufen 1300-1400 m und 1400-1700 m zu testen.....	78
Tab. 16: Statistische Auswertung der beiden Diversitätsindizes Shannon-Index und Artenprofil	82
Tab. 17: Ähnlichkeitsmatrix der BHD-Verteilungen	83
Tab. 18: Eigenwert der beiden kanonischen Diskriminanzfunktionen	85
Tab. 19: Wilks' Lambda und Chi-Quadrat-Test der beiden kanonischen Diskriminanz- funktionen.....	85
Tab. 20: Einfluss der BHD-Klassen auf die Clusterbildung	86
Tab. 21: Ergebnis der Diskriminanzanalyse zur Ermittlung von treibenden Faktoren der Clusterbildung	88
Tab. 22: Flächenanteile mit unterschiedlich starker anthropogener Beeinflussung durch die Almbewirtschaftung	94
Tab. 23: Beobachtete und aufgrund der Größe der Strukturtypen erwartete Lücken- anzahl.....	96

Tab. 24: Chi-Quadrat-Test zur Überprüfung, ob sich die beobachtete Anzahl von Lücken in den Strukturtypen, von einer erwarteten Lückenanzahl, aufgrund der Größe der Strukturtypen unterscheidet	97
Tab. 25: Kreuztabelle der Erzeuger- und Füllerbaumarten von Lücken	97
Tab. 26: Chi-Quadrat-Anpassungstest zur Überprüfung, ob sich die beobachtete Baumart des Lückenfüllers von der beobachteten Erzeugerbaumart unterscheidet.....	98
Tab. 27: Chi-Quadrat-Anpassungstest zur Überprüfung, ob sich in den drei Strukturtypen die beobachtete Baumart des Lückenfüllers von der beobachteten Erzeugerbaumart unterscheidet	98
Tab. 28: Übergangswahrscheinlichkeit für die Baumarten Lärche und Fichte in den drei Strukturtypen und auf der gesamten Untersuchungsfläche.....	99
Tab. 29: Qualitätskontrolle der Baumartenmittelkurven mit dem Programm COFECHA (DPL)	100
Tab. 30: Koeffizienten der aus der Verjüngungsaufnahme abgeleiteten logarithmischen Ausgleichsfunktion zur Bestimmung des Alters in 1 m Höhe..	101
Tab. 31: Baumalter der 124 Probebäume in den Transekten	102
Tab. 32: Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen.....	105
Tab. 33: Unterschiede in der Wiederkehr von Freistellungsereignissen	105
Tab. 34: Dauer und Wiederkehr von Freistellungsereignissen in den drei Strukturtypen	106

7.4. Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser (1,3 m)
ANOV	Varianzanalyse
Bah	Bergahorn
BMN	Österreichisches Bundesmeldenetz
D25%	Andauer einer moderaten Freistellung
D50%	Andauer einer starken Freistellung
df	Freiheitsgrad
Dges	Andauer einer Freistellung
Fi	Fichte
Gerl	Grünerle
ha	Hektar
Lä	Lärche
MS	Mittelschicht (1/3 bis 2/3 der Oberhöhe)
OS	Oberschicht (2/3 bis 3/3 der Oberschicht)
R²	Bestimmtheitsmaß
Std.abw.	Standardabweichung
US	Unterschicht (unter 1/3 der Oberschicht)
V lebend	Holzvorrat lebender Bäume
V tot	Totvolzvolumen
V tot, liegend	liegendes Totholzvolumen
V tot, stehend	stehendes Totholzvolumen (Stage 3-7 nach Maser et al. (1979))
Vb	Vogelbeere
Vfm	Vorratsfestmeter
W25%	Dauer bis zur Wiederkehr einer moderaten Freistellung
W50%	Dauer bis zur Wiederkehr einer starken Freistellung
WÖBT	Wildökologischer Bestandestyp
Wges	Dauer bis zur Wiederkehr einer Freistellung
Zi	Zirbe

8. Anhang

Anhang1: Standortparameter Teil 1

Strukturtyp	PktNr	Seehöhe [m]	Exposition	Hangneigung Makro/Meso [%]	Geländeform Makro/Meso	Kleinrelief Gräben; Furchen [1/10]	Kleinrelief Felsanteil [1/10]
1 Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand	2	1318	NNW	83/80	Hangverflachung	5	5
	14	1385	NNW	52/53	Unterhang/Mittelhang	8	2
	15	1406	NNW	57/60	Unterhang/Hangverflachung	5	2
	26	1461	N	50/45	Geländekante/Unterhang	5	4
	32	1574	NO	33	Rücken	6	3
	33	1465	NNW	55	Unterhang/Mittelhang	6	4
	34	1488	NW	55/45	Mittelhang	5	2
	36	1524	NNW	53	Mittelhang	8	2
	37	1548	NW	56/60	Mittelhang/Hangversteilung	3	2
	38	1565	NNW	55/60	Oberhang/Mittelhang	5	1
	44	1537	NNW	73/80	Mittelhang/Hangversteilung	4	4
	45	1563	NNW	55	Mittelhang/Hangverflachung	7	1
	46	1594	NW	60	Oberhang/Mittelhang	2	1
	47	1628	NW	62	Oberhang/Hangverflachung	2	1
	53	1590	NW	57/55	Hangverflachung	1	2
	54	1606	NNW	55	Mittelhang	1	3
	55	1607	N	55/73	Mittelhang/Oberhang	1	2
	57	1605	N	80/78	Hangverflachung	5	6
	58	1605	NNW	23/19	Rücken	2	4
	59	1670	N	68/70	Oberhang/Mittelhang	0	2
2 Fichtendominierter Bestand	3	1338	N	80/90	Oberhang	7	5
	8	1401	NNW	70	Oberhang/Mittelhang	6	4
	10	1362	NNW	52	Unterhang/Mittelhang	9	4
	12	1406	NNW	73/65	Unterhang/Mittelhang	1	2
	13	1446	NNW	71/70	Mittelhang/Hangverflachung	7	4
	17	1436	NNW	78/78	Mittelhang/Hangverflachung	8	5
	18	1450	NW	53/55	Mittelhang	9	4
	19	1489	NNW	58	Oberhang/Mittelhang	2	5
	21	1436	NNW	58	Unterhang/Mittelhang	4	3
	23	1466	NNW	60	Mittelhang	7	4
	24	1493	NNW	62	Mittelhang	2	1
	25	1528	NNW	55	Oberhang	4	3
	28	1496	NNW	55	Mittelhang/Hangverflachung	3	2
	29	1516	NNW	60/58	Mittelhang	3	1
	31	1556	NNW	60	Mittelhang/Oberhang	2	2
	49	1560	NNO	43/45	Unterhang	2	2
	50	1555	N	60/52	Mittelhang	0	1
	52	1550	N	50/45	Mittelhang	1	4
	56	1617	N	68/62	Mittelhang/Hangverflachung	1	3

Anhang1: Standortparameter Teil1 (Fortsetzung)

Strukturtyp	PktNr	Seehöhe [m]	Exposition	Hangneigung Makro/Meso [%]	Geländeform Makro/Meso	Kleinrelief Gräben; Furchen [1/10]	Kleinrelief Felsanteil [1/10]
3 Stammzahlreicher, fichtendominierter Bestand	7	1351	NW	85/80	Mittelhang	2	5
	11	1374	NNW	80	Graben/Hangverflachung	10	6
	16	1430	NNW	57/55	Mittelhang/Hangverflachung	5	6
	22	1448	NNW	60	Mittelhang	4	4
	27	1471	NW	57/55	Mittelhang/Terrasse	4	3
	30	1540	NNW	63/60	Mittelhang	3	1
	35	1493	NNW	44/38	Unterhang/Hangverflachung	3	6
	39	1588	NNW	60	Oberhang/Mittelhang	3	1
	41	1505	NNW	38/35	Mittelhang/Unterhang	6	6
	42	1508	N	45	Mittelhang	6	5
	43	1518	N	43/38	Mittelhang	3	2
	48	1647	NNW	60/48	Oberhang/Hangverflachung	2	4
	51	1546	N	50/45	Unterhang	2	3

Standortparameter Teil2

Strukturtyp	PktNr	Mittlere Sichtigkeit	WÖBT	Wasserhaushalt	Mittlere Gründigkeit [cm]	Humustyp	Bodentyp
1 Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand	2	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	27	Moder	Rendzina
	14	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	19	Moder	Rendzina
	15	<10 m	Baumholz	frisch	21	Moder	Kalklehm-Rendzina
	26	10-24 m	Stangenholz	sehr frisch	23	Moder	Kalklehm-Rendzina
	32	<10 m	Altholz mit Verjüngung	frisch	22	rohhumusartiger Moder	Rendzina
	33	10-24 m	Altholz mit Verjüngung	sehr frisch	13	Moder	Rendzina
	34	10-24 m	Baumholz	frisch	17	Moder	Kalklehm-Rendzina
	36	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	14	Moder	Rendzina
	37	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	15	Moder	Rendzina
	38	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	19	Moder	Rendzina
	44	25-49 m	Baumholz	frisch	12	Rohhumus	Rendzina
	45	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	27	rohhumusartiger Moder	Kalklehm-Rendzina
	46	25-49 m	Baumholz	frisch	21	Moder	Kalklehm-Rendzina
	47	25-49 m	Baumholz	frisch	18	Moder	Rendzina
	53	25-49 m	Baumholz	mäßig frisch	21	Moder	Kalklehm-Rendzina
	54	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	15	Moder	Kalklehm-Rendzina
	55	25-49 m	Baumholz	frisch	8	Moder	Kalklehm-Rendzina
	57	25-49 m	Baumholz	feucht	19	Moder	Rendzina
	58	25-49 m	Baumholz	mäßig frisch	7	Moder	Rendzina
	59	25-49 m	Baumholz	frisch	3	Moder	Rendzina

Anhang1: Standortparameter Teil2 (Fortsetzung)

Strukturtyp	PktNr	Mittlere Sichtigkeit	WÖBT	Wasserhaushalt	Mittlere Gründigkeit [cm]	Humustyp	Bodentyp
2 Fichtendominierter Bestand	3	<10 m	Baumholz	frisch	18	Moder	Rendzina
	8	10-24 m	Baumholz	frisch	20	Rohhumus	Rendzina
	10	<10 m	Baumholz	sehr frisch	31	Moder	Rendzina
	12	10-24 m	Baumholz	frisch	19	Moder	Rendzina
	13	10-24 m	Baumholz	frisch	29	Moder	Kalklehm-Rendzia
	17	10-24 m	Baumholz	Trocken	26	rohhumusartiger Moder	Rendzina
	18	10-24 m	Baumholz	frisch	20	Moder	Rendzina
	19	10-24 m	Baumholz	frisch	15	Moder	Rendzina
	21	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	19	Moder	Kalkbraunlehm
	23	10-24 m	Baumholz	frisch	13	rohhumusartiger Moder	Kalklehm-Rendzia
	24	10-24 m	Baumholz	frisch	26	Moder	Kalklehm-Rendzia
	25	10-24 m	Baumholz	frisch	21	Moder	Kalklehm-Rendzia
	28	10-24 m	Baumholz	frisch	20	rohhumusartiger Moder	Kalklehm-Rendzia
	29	10-24 m	Baumholz Rotte	sehr frisch	35	rohhumusartiger Moder	Kalklehm-Rendzia
	31	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	23	Moder	Kalklehm-Rendzia
	49	25-49 m	Baumholz	frisch	17	Moder	Rendzina
	50	25-49 m	Baumholz	frisch	9	Moder	Kalklehm-Rendzia
	52	25-49 m	Plenterstruktur	frisch	11	Moder	Kalklehm-Rendzia
	56	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	22	Moder	Rendzina
3 Stammzahlreicher, fichtendominierter Bestand	7	10-24 m	Baumholz	frisch	19	Moder	Rendzina
	11	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	32	Moder	Kalklehm-Rendzia
	16	10-24 m	Baumholz	frisch	12	Moder	Kalklehm-Rendzia
	22	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	41	mullartiger Moder	Kalkbraunlehm
	27	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	29	Moder	Rendzina
	30	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	41	Moder	Rendzina
	35	25-49 m	Äsungsjungwuchs	frisch	9	Moder	Rendzina
	39	25-49 m	Baumholz	frisch	20	Moder	Kalklehm-Rendzia
	41	10-24 m	Baumholz	frisch	17	Moder	Kalklehm-Rendzia
	42	10-24 m	Baumholz	sehr frisch	19	Moder	Kalklehm-Rendzia
	43	10-24 m	Baumholz	frisch	36	Moder	Rendzina
	48	10-24 m	Baumholz	frisch	13	Moder	Rendzina
	51	25-49 m	Baumholz	sehr frisch	15	Moder	Kalklehm-Rendzia

Anhang 2: Bestandesdichtemaße Teil1

Strukturtyp	PktNr	G/ha	N/ha lebend	N/ha tot	N/ha gesamt	dg [cm]	ho [m]	SDI	Schirmflächen%
1 Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand	2	32	559	0	559	27,0	24,4	632	109
	14	16	144	0	144	37,7	20,6	277	46
	15	40	831	32	862	24,8	22,9	818	113
	26	20	475	0	475	23,1	19,9	420	68
	32	28	273	0	273	36,1	18,2	493	79
	33	12	230	0	230	25,8	21,0	242	49
	34	28	409	0	409	29,5	25,7	534	42
	36	24	379	0	379	28,4	26,1	465	92
	37	12	228	32	260	25,9	15,5	241	51
	38	16	191	0	191	32,6	15,2	293	50
	44	24	199	0	199	39,2	19,2	409	56
	45	12	85	0	85	42,3	22,9	199	34
	46	36	416	32	448	33,2	20,6	656	126
	47	20	332	64	395	27,7	17,5	391	83
	53	32	275	64	338	38,5	24,6	550	88
	54	20	125	95	221	45,1	16,1	323	39
	55	40	439	64	503	34,1	24,4	721	92
	57	52	561	127	689	34,3	21,4	934	162
	58	8	121	0	121	29,0	13,8	154	32
	59	28	360	64	423	31,5	14,8	521	86
	Mittelwert	25	332	29	360	32,3	20,2	464	75
2 Fichtendominierter Bestand	3	44	319	64	383	41,9	26,9	731	98
	8	32	296	64	360	37,1	27,0	558	71
	10	36	217	32	249	45,9	29,3	577	49
	12	32	186	0	186	22,9	27,8	675	50
	13	48	434	223	657	37,5	27,6	833	109
	17	24	168	64	232	42,6	27,4	396	48
	18	48	356	64	420	41,4	26,6	801	89
	19	16	90	32	121	47,7	25,2	253	20
	21	40	290	0	290	41,9	24,2	664	61
	23	52	326	32	358	45,0	30,0	840	74
	24	32	168	0	168	49,3	26,8	499	39
	25	60	527	32	559	38,1	27,5	1035	91
	28	60	376	95	471	45,1	28,9	968	87
	29	44	375	32	407	38,6	28,1	755	58
	31	52	392	0	392	41,1	25,7	871	67
	49	32	201	0	201	45,0	28,2	517	40
	50	32	363	64	427	33,5	23,6	581	44
	52	32	462	0	462	29,7	19,3	609	65
	56	32	287	95	383	37,7	23,2	554	61
	Mittelwert	39	307	47	354	40,1	26,5	669	64

Anhang 2: Bestandesdichtemaße Teil1 (Fortsetzung)

Strukturtyp	PktNr	G/ha	N/ha lebend	N/ha tot	N/ha gesamt	dg [cm]	ho [m]	SDI	Schirmflächen%
3 Stammzahlreicher, fichtendominierter Bestand	7	40	528	0	528	31,0	30,7	748	94
	11	16	251	0	251	28,5	29,3	309	53
	16	24	89	0	89	58,5	27,8	349	37
	22	32	100	0	100	64,0	32,4	450	41
	27	28	78	64	142	67,6	28,6	385	38
	30	20	87	0	87	54,1	22,1	300	24
	35	4	8	0	8	77,9	27,8	52	4
	39	20	115	32	147	47,0	19,2	318	46
	41	64	261	0	261	55,9	33,1	949	76
	42	36	139	0	139	57,4	27,4	528	42
	43	44	198	64	262	53,2	27,8	665	73
	48	8	49	0	49	45,4	11,5	129	21
	51	20	61	0	61	64,4	29,6	280	23
	Mittelwert	27	151	12	163	54,2	26,7	420	44
Gesamtmittelwert		31	278	31	309	40,6	24,1	528	63
Standardabweichung		±14	±165	±43	±181	±12,2	±5,1	±239	±30

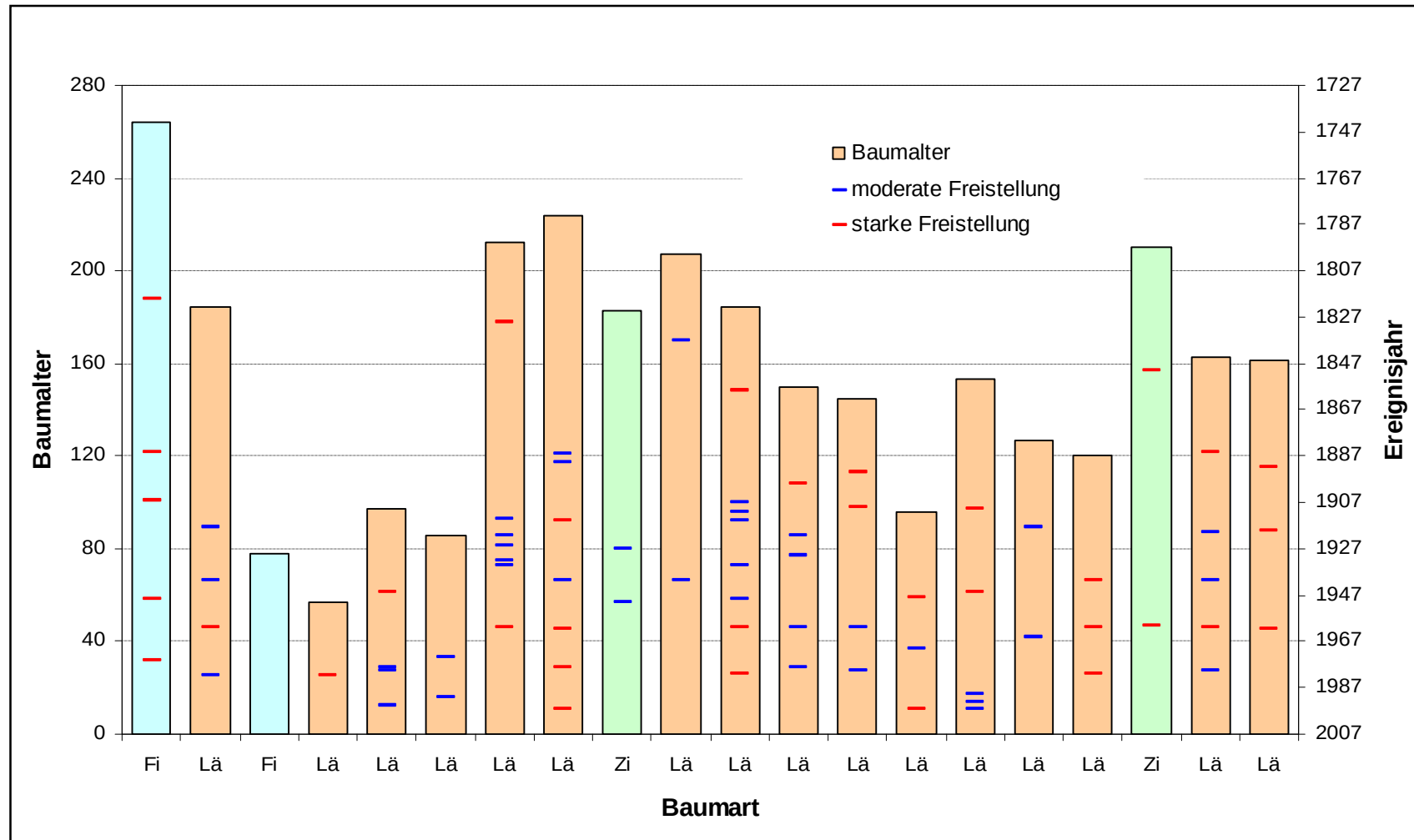
Bestandesdichtemaße Teil2

Strukturtyp	PktNr	V lebend Vfm/ha	V tot Vfm/ha	V tot, liegend Vfm/ha	Gesamtvorrat Vfm/ha	Shannon-Index	Artenprofil	Verjüngung ab 1 Jahr
1 Stammzahlreicher, lärchendominierter Bestand	2	215	29	20	244	0,99	1,27	2105
	14	103	14	14	117	0,00	0,00	13684
	15	326	95	94	421	0,66	1,25	8947
	26	151	12	12	163	0,68	0,00	2632
	32	180	1	1	181	0,25	0,58	4211
	33	108	14	14	122	0,21	0,00	4211
	34	249	1	1	249	0,14	0,51	2632
	36	230	0	0	230	0,00	0,00	1053
	37	75	42	23	117	0,00	0,00	526
	38	100	6	4	106	0,46	0,00	2632
	44	205	21	12	226	0,63	0,69	526
	45	114	56	56	170	0,00	0,00	1053
	46	294	13	10	307	0,00	0,00	526
	47	134	23	1	157	0,00	0,00	4737
	53	276	16	7	292	0,62	0,99	0
	54	144	16	8	160	0,69	1,36	0
	55	317	149	22	466	0,64	0,66	0
	57	386	22	1	409	0,79	0,76	0
	58	47	3	3	50	0,00	0,00	0
	59	200	34	13	234	0,49	0,89	0
	Mittelwert	193	28	16	221	0,36	0,45	2474

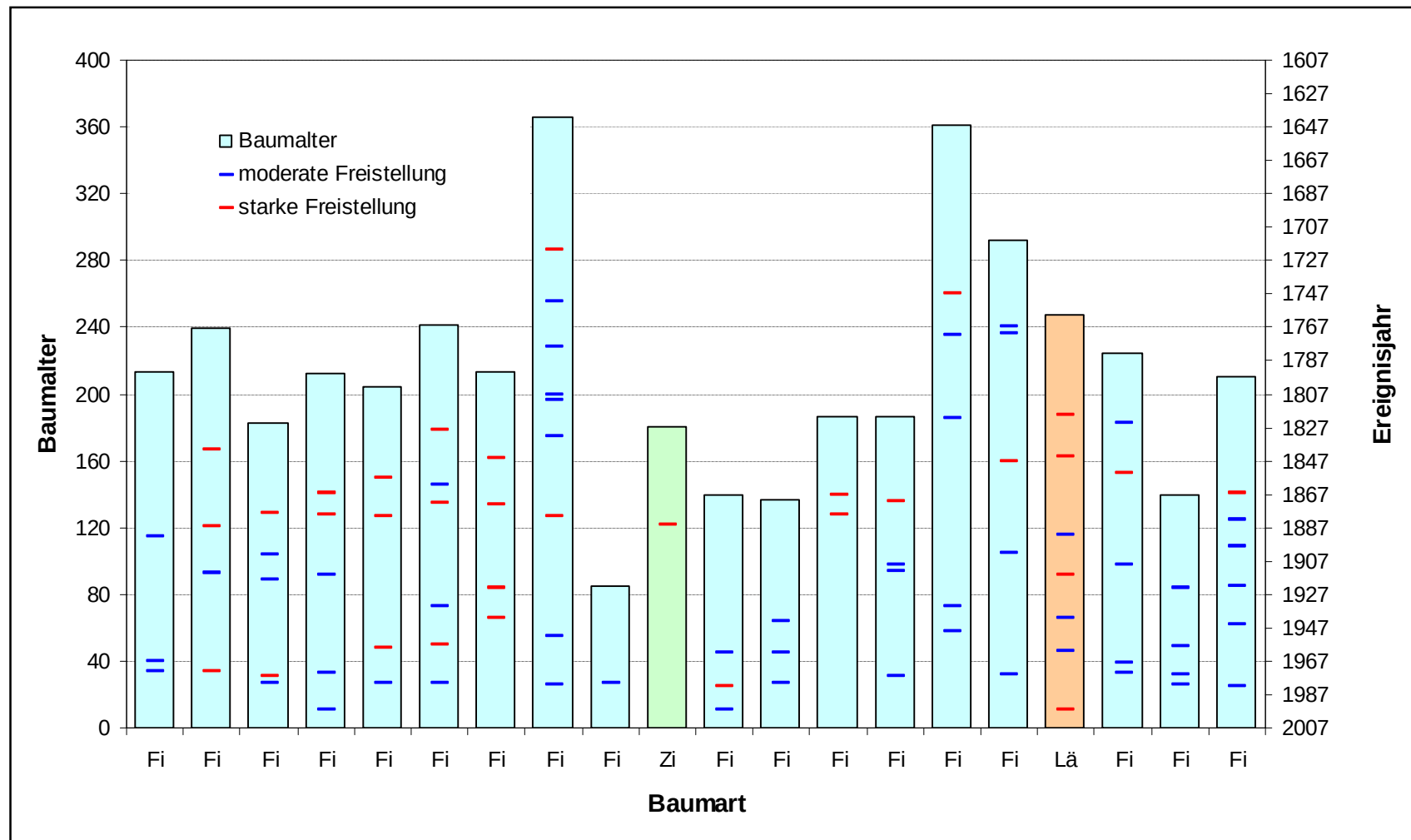
Anhang 2: Bestandesdichtemaße Teil 2 (Fortsetzung)

Strukturtyp	PktNr	V lebend Vfm/ha	V tot Vfm/ha	V tot, liegend Vfm/ha	Gesamtvorrat Vfm/ha	Shannon-Index	Artenprofil	Verjüngung ab 1 Jahr
2 Fichtendominierter Bestand	3	480	297	258	777	0,67	1,27	1579
	8	324	311	283	635	0,69	1,27	4737
	10	346	187	165	532	0,27	0,32	3158
	12	283	50	45	333	0,70	0,69	4211
	13	503	263	165	766	0,69	1,15	526
	17	193	97	37	290	1,04	0,39	4211
	18	467	47	5	514	0,64	0,68	1053
	19	144	133	59	277	0,00	0,00	526
	21	362	90	89	452	0,35	0,93	526
	23	614	127	121	741	0,32	0,65	4737
	24	326	69	55	395	0,00	0,00	1053
	25	561	69	67	630	0,57	0,48	3158
	28	633	99	48	731	0,37	1,05	4737
	29	433	85	76	518	0,00	0,00	3684
	31	478	25	25	503	0,00	0,00	1579
	49	276	18	18	295	0,00	0,00	0
	50	262	367	96	630	0,00	0,00	0
	52	243	40	39	283	0,71	1,33	0
	56	236	45	18	280	0,62	1,17	0
	Mittelwert	377	127	88	504	0,40	0,60	2078
3 Stammzahlreicher, fichtendominierter Bestand	7	428	107	105	535	0,97	0,67	526
	11	141	65	64	206	0,53	0,00	1053
	16	236	194	194	430	0,62	0,69	1053
	22	365	2	2	367	0,35	0,35	1053
	27	296	216	110	512	0,58	0,58	7368
	30	167	158	154	325	0,00	0,00	1053
	35	41	0	0	41	0,00	0,00	2632
	39	147	29	1	176	0,53	0,53	526
	41	806	4	3	810	0,00	0,00	4211
	42	355	55	45	409	0,00	0,00	1053
	43	442	53	34	495	0,68	1,29	2105
	48	33	13	8	46	0,00	0,00	0
	51	215	37	37	252	0,00	0,00	0
	Mittelwert	282	72	58	354	0,33	0,32	1741
Gesamtmittelwert		282	75	53	358	0,37	0,47	2146
Standardabweichung.		±164	±87	±66	±206	±0,33	±0,49	±2612

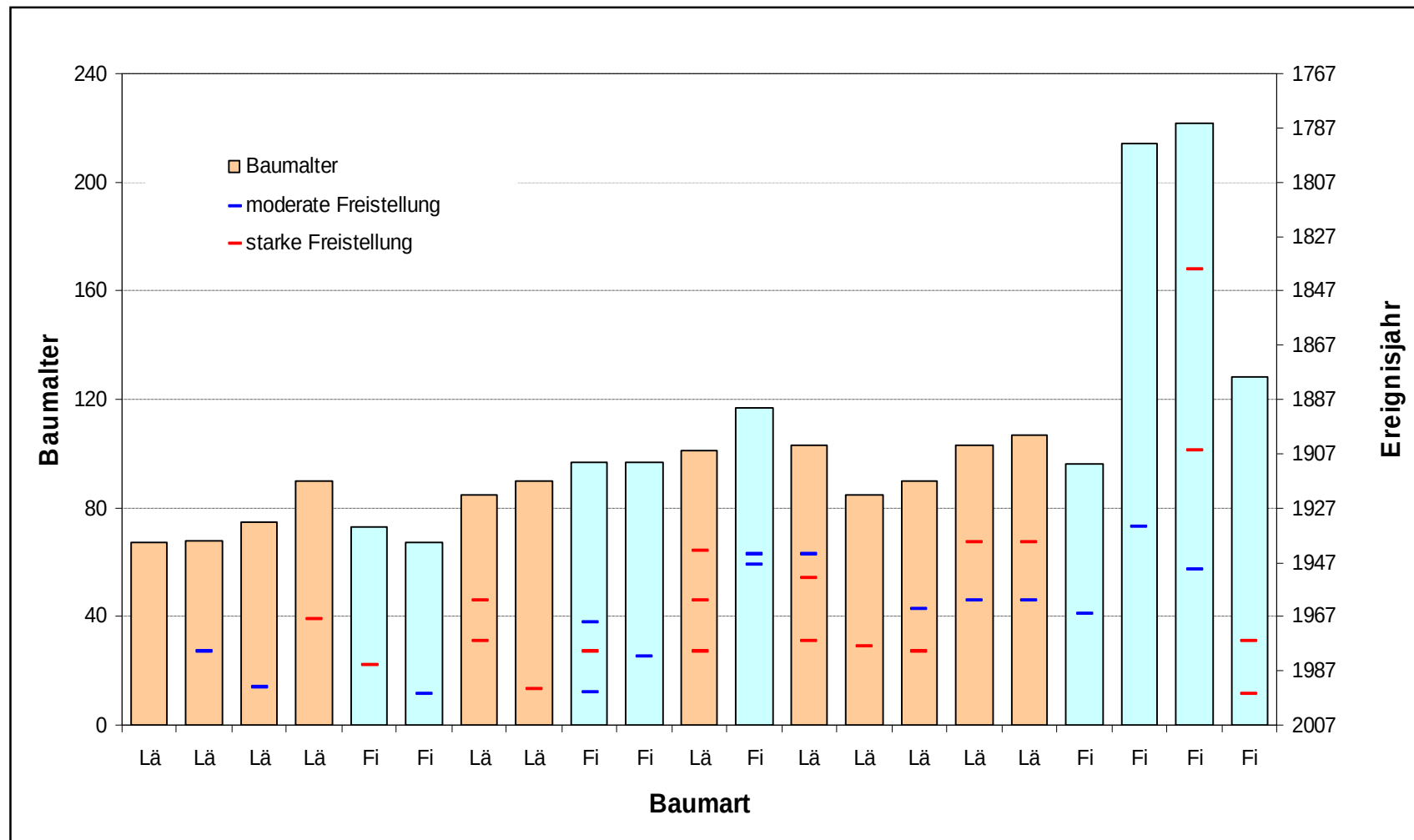
Anhang 3: Freistellungsereignisse in Transekt 1



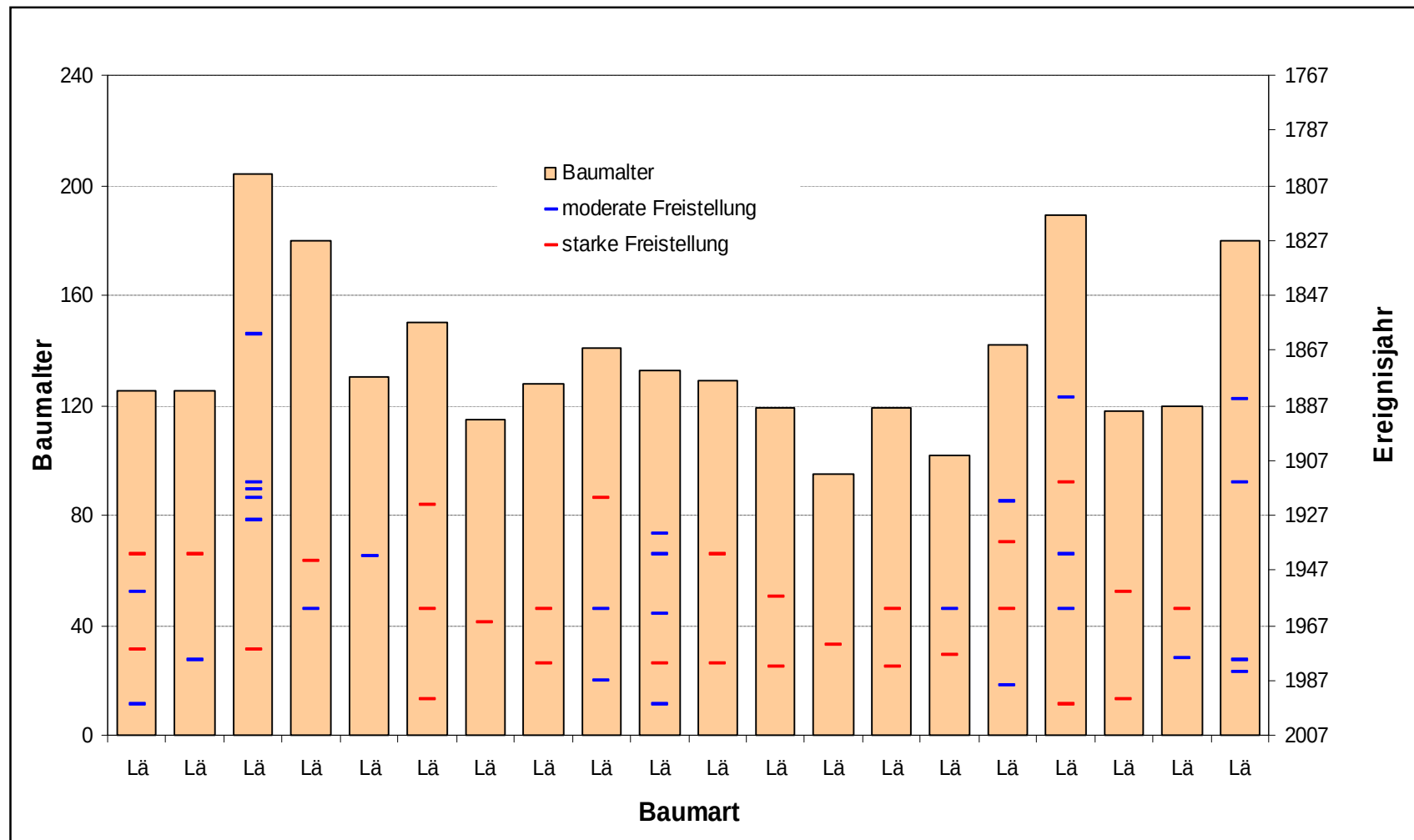
Anhang 3: Freistellungsereignisse in Transekt 2



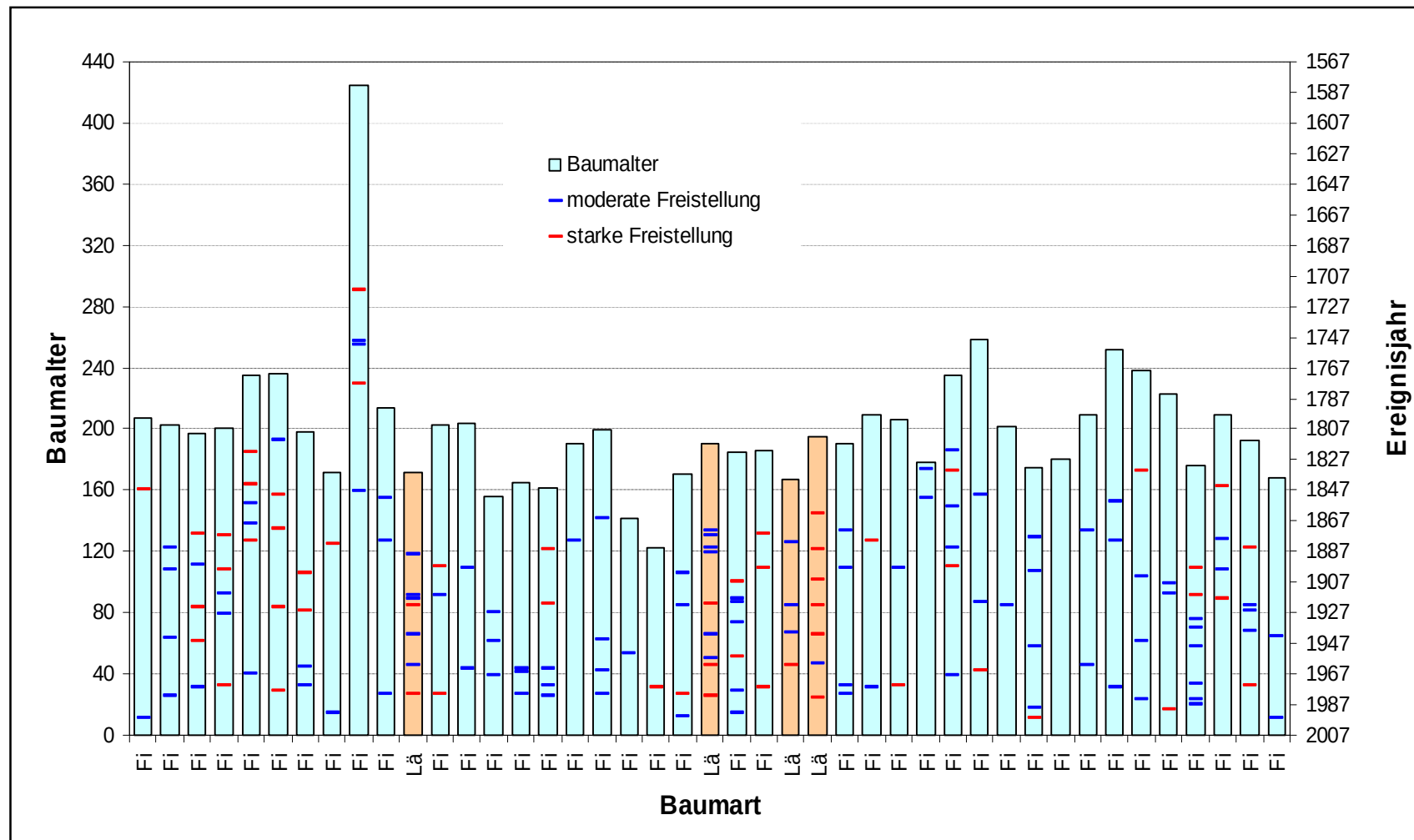
Anhang 3: Freistellungsereignisse in Transekt 3



Anhang 3: Freistellungsereignisse in Transekt 4



Anhang 3: Freistellungsereignisse in Transekt 5



Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 1

Makrorelief R > 30m

Muß in 10.000er Schichtenlinienkarte erkennbar sein und deutlich über 60 m Durchmesser aufweisen

1. Seehöhe	± 10 m (lt. Luftbild)
2. Exposition	in °Grad 9.....eben (Neigung < 5%)
3. Neigung	Prozent
4. Geländeform Kombinationen möglich!	1.....Ebene: Flachform großer Erstreckung; reliefschwach, Neigung < 5% 2.....Verflachung: Flachform geringen Ausmaßes 3.....Talboden, Talsohle: Flachform, von ansteigenden Flächen begrenzt 4.....Terrasse: Flachform, von ansteigenden und abfallenden Flächen begrenzt 5.....Platte: Flachform, von abfallenden Flächen begrenzt 6.....Kessel: Konkavform mit rundem Grundriss 7.....Mulde: flache Hohlform unterschiedlicher Flächenform 8.....Wanne: Konkavform mit ovalem Grundriss 9.....Graben: Konkavform mit lang gestrecktem Grundriss; Sonderform des Unterhanges bei gegenseitiger Beeinflussung der Hänge 10.....Oberhang: Konvexe Geländeform; Materialabfuhr überwiegt Materialzufuhr 11.....Unterhang: Konkave Geländeform; Materialzufuhr überwiegt Materialabfuhr 12.....Mittelhang: Materialzu- und -abfuhr sind ausgeglichen 13.....Hangversteilung: ober- und unterhalb durch Flächen geringerer Neigung begrenzt 14.....Hangverflachung: ober- und unterhalb durch Flächen größerer Neigung abgegrenzt 15.....Kuppe: Konvexform mit rundem Grundriss 16.....Rücken: Konvexform mit ovalem Grundriss 17.....Riedel, Wall: Konvexform mit lang gestrecktem Grundriss 18.....Geländekante: Übergangsbereich zwischen Flächen unterschiedlicher Neigung (zusätzlich Angabe der benachbarten Geländformen) 19.....Nase: Auf drei Seiten stark abfallende Konvexform 20.....Sattel: auf zwei gegenüberliegenden Seiten von abfallenden, auf den beiden anderen Seiten von ansteigenden Flächen begrenzt 21.....Rippe: schmale, lang gestreckte Erhebung 22.....Hochtal: nach drei Seiten ansteigend, nach einer Seite abfallend 23.....Schlucht 24.....Kar 25.....Doline 26.....Felswand 27.....Rinne

Mesorelief R = 30 m

Geländeform innerhalb des 30 m Probekreises; kann sich grundlegend von Makrorelief unterscheiden (Beispiel kleiner Graben, kleinräumiger Expositionswechsel)

5. Lokalklima	Diagnostische Ansprache 0.....keine Besonderheiten 1.....Hohe Luftfeuchtigkeit in Schlucht (Epiphyten) 2.....Nebel (Epiphyten) 3.....Untersonnung (Exposition, Rindenzustand, Vegetation, xeromorphe Humusformen) 4.....Wind (Kronenform, Vegetation z.B. "Windeckgesellschaft") 5.....Frostmulde (Mesorelief, Schäden an Vegetation) 6.....xerotherm (heiß-trocken)
6. Exposition	In °Grad bzw. gon 9.....eben (Neigung < 5%)
7. Neigung	Prozent
8. Geländeform	sh. Makrorelief

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 2 (Fortsetzung Mesorelief R = 30 m)

9. Geologie Grundgebirge / Gelände	Geländeansprache: 1.....Kalk 2.....Dolomit 3.....Mergel 4.....Gips 5.....Sandstein 6.....Lockergesteine 7.....Hornstein		
10. Geologie Lockergesteine / Deckschichten	dominierende Komponenten: 0.....keine Lockergesteine 1.....Kalk 2.....Dolomit 3.....Mergel 4.....Gips 5.....Sandstein 6.....Braunlehm 7.....künstl. Aufschüttung 8.....Hornstein		
11. Korngröße Lockergesteine	1.....schluffig-tonig 2.....feinsandig-sandig 3.....steinig-schuttig	4.....blockig 5.....großblockig-Tomalandschaft 6.....schluffig	7.....tonig
12. Geomorphologie	nach geomorphologischen Atlas zu prüfen		
13. konkav/konvex	1....konvex 2....konkav 3....konvex-konkav 4....intermediär	nur bei Höhendifferenz > 1,3 m " " " 1,3 m	
14. Anthropogene Einflüsse	1...Stöcke 2 ...Steige 3 ...Forststrasse	4 ... Rückeweg 5 ...Weideeinfluss	

Distanzklassen sind Schrägdistanzen!

15. RAFO Randzone Forststrasse	0.....nicht ersichtl. 1..... < 10 m 2.....10-24 m	3.....25-49 m 4.....50-99 m 5.....>100 m (<1000 m)
16. RARU Randzone Rückeweg oder Seiltrasse	Entfernungsklassen wie oben	
17. RABR Randzone Bestandesrand	Bestandesrand im Wald, Entfernungsklassen wie oben	
18. RAJU Randzone Jungwuchs- oder Strauchgruppe >1,3m Oberhöhe	Entfernungsklassen wie oben (WÖBT 81-94)	
19. RAWE Randzone Wanderweg	Entfernungsklassen wie oben	
20. RAWR Randzone Waldrand	Rand zu anderer Kulturgattung, Entfernungsklassen wie oben	
21. RAGE Randzone Geländeform	Entfernungsklassen wie oben Sichthorizont! (Rücken, Kuppe, etc.)	

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 3

Sichtigkeit: Mittlere Sichtweite in 1m Höhe über dem Boden: Distanz, bei der eine Fläche von 80x30cm (Rehkörper) noch auf 50% des Umkreises des Probeflächenmittelpunktes ohne Verdeckung gesehen werden kann bzw. bei der die Fläche auf den übrigen 50% des Umkreises durch Gehölzvegetation oder Geländere relief verdeckt ist. Dünne Vegetationsteile (Blätter, Gras, Reisholz bis maximal 7 cm Durchmesser) dürfen den Rehkörper bis maximal zur Hälfte verdecken (auf den "sichtbaren" 50% des Umkreises), damit er noch als ersichtlich gilt.

Der Beobachter beachtet also bei einer Drehung um die eigene Achse die in den verschiedenen Richtungen meist sehr differenzierten Entfernungen bis wohin ein Rehkörper ohne Verdeckung gesehen werden kann und schätzt jene Distanz, wo die Verdeckung auf 50% des Umkreises eintritt.

Analog dazu werden minimale und maximale Sichtigkeit durch die Verdeckung eines Rehkörpers 80x30cm bestimmt. Gegenhänge werden nicht berücksichtigt, wenn der Höhenunterschied zwischen Punkt und Graben mindestens 30m beträgt

22. SIMA Sichtigkeit – maximal	1..... < 10 m 2.....10-24 m	3.....25-49 m 4.....50-99 m	5.....> 100 m
23. SIMI Sichtigkeit – minimal	Entfernungsklassen wie oben		
24. SIMT Sichtigkeit – mittel	Entfernungsklassen wie oben Entfernungen > 500m werden nicht berücksichtigt		

Nutzungsarten im Mesorelief R = 30 m

Für jede Nutzungsart ist die Intensität und die Nutzungsgeschichte anzugeben!

25. Nutzungsgeschichte	1.....bis 10 Jahre zurück 2.....mehr als 10 Jahre zurück 3.....beide vorherigen Fälle treffen zu
26. FN Forstliche Nutzung R = 30 m	Anzahl Stöcke, getrennt nach Größenklassen und Laubholz und Nadelholz falls erkennbar: Durchmesser < 20 cm; Durchmesser 21 -50 cm; Durchmesser > 50 cm
27. Räumliche Verteilung der Nutzung	1...Einzelstammweise 2...Trupp und Horstweise 3...Gruppenweise

Bestandeslücken R = 10 m

30. Lückengröße	Wenn in der Probefläche mit 10 m Radius eine Bestandeslücke liegt bzw. diese die Probefläche berührt, ist der Durchmesser der Lücke abzuschätzen: 1...< 10 m 2... 10 – 30 m 3... > 30 m
31. Lage der Lücke	Angabe zu wie viel % die Lücke in der Probefläche liegt.
32. Alter der Lücke	1 ...Frisch: < als 5 Jahre 2... Mittel: > 5 Jahre und < Lückenfüller < 10 m Höhe 3... Alt: > 10 m Höhe und < 2/3 der Bestandeshöhe
33. Lückenerzeuger	Baumart(en) derjenigen Bäume, die durch ihr absterben die Lücke gebildet haben
34. Lückenfüller	Baumart(en) jener Bäume, die aller Voraussicht nach die Lücke schließen werden. Ist jeweils einem Lückenerzeuger zuzuordnen

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 4

Bodenerosion R = 10 m

35. Bodenerosion / Akkumulation	Akkumulation: 48.....Bachschotter 49.....Wildbachschutt, Schwemmkegel 50.....Schwemmflächen 51.....spätglaziale Terrassenschotter 52.....Kames, Terrassenkanten 53.....Toteislöcher 68.....Bergsturz- Tomalandschaft 69.....Schuttfeld, Schuttstreu 70.....versandeter Schutt und Grus 71.....Rutschkörper, Rutschungen 72.....Bodenkolluvien	Erosion: 54....Felstürmchen, Pfeiler 55.....Felssturz- Abrissnische 56.....Abriss einer Rutschfläche 57.....Rutschfläche, Plaike 58.....initiale Bodenablösung 59.....Abwitterungsstufe an härterer Schicht 60.....offene Spalten 61.....Abwitternde Karbonatstufe 62.....Abgrusende Dolomitstufe 63.....Sackungen, Schleppenhänge 64.....Rutsch- und Ausgleichshänge 65.....Ausgleichshänge im Dolomit 66.....Steinschlagrinne, Runse (Dolomit) 67.....Steinschlagrinne (Kalk) 73.... Forststraße & Böschung 77.....periodisch wasserführende Rinne
36. Bodenerosion / Akkumulation Entwicklungs- zustand	1.....rezent, noch keine Vegetationsentwicklung 2.....Pioniervegetation, Rohboden sichtbar 3.....gereift, Rohboden nicht mehr sichtbar	
37. Bodenerosion / Akkumulation Ursache	1....Lawine 2....Schneekriechen 3....Neigung / Wasserabfluss 4....Rutschung, Gleitung 5....Weidewirtschaft 6....Holzrückung (Schleppereinsatz) 7....Weganschnitt: Straße	8....Weganschnitt: Rückegasse 9....Weganschnitt: Wanderweg 10....Punktuale Wassereinleitung 11....Bodenschwund durch Verkarstung 12....Windwurf 13....Felsverwitterung 14....Bachanschnitt 15....Aufschüttung Forststraße
38. Bodenerosion / Akkumulation Ausdehnung	Angabe in 1/10 der Probefläche	
39. Bodenerosion / Akkumulation Ausdehnung horizontal	in m (Horizontalprojektion) der gesamten Erosions-/Akkumulationsfläche; bzw. bei Viehgangeln und Plaiken Angabe in 1/10 der Probefläche	
40. Bodenerosion/ Akkumulation Ausdehnung vertikal	in m (Horizontalprojektion) der gesamten Erosions-/Akkumulationsfläche; bzw.: bei Viehgangeln und Plaiken Angabe in 1/10 der Probefläche	

Kleinrelief R = 10 m

41. Intensität bei Bodenverdichtung durch Weide	0....keine 1....leicht 2....stark
42. Kleinrelief – ausgeglichen	0.....nein 1.....ja
43. Kleinrelief – Rinnen, Gräben, Furchen (natürlich)	Abschätzung in n/10 der Probefläche
44. Kleinrelief – Rinnen, Gräben, Furchen (nutzungsbedingt)	Abschätzung in n/10 der Probefläche

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 5 (Fortsetzung Kleinrelief R = 10 m)

45. Kleinrelief - Buckel, Schichtköpfe	0.....nein 1.....ja
46. Kleinrelief – Windwurfsteller mit Rohboden	Anzahl der Windwurfsteller auf der Probefläche
47. Kleinrelief – Windwurfsteller ohne Rohboden	Anzahl der Windwurfsteller auf der Probefläche
48. Kleinrelief - Weidegangeln	Abschätzung in n/10 der Probefläche
49. Kleinrelief – Karsterscheinungen (Löcher, Karren, Klüfte, Dolinen)	An der Oberfläche sichtbare Karsterscheinungen Abschätzung in n/10 der Probefläche
50. Rücke- od. Wanderwege	inkl. Pirschsteige Anzahl
51. Rücke- od. Wanderwege - mittlere Breite	dm
52. Rücke- od. Wanderwege – Zustand	1.....vegetationsfrei 2.....einsetzende Sukzession 3.....kaum erkennbar
53. Felsanteil gesamt	in 1/10 der Probefläche (R = 10 m), Humusmächtigkeit < 1 cm
54. Fels mit Flechten	in 1/10 des Felsanteils gesamt
55. Fels mit Moosen	in 1/10 des Felsanteils gesamt
56. Gründigkeit Minimum	aus fünf Einschlägen; auf 5cm genau
57. Gründigkeit Maximum	aus fünf Einschlägen; auf 5cm genau
58. Gründigkeit Mittel	als Median von fünf Einschlägen auf 5cm genau
59. Wasserhaushalts- klasse	Kombination aus Geländeform, Bodenmerkmalen (Gründigkeit, Skelettgehalt, Bodenart, Humus- und Bodentyp), Lokalklima (expositionsabhängig), Zeigerpflanzen der Bodenvegetation 1..... trocken 2..... mäßig trocken 3..... mäßig frisch 4..... frisch 5..... sehr frisch 6..... feucht 7..... nass 8..... freie Wasseroberfläche 9..... wechselfeucht (nur zusätzl. zu 1-7) 10..... wechselfeucht (nur zusätzl. zu 1-7)

WÖBT Wildökologischer Bestandestyp R = 10m

Waldtypen

Angabe der 1/10tel Anteile der Waldtypen auf der Probefläche (Trennung nur bei optisch auffälliger Grenze)

- 061 Äsungsjungwuchs - Baumjungwuchs (incl. Sträucher, zumindest im Winter weitgehend deckungslose Äsungsfläche bis zu einer biologischen Oberhöhe der Gehölze von 70 cm); incl. Kahlschlag, Kahlschlag mit Überhälter, vorübergehende Blößen
- 062 Äsungsjungwuchs - Krummholz (Latsche, Grünerle, zumindest im Winter weitgehend deckungslose Äsungsfläche bis zu einer biologischen Oberhöhe der Gehölze von 70 cm); incl. Kahlschlag, Kahlschlag mit Überhälter, vorübergehende Blößen
- 071 Äsungs-Deckungs-Jungwuchs - Baumjungwuchs (incl. Sträucher, biol. Oberhöhe der Gehölze zwischen 70 und 130 cm; Fläche mit primär Äsungs- und sekundär Sichtschutzcharakter)
- 072 Äsungs-Deckungs-Jungwuchs - Krummholz (Latsche, Grünerle, biol. Oberhöhe der Gehölze zwischen 70 und 130 cm; Fläche mit primär Äsungs- und sekundär Sichtschutzcharakter)

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 6 (Fortsetzung WÖBT)

- 081 Deckungsjungwuchs - Baumjungwuchs (incl. Sträucher, von 130 cm Oberhöhe bis Dichtschluss des Bestandes auf max. 50% der Fläche; primär Sichtschutz und sekundär Äsungscharakter)
- 082 Deckungsjungwuchs - Krummholz (Latsche, Grünerle, von 130 cm Oberhöhe bis Dichtschluss des Bestandes auf max. 50% der Fläche; primär Sichtschutz und sekundär Äsungscharakter)
- 090 Dichtung (Oberhöhe >130cm, von Dichtschluss über 50% der Fläche bis zur Entstehung eines 1,3m hohen begehbaren Stammraumes auf max. 50% der Fläche)
- 094 wie 090 - Krummholz (Latsche, Grünerle)
- 100 Stangenholz (von 1,3 m hohem, infolge Astreinigung begehbarem Stammraum auf über 50% der Fläche bis 25 cm mittlerer Brusthöhendurchmesser der biol. Oberhöhenstämme)
- 110 Baumholz (ab 26 cm mittlerer BHD der biologischen Oberhöhenstämme)
- 113 Baumholz mit Rottenstruktur
- 120 Fortgeschrittene Verjüngung mit Altholzüberschirmung >3/10
(Gehölzpflanzen über 70 cm biolog. Oberhöhe auf über 1/3 der Fläche)
- 123 Fortgeschrittene Verjüngung mit Dickungscharakter
- 124 Fortgeschrittene Verjüngung mit Stangenholzcharakter
- 130 Plenterstruktur (mehrschichtig - OS,MS,US + Verjüngung - mit permanenter Verjüngungsnotwendigkeit)
- 141 Feuchtbiotop (Sumpf, Naßgalle, Moor etc.) dicht (Bestandesschluss über 1,3 m auf über 2/3 der Fläche)
- 142 Feuchtbiotop (Sumpf, Nassgalle, Moor etc.) locker (Bestandesschluss über 1,3 m zw. 1/3 u. 2/3 d. Fläche)
- 143 Feuchtbiotop (Sumpf, Naßgalle, Moor etc.) licht (Best.schl. ü. 1.3m auf weniger als 1/3 d.Fl.)

Sondertypen

- 151 Forststraße (LKW-befahrbar) inkl. Böschung
- 152 Gewässer
- 153 Siedlung
- 154 Windwurffläche mit Schlagvegetation
- 155 Grauerlenwald
- 156 Wildfütterungsbereich
- 157 (bei Bedarf erweitern)

Biologische Oberhöhe: Mittelhöhe der soziologisch herrschenden Schicht der Gehölzpflanzen (Baumklassen nach KRAFT, (1884))

Begrünung: Bodenvegetation mit jungen Bäumen (Verjüngung) und Sträuchern bis zu einer Höhe von 1,3m (excl. Moose) inclusive vorübergehend verbrauchter Vegetationsteile (Trockenheit, jahreszeitlicher Entwicklungszustand etc.); bei voller Vegetationsentwicklung im Sommer (Juni - September).

Boden R = 10m

Innerhalb des Probekreises erfolgt auf einer typischen Fläche zuerst die Humusansprache, dann mittels Schlagbohrer die Bodenansprache.

Auflagehumus: > 30 % organische Substanz in Trockenmasse; entspricht 40-50 Vol%

62. Horizontbezeichnung	1. L-Horizont (Streu): Starkes Überwiegen von wenig zersetzten Pflanzenresten; weniger als 10% Feinsubstanz. 2. F-Horizont (Grobmoder): Stärker zersetzte, aber noch als solche erkennbare Pflanzenreste. Feinsubstanz 10 bis 70%. 3. H-Horizont (Feinmoder): Mehr als 70% Feinsubstanz. Nur mehr wenig erkennbare Pflanzenreste (Ausnahme abgestorbene Wurzeln). 4. M-Horizont: Rhizomfilz oder Moosschicht bei welcher Unterscheidung in lebende und abgestorbene Pflanzenteile nicht möglich ist.
63. Horizontmächtigkeit	Angabe in 0,5 cm Stufen – geringere Mächtigkeit: < 0,5 cm

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 7 (Fortsetzung Auflagehumus)

64. Lagerung (Angabe in welchem Horizont möglich in Klammer)	1.....locker: ohne Zusammenhalt locker liegend oder überwiegend pulvrig zerfallend (L, F, H). 2.....verklebt: deutlich aneinanderhängend (L, F). 3.....schichtig: dicht übereinander liegend (F) 4.....brechbar: gesamter F-Horizont ist abhebbar; Material durch organische Feinsubstanz bzw. Verpilzung miteinander verflochten, bricht bei Biegebeanspruchung (F) 5.....bröckelig: in mehr oder weniger große, kantengerundete Stücke zerfallend (H) 6.....kompakt: dichtgelagerte organische Feinsubstanz (H) 7.....verpilzt 8.....verfilzt
65. Horizontbegrenzung Auflagehumus	Deutlichkeit: 1. scharf absetzend: sa 2. absetzend a 3. übergehend ü 4. allmählich übergehend aü Form (nur bei Bodenziegel oder Profilgrube) 1. gerade g 2. wellig w seichte Vertiefungen (breiter als tief) 3. taschenförmig t Vertiefungen (tiefer als breit) 4. unterbrochen u Abbrechen der Grenzlinie bei tiefer bzw. höherliegender Fortsetzung
66. Schmierigkeit (H-Horizont)	seifiges Anfühlen, Hautrillen stark färbend 0.....nein 1.....ja
67. Skelettgehalt (H-Horizont) > 2mm Durchmesser	Anschätzung an Profilwand oder Weganschnitt in % nach Tafel
68. Holzkohle	0.....nein 1.....vorhanden
69. Spaltengründigkeit	0.....nein 1.....ja
70. Verpilzung	0.....nein 1.....ja
71. Ausgangsmaterial	Angabe des Materials für den L-Horizont (Mehrfachangabe möglich): Laub, Nadel, Ericaceae, Graswurzeln
72. Wurzelfilz	0.....nein 1.....ja
73. Humustyp	MU...Mull MO Moder RH ...Rohhumus

Mineralboden

74. Bodentyp	1.....Gesteinsrohboden 2Rendzina 2a...angelrendzina; 2b...Pechrendzina 3.....braunlehmbeeinflusste Rendzina 4.....Kalkbraunlehm
75. Horizontmächtigkeit	Mächtigkeit des Horizontes in cm
76. Horizontbezeichnung	Ai... beginnende Humusbildung Ah...Humus biogen in den Mineralboden eigemischt B.....durch Eisenoxide gefärbter Verwitterungs- oder Anreicherungshorizont Bv... Verwitterung in situ; Eisenoxidation und Tonmineralneubildung Bv,rel....Reliktischer Horizont C.....Ausgangsmaterial (Muttergestein) aus dem der Boden entstanden ist

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 8

Probefläche Verjüngungsstreifen 4 x 5 m

2 Diagonalen mit 1 m Breite durch den Probekreis mit $R = 10\text{ m}$, eine in der Falllinie, eine parallel zu den Schichtenlinien. Die Richtung der Diagonalen ist mittels Bussole zu messen.

77. Richtung Verjüngungsstreifen	Für Streifen 1 (3) und 2 (4), vom Probekreiszentrum aus in Grad gemessen.
----------------------------------	---

Keimlinge

78. Keimlinge am Boden	Strichliste getrennt nach Baumarten
79. Keimlinge auf Kadaver	Strichliste getrennt nach Baumarten
80. Entfernung Samenbaum	potentieller Samenbaum; geschätzte Entfernung in m
81. Azimut Samenbaum	Azimut in °

Verjüngung ab 1 Jahr Alter

82. Baumart	
83. Höhe	cm bei Latsche Höhe über Wurzelanlauf
84. Länge Terminaltrieb des Vorjahres	cm bei Latsche zusätzlich Horizontaldistanz Wurzelanlauf - Spitze Bei Verbis des Terminaltriebes Länge eines unverbissenen Triebes; sonst verbissenen Terminaltrieb
85. verbissen	0 unverbissener Terminaltrieb 1..... bei Längenangabe eines verbissenen Terminaltriebes
86. Alter	geschätzt nach Jahren
87. Entfernung Samenbaum	potentieller Samenbaum; geschätzte Entfernung in m
88. Azimut Samenbaum	Azimut in °
89. Verbis	Wird am Terminaltrieb des Vorjahres bestimmt!!! 0.....kein Verbiss 1.....bis 50% der Seitentriebe 2.....51-90% der Seitentriebe 3.....>90% der Seitentriebe 4.....Terminaltrieb und bis 50% der Seitentriebe 5.....Terminaltrieb und 51-90% der Seitentriebe 6.....Terminaltrieb und >90% der Seitentriebe
90. Fegung	0.....nein 1.....ja
91. Schäle	0.....nein S...Sommer W...Winter
92. Insektenbefall	1.....gr. brauner Rüsselkäfer 2.....Gallen 3.....sonstige Insekten
93. Pilzbefall	0.....nein 1.....ja
94. Mäusefraß	0.....nein 1.....ja
95. Transekt	1 - 4
96. Losungshaufen – Rehwild	Anzahl auf Verjüngungsstreifen
97. Losungshaufen – Rotwild	Anzahl auf Probefläche u. Anzahl am VJS
98. Losungshaufen – Gamswild	Anzahl auf Probefläche u. Anzahl am VJS
99. Losungshaufen – Sonstige	Tierart und Anzahl auf Probefläche u. Anzahl am VJS

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 9

Totholz R = 10 m

Totholz stehend wird erhoben wie ein lebender Baum,

Totholz liegend (> 20 cm) wird erhoben wie ein lebender Baum sofern der Schaft noch erkenntlich ist, sonst sh. unten

Totholz liegend (Mittendurchmesser < 10 cm)

100.-101. Totholz liegend (< 10 cm)	Totholz und Wurzelstöcke unter 10 cm Durchmesser an der stärksten Stelle (Äste, Dürrlinge). Es wird die Flächenüberdeckung bzw. die Totholzmenge angeschätzt:	
	Code	Menge
	1	wenig
	2	mittel
	3	viel
	4	sehr viel
		Deckung d. Probefläche
		bis 3%
		3 - 10%
		11 - 50%
		> 50%

Totholz liegend (Mittendurchmesser > 10 cm)

102. Baumart	Wenn erkennbar, sonst 0... nicht erkennbar
103. Länge	Mit Maßband auf dm genau Mittendurchmesser und Azimut
104. Mittendurchmesser	Mit Kluppe
105. Azimut	Richtung von Wurzel zu Wipfel in gon oder °
106. Windwurf / Bruch	1... Windwurf (mit Wurzelteller) 2... Windbruch
107. Abbaugrad	Nach Maser et al. (1979)

Einzelbaummerkmale: Auswahl mit Spiegelrelaskop Winkelzählprobe (WZP)

108. BHD	Pi Band auf mm
109. Höhe	Vertex Hypsometer auf dm
110. Höhe des Kronenansatzes	Vertex Hypsometer auf dm, unterster Primärast, auf den keine Dürrastzone mehr folgt nur für Bäume mit BHD $\geq$ 10 cm
111. Kronenradien	Für 30 Bäume je Art in den vier Richtungen der Verjüngungstreifen; mittels Maßband, auf dm In schwierigem Gelände: nicht anzugeben bei unterständigen Bäumen, die durch Lichtmangel keine „normale“ Krone ausbilden (Bsp. Bu-Schleier)
112. Kronensymmetrie	1.....gleichseitig, 2.....einseitig, 3.....unregelmäßig
113. Soziologie	1.....vorherrschend 2.....herrschend 3.....mitherrschend 4.....beherrschte 5.....unterständige
114. Vitalität	1.....Oberschicht, vital 2.....Oberschicht, kümmernd 3.....Mittelschicht, vital 4.....Mittelschicht, kümmernd 5.....Unterschicht, vital 6.....Unterschicht, kümmernd hinsichtlich Kronendichte, Blatt/Nadelfarbe, Trieblänge und Alter
115. Hexenbesen / Krebs	0....Nein 1.....Ja
116. Spechtlöcher	0....Nein 1.....Ja
117. Mistelbefall	0....Nein 1.....Ja
118. Wasserreiser	0....Nein 1.....Ja
119. Säbelwuchs	0....Nein 1.....Ja
120. Fegeschaden	0....Nein 1.....Ja

Anhang 4: Aufnahmeformular Teil 10 (Fortsetzung Einzelbaummerkmale)

121. Wipfelbruch - <i>dürr</i>	0.....keiner 1.....leicht (< 3 m) neu 2.....stark (> 3 m) neu 3.....leicht (< 3 m) alt (bereits Seitenast aufgestellt) 4.....stark (> 3 m) alt (bereits Seitenast aufgestellt) 5.....Wipfeldürr
122. Verbiss	Wird am Terminaltrieb des Vorjahres bestimmt!!! 0.....kein Verbiss 1.....bis 50% der Seitentriebe 2.....51-90% der Seitentriebe 3.....> 90% der Seitentriebe 4.....Terminaltrieb und bis 50% der Seitentriebe 5.....Terminaltrieb und 51-90% der Seitentriebe 6.....Terminaltrieb und > 90% der Seitentriebe
123. Schaftanomalien	0.....keine 1.....Harzfluss 2.....Blitzschlag (dann häufig Borkenkäferbefall!) 3.....Kandelaber 4.....Frostriss 5 „Kollerbusch“
124. Zwiesel	nur wenn Zwiesel über 1,3 m Höhe (sonst 2 Bäume) und unter halber Baumhöhe (sonst Kronenform) 0.....keiner 1.....einfacher 2.....mehrfacher
125. Schädlingsbefall	0.....keiner 5.....Buchenspringgrüßler 1.....Borkenkäfer 6.....Buchenwollaus 2.....Lärchenwickler 7.....Tannentrieblaus 3.....Gespinstblattwespe 8.....Fichtengebirgsblattwespe 4.....Lärchenminiermotte 9.....Fichtengallenlaus 10.....sonstige
126. Todesursache	0.....Baum lebt 5.....Insekten 1.....Konkurrenz 6.....neuartige Waldschäden 2.....Schnee oder Windbruch 7.....unbestimmbar 3.....Windwurf 8.....Fällung 4.....Verbiss oder Fegung 9.....Lawine
127. Verrottungsgrad	nach Maser et al (1979)
128. Holzlage	0.....Baum lebt 1.....stehend 2.....liegend oder hängend
129. Flechten / Moose	in 1/10 der sichtbaren Rindenoberfläche von Schaft und Ästen bis 6m über Boden
130. Baumschwämme	Anzahl
131. Schälung	0.....keine Maßgebend ist die größte Wunde 1.....leicht leicht.....Breite unter 5 cm 2.....mittel mittel.....Breite > 5 cm Länge < 100cm 3.....stark stark.....Breite > 5 cm Länge > 100cm 4.....sehr stark sehr stark.....Breite > 1/2 Umfang
132. Schälung	Anzahl
133. Sonstige Verletzungen	Bei nicht eindeutig identifizierbaren Verletzungen, Klassen wie oben
134. Sonstige Verletzungen	Anzahl
135. E/R Verletzungen	Klassen wie oben
136. E/R-Verletzungen	Anzahl
137. Steinschlag	Klassen wie oben
138. Steinschlag Anzahl	Anzahl
139. Kronenradius	Nord/Ost/Süd/West in m