

Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten das Beispiel Josenwald

Report

Author(s):

Temperli, Christian; Streit, Kathrin; Robin, Vincent; Brang, Peter

Publication date:

2008

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005715090>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)



Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten

Das Beispiel Josenwald

Christian Temperli, Kathrin Streit, Vincent Robin und
Peter Brang



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten

Das Beispiel Josenwald

Christian Temperli, Kathrin Streit, Vincent Robin und
Peter Brang

Herausgeber
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
Birmensdorf, 2008

Verantwortlich für die Herausgabe
Prof. Dr. James Kirchner, Direktor
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Autoren:

Christian Temperli, Kathrin Streit, Vincent Robin, Peter Brang
Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf

Ein Bericht aus dem Projekt «Naturwaldreservate Schweiz» (www.waldreservate.ch)

Dank:

Unser Dank geht an Andreas Zingg für Auskünfte und das Programmieren von Taschenrechnern für die Einmessung der Stichproben, Edgar Kaufmann für das Erklären der Volumenberechnung mittels Tarifen, Andreas Schwyzer und Adrian Lanz für ihre Hilfe bei der Datenauswertung, Jochen Böhl für die Beratung zur Aufnahme von liegendem Totholz und der Stichproben-Netzdichte, Fabrizio Cioldi für das Zurverfügungstellen von Ausrüstung, Alexander Wyrsh für seine praktischen Instruktionen im Feld sowie Thomas Kuster, Carla Rigling, Claudio Cattaneo, Oria Harari und Andreas Stalder für ihre Mitarbeit bei den Feldaufnahmen. Ein spezieller Dank geht auch an das Bundesamt für Umwelt, das die Forschung und Wirkungskontrolle in Waldreservaten massgeblich finanziell unterstützt.

Zitierung:

TEMPERLI, C.; STREIT, K.; ROBIN V.; BRANG, P., 2008: Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten. Das Beispiel Josenwald. [published online November 2008] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/9118.pdf>>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 46 S.

Im pdf-Format zu beziehen über www.waldreservate.ch und e-collection.ethbib.ethz.ch

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2008

Umschlag von oben nach unten:

Das Reservat Josenwald vom Gegenhang aus gesehen
Totholzhaufen in einer Bestandeslücke
Höhle in einem Buchenstamm
Dreibeinstantiv mit Bussole über einem Stichprobenzentrum
Spechtlöcher
(Fotos: Peter Brang)

Inhalt

Abstract [English].....	4
Abstract [Deutsch]	5
Abkürzungen.....	6
1 Einleitung	7
1.1 Projektrahmen	7
1.2 Grundlagen.....	7
2 Vorgehen.....	9
2.1 Stichprobendesign.....	9
2.2 Aufnahmemethode	10
2.3 Zeitaufwand.....	10
2.4 Datenverarbeitung.....	11
2.5 Auswertung	12
2.5.1 Allgemeines.....	12
2.5.2 Stratifizierung der SP	12
2.5.3 Lebender Bestand.....	13
2.5.4 Habitatstrukturen (HS)	14
2.5.5 Stehendes Totholz.....	15
2.5.6 Liegendes Totholz.....	16
2.5.7 Stammzahlvergleich von Vollkluppierungen mit SP-Aufnahmen	16
3 Resultate	17
3.1 Aufnahmeprozess	17
3.2 Stratifizierung der SP	17
3.3 Lebender Bestand	17
3.3.1 Stammzahl	17
3.3.2 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen	19
3.3.3 Stammzahlen und Gehölzarten: Vergleich mit Vollkluppierung 1979-1981.....	19
3.3.4 Grundfläche.....	22
3.3.5 Schaftholzvolumen.....	23
3.4 Habitatstrukturen	25
3.5 Stehendes Totholz	26
3.6 Liegendes Totholz	27
4 Diskussion.....	29
4.1 Informationsquellen	29
4.2 Stratenbildung	30
4.3 Bestandesstruktur	30
4.3.1 Lebender Bestand.....	30
4.3.2 Totholz	33
4.4 Habitatstrukturen	34
4.4.1 Erhebungsmethode.....	34
4.4.2 Häufigkeit von HS	35
4.5 Naturnähe des Waldreservats Josenwald.....	35
4.6 Probleme bei den Aufnahmen.....	36
4.7 Konstanz des Methodenkatalogs	37
4.8 Ausblick	38
5 Literatur.....	39
6 Anhang.....	41
6.1 Zusätzliche Tabellen und Grafiken.....	41
6.2 Hinweise für zukünftige Auswertungen	44
6.2.1 Datenbankstruktur.....	44
6.2.2 Anwendung des Auswertungsskripts	44

Temperli, C.; Streit, K.; Robin V.; Brang, P., 2008. Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten. Das Beispiel Josenwald. [published online November 2008] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/9118.pdf>>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 46 S.

Abstract

Standard analysis of the sampling inventory in unmanaged forest reserves. The Josenwald example

The effects of the forest reserve policy of the Confederation are controlled by monitoring selected forest reserves using a consistent methodology, which includes, as an important part, a sampling inventory. This report presents a standard analysis of the first inventory for the Josenwald reserve in the Canton of St. Gallen, which is 85 ha large and located on a steep south-facing slope in 420 to 1300 m a.s.l. above the Walensee. In this inventory, 9.5% of the forest area was assessed on 87 concentric plots of 200 and 500 m² area. 54 more plots were inaccessible. For analysis, the data was subdivided into two strata with different site conditions: dry beech associations and oak-lime associations.

In the beech forest stratum, the average number per ha of living trees with dbh \geq 7 cm amounts to 633.4 \pm 60.5, in the oak-lime forest to 876.0 \pm 57.3. The stem numbers decrease exponentially, the higher the dbh is. The basal areas are, with 33 m²/ha, comparatively low. The growing stock was also low, with 253 m³/ha in the beech forest and 235 m³/ha in the lime-oak forest, since the soils are superficial and dry up easily. In 1947, however, the growing stock was only approx. 113 m³/ha. Thus, it has more than doubled within 60 years. Around 1880, the growing stock was even clearly lower than 100 m³/ha. Despite several decades without timber extraction, trees with a dbh of 36 cm and more are still rare. European beech is the most frequent tree species in the reserve, followed by lime, ash and oak. The tree species composition has changed little since 1947.

The volumes of standing and lying dead wood amount to 98.1 m³/ha in the stratum beech forest and to 62.4 m³/ha in the stratum lime-oak forest. These values are similar to those found on similar sites in old-growth forests in the western Carpathian mountains, but much higher than the Swiss average of 11.9 m³/ha. Most of the dead wood is lying. This suggests a prevalence of wind and avalanche disturbances, which is confirmed by the high average density of 73 root plates/ha. In total, 119 habitat structures per ha were found in the beech forest stratum, and 60 in the lime-oak forest. Root plates were the most frequent habitat structures, followed by cavities with mulm body, stem cavities and snags with at least 36 cm dbh as well as crown dead wood. All other habitat structures, and thus more than half of the structure types, were infrequent. Trees with dbh of at least 80 cm dbh were very scarce. Twenty-six percent of all living trees with dbh \geq 36 cm (103 out of 394 trees) had at least one habitat structure, and 26% of all trees with habitat structures had more than one.

The inventory proves a high naturalness of the forest reserve Josenwald with respect to tree species composition and dead wood volumes. Habitat structures seem also to occur quite frequently, but comparative data from other forests are unavailable. The newly developed sampling inventory is feasible and provides meaningful results, but the report also suggests improvements for further inventories.

Temperli, C.; Streit, K.; Robin V.; Brang, P., 2008. Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten. Das Beispiel Josenwald. [published online November 2008] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/9118.pdf>>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 46 S.

Abstract

Standardauswertung der Stichprobeninventur in Naturwaldreservaten. Das Beispiel Josenwald

Um die Wirkung der Waldreservatspolitik des Bundes zu überprüfen, werden ausgewählte Naturwaldreservate (NWR) nach einer einheitlichen Monitoring-Methode beobachtet, wovon eine Stichprobeninventur ein wichtiger Teil ist. Dieser Bericht präsentiert eine Standardauswertung der Inventur für das 85 ha grosse NWR Josenwald (Kanton St. Gallen), das in südexponierter Steillage auf 420 bis 1300 m Höhe über dem Walensee liegt. Bei der Inventur wurden 9,5% der Waldfläche aufgenommen, auf 87 konzentrischen Stichproben von 200 und 500 m² Fläche. Weitere 54 Stichproben waren unzugänglich. Zur Auswertung wurden die zwei standörtlich abgegrenzten Straten «trockene Buchenwälder» und «Eichen-Lindenwälder» gebildet.

Im Stratum Buchenwald stehen durchschnittlich $633,4 \pm 60,5$ und im Linden-Eichenwald $876,0 \pm 57,3$ lebende Bäume/ha mit $BHD \geq 7$ cm. Die Stammzahlen nehmen mit zunehmenden BHD exponentiell ab. Die Grundflächen liegen mit 33 m²/ha vergleichsweise tief. Auch der Holzvorrat von 253 m³/ha im Buchenwald und 235 m³/ha im Linden-Eichenwald ist aufgrund der flachgründigen, leicht austrocknenden Böden gering. Im Jahr 1947 lag der Vorrat aber noch bei ca. 113 m³/ha, hat sich also innert 60 Jahren mehr als verdoppelt, und um 1880 lag der Vorrat deutlich unter 100 m³/ha. Trotz lange ausgebliebener Holznutzung sind Bäume ab 36 cm BHD immer noch wenig häufig. Die Buche ist die häufigste Baumart im Reservat. Es folgen Linden, Eschen und Eichen. Die Baumartenzusammensetzung hat sich seit 1947 wenig verändert.

Der Vorrat von stehendem und liegendem Totholz ist im Josenwald mit 98,1 m³/ha im Stratum BuW und 62,4 m³/ha im Stratum LiEiW ähnlich hoch wie in Urwäldern der Westkarpaten auf ähnlichen Standorten, und viel höher als im Landesdurchschnitt mit einem Wert von 11,9 m³/ha. Dabei dominiert das liegende Totholz deutlich, was auf Störungen durch Windwurf und Lawinen hindeutet und durch die hohe Zahl von 73 gefundenen Wurzeltellern pro ha bestätigt wird. Insgesamt wurden 119 Habitatstrukturen pro ha im Buchenwald und 60 im Linden-Eichenwald gefunden. Am häufigsten waren Wurzelteller, danach folgen Höhlen mit Mulmkörper, Löcher am Stamm und Dürrständer ab 36 cm BHD sowie Kronentotholz. Alle übrigen HS und damit über die Hälfte der unterschiedenen Strukturen waren selten. Bäume mit mindestens 80 cm BHD kamen kaum vor. 26% aller lebenden Bäume mit $BHD \geq 36$ cm (103 von 394 Bäumen) wiesen mindestens eine Habitatstruktur auf, und 26% aller Bäume mit Habitatstrukturen wies mehr als eine Struktur auf.

Die Inventur belegt, dass Baumartenzusammensetzung und Totholz mengen im Naturwaldreservats Josenwald naturnah sind. Auch Habitatstrukturen scheinen relativ häufig; dazu fehlen aber Vergleichsdaten aus anderen Wäldern. Die neu entwickelte Stichprobeninventur ist praktikabel und liefert aussagekräftige Ergebnisse. Der Bericht zeigt aber auch Verbesserungsmöglichkeiten für Folgeinventuren auf.

Abkürzungen

BHD	Brusthöhendurchmesser (Durchmesser des Stammes 1,3 m ab Boden)
BuW	Buchenwald
GWL	Gesamtwuchsleistung in kg Trockengewicht pro ha und Jahr
HS	Habitatstruktur
KF	Kernfläche
LiEiW	Linden-Eichenwald
LFI	Schweizerisches Landesforstinventar
NWR	Naturwaldreservat
SP	Stichprobe
WG	Waldgesellschaft
$X \pm Y$	X: Mittelwert, Y: Standardfehler des Mittelwerts

1 EINLEITUNG

1.1 Projektrahmen

Um die Wirkung der Reservatspolitik des Bundes zu überprüfen, werden ausgewählte Naturwaldreservate (NWR) nach einer einheitlichen Monitoring-Methode (Brang et al. 2008a) beobachtet. Dabei soll insbesondere aufgezeigt werden, inwiefern sich Waldstruktur und -dynamik in NWR und in bewirtschafteten Wäldern unterscheiden sowie welche Unterschiede sich hinsichtlich Habitatqualität ergeben. Ausserdem sollen die Daten es ermöglichen, die Entwicklung unbewirtschafteter Wälder besser zu verstehen.

In den nächsten 15 Jahren sind Aufnahmen von insgesamt ca. 1'500 Stichproben (SP) in rund 25 NWR geplant. Für die Daten soll eine Standardauswertung entwickelt werden, welche Auswerteroutinen und die Darstellung der Ergebnisse in einem Bericht sowie die verwendeten Dokumentvorlagen umfasst. Die Auswertung soll am Beispiel von Daten aus dem NWR Josenwald entwickelt werden. Sie soll folgende Fragen beantworten:

1. Wie sind die Bestände im NWR strukturiert?
2. Wie häufig sind für die Artenvielfalt wichtige Habitatstrukturen?
3. Wie haben sich Bestandesstruktur und Habitatstrukturen entwickelt, und welche Entwicklung ist in den nächsten 50 Jahren zu erwarten?
4. Wie sind die Ergebnisse im Vergleich zu Daten aus Urwäldern und bewirtschafteten Wäldern zu werten?

Adressaten des Berichts sind die zuständigen kantonalen Waldfachstellen, die Eigentümer eines NWR, weitere an NWR Interessierte sowie die Projektmitarbeiter. Anwender der Auswerteroutinen sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Reservatsprojekt. Die Auswertung und der Bericht sollen für NWR mit intensivem und extensivem Monitoring (Brang et al. 2008a) möglichst ähnlich sein.

1.2 Grundlagen

Das NWR Josenwald liegt zwischen den Gemeinden Walenstadt und Quinten (Kanton St. Gallen) und grenzt im Süden an den Walensee (47° 08' N, 9° 15' O). Das Reservat erstreckt sich auf einer Fläche von 85,7 ha entlang eines Höhengradienten von 420 bis 1'300 m ü.M. Eigentümerin ist die Ortsgemeinde Walenstadt, welche den Josenwald der ETH seit 1976 als Totalreservat verpachtet hat. Es handelt sich um einen Laubmischwald, in dem vor allem Buchen-Waldgesellschaften (WG) auftreten (Nr. 9, 12g, 15, 16 und 17 nach Keller et al. 1998), wo aber aufgrund der südexponierten Lage auch von Linden und Eichen dominierte WG (Nr. 25C und 40*) vorkommen (Waldstandortkartierung des Kantons St.Gallen 2007).

Im Rahmen der ETH-Reservatsforschung wurde in 14 Abteilungen des Josenwaldes einmal (1979-1981) eine Vollkluppierung durchgeführt¹ und es wurden insgesamt 12 Kernflächen (KF) bis heute drei Mal aufgenommen (1980, 1990, 2008).

¹ Diese Abteilungen decken sich nicht mit den Abteilungen gemäss Forsteinrichtung.

Weitere NWR mit Buchenwaldstandorten, in denen ein intensives Monitoring und damit eine SP-Aufnahme geplant sind, sind der Bois de chênes und der Sihlwald. Vom Bois de chênes stehen Daten von drei KF-Aufnahmen zur Verfügung (Brang et al. 2008b). Im Sihlwald wurden bis heute Aufnahmen in alten waldwachstumskundlichen Flächen (Durchforstungsversuch) durchgeführt, welche später auf 10 ha vergrössert wurden (Commarmot et al. 2005). Zudem führte Grün Stadt Zürich eine SP-Inventur durch (Anonymus 2003). Zusammen mit 15 weiteren NWR, in denen ein extensives Monitoring geplant ist, kommt diesen NWR eine spezielle Bedeutung hinzu. Sie repräsentieren die Buchenwaldstandorte, denen in der Schweiz mehr als 50% der Wälder zuzuordnen sind (Wohlgemuth et al. akzeptiert).

Da der Josenwald das erste NWR ist, in dem als Teil des intensiven Monitorings SP-Aufnahmen durchgeführt wurden, ist ein direkter Vergleich zwischen verschiedenen NWR noch nicht möglich. Die Auswertung der Daten aus den KF im Josenwald ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

2 VORGEHEN

2.1 Stichprobendesign

Bei der Festlegung des Perimeters der SP-Inventur im Josenwald wurden die am höchsten gelegenen Teile des Reservats ausgeschlossen, weil sie im Tannen-Buchen-Wald liegen (WG 18 und 20) und diese WG im Josenwald nicht erfasst werden sollen. Die ausgeschlossene Fläche ist 13,8 ha gross.

Um, wie im Inventurkonzept (Brang et al. 2008a) vorgesehen, rund 100 SP zu erhalten, wurde ein systematisches SP-Netz von 141 Punkten über das restliche NWR Josenwald von 71,9 ha Fläche gelegt. Das Netz schliesst die Kilometerknotenpunkte des Landeskoordinatennetzes ein und ist nach Nord-Süd und West-Ost ausgerichtet, mit Abständen zwischen den SP von 71,43 m. Von diesen 141 SP erwiesen sich 54 als unzugänglich. Der Entscheid, eine Probefläche nicht aufzunehmen, wurde aufgrund einer Risikoabschätzung im Gelände getroffen. So wurden z.B. SP, die in einer Felswand lagen oder solche mit sehr grosser Hangneigung nicht aufgenommen. Von den ursprünglich 141 SP wurden schliesslich 87 (62%) bearbeitet, in Höhenlagen von 452 bis 971 m ü.M. Die Höhenlage jeder SP wurde aus dem digitalen Höhenmodell «dtm25» der Schweizerischen Landestopographie (swisstopo) ermittelt.

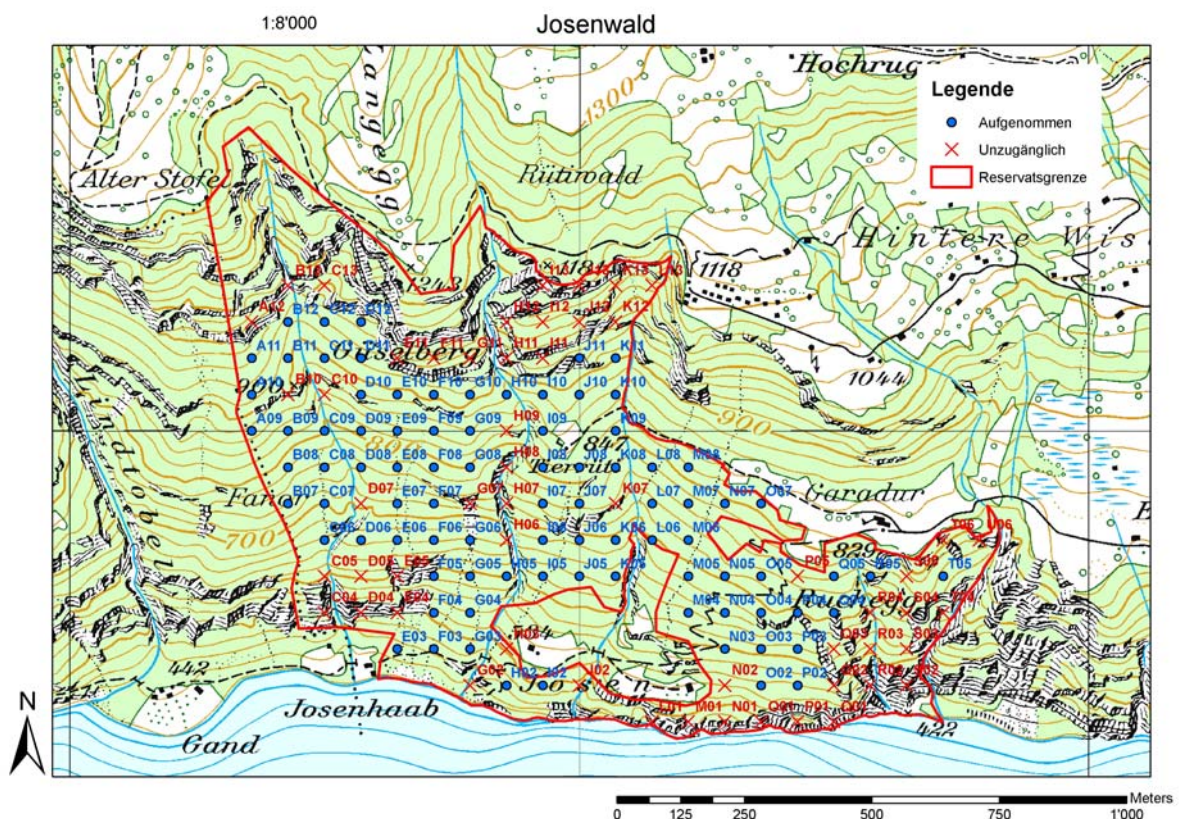


Abbildung 1. Lage der Stichproben im NWR Josenwald. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA082265).

2.2 Aufnahmemethode

Das Monitoringkonzept und die aufzunehmenden Parameter sind im Bericht «Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz» (Brang et al. 2008a) grob beschrieben. Detailliert sind die aufzunehmenden Merkmale und Aufnahmeverfahren in «Stichprobeninventur in schweizerischen Naturwaldreservaten. Methodenanleitung» (Streit et al. 2008) dargelegt.

Die Feldaufnahmen wurden mehrheitlich ausserhalb der Vegetationszeit vom 12.7.2007 bis zum 24.4.2008 durchgeführt. In der Periode von Juli bis Oktober 2007 wurden 30 SP im Rahmen einer Testinventur aufgenommen (Streit et al. 2007). Nach methodischen Anpassungen wurde die restliche Inventur durchgeführt. Auch im weiteren Verlauf der Aufnahme wurde die Aufnahmemethode punktuell leicht angepasst. Es wurde aber darauf geachtet, dass die Daten vergleichbar sind.

In Streit et al. (2008) ist beschrieben, wie die SP eingemessen und versichert werden und wie die Ausprägungen und Merkmale des stehenden Bestandes sowie des liegenden Totholzes computergestützt (Software: Fieldmap²) erfasst werden. Im Unterschied dazu wurden bei dieser ersten Inventur die Daten im Gelände noch auf Formularen erfasst und dann in eine MS-Access-Datenbank³ übertragen.

2.3 Zeitaufwand

Die SP wurden in Zweierteams aufgenommen, und alle Zeiteingaben gelten für zwei Personen. Die Aufnahme fand in drei Arbeitsschritten statt. Zuerst wurde die SP eingemessen und versichert, danach wurden der stehende Bestand und zum Schluss das liegende Totholz aufgenommen.

Während der Testaufnahmen wurden die SP in Typ 1 und Typ 2 eingeteilt (Streit et al. 2007): In den SP des Typs 1 wurden alle Parameter aufgenommen, in den SP des Typs 2 nur Habitatstrukturen (HS). Der Zeitaufwand für die Einmessung und die Aufnahme der allgemeinen Angaben (SP-Parameter) unterschied sich zwischen den zwei SP-Typen stark ($p=4,25 \cdot 10^{-6}$). Dies liegt daran, dass die SP des Typs 2 während der Testaufnahmen schon eingemessen und versichert und die HS bereits aufgenommen worden waren. Beim zweiten Aufsuchen der SP des Typs 2 waren daher die Angaben nur noch zu vervollständigen.

Für die Einmessung und Versicherung einer SP wurden $1,14 \pm 0,07$, für die Aufnahme des stehenden Bestandes $1,05 \pm 0,05$ und für die Aufnahme des liegenden Totholzes $0,50 \pm 0,03$ Industriestunden⁴ benötigt (Tabelle 1). Der Gesamtaufwand pro SP lag somit bei ca. 2,45 h, die Tagesleistung eines Zweierteams bei 2-3 SP; bei Hochrechnung des Aufwandes für aufgenommene SP des Typs 1 auf die ganze Inventur im Josenwald lag der Aufwand bei 213 h. Dazu kommen ca. 20 h für SP, die eingemessen, aber wegen Unzugänglichkeit nicht aufgenommen wurden.

² Fieldmap®. Copyright© IFER Datenerfassungssoftware

³ Microsoft® Access 2002 SP3. Copyright© Microsoft Corporation 1992-2002

⁴ Industriestunden: Minuten werden als Dezimalstunden dargestellt. 1 Minute = $1/60 = 0,0167$ Industriestunden

Tabelle 1. Zeitaufwand für die Arbeitsschritte der SP-Aufnahme in Industriestunden. Angegeben sind die Mittelwerte (M) und Standardfehler (SEM) aller SP und jene von den während den Testaufnahmen mit Typ 1 und Typ 2 bezeichneten SP.

Arbeitsschritt	Alle SP (N=87)		SP-Typ 1 (N=44)		SP-Typ 2 (N=43)	
	M	SEM	M	SEM	M	SEM
Einmessen und allgemeine Angaben	0,89	0,06	1,14	0,07	0,62	0,08
Aufnahme stehender Bestand	1,05	0,05	1,16	0,08	0,94	0,06
Aufnahme liegendes Totholz	0,50	0,03	0,50	0,03	0,49	0,05

Bei der Beurteilung dieses Aufwandes ist die Steilheit des Geländes zu berücksichtigen (Streit et al. 2007). Die durchschnittliche Hangneigung beträgt im Josenwald $81,4 \pm 1,7\%$, ohne Unterschied zwischen den beiden Straten ($p=0,27$, vgl. Kap. 2.5.2 Stratifizierung der SP). 15 der 87 aufgenommenen SP wiesen Hangneigungen zwischen 80 und 90% auf, 20 SP waren gar steiler als 90%.

2.4 Datenverarbeitung

Die Übertragung der Daten von Formularen in die Datenbank war zeitintensiv und fehleranfällig. So wurde ca. ein Drittel der Zeit, welche für die Feldaufnahmen benötigt wurde, für die Eingabe der Daten verwendet. Ausserdem musste der Datensatz auf Fehler bei der Eingabe überprüft und korrigiert werden.

Die im Gelände erhobenen und korrigierten Daten wurden in der MS-Access-Datenbank «SP_Inventur_Josenwald_2008.mdb» abgelegt. Es wurden separate Tabellen für die Angaben zu den SP, zum stehenden Bestand und zum liegenden Totholz erstellt.

Insgesamt wurden 1603⁵ Bäume und Stümpfe, davon 116 tote und 1427 lebende, sowie 614 Totholzstücke aufgenommen. In der Tabelle des stehenden Bestandes fehlen 83 Messungen. In 22 Fällen wurde die Höhe eines Probebaumes oder Stumpfes, 12 Mal die Bemerkung Wuchs, in je 11 Fällen das Azimut sowie die Baumart, in je 8 Fällen die Kronenlänge sowie die Schichtzugehörigkeit und 5 Mal der BHD nicht aufgenommen (die Aufzählung ist nicht vollständig).

Bei der Aufnahme des liegenden Totholzes fehlen 12 Messwerte. In 5 Fällen wurde die Transektneigung, in 4 Fällen die aufgenommene Transektlänge, 2 Mal die Totholzfestigkeit, und je 1 Mal ein Durchmesser und der Winkel zur Horizontalen nicht gemessen.

Aufgrund der meist unzugänglichen oder fehlenden Blätter und Blüten (laubloser Zustand) wurde auf die Bestimmung der Linden- (*Tilia L.*) und Eichenarten (*Quercus L.*) verzichtet. Bei früheren Aufnahmen in den Abteilungen und KF des Josenwaldes waren die Linden als Winterlinden (*Tilia cordata Mill.*) und die Eichen als Stieleichen (*Quercus robur L.*) bestimmt worden. Im Wirtschaftsplan der Ortsgemeinde Walenstadt von 1947-1957 ist dagegen in den Abteilungen 29 von «Trauben-Flaumeichenschutzwald» die Rede, in Abteilung 33 von «Li-Es-Traubei-Urwald».

⁵ Hierin sind ca. 40 HS-Bäume nicht eingeschlossen, die bei den Testaufnahmen auf einem SP-Kreis mit 1000 m² Fläche aufgenommen, aber nicht in die Auswertung einbezogen wurden.

2.5 Auswertung

2.5.1 Allgemeines

Die Auswertung wurde mit der Statistiksoftware R⁶ durchgeführt. Die Auswerteroutinen liegen als Skript vor, die für zukünftige Auswertungen mit leichten Anpassungen wieder verwendet werden können. Meist wurden die Straten Buchenwald (BuW) und Linden-Eichenwald (LiEiW) separat ausgewertet (Ausnahme: Zeitaufwand).

Bei der Berechnung von Stammzahlen, Grundflächen und Schaftholzvolumen wurden Durchmesserklassen gebildet. Die Klasse «Alle BHD» schliesst alle Bäume ab 7 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) ein. Die Klasse «BHD<36» umfasst Bäume von 7 cm bis 36 cm BHD und die Klasse «BHD≥36» solche ab 36 cm BHD.

Stammzahlen, Grundflächen und Schaftholzvolumen auf einer SP wurden für jedes Stratum und jede Durchmesserklasse (Alle BHD, BHD<36 und BHD≥36) getrennt berechnet und auf eine ha hochgerechnet. Dabei wurde beachtet, dass Bäume mit BHD<36 cm im 200 m²-Kreis und Bäume ab 36 cm BHD im 500 m²-Kreis aufgenommen wurden und dass aufgrund von Geländeunebenheiten (7 Fälle) sowie der Lage der SP am Waldrand (1 Fall) bzw. an der Reservatsgrenze (1 Fall) neun SP unvollständig aufgenommen wurden.

Zur Hochrechnung von Werten auf eine ha wurden die effektiv aufgenommenen Flächen bei unvollständig aufgenommenen SP mit Neigungskorrektur berechnet. Die Berechnung der Restflächen aufgrund von Knickpunkten und Grenzlinien erfolgte mit einem in R übersetzten FORTRAN 77-Programm.

Fehlende Werte (NAs) in den Datensätzen wurden, falls nicht anders erwähnt, nicht ersetzt. Bei der Bildung von Summen, Mittelwerten und anderen Kalkulationen wurden diese jedoch berücksichtigt. Falls ein NA als Selektionskriterium einer Datenabfrage auftrat, hatte dies die Menge Null zur Folge. Wenn zum Beispiel von jeder Baumart die Stammzahl ermittelt wurde, wurde ein Stamm, von dem die Baumart nicht bekannt war, nicht gezählt.

Die angegebenen Prozentwerte sind Anteile der Mittelwerte einer Auswertungseinheit am Mittelwert des Totals. Es konnten keine Prozentzahlen von einzelnen SP berechnet werden, da in vielen Fällen Nullwerte vorhanden waren, die nicht durcheinander dividiert werden konnten.

2.5.2 Stratifizierung der SP

Die SP wurden nach pflanzensoziologisch ähnlichen Einheiten stratifiziert, wobei als Grundlage die Waldstandortkartierung des Kantons St. Gallen (2007) verwendet wurde (Tabelle 2). Jeder SP wurde die entsprechende WG zugewiesen. Für die anschliessende Gruppierung wurden nur die Nummern der WG verwendet. Allfällige die Untergesellschaften bezeichnende Zusatzzeichen und Angaben zu WG-Übergängen in Klammern wurden nicht berücksichtigt. Es wurde beachtet, dass in einem Stratum nicht weniger als 30 SP vorhanden sind.

⁶ R version 2.6.1 (2007-11-26). Copyright © 2007 The R Foundation for Statistical Computing

Tabelle 2. Stratifizierung der SP: Pflanzensoziologische Einheiten, Waldgesellschaften (WG) nach Keller et al. (1998) und Anzahl Stichproben (SP) in den Straten Buchenwald und Linden-Eichenwald.

Stratum	Pflanzensoziologische Einheiten	WG	Anzahl SP
Buchenwald	<i>Eu-Fagion, Cephalanthero-Fagion</i>	9, 12, 15, 16, 17	51
Linden-Eichenwald	<i>Asperulo taurinae-Tilietum, Sileno nutantis-Quercetum</i>	25, 40	36

Die Stratifizierung wurde mit der Partitionierungsmethode (R-Funktion pam(): Partitioning Around Medoids) überprüft. Die SP wurden dabei aufgrund der Grundfläche der sieben Baumarten mit dem höchsten Grundflächenanteil um zwei zentrale SP («Medoids») gruppiert. Als Verschiedenheitsmass galt die euklidische Distanz.

2.5.3 Lebender Bestand

Stammzahl/ha: Für jede Baumart wurden prozentuale Anteile an der Stammzahl aller Baumarten, Mittelwerte und deren Standardfehler berechnet.

Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen: Die aufgenommenen Bäume wurden nach BHD in die Durchmesserklasse 7-11 cm⁷, 12 Klassen, welche jeweils 4 cm einschliessen und eine Klasse, die Bäume ab 60 cm BHD umfasst, eingeteilt.

Grundfläche [m²/ha]: Für jeden Baum wurde die Fläche des Kreises berechnet, dessen Durchmesser durch den BHD gegeben ist. Die Grundflächen pro Baumart, SP, Durchmesserklasse (Alle BHD, BHD<36 und BHD≥36) und Stratum wurden durch Addition der Grundflächen der jeweiligen Bäume berechnet. Es wurden für jede Baumart Anteile an der Gesamtgrundfläche, Mittelwerte und deren Standardfehler über die SP berechnet.

Schaftholzvolumen [m³/ha]: Für die Berechnung des Schaftholzvolumen in Rinde wurde das Tarif-Modell (Formel 1) verwendet, welches für die Auswertung des zweiten Landesforstinventars (LFI) entwickelt wurde (Kaufmann 2000).

Die Tarifnummern sind für die Hauptbaumarten spezifisch. Für seltenere Baumarten wurden die Tarifnummern für übriges Nadelholz bzw. übriges Laubholz verwendet. Falls die Baumart während den Feldaufnahmen nicht aufgenommen worden war, wurde der Tarif für übriges Laubholz verwendet. Die Tarifnummern sowie die Modellkoeffizienten können in Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 in Kaufmann (2000) eingesehen werden. Der Josenwald ist gemäss Brassel & Brändli (1999) und Streit et al. (2007) geografisch der Produktionsregion Voralpen zuzuordnen. Es wurden daher die Tarifnummern für diese Produktionsregion verwendet. Die GWL in kg Trockensubstanz pro Hektare und Jahr im Josenwald wurde von Dionys Hallenbarter (WSL) gemäss Keller (1978) berechnet und beträgt 1635 kg/(ha*Jahr). Der mittlere BHD der hundert stärksten Bäume pro ha (d_{dom}) wurde aus dem Mittelwert der 5 stärksten Bäume im 500 m²-Kreis bestimmt.

⁷ Die Klasse 7-11 cm umfasst 5 cm und wurde gewählt, um die Daten mit dem LFI vergleichbar zu halten (Grenzen von 12 und 36 cm auf den konzentrischen Probekreisen).

⁸ Der BHD der einen Silberpappel (*Populus alba* L.) wurde nicht gemessen, weswegen keine Grundfläche berechnet werden konnte.

Formel 1. Schätzung des Schaftholzvolumens in Rinde.

$$V_k = e^{(b_{0k} + b_{1k} * \ln(BHD) + b_{2k} * \ln^4(BHD) + \sum_{j=3}^7 b_{jk} * B_j)}$$

mit: V: Schaftholzvolumen in Rinde in m³

k: Tarifnummer (201-230)

b₀-b₇: Modellkoeffizienten

BHD: Brusthöhendurchmesser in cm

B₃-B₇: Einzelbaum-, Bestandes- und Stamdotsmerkmale:

B₃: Standortgüte: Gesamtwuchsleistung (GWL)

B₄: d_{dom}: Mittlerer BHD der hundert stärksten Bäume pro Hektare in cm, Indikatorgrösse für Entwicklungsstufe

B₅: Verzweiselung (1: ja/0: nein)

B₆: Höhe ü. Meer (m)

B₇: Schicht eines Baumes (0: Oberschicht/1: nicht Oberschicht)

2.5.4 Habitatstrukturen (HS)

Es wurde erstens die Anzahl Stämme/ha (lebend oder tot) ermittelt, an denen mindestens eine HS angesprochen werden konnte, und zweitens die Anzahl Stämme/ha, an denen mehrere HS gefunden wurden, für die folgenden HS (Definitionen s. Streit *et al.* 2008):

- Höhle mit Mulmkörper
- Loch am Stamm
- Kronentotholz
- Risse und Spalten
- Flächige Rindenverletzung
- Kronenbruch
- Hohler Stamm
- Stammbruch
- Konsolenpilze
- Safffluss

Dabei ist zu beachten, dass an Dürrständern nur die HS Höhle mit Mulmkörper, Loch am Stamm, Hohler Stamm und Konsolenpilze aufgenommen wurden. Falls mehrere Löcher am Stamm vorhanden waren, wurden diese als 2 HS gezählt. Weiter wurde das Merkmal Kronentotholz zwei Mal gezählt, wenn der Totholzanteil in der Krone über 50% lag (2 Fälle). Ebenso wurde auch das Merkmal Kronenbruch zwei Mal gezählt, wenn mehr als 50% der Krone abgebrochen waren (2 Fälle).

Weiter wurde zweitens die Häufigkeit (Anzahl/ha) der oben genannten HS sowie der folgenden weiteren HS ermittelt:

- Wurzelteller
- Baum mit BHD \geq 80 cm
- Strunk mit BHD \geq 36 cm
- Dürrständer mit BHD \geq 36 cm

2.5.5 Stehendes Totholz

Das Schaftholzvolumen [m³/ha] des stehenden Totholzes wurde wie in Streit *et al.* (2007) mit einem leicht modifizierten Verfahren nach Kaufmann (2000) berechnet. Zur Ermittlung der Schichtzugehörigkeit (Parameter B₇ in Formel 1) wurde die ursprüngliche Baumhöhe aus dem BHD mit Hilfe der Kurvengleichung der Höhen-Durchmesserkurve aus dem Bestand berechnet und mit der mittleren Oberhöhe (d_{dom}) verglichen. Die Höhen-Durchmesserkurven wurden für beide Straten getrennt erstellt, ohne Unterscheidung zwischen Nadel- und Laubbäumen, da zu wenige Prohebäume (3 bzw. 6) der Artengruppe Nadelholz zugeordnet werden konnten.

Der Prozentsatz des verbliebenen Schaftholzvolumens von Dürrständern (Zerfallsstadium 8 gemäss Streit *et al.* 2008) und von Strünken (Stümpfe) wurde aus der Differenz der geschätzten ursprünglichen Baumhöhe und der gemessenen Höhe des Stumpfes hergeleitet. Dabei wurde angenommen, dass ein Baumhöhenverlust von unter 20% das Derbholzvolumen nicht reduziert. Die Abnahme des verbliebenen Schaftholzvolumens bei einem Baumhöhenverlust von über 20% erfolgte dann proportional zum Höhenverlust. Mit dieser Annäherung wurde das verbliebene Totholzvolumen vermutlich etwas unterschätzt.

Formel 2. Schätzung des Prozentsatzes des verbliebenen Schaftholzvolumens von Stümpfen im Zerfallsstadium 8.

$$p_v = \frac{H_a}{H_g} * 100 / 80$$

mit: p_v: Prozentsatz des verbliebenen Schaftholzvolumens des Stumpfes
 H_a: Gemessene Höhe des Stumpfes
 H_g: Geschätzte ursprüngliche Höhe des Stumpfes

Falls der Prozentsatz des verbliebenen Schaftholzvolumens (p_v) unter 100% lag, wurde das nach Formel 1 berechnete Schaftholzvolumen mit p_v multipliziert, andernfalls erfolgte keine Multiplikation mit p_v. Es wurden prozentuale Anteile am gesamten stehenden Totholz sowie Mittelwerte und deren Standardfehler für alle Totholzfestigkeitsstufen nach Keller (2005) berechnet:

1. Frischholz (saftführend)
2. Totholz (saftlos, fest; Messer dringt in Faserrichtung nur sehr schwer ein)
3. Morschholz (weniger fest; Messer dringt in Faserrichtung leicht ein, nicht aber quer)

4. Moderholz (weich; Messer dringt in jeder Richtung leicht ein)
5. Mulmholz (sehr locker oder pulvrig; kaum noch zusammenhängend)

2.5.6 Liegendes Totholz

Das Volumen [m³/ha] des liegenden Totholzes wurde nach der Methode von Böhl & Brändli (2006), welche im Rahmen des dritten LFI verwendet wird, mit Formel 3 berechnet.

Formel 3. Schätzung des liegenden Totholzes auf einer SP in m³/ha.

$$V_j = \frac{\pi^2}{8 * L_j} * \sum_{i=1}^N \left(\frac{(d_{1i} + d_{2i})}{2} \right)^2 * \frac{1}{\cos(\alpha_i)}$$

- mit:
- V_j: Geschätztes Volumen des liegenden Totholzes auf der SP j
 - L_j: Totale horizontale Transektlänge (m) auf der SP j
 - d_{1i} und d_{2i}: Die beiden übers Kreuz am Schnittpunkt des Totholzstückes i mit der Transektlinie gemessenen Durchmesser in cm
 - α_i: Winkelabweichung des Totholzstückes i von der Horizontalebene in Grad

Für fehlende Transektneigungswerte, Transektlängen und Winkel zur Horizontalebene wurden die Mittelwerte der aufgenommenen Werte gesetzt. Eine fehlende zweite Durchmesseremessung wurde durch die erste Messung ergänzt.

Es wurden prozentuale Anteile am gesamten liegenden Totholz sowie Mittelwerte und deren Standardfehler für alle Totholzfestigkeitsstufen (Streit *et al.* 2008) berechnet. Zusätzlich wurde das Volumen des liegenden Totholzes ab 12 cm Durchmesser ermittelt, um die Resultate mit LFI-Daten (Brassel & Brändli 1999) vergleichen zu können.

2.5.7 Stammzahlvergleich von Vollkluppierungen mit SP-Aufnahmen

Die Stammzahlen/ha der SP-Aufnahme und die Stammzahlen/ha der Abteilungen 1 bis 5, 11, 96, 97, 98, welche in den Jahren 1979 bis 1981 aufgenommen worden waren (Rohrer 2008), wurden für alle Baumarten ermittelt. Die Daten der SP-Aufnahmen wurden nicht in BuW und LiEiW stratifiziert. In den Abteilungen wurden Bäume ab 4 cm kluppiert. Um die beiden Datensätze vergleichen zu können, wurden aber nur jene ab 7 cm BHD berücksichtigt. Die Flächen der Abteilungen wurden dem GIS-Projekt «wr_gis_project.mxd» (Stand: 7.7.2008) entnommen. Sie betragen 7,2 ha, was 8,3% der durch die SP-Aufnahme abgedeckten Fläche entspricht.

Zum Vergleich der Stammzahl/ha zwischen Abteilungen und der SP-Aufnahme wurde ein T-Test mit Signifikanzniveau α=0,05 durchgeführt. Auch Daten der Vollkluppierung 1946/1947 wurden zu Vergleichszwecken herangezogen.

3 RESULTATE

3.1 Aufnahmeprozent

Die 87 aufgenommenen SP haben eine Gesamtfläche von ca. 4,2 ha. Das Aufnahmeprozent beträgt daher, bei Abzug der Reservatsflächen im Buchen-Tannen-Wald und der unzugänglichen SP, 9,5%.

3.2 Stratifizierung der SP

Die mit der Partitionierung (aufgrund der Grundfläche der sieben grundflächenstärksten Baumarten) durchgeführte Stratifizierung stimmte bei 70% der SP mit der Stratifizierung aufgrund der Waldstandortkartierung des Kantons St. Gallen (2007) überein (Abbildung 12 im Anhang).

3.3 Lebender Bestand

3.3.1 Stammzahl

Im Stratum Buchenwald (BuW) standen durchschnittlich $633,4 \pm 60,5$ und im Linden-Eichenwald (LiEiW) $876,0 \pm 57,3$ Bäume/ha ($BHD \geq 7$ cm). Davon wiesen $108,5 \pm 10,6$ (17%), respektive $71,8 \pm 11,7$ (8%) Bäume einen $BHD \geq 36$ cm auf (Tabelle 3 und Tabelle 4). Bei Ausschluss der Bäume mit $BHD < 12$ cm waren diese Anteile im BuW 24% und im LiEiW 12%.

Im BuW wurden insgesamt 16 Taxa bestimmt, dabei ein Baum nur auf Gattungsniveau (*Prunus* L.). Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) war mit 58% die mit Abstand häufigste Baumart (Abbildung 2). Die Linden (*Tilia* L.) waren mit 18% am zweithäufigsten, gefolgt von der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior* L.), den Eichenarten (*Quercus* L.), der Mehlbeere (*Sorbus aria* (L.) Crantz) und der Bergulme (*Ulmus glabra* Huds.) mit 9,5, 4,1, 3,2 bzw. 2,0% der Stammzahl. Werden nur Bäume ab 36 cm BHD betrachtet, war der Anteil der Buchen mit 72% zuungunsten von Linden, Eschen und anderen Arten höher als im Gesamtbestand. Der Anteil an Eichen und Ulmen war in der Durchmesserklasse $BHD \geq 36$ leicht höher als im Gesamtbestand, während keine Mehlbeeren mit $BHD \geq 36$ cm aufgenommen wurden.

Die Anzahl Taxa im LiEiW betrug wie im Buchenwald 16. Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein Ahorn (*Acer* L.) nicht auf Artniveau bestimmt werden konnte. Dieser ist wahrscheinlich ein Feldahorn (*Acer campestre* L.) oder Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Die Baumarten waren im LiEiW ausgeglichener verteilt als im BuW. Die Linden, Esche und Buche waren mit 28,8, 22,2 bzw. 20,7% am häufigsten vertreten, gefolgt von Eichen, Mehlbeere und Feldahorn (12,3, 5,9 bzw. 3,8%). Bei Bäumen mit $BHD \geq 36$ cm waren Buchen mit 39,5% Anteil bedeutend häufiger, Eschen mit 7,8% Anteil hingegen wesentlich seltener als im Gesamtbestand. Der Fichtenanteil lag im Gesamtbestand bei 1,2%, bei Bäumen mit $BHD \geq 36$ cm bei 7,0%.

Tabelle 3. Lebender Bestand stehend, Stammzahl [N/ha] total und nach Baumart pro Durchmesserklasse: Alle BHD, (aufgenommen in beiden Kreisen), BHD<36 cm (aufgenommen im 200 m²-Kreis) und BHD≥36 cm (aufgenommen im 500 m²-Kreis) im Stratum Buchenwald (N=51). Angegeben sind Anteile von Baumarten an der gesamten Stammzahl (%), Mittelwerte (M) und deren Standardfehler (SEM).

Buchenwald Baumart	Alle BHD			BHD<36 cm			BHD≥36 cm		
	%	M	SEM	%	M	SEM	%	M	SEM
Total	100,0	633,4	60,5	100,0	524,9	61,7	100,0	108,5	10,6
<i>Fagus sylvatica</i> L.	57,8	366,1	40,1	54,9	288,0	38,2	72,0	78,1	8,5
<i>Tilia</i> L.	18,1	114,4	29,7	20,3	106,3	29,3	7,5	8,1	2,6
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	9,5	60,2	11,7	10,1	53,1	11,6	6,5	7,1	2,4
<i>Quercus</i> L.	4,1	25,7	8,0	3,7	19,4	7,4	5,8	6,3	2,1
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	3,2	20,0	8,0	3,8	20,0	8,0	0,0	0,0	-
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	2,0	12,7	3,6	1,7	9,2	3,4	3,3	3,5	1,6
<i>Taxus baccata</i> L.	1,6	10,4	7,3	2,0	10,4	7,3	0,0	0,0	-
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	1,2	7,4	5,0	0,6	3,0	2,2	4,1	4,4	3,0
<i>Acer campestre</i> L.	1,1	7,2	3,5	1,4	7,2	3,5	0,0	0,0	-
<i>Juglans regia</i> L.	0,3	2,0	1,4	0,4	2,0	1,4	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana</i> L.	0,3	2,0	2,0	0,4	2,0	2,0	0,0	0,0	-
<i>Populus alba</i> L.	0,2	1,0	1,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,0	-
<i>Prunus</i> L.	0,2	1,0	1,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,2	1,4	1,4	0,3	1,4	1,4	0,0	0,0	-
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,2	1,0	1,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,0	-
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0,1	0,9	0,7	0,0	0,0	-	0,8	0,9	0,7

Tabelle 4. Lebender Bestand stehend, Stammzahl [N/ha] total und nach Baumart pro Durchmesserklasse: Alle BHD, (aufgenommen in beiden Kreisen), BHD<36 cm (aufgenommen im 200 m²-Kreis) und BHD≥36 cm (aufgenommen im 500 m²-Kreis) im Stratum Linden-Eichenwald (N=36). Angegeben sind Anteile von Baumarten an der gesamten Stammzahl (%), Mittelwerte (M) und deren Standardfehler (SEM).

Linden-Eichenwald Baumart	Alle BHD			BHD<36 cm			BHD≥36 cm		
	%	M	SEM	%	M	SEM	%	M	SEM
Total	100,0	876,0	57,3	100,0	804,2	61,6	100,0	71,8	11,7
<i>Tilia</i> L.	28,8	252,6	45,3	29,2	234,7	44,5	24,9	17,9	5,0
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	22,2	194,5	33,1	23,5	188,9	33,8	7,8	5,6	1,9
<i>Fagus sylvatica</i> L.	20,7	181,1	42,1	19,0	152,8	35,7	39,5	28,3	9,2
<i>Quercus</i> L.	12,3	107,8	28,5	11,7	94,4	28,4	18,6	13,3	3,6
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	5,9	51,4	14,8	6,4	51,4	14,8	0,0	0,0	-
<i>Acer campestre</i> L.	3,8	33,3	10,0	4,1	33,3	10,0	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana</i> L.	1,9	16,7	7,7	2,1	16,7	7,7	0,0	0,0	-
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	1,2	10,6	4,8	0,7	5,6	4,4	7,0	5,0	2,3
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	1,0	8,9	3,2	1,0	8,3	3,1	0,8	0,6	0,6
<i>Taxus baccata</i> L.	0,7	6,1	3,9	0,7	5,6	3,9	0,8	0,6	0,6
<i>Hedera helix</i> L.	0,6	5,6	2,7	0,7	5,6	2,7	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,3	2,8	1,9	0,3	2,8	1,9	0,0	0,0	-
<i>Acer</i> L.	0,2	1,4	1,4	0,2	1,4	1,4	0,0	0,0	-
<i>Juglans regia</i> L.	0,2	1,4	1,4	0,2	1,4	1,4	0,0	0,0	-
<i>Ilex aquifolium</i> L.	0,2	1,4	1,4	0,2	1,4	1,4	0,0	0,0	-
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0,1	0,6	0,6	0,0	0,0	-	0,8	0,6	0,6

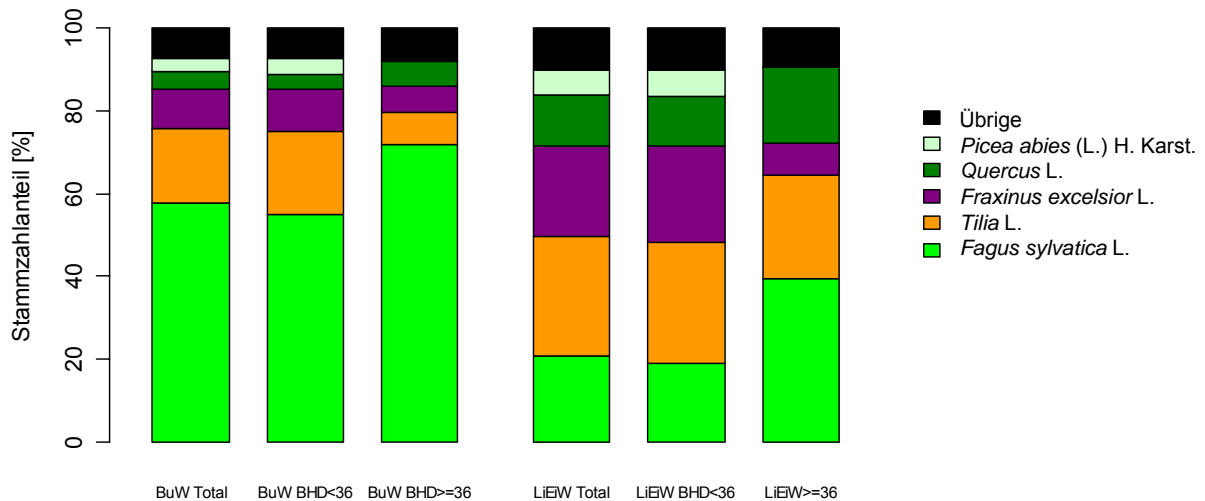


Abbildung 2: Stammzahlverteilung nach Baumart pro Durchmesserklasse und Stratum.

3.3.2 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen

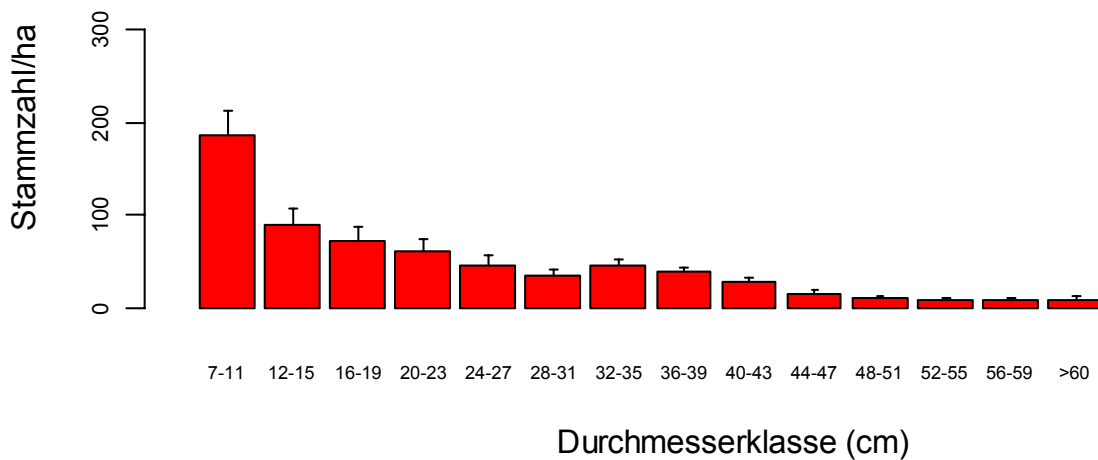
Im BuW nahm die Stammzahl nach 4 cm-Durchmesserklassen von $187,0 \pm 24,8$ /ha in der Klasse 7-11 cm in etwa exponentiell bis zur Klasse 28-31 cm ab, wo sie $35,2 \pm 6,8$ /ha betrug (Abbildung 3 und Tabelle A1). Die Stammzahl in der Klasse 32-35 cm war mit $45,6 \pm 7,9$ /ha erhöht, um bis zur Klasse 56-59 cm auf $8,6 \pm 2,6$ /ha abzusinken. In der Klasse ≥ 60 cm betrug die Stammzahl/ha $9,8 \pm 2,6$ /ha.

Im LiEW betrug die Stammzahl in der Klasse 7-11 cm $290,3 \pm 34,7$ /ha und nahm dann bis zur Klasse 28-31 cm auf $41,7 \pm 12,9$ /ha ab. Wie im BuW war die Stammzahl in der Klasse 32-35 cm mit $44,4 \pm 7,9$ /ha leicht erhöht und nahm dann mit kleinen Schwankungen bis zur Klasse 56-59 cm auf $2,5 \pm 1,6$ /ha ab. In der Klasse ≥ 60 cm waren $5,3 \pm 1,8$ Stämme/ha vorhanden.

3.3.3 Stammzahlen und Gehölzarten: Vergleich mit Vollkluppierung 1979-1981

In den Abteilungen wurden 1979 bis 1981 insgesamt 24 Gehölzarten aufgenommen. Bei der SP-Aufnahme von 2007 bis 2008 waren es 15, lässt man die Taxa auf Gattungsniveau ausser Acht (Tabelle 5).

Buchenwald



Linden-Eichenwald

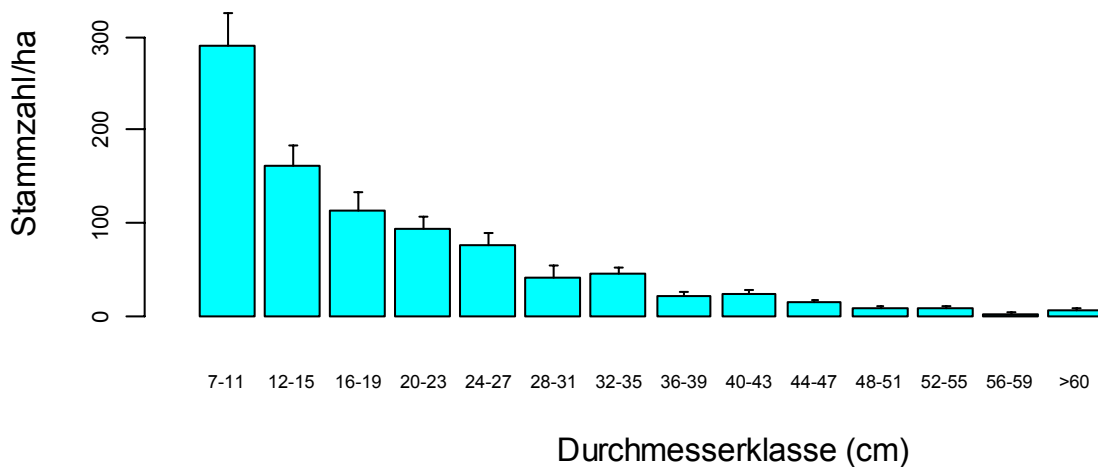


Abbildung 3: Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen (4 cm-Klassen) im Buchenwald (oben) und Linden-Eichenwald (unten). Die Säulen zeigen Mittelwerte und die Fehlerbalken deren Standardfehler.

Die Stammzahl, welche aus der SP-Aufnahme resultiert, war mit $739,4 \pm 44,7$ /ha kleiner als diejenige der abteilungsweisen Vollkluppierung 1971-1981, welche $1188,5$ /ha betrug ($p=3,7 \cdot 10^{-16}$). Die häufigsten Baumarten waren bei beiden Aufnahmen Buchen, Linden, Eichen und Eschen. Es fällt aber auf, dass der Buchenanteil in der SP-Aufnahme mit 39% höher war als in den Abteilungen (Abbildung 4). Weiter war der Eichenanteil in der SP-Aufnahme (8%) weniger als halb so gross wie in den Abteilungen (19%).

Tabelle 5. Stammzahlen/ha total und nach Baumart in den Abteilungen (aufgenommen von 1979 bis 1981) und den SP (aufgenommen 2007 und 2008). Angegeben sind Anteile der Baumarten am Gesamtbestand (%), die Stammzahl/ha für die Abteilungen und die Mittelwerte (M) und deren Standardfehler (SEM) für die SP.

Baumart	Abteilungen		Stichproben		
	%	n/ha	%	M	SEM
Total	100,0	1188,5	100,0	739,4	44,7
<i>Fagus sylvatica</i> L.	26,3	312,4	39,2	289,6	30,7
<i>Tilia</i> L.	23,5	278,7	23,2	171,6	26,5
<i>Quercus</i> L.	18,9	224,9	8,1	59,7	13,3
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	15,8	187,8	15,7	115,8	16,8
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	5,4	63,6	1,5	11,1	2,5
<i>Acer campestre</i> L.	3,8	45,5	2,4	18,0	4,8
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	3,5	41,8	4,5	33,0	7,9
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	0,7	8,5	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana</i> L.	0,6	7,3	1,1	8,0	3,5
<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.	0,2	2,8	0,0	0,0	-
<i>Hedera helix</i> L.	0,2	2,8	0,3	2,3	1,1
<i>Juglans regia</i> L.	0,2	2,2	0,2	1,7	1,0
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0,2	2,1	0,1	0,8	0,4
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	0,2	2,0	1,2	8,7	3,5
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir) DC.	0,1	1,5	0,0	0,0	-
<i>Ilex aquifolium</i> L.	0,1	1,5	0,1	0,6	0,6
<i>Pyrus pyrastrer</i> Burgsd.	0,1	1,1	0,0	0,0	-
<i>Acer platanoides</i> L.	0,1	0,7	0,0	0,0	-
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i> (Suter) Celak.	0,0	0,3	0,0	0,0	-
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	0,0	0,3	0,0	0,0	-
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0,0	0,1	0,0	0,0	-
<i>Betula pendula</i> Roth	0,0	0,1	0,0	0,0	-
<i>Cornus sanguinea</i> L.	0,0	0,1	0,0	0,0	-
<i>Evonymus europaeus</i> L.	0,0	0,1	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,0	0,0	0,3	2,0	1,1
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,0	0,0	0,1	0,6	0,6
Undefiniert	0,0	0,0	0,8	5,6	1,9

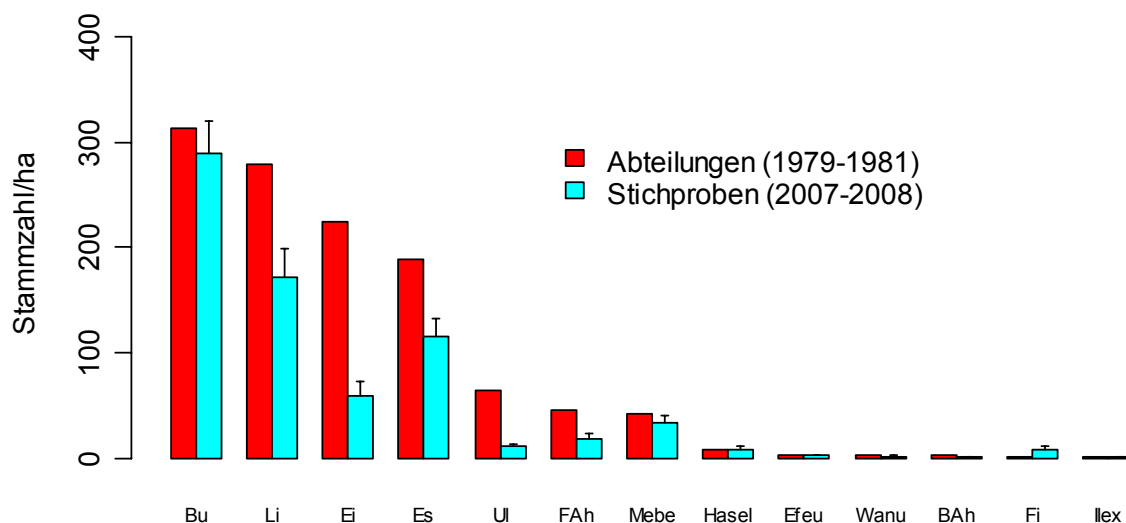


Abbildung 4. Stammzahl/ha nach Baumarten aufgenommen in den Abteilungen (1 bis 5, 11, 96, 97 und 98) in den Jahren 1979 bis 1981 und in den SP 2007 bis 2008. Es sind nur Baumarten dargestellt, die in beiden Inventuren vorkommen.

Tabelle 7. Lebender Bestand stehend, Grundflächen [m²/ha] total und nach Baumart pro Durchmesserklasse: Alle BHD, (aufgenommen in beiden Kreisen), BHD<36 cm (aufgenommen im 200 m²-Kreis) und BHD≥36 cm (aufgenommen im 500 m²-Kreis) im Stratum Linden-Eichenwald (N=36). Angegeben sind Anteile von Baumarten an der gesamten Grundfläche (%), Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*).

Linden-Eichenwald Baumart	Alle BHD			BHD<36 cm			BHD≥36 cm		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total	100,0	32,8	2,5	100,0	20,0	1,8	100,0	12,9	2,4
<i>Tilia L.</i>	31,2	10,3	1,9	31,5	6,3	1,2	30,8	4,0	1,6
<i>Fagus sylvatica L.</i>	25,1	8,3	2,3	19,0	3,8	1,2	34,6	4,5	1,4
<i>Fraxinus excelsior L.</i>	16,2	5,3	0,8	22,3	4,4	0,8	6,8	0,9	0,3
<i>Quercus L.</i>	15,8	5,2	1,0	16,9	3,4	0,9	14,1	1,8	0,5
<i>Picea abies (L.) H. Karst.</i>	5,1	1,7	0,8	0,7	0,2	0,1	11,9	1,5	0,8
<i>Sorbus aria (L.) Crantz</i>	2,6	0,9	0,3	4,3	0,9	0,3	0,0	0,0	-
<i>Acer campestre L.</i>	1,3	0,4	0,2	2,1	0,4	0,2	0,0	0,0	-
<i>Ulmus glabra Huds.</i>	0,8	0,3	0,1	1,0	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1
<i>Taxus baccata L.</i>	0,6	0,2	0,1	0,7	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1
<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	-	0,7	0,1	0,1
<i>Ilex aquifolium L.</i>	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana L.</i>	0,2	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	-
<i>Acer L.</i>	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	-
<i>Juglans regia L.</i>	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
<i>Hedera helix L.</i>	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa L.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-

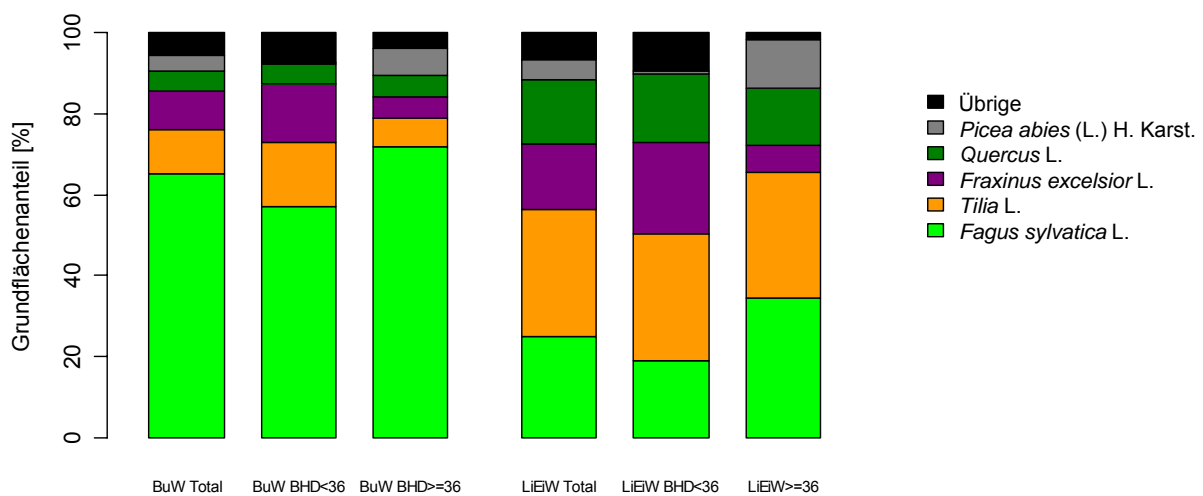


Abbildung 5: Grundflächenverteilung nach Baumart pro Durchmesserklasse und Stratum.

3.3.5 Schaftholzvolumen

Im BuW betrug das Schaftholzvolumen des lebenden Gesamtbestandes 253±21 m³/ha, wovon mit 150±17 m³/ha ca. drei Fünftel von Bäumen ab 36 cm BHD stammte (Tabelle 8). Im LiEiW stand ähnlich viel, nämlich 235±26 m³/ha lebendes Schaftholz. Jedoch machte das Schaftholzvolumen der Bäume ab 36 cm BHD mit 110±25 m³/ha weniger als die Hälfte aus (Tabelle 9).

Tabelle 8. Lebender Bestand stehend, Schaffholzvolumen in Rinde [m³/ha] total und nach Baumart pro Durchmesserklasse: Alle BHD, (aufgenommen in beiden Kreisen), BHD<36 cm (aufgenommen im 200 m²-Kreis) und BHD≥36 cm (aufgenommen im 500 m²-Kreis) im Stratum Buchenwald (N=51). Angegeben sind Anteile von Baumarten am gesamten Schaffholzvolumen (%), Volumen-Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*). Da der BHD der einzigen Silberpappel nicht gemessen wurde, konnte kein Volumen berechnet werden (NA).

Buchenwald Baumart	Alle BHD			BHD<36 cm			BHD≥36 cm		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total	100,0	253,4	21,5	100,0	103,2	12,3	100,0	150,2	17,3
<i>Fagus sylvatica</i> L.	68,5	173,5	18,2	60,9	62,8	10,5	73,7	110,7	14,0
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	9,2	23,4	4,6	15,0	15,5	3,7	5,3	7,9	2,6
<i>Tilia</i> L.	8,3	21,0	4,7	12,8	13,2	3,7	5,2	7,8	2,6
<i>Quercus</i> L.	4,9	12,5	3,1	4,7	4,9	1,7	5,1	7,6	2,5
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	4,4	11,1	7,0	0,4	0,4	0,3	7,1	10,7	6,7
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	2,0	5,1	1,9	1,1	1,1	0,5	2,7	4,0	1,9
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	1,0	2,5	0,9	2,4	2,5	0,9	0,0	0,0	-
<i>Taxus baccata</i> L.	0,6	1,6	1,3	1,5	1,6	1,3	0,0	0,0	-
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0,6	1,5	1,0	0,0	0,0	-	1,0	1,5	1,0
<i>Juglans regia</i> L.	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,0	0,0	-
<i>Acer campestre</i> L.	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-
<i>Prunus</i> L.	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana</i> L.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
<i>Populus alba</i> L.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabelle 9. Lebender Bestand stehend im Stratum Linden-Eichenwald (N=36). Ausführliche Legende s. Tabelle 7.

Linden-Eichenwald Baumart	Alle BHD			BHD<36 cm			BHD≥36 cm		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total	100,0	235,4	25,5	100,0	125,3	11,6	100,0	110,0	24,7
<i>Tilia</i> L.	30,0	70,6	19,9	27,0	33,8	6,3	33,5	36,9	19,4
<i>Fagus sylvatica</i> L.	26,6	62,5	18,1	21,1	26,4	8,4	32,8	36,1	11,6
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	16,4	38,6	5,6	24,9	31,2	5,6	6,8	7,4	2,7
<i>Quercus</i> L.	15,1	35,5	7,4	17,3	21,7	6,0	12,6	13,9	3,8
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	6,3	14,7	6,8	0,7	0,9	0,7	12,6	13,8	6,8
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	2,0	4,8	1,7	3,8	4,8	1,7	0,0	0,0	-
<i>Acer campestre</i> L.	1,1	2,5	0,8	2,0	2,5	0,8	0,0	0,0	-
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	0,7	1,7	0,7	0,9	1,2	0,6	0,5	0,5	0,5
<i>Taxus baccata</i> L.	0,6	1,5	0,9	0,8	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0,4	1,0	1,0	0,0	0,0	-	0,9	1,0	1,0
<i>Ilex aquifolium</i> L.	0,3	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,0	0,0	-
<i>Corylus avellana</i> L.	0,2	0,6	0,3	0,4	0,6	0,3	0,0	0,0	-
<i>Acer</i> L.	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	-
<i>Juglans regia</i> L.	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	-
<i>Hedera helix</i> L.	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	-
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-

Auch beim Schaffholzvolumen (Holzvorrat) hatten Buchen im BuW mit 69% den grössten Anteil (Tabelle 8). Eschen, Linden, Eichen und Fichten trugen mit 9, 8, 5 bzw. 4% zum Vorrat bei. Bei Bäumen ab 36 cm BHD war der Buchenanteil mit 74% leicht höher und der Lindenanteil mit 5% kleiner als im Gesamtbestand. Fichten waren unter den Bäumen ab 36 cm BHD mit 7% nach den Buchen am zweithäufigsten, bei Bäumen unter 36 cm BHD aber mit 0,4% selten (Abbildung 6).

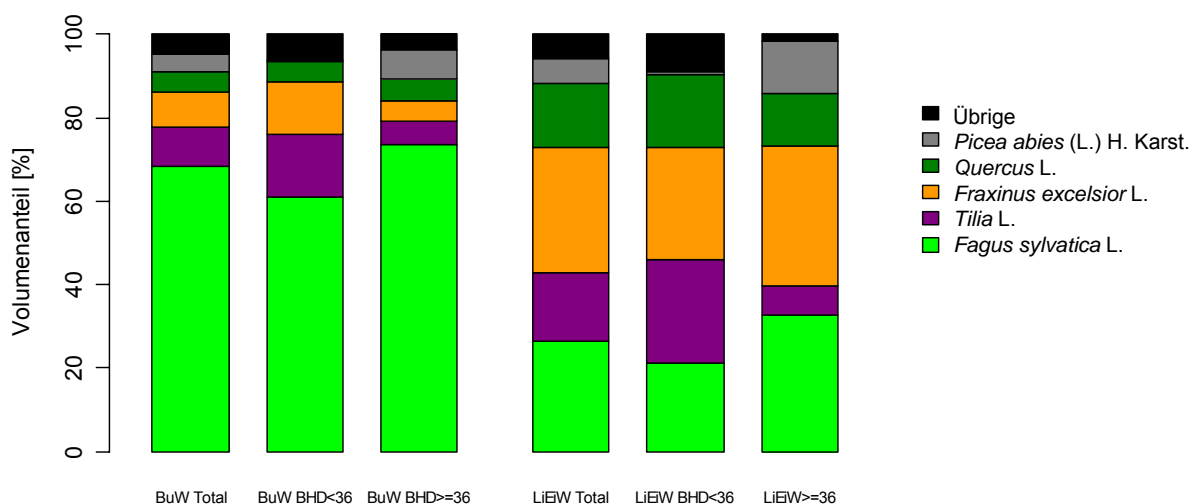


Abbildung 6. Volumenanteil nach Baumart pro Durchmesserklasse und Stratum.

Im LiEiW trugen Linden mit 30% am meisten zum gesamten Schaffholzvolumen bei, gefolgt von Buchen, Eschen, Eichen und Fichten mit 27, 16, 15, 6% (Tabelle 9). Wie auch bei der Grundfläche war der Anteil der Eschen im Bestand unter 36 cm BHD kleiner als im Bestand ab 36 cm BHD. Umgekehrt verhielt es sich wieder mit der Fichte, welche bei Bäumen mit BHD<36 cm weniger als 1% und bei solchen mit BHD≥36 cm 13% des gesamten Schaffholzvolumens ausmachte.

3.4 Habitatstrukturen

In dieser Auswertung sind nur Bäume ab 36 cm BHD berücksichtigt, da nur an diesen Bäumen HS aufgenommen wurden. 26% aller lebenden Bäume mit BHD≥36 cm (103 von 394 Bäumen) wiesen mindestens eine HS auf.

Im BuW standen durchschnittlich $28,9 \pm 4,2$ Stämme/ha (27% des Bestandes), an denen mindestens eine HS angesprochen wurde (Tabelle 10). Davon wiesen $7,8 \pm 2,3$ Stämme (27%) mehrere HS auf. Im LiEiW waren HS etwas weniger häufig, mit $22,3 \pm 4,6$ /ha, wovon $6,1 \pm 2,1$ Stämme/ha (27%) mehrere HS aufwiesen. Der Anteil von Bäumen mit HS an allen lebenden Bäumen mit BHD≥36 cm lag im LiEiW bei 31%. Die Baumarten unterschieden sich bezüglich des Anteils der Bäume mit HS nur geringfügig. 27% der Buchen (bei einer Anzahl von N=243 Buchen mit BHD≥36 cm), 32 der Eichen (N=38), 27% der Eschen (N=26) und 17% der Linden wiesen mindestens eine HS auf (N=52).

Total wurden im BuW $118,5 \pm 12,8$ HS/ha gezählt. Darin eingeschlossen sind auch Wurzelteller, Bäume mit BHD≥80 cm, Strünke mit BHD≥36 cm und Dürrständer mit BHD≥36 cm. Mit Abstand die häufigste HS waren Wurzelteller mit $73,8 \pm 11,6$ Stück/ha. Am zweithäufigsten waren Höhlen mit Mulmkörper ($9,9 \pm 1,8$ /ha), gefolgt von Löchern am Stamm, Dürrständern ab 36 cm BHD und Kronentotholz mit $7,5 \pm 2,0$, $5,6 \pm 2,0$ bzw. $4,5 \pm 1,5$ /ha. Alle übrigen HS waren selten.

Auch im LiEiW waren Wurzelteller mit $26,7 \pm 7,3$ /ha die häufigste HS. Sie waren damit aber etwa um einen Faktor drei seltener als im BuW, was den Unterschied in der HS-Häufigkeit zwischen BuW und LiEiW weitgehend erklärt. Kronentotholz, Höhlen mit

Mulmkörper und Löcher am Stamm kamen mit $8,4 \pm 2,6$, $8,3 \pm 2,4$ bzw. $5,0 \pm 1,8$ /ha vor. Alle übrigen HS waren selten. Im LiEiW wurde kein Baum mit einem hohlen Stamm und im ganzen Josenwald kein Baum mit der HS Safffluss aufgenommen.

Tabelle 10. Dichte von Habitatstrukturen (HS). Angegeben sind Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*) der Anzahl Stämme (lebend oder tot) mit mindestens einer HS und derjenigen mit mehreren HS sowie der totalen Anzahl HS und der Anzahl der HS-Typen pro Hektare im Buchenwald (BuW) und im Linden-Eichenwald.

HS	Buchenwald		Linden-Eichenwald	
	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total Stämme/ha mit HS	28,9	4,2	22,3	4,6
Total Stämme/ha mit >1 HS	7,8	2,3	6,1	2,1
Totale Anzahl HS	118,5	12,8	60,1	9,8
Wurzelteller	73,8	11,6	26,7	7,3
Höhle mit Mulmkörper	9,9	1,8	8,3	2,4
Loch am Stamm	7,5	2,0	5,0	1,8
Dürrständer mit BHD \geq 36 cm	5,6	2,0	2,2	1,3
Kronentotholz	4,5	1,5	8,4	2,6
Risse und Spalten	3,1	1,0	0,6	0,6
Flächige Rindenverletzung	3,1	1,0	2,8	1,2
Kronenbruch	2,7	1,3	2,8	1,4
Hohler Stamm	2,7	1,1	0,0	-
Stammbruch	2,4	1,1	0,6	0,6
Strunk mit BHD \geq 36 cm	1,7	0,8	1,1	0,8
Baum mit BHD \geq 80 cm	1,4	1,1	1,1	0,8
Konsolenpilze	0,0	-	0,6	0,6
Safffluss	0,0	-	0,0	-

3.5 Stehendes Totholz

Im BuW wurden drei und im LiEiW sechs Nadelbäume als Probestämme mit Baumhöhenmessung aufgenommen. Da dies zu wenige Messungen sind, um die Höhen-Durchmesserkurve gut schätzen zu können, wurde für jedes Stratum eine nach Artengruppe (Nadelbaum und Laubbaum) unspezifische Höhen-Durchmesserkurve erstellt (Abbildung 7). Die Koeffizienten der Kurvengleichung wurden mittels linearer Regression berechnet und die Gleichung zur Schätzung der ursprünglichen Baumhöhen der Stümpfe verwendet.

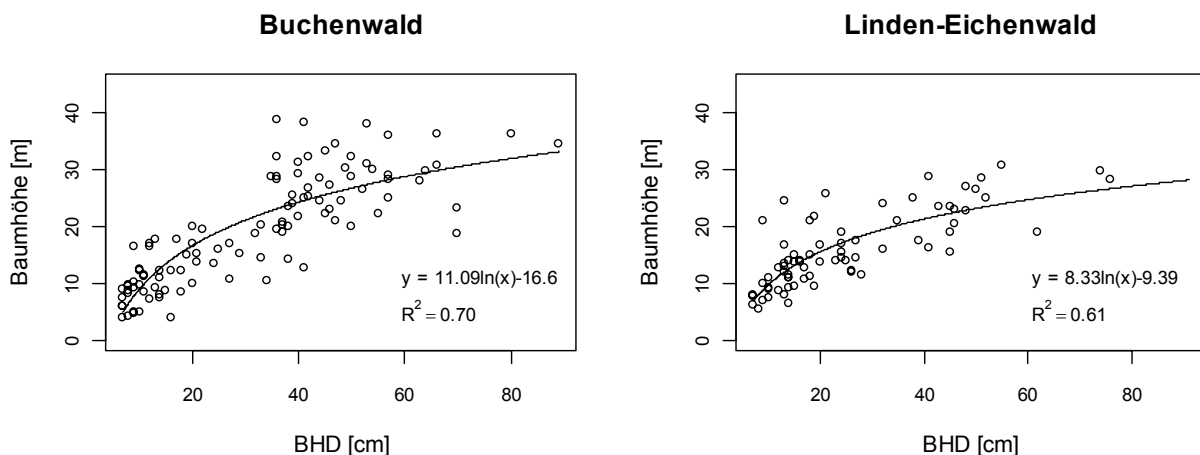


Abbildung 7. Höhen-Durchmesserkurve aller Baumarten im Buchenwald (N=118) und im Linden-Eichenwald (N=78).

Im BuW standen total $5,0 \pm 1,0 \text{ m}^3$ Totholz/ha (Tabelle 11). Davon entfielen $2,3 \pm 0,9 \text{ m}^3$ /ha auf Bäume mit $\text{BHD} \geq 36 \text{ cm}$. Im LiEiW waren es total $7,4 \pm 1,7 \text{ m}^3$ /ha, davon $1,8 \pm 1,0 \text{ m}^3$ /ha bei Bäumen mit $\text{BHD} \geq 36 \text{ cm}$ (12).

61% des stehenden Totholzes im BuW wiesen die Festigkeitsstufe 2 auf. Es folgen die Stufen 3 und 4 mit 27 bzw. 12%. Im LiEiW wurden 91% in Stufe 2 aufgenommen; die Stufen 4, 3 und 1 trugen mit nur 4, 3 bzw. 2% zum Gesamtvolumen bei.

Tabelle 11. Schaftholzvolumen des stehenden Totholzes [m^3 /ha] (Schaftholz in Rinde) total und nach Totholzfestigkeitsstufe pro Durchmesserklasse $\text{BHD} < 36 \text{ cm}$ (aufgenommen im 200 m^2 -Kreis) und $\text{BHD} \geq 36 \text{ cm}$ (aufgenommen im 500 m^2 -Kreis) im Stratum Buchenwald (N=51). Angegeben sind Anteile von Totholzfestigkeitsstufen am gesamten Schaftholzvolumen (%), Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*).

Buchenwald Totholzfestigkeit	Alle BHD			BHD < 36 cm			BHD ≥ 36 cm		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total	100,0	5,0	1,0	100,0	2,6	0,6	100,0	2,3	0,9
1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0	-
2	61,0	3,0	0,7	68,2	1,8	0,6	52,7	1,2	0,6
3	26,7	1,3	0,5	14,1	0,4	0,2	41,2	1,0	0,5
4	12,2	0,6	0,3	17,5	0,5	0,3	6,1	0,1	0,1

Tabelle 12. Schaftholzvolumen des stehenden Totholzes im Stratum Linden-Eichenwald (N=36). Ausführlichere Legende s. Tabelle 10.

Linden-Eichenwald Totholzfestigkeit	Alle BHD			BHD < 36 cm			BHD ≥ 36 cm		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total	100,0	7,4	1,7	100,0	5,7	1,4	100,0	1,8	1,0
1	2,0	0,2	0,2	0,6	0,0	0,0	6,7	0,1	0,1
2	91,0	6,8	1,6	90,8	5,2	1,4	91,7	1,6	0,9
3	4,4	0,3	0,2	5,8	0,3	0,2	0,0	0,0	-
4	2,6	0,2	0,1	2,9	0,2	0,1	1,6	0,0	0,0

3.6 Liegendes Totholz

Im BuW lagen durchschnittlich $93,1 \pm 16,3 \text{ m}^3$ Totholz/ha (Tabelle 13). Mit 43% war Totholz in der Festigkeitsstufe 2 am häufigsten. Das liegende Totholz war sehr ungleichmässig verteilt. Der Median lag mit $57,8 \text{ m}^3$ /ha deutlich tiefer als der Mittelwert mit $93,1 \text{ m}^3$ /ha. Auf drei SP wurden mehr als 300 m^3 /ha gemessen (Abbildung 8). Das Volumen der liegenden Totholzstücke ab 12 cm Durchmesser betrug $87,1 \pm 15,6 \text{ m}^3$ /ha, was 93,5% des Gesamtvolumens ausmacht.

Im LiEiW lagen durchschnittlich $55,0 \pm 9,5 \text{ m}^3$ Totholz/ha, der grösste Anteil davon, nämlich 40%, in Festigkeitsstufe 2. Der Median lag auch im LiEiW deutlich tiefer bei $36,3 \text{ m}^3$ /ha, wobei auf einer SP ein Volumen von 295 m^3 /ha gemessen wurde. Es lagen durchschnittlich $40,8 \pm 6,9 \text{ m}^3$ /ha Totholz mit Durchmesser $\geq 12 \text{ cm}$ im LiEiW, was 74% des Gesamtvolumens entspricht; 26% des liegenden Totholzes wiesen also Durchmesser zwischen 7 und 12 cm auf.

Tabelle 13. Volumen des liegenden Totholzes [m³/ha] total und pro Totholzfestigkeitsstufe im Buchenwald und im Linden-Eichenwald. Angegeben sind Volumenanteile von Festigkeitsstufen der Totholzstücke mit Durchmesser (D) ab 12 cm am gesamten Volumen (%), Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*).

Totholzfestigkeit	Buchenwald			Linden-Eichenwald		
	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>	%	<i>M</i>	<i>SEM</i>
Total D≥7 cm	100,0	93,1	16,3	100,0	55,0	9,5
1	1,3	1,2	0,7	12,0	6,6	2,6
2	43,2	40,2	6,7	40,1	22,1	4,9
3	29,2	27,2	8,7	30,6	16,8	5,5
4	23,0	21,4	6,2	16,3	8,9	3,2
5	3,4	3,2	2,2	1,1	0,6	0,3
Total D≥12 cm	93,5	87,1	15,6	74,1	40,8	6,9

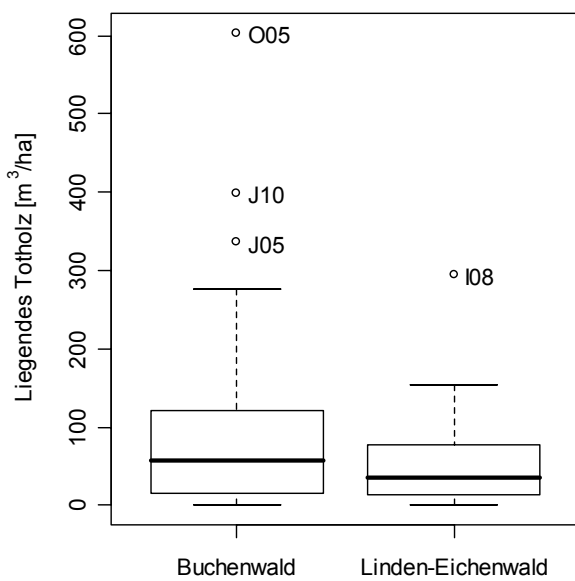


Abbildung 8: Boxplot des Volumens des liegenden Totholzes [m³/ha] in den Straten Buchenwald (N=51) und Linden-Eichenwald (N=36). Extremwerte tragen die SP-Bezeichnung.

4 DISKUSSION

4.1 Informationsquellen

Da zum Zeitpunkt der Auswertung noch keine Resultate von SP-Aufnahmen aus anderen NWR vorlagen, wurden die Resultate der Aufnahme im Josenwald mit Daten aus dem zweiten LFI (1993-1995) und aus anderen Studien in Beziehung gebracht. Ein Vergleich der SP-Aufnahmen mit den Vollkluppierungen der ETH aus den Jahren 1979 bis 1981 ist nur beschränkt zweckmässig (Abbildung 4), da die Bezugsfläche anders ist. Eine weitere Informationsquelle war der Wirtschaftsplan 1947-1957 der Ortsgemeinde Walenstadt. Anlässlich der Wirtschaftsplanrevision 1947 wurden die Abteilungen 30 (Josen), 32 (Tierrüti) und 33 (Gürtelberg) auf total 25,63 ha teilweise kluppiert (Abbildung 13 im Anhang). Nicht kluppiert wurden Teile der Abt. 30, 32, 33 sowie die ganze Abt. 34 (Fanor), insgesamt 26,13 ha, die eher im LiEiW liegen dürften als im BuW. Nicht kluppiert wurden zudem als ertraglos deklarierte Flächen (Felsen, Tobelehänge). Die SP-Inventur 2008 erfasste 62% des Reservats und dürfte etwa die 1947 als bestockt bezeichneten Flächen erfasst haben (51,76 von 85,36 ha, 61%), nicht aber die ertraglosen⁹. Die Flächen im heutigen Reservatsperimeter gemäss Wirtschaftsplan von 1947 zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14. Flächenangaben im Wirtschaftsplan der Ortsgemeinde Walenstadt für die Periode 1947-1957.

Abteilung	Fläche (ha)			
	Bestockt	Ertraglos	Total	Kluppiert
30	16.42	7.60	24.02	10.32
32	11.39	7.50	18.89	8.09
33	16.72	14.00	30.72	7.22
34	7.23	4.50	11.73	0.00
Total	51.76	33.60	85.36	25.63

Im Wirtschaftsplan sind auch Nutzungen in der Periode 1927-1946 dokumentiert (S. 16). Danach wurden in den Abteilungen 30, 32 und 33 folgende Holzmengen genutzt: 361, 138 und 147 m³. Auch in Abteilung 34 wurde gemäss Bestandesbeschreibung Holz genutzt, aber ohne Mengennachweis.

Der für die Vorratsermittlung im Jahr 1947 verwendete Tarif wurde bei der Wirtschaftsplanrevision 1927 entwickelt und ist auf die lokalen Verhältnisse angepasst, könnte aber vom 2008 angewendeten Tarif abweichen.

Als Informationsquelle diente auch eine Semesterarbeit am Departement Umweltwissenschaften der ETH Zürich, in der die Bestandesgeschichte der Abteilungen Josen und Tierrüti aufgrund der Wirtschaftspläne seit 1880 aufgearbeitet wurde (Rötheli 2007).

⁹ Das Fehlen von kluppierten Tannen und die Seltenheit der Fichten (in Abt. 32 und 33 nur 63) deutet darauf hin, dass 1947 oberhalb der Felsbänder ab ca. 900-1000 m ü.M. nicht kluppiert wurde. Diese Bereiche erfasste auch die SP-Inventur 2008 nicht. - Die Abteilung 31 (Spechten) wurde 1946/47 ebenfalls kluppiert, ist aber nicht Teil des Reservats Josenwald.

4.2 Stratenbildung

Die Zuordnung der SP zu den Straten BuW und LiEiW ist mit Vorsicht zu geniessen. Zwar konnte für jede SP die WG eindeutig ermittelt werden, aber auf der Karte der Waldstandortkartierung des Kantons St.Gallen (2007) sind 41 der 87 (47%) SP als Übergänge zwischen ökologisch ähnlichen WG kartiert, die entweder dem Stratum BuW oder dem Stratum LiEiW zugeordnet wurden. Für die SP F04 wurde zum Beispiel die WG 40*(15) ermittelt. Sie wurde gemäss Kapitel 2.5.2 und Tab. A2 dem Stratum LiEiW zugeordnet, obwohl sie pflanzensoziologisch einen Übergang zur WG 15 und damit zum Stratum BuW darstellt. Ein weiterer möglicher Grund für Abweichungen sind Kartierungenauigkeiten. Die Unsicherheit der Stratenzuteilung widerspiegelt sich in Unterschieden zwischen der pflanzensoziologischen Stratenbildung und der Partitionierung aufgrund der Baumarten-Grundflächenanteile. Dabei wurden nur 70% der SP dem gleichen Stratum zugeordnet.

Aufgrund der unterschiedlichen Produktivität der Standorte wäre auch eine Stratenbildung in einerseits Eichenwälder (WG 40) und andererseits Buchen- und Lindenwälder möglich gewesen. Dagegen sprach die mit neun zu geringe Anzahl SP im Eichenwaldstratum.

Es stellt sich die Frage, ob bei einer derart ausgeprägten kleinräumigen Heterogenität und Unklarheit über die räumliche Verbreitung der WG wie im Josenwald eine Stratifizierung die Aussagekraft der Resultate massgeblich verbessert. Beim Interpretieren der Resultate wurde daher auf einen Stratenvergleich weitgehend verzichtet. In NWR mit mehreren WG ist die Stratifizierung auf jeden Fall sorgfältig zu prüfen und die Stratenbildung bei Begehungen vor der Aufnahme festzulegen.

4.3 Bestandesstruktur

4.3.1 Lebender Bestand

Stammzahlverteilung

Die Stammzahlen im Josenwald (in beiden Straten) nehmen mit zunehmenden BHD annähernd exponentiell ab (Abbildung 3). Der Verlauf wird jedoch in beiden Straten von einer leicht erhöhten Stammzahl in der Durchmesserklasse 32-35 cm unterbrochen. Der negativ exponentielle Verlauf ist typisch für Wälder mit mehreren Entwicklungsstufen (DeLiocourt 1898, Hough 1932, Cancino & Gadow 2002). Die erhöhte Stammzahl bei BHD 32-35 cm könnte darauf zurückzuführen sein, dass um 1930 und bis Ende des 2. Weltkrieges starke Entnahmen stattfanden (Abt. 30: 50% des Altholzes um 1930 entnommen, Abt. 32-34 mit Nutzungen während des 2. Weltkrieges), die einen Verjüngungsschub auslösten.

Grundfläche und Vorrat

Für die Berechnung des Schaftholzvolumens in Rinde (Vorrat) wurde die mittlere GWL von 1635 kg/(ha*Jahr) verwendet, welche aufgrund der KF-Aufnahmen berechnet wurde. Die GWL variiert jedoch stark zwischen den KF. So wurde eine minimale GWL von 1 und eine maximale GWL von 4826 kg/(ha*Jahr) berechnet. Auch die Zuordnung des Josenwalds zur Produktionsregion «Voralpen» ist diskutabel, sind die

Lufttemperaturen doch aufgrund der südexponierten Hanglage oberhalb des Walensees und des ausgeprägten Föhneinflusses für die Voralpen überdurchschnittlich.

Auf jeden Fall liegt der berechnete Vorrat im Josenwald in beiden Straten (BuW 253 m³/ha, LiEiW 235 m³/ha) deutlich unter dem Schweizer Mittel von 354 m³/ha und massiv unter dem Vorrat von 463 m³/ha, welcher für die Wirtschaftsregion Voralpen Ost, welcher der Josenwald geografisch zuzuordnen ist, ausgewiesen wurde. Der Vorrat im Josenwald ist eher mit der Wirtschaftsregion Alpen Südwest (Wallis) vergleichbar, wo ein Vorrat von 252 m³/ha steht (Brassel & Brändli, 1999, S. 77).

Bei diesen Vergleichen ist jedoch zu beachten, dass der Vorrat im Josenwald aus dem Bestand ab 7 cm BHD berechnet wurde, während Brassel & Brändli (1999) nur Bäume ab 12 cm BHD in ihre Berechnungen miteinbezogen. Daher dürfte der Vorrat des Josenwaldes im direkten Vergleich noch etwas tiefer liegen. Als Hauptgrund für den niedrigen Vorrat ist die mässige bis geringe Standortsgüte (bezüglich GWL) anzusehen (Brassel & Brändli 1999, S. 68).

Bei der Vollkluppierung anlässlich der Wirtschaftsplanrevision 1947 wurden in den Abteilungen 30 (Josen), 32 (Tierrüti) und 33 (Gürtelberg) auf total 25,63 ha 8631 Bäume mit BHD \geq 16 cm mit 2909 m³ Holzvolumen kluppiert¹⁰. Dies ergibt einen Vorrat von durchschnittlich 113 m³/ha, mit Werten für die Abteilungen 30, 32 und 33 von 141, 113 und 75 m³/ha. Der verwendete Tarif für die Vorratsermittlung wurde bei der Wirtschaftsplanrevision 1927 entwickelt und ist auf die lokalen Verhältnisse angepasst, aber könnte vom 2008 angewendeten Tarif abweichen. Auf jeden Fall hat sich der stehende Holzvorrat des lebenden Bestandes innert 60 Jahren mehr als verdoppelt.

Gemäss noch älteren Wirtschaftsplandaten für die Jahre 1880, 1892 und 1927 für die Abteilungen 30 und 32 hat sich dort der Vorrat unterschiedlich entwickelt (Rötheli 2007). In Abteilung 30 nahm er von 30 über 66 auf 81 m³/ha zu. In Abteilung 32 hingegen, mit zwei Unterabteilungen, von 10 (1880) auf 60 (1892) zu bzw. von 92 auf 72 m³/ha ab, um dann bis 1927 in der ganzen Abteilung weiter auf 42 m³/ha abzunehmen. Die ausgewiesenen Nutzungen (1892 bis 1927: Abteilung 30, total 11 m³/ha; Abteilung 32, 10,5 m³/ha) führen zu unrealistisch tiefen berechneten Zuwächsen von unter 1 m³/ha, ja z.T. ist der Zuwachs sogar negativ. Dies lässt annehmen, dass ein erheblicher Teil der Nutzungen bis 1927 unerfasst blieb. Von 1927 bis 1947 und von 1947 bis 1958, mit wahrscheinlich verlässlichen Zahlen, wurden in Abt. 30 17 bzw. 3 m³/ha und Jahr genutzt, in Abt. 32 7 bzw. 4 m³/ha und Jahr. Danach wurde bis 1976 nur noch sehr vereinzelt Holz entnommen (Rötheli 2007).

Dicke Bäume

Der tiefe Vorrat ist im Zusammenhang mit einem niedrigen Anteil dicker Bäume zu sehen. Im Josenwald stehen mit 24% (BuW) bzw. 12% (LiEiW) – bei gleicher Kluppschwelle von 12 cm – verglichen mit dem Schweizerischen Mittel von 23% (Brassel & Brändli 1999, S. 135) wenige Bäume ab 36 cm BHD, wenn man die seit ca. 50 Jahren ausgebliebene Holznutzung berücksichtigt. Im Jahr 1947 standen in den kluppierten Teilen des Reservats gar nur 7,2 Bäume/ha mit BHD von mindestens 38

¹⁰ Nicht kluppiert wurden Teile der Abt. 30, 32, 33 sowie die ganze Abt. 34 (Fanor), insgesamt 26,13 ha. Diese Teile dürften grob den durch die SP-Inventur 2008 erfassten Waldteilen entsprechen. Die Abt. 31 (Spechten) wurde 1946/47 kluppiert, ist aber nicht Teil des Reservats Josenwald.

cm, und 0,2 Bäume/ha mit BHD von mindestens 52 cm, bei insgesamt 337 Bäumen/ha mit BHD von mindestens 16 cm. Die Bäume mit $BHD \geq 38$ cm machten also 2% aller Bäume aus, diejenigen mit $BHD \geq 52$ cm weniger als 0,1%. Bei einer Kluppschwelle von 12 cm wie im LFI würden diese Anteile noch wesentlich tiefer liegen. Dies zeigt eindrücklich die Zunahme dicker Bäume seit 1947. Würde man in fernere Vergangenheit zurückgehen, wäre diese Zunahme (und die Vorratzzunahme) noch grösser. Dem Wirtschaftsplan 1947-1957 ist zu entnehmen, dass der Vorrat im gesamten Wald der Ortsgemeinde Walenstadt 1880 bei $108 \text{ m}^3/\text{ha}$ lag, 1892 bei 115, 1927 bei 104 und 1947 bei $141 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Baumarten

Die Entwicklung der Baumartenanteile an der Stammzahl seit 1947 lässt sich grob nachverfolgen (Abbildung 9, einheitliche Kluppschwelle von 16 cm, entsprechend den Daten von 1947). Im Vergleich zu 1947 hat der Anteil der Buchen an der Stammzahl abgenommen, der Anteil der Linden, Mehlbeeren und übrigen Baumarten zugenommen. Der Anteil der Eschen und Eichen blieb etwa gleich.

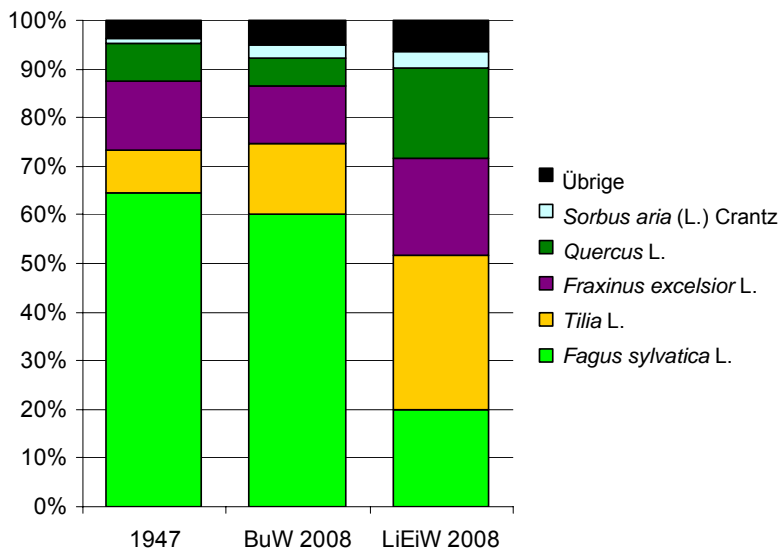


Abbildung 9. Baumartenanteile nach Stammzahl 1947 und 2008. Die Daten von 1947 stammen aus einer Vollkluppierung, die von 2008 aus einer SP-Inventur. Die Kluppschwelle beträgt in beiden Fällen 16 cm. BuW=Buchenwald, LiEiW=Linden-Eichenwald.

Der vergleichsweise hohe Anteil der Fichte an der Grundfläche des Gesamtbestands (Abbildung 5) wird durch wenige mächtige Fichten bestimmt. Von den insgesamt 22 gemessenen Fichten wiesen 16 einen $BHD \geq 36$ cm und 8 einen $BHD \geq 60$ cm auf. Diese Fichten konzentrieren sich nicht auf einen bestimmten Teil des Reservates. Sie wurden in 12 SP aufgenommen, die über die ganze Reservatsfläche verteilt sind. Es dürfte sich um natürlichen Anflug aus höheren Lagen handeln, da die im Wirtschaftsplan 1947-1957 erwähnten Pflanzungen kaum in diesen schwer zugänglichen Teilen des Waldbesitzes der Ortsgemeinde vorgenommen wurden.

4.3.2 Totholz

Volumenberechnung.

Die Annahme einer linearen Abnahme des Volumens bei einer Abnahme der Höhe von Baumstümpfen (Dürrständer und Stöcke unter 1,3 m Höhe) ist eine Annäherung, mit der das tatsächliche Volumen unterschätzt wird. Eine Formel, welche die Verjüngung der Bäume mit zunehmender Höhe realistischer abbildet, oder die Schätzung des verbliebenen Anteils des Schaftholzvolumens direkt im Gelände wäre vorzuziehen.

Totholzvorrat

Der Totholzvorrat (stehendes und liegendes Totholz) ist im Josenwald mit 98,1 m³/ha im Stratum BuW und 62,4 m³/ha im Stratum LiEiW sehr hoch, viel höher als im Landesdurchschnitt mit einem Wert von 11,9 m³/ha (Brassel & Brändli 1999, S. 290). Ähnlich hohe Totholzvorräte wie im Josenwald wurden in Altholzinseln im westlichen Mittelland (131 m³/ha) und im Jura gefunden (71 m³/ha, Lachat & Bütler 2007). Allerdings macht im Gegensatz zu den Altholzinseln das *liegende* Totholz im Josenwald den weitaus grössten Teil am gesamten Totholzvolumen aus. Im BuW liegt 95% des Totholzes, im LiEiW 88%. Im gesamten Schweizer Wald dagegen standen im LFI2 62% des Totholzes, und es lagen nur 38% (Brassel & Brändli 1999, S. 290). Der Anteil des Totholzes am gesamten Holzvorrat von 28% im BuW und 21% LiEiW ist drei bis vier Mal so hoch wie in einem durchschnittlichen Schweizer Wald, der seit über 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet wurde (Brassel & Brändli 1999, S. 292, Durchschnittswert 7,4%). Es ist anzumerken, dass im LFI Bäume und Totholzstücke erst ab 12 cm Durchmesser aufgenommen wurden, während in der vorliegenden Inventur die untere Messgrenze bei 7 cm lag.

Der Totholzvorrat im Josenwald ist ähnlich hoch wie in Laub-Urwäldern mit ständigem Eichenanteil in den Westkarpaten mit 70-120 m³/ha, mit Durchschnitt von 91 m³/ha (Korpel' 1997). In reinen Buchen-Urwäldern der Westkarpaten streuen die Werte stärker (50-310 m³/ha), bei einem Durchschnitt von 113 m³/ha. Die Anteile des liegenden Totholzes betragen in Eichenreichen-Urwäldern der Westkarpaten i.d.R. 20-70% (Korpel' 1997), liegen also tiefer als im Josenwald.

Der hohe Anteil des liegenden Totholzes am Totholzvolumen zeigt Störungen an. Auch die hohen Mengen an liegendem Totholz auf einzelnen SP dürften auf Windwurf oder Lawinen zurückzuführen sein (Abbildung 10). Hinweis dafür sind die zahlreichen Wurzelteller (73/ha, Tabelle 10).



Abbildung 10. Totholz nach Lawinenniedergang (links) und nach Windwurf (rechts). Fotos: Vincent Robin (links, Februar 2008) bzw. Peter Brang (rechts, Juli 2007).

Totholzfestigkeit

Am meisten stehendes Totholz befindet sich in Festigkeitsstufe 2 (61% im BuW, 91% im LiEiW), also in der Stufe des Morschholzes, in dem ein Messer quer zur Faser noch kaum eindringt. Dass im LiEiW stehendes Totholz mit weiter fortgeschrittenem Abbau seltener ist als im BuW, dürfte auf den höheren Eichenanteil und den langsameren Totholzabbau auf diesen trockenen Standorten zurückzuführen sein.

Auch beim liegenden Totholz dominiert die Festigkeitsstufe 2 (43% im BuW, 40% im LiEiW). Die Festigkeitsstufe 3 (Moderholz) steht aber nicht weit zurück (29% im BuW, 31% im LiEiW), und auch die Festigkeitsstufe 4 weist noch ansehnliche Anteile auf. Das liegende Totholz ist also – wie zu erwarten – stärker abgebaut als das stehende. Der hohe Anteil an Totholz der Festigkeitsstufe 2 deutet auf kürzliche Störungen (z.B. durch den Sturm Lothar im Jahr 1999) hin.

4.4 Habitatstrukturen

4.4.1 Erhebungsmethode

Die hier vorgestellten HS-Daten sind die ersten Inventurdaten aus einem Schweizer NWR zu HS. Ähnliche Studien liegen vor von Lachat & Bütler (2007) in Westschweizer Altholzinseln und von Winter & Möller (2008) aus deutschen Buchenwäldern. Im LFI wurde nur ein Teil der in den NWR erfassten HS erhoben.

Die gefundenen Häufigkeiten der HS sind aus mehreren Gründen mit Vorsicht zu interpretieren. Erstens besteht bei der Ansprache der HS, trotz klaren Definitionen (Streit et al. 2008), ein gewisser Ermessensspielraum (Kapitel 4.5). Zweitens hängt die Häufigkeit der HS stark von der Aufnahmegrenze ab. Rindenverletzungen wurden z.B. erst ab einer Mindestfläche von 1000 cm² aufgenommen und scheinen daher mit 3 Verletzungen/ha relativ selten, obwohl im Josenwald sehr viele Bäume kleinere Rindenverletzungen infolge Steinschlag aufweisen. Lachat & Bütler (2007) nahmen Rindenverletzungen ab einer Fläche von 600 cm² auf und zählten pro ha 15 im Mittelland und 10 im Jura, wogegen Winter (2008) mit einer Aufnahmegrenze von 25

cm² in bewirtschafteten Buchenwäldern 45/ha zählten. Mindestgrößen wurden auch für Höhlen mit Mulm und Löcher im Stamm festgelegt, Mindestanteile für Kronentotholz. Zudem werden Höhlen mit Mulm und hohle Stämme nur bis 1,5 m Höhe, Löcher am Stamm, Risse und Spalten, Saftfluss und Konsolenpilze nur bis in Stammhöhen von 10 m über Boden erfasst. Drittens unterscheidet sich der Katalog der aufgenommenen HS in den betrachteten Studien leicht, was Vergleiche erschwert.

4.4.2 Häufigkeit von HS

Da sich die Erhebung in NWR auf wenige, robuste HS mit strengen Mindestkriterien beschränkt, dürfte sie im Vergleich zu anderen Erhebungen weniger HS erfassen. Mit 119 bzw. 60/ha sind HS ähnlich häufig wie in bewirtschafteten und seit kurzem unbewirtschafteten Buchenwäldern Deutschlands, in denen ca. 70 bzw. 120 HS/ha gezählt wurden, allerdings bei weniger strengen Mindestkriterien (Winter & Möller 2008). In unbewirtschafteten, naturnahen Wäldern dagegen zählten Winter & Möller (2008) ca. 250 HS/ha. Auch in den Altholzinseln, die Lachat und Bütler (2007) untersuchten, sind Bäume mit HS häufiger als im Josenwald. Im Mittelland wurden 116 und im Jura 85 HS-Bäume/ha erhoben, im Josenwald dagegen nur 29 (BuW) bzw. 23 (LiEiW). Die niedrige Anzahl an HS im Josenwald kann mit dem Fehlen grosser Bäume begründet werden. Lachat & Bütler (2007) geben für das Vorkommen von HS an Laubbäumen einen BHD von mindestens 60 cm als optimal an, was im Josenwald nur 9,4 (BuW) bzw. 5,3 (LiEiW) Bäume/ha (1%) erreichen. 80 cm BHD – eine separat erfasste HS – erreichte im Josenwald nur rund 1 Baum/ha.

Unter den HS waren Wurzelteller mit Abstand am häufigsten, wahrscheinlich durch Sturm verursacht (Tabelle 9). Relativ häufig waren auch Höhlen mit Mulmkörper, Löcher am Stamm und Dürrständer ab 36 cm BHD sowie Kronentotholz. Alle übrigen HS und damit über die Hälfte der HS-Merkmale waren selten. Bäume mit BHD von mindestens 80 cm kamen kaum vor. 26% aller lebenden Bäume mit BHD \geq 36 cm (103 von 394 Bäumen) wiesen mindestens eine HS auf. Ein Viertel aller Bäume mit HS wies mehr als 1 HS auf.

Aufgrund der geringen Häufigkeiten wird es schwierig sein, eine Zu- oder Abnahme einzelner HS zu registrieren. Näherungsweise kann angenommen werden, dass eine Veränderung erst dann detektiert wird, wenn sie den doppelten Standardfehler des Mittelwerts der Erstmessungen übertrifft. Für den Nachweis einer signifikanten Veränderung müsste man in einer Folgeaufnahme beispielsweise doppelt so viele Strünke mit BHD \geq 36 cm zählen wie bei der Erstaufnahme.

4.5 Naturnähe des Waldreservats Josenwald

Aufgrund der Wirtschaftspläne ist anzunehmen, dass bis 1958 im Josenwald recht intensiv Holz genutzt wurde, danach nur noch vereinzelt. Im Jahr 2008, 50 Jahre nach Nutzungsaufgabe, zeigt sich folgendes Bild: Die Holzvorräte sind immer noch recht tief, dicke Bäume selten, die Baumartenzusammensetzung und die Totholzvorräte dürften hingegen recht naturnah sein. Bezüglich Habitatstrukturen ist anzunehmen, dass ihre Häufigkeit, parallel zur erwarteten Zunahme dicker Bäume, noch stark zunehmen wird. Grosse Teile des Reservats sind noch in relativ frühen Entwicklungsphasen; darauf weisen die tiefen Holzvorräte um 1927 hin, die z.T. wesentlich unter 100 m³/ha lagen (Rötheli 2007). Zerfallsphasen kommen erst punktuell vor.

4.6 Probleme bei den Aufnahmen

Die Hangneigungen von oftmals über 80%, Felsstufen, Tobel und loses Geröll erschwerten die Feldarbeiten, erhöhten den Zeitaufwand erheblich und hatten zur Folge, dass 54 der 141 SP (38%) als unzugänglich erklärt werden mussten (Abbildung 11). Dazu kommt die Gefahr von Steinschlag, besonders zur Zeit der Schneeschmelze (Aussage eines Einwohners von Walenstadtberg). Um das Abrutschen bzw. Fallen sowie das Niedergehen von Geröll zu verhindern, ist bei der Fortbewegung grosse Vorsicht geboten, nicht nur um sich selbst, sondern auch um den/die hangabwärts arbeitende(n) Kollegen/in zu schützen. Gute Bergschuhe und ein Helm als Kopfschutz sind bei der Arbeit im Josenwald notwendig. Ausserdem muss gewährleistet sein, dass im Notfall die Rettungskräfte über Mobilfunk (oder andere Kommunikationsmittel) verständigt werden können.

Unterholz, Windwurfholz, Felsbänder und Schluchten behinderten die Situierung der SP mit Massband und Kompass erheblich. Um Hindernisse zu umgehen, mussten viele SP vom Fixpunkt aus in mehreren Schritten eingemessen werden. Abgesehen vom erheblichen Zeitaufwand verminderte dies auch die Genauigkeit der Distanzmessungen und damit der Situierung der SP, denn die zurückgelegten Horizontalabstände wurden aufgrund der Neigung berechnet, welche mit einem Handklinometer gemessen wurde. Dessen Messfehler beträgt geschätzte ± 5 Gon und kumuliert sich bei jedem Messschritt. Bei wolkenlosen Verhältnissen wurden die Koordinaten der eingemessenen SP mit einem GPS-Gerät (Garmin) überprüft, wobei diese nie mehr als der Messfehler des GPS-Geräts (10 m) von den vorgegebenen Koordinaten abwichen.



Abbildung 11. Steilhang in der Nähe von SP C06. Foto Vincent Robin, März 2008.

Der Messfehler des Klinometers hat ausserdem weit reichende Konsequenzen in Bezug auf die Zahl der aufgenommenen Bäume, da die aufgenommene Fläche die aus

der Hangneigung berechnete Projektion der Horizontalfläche (200 bzw. 500 m²) auf den Hang (Schrägfläche) ist. Dieses Problem verschärft sich mit zunehmender Hangneigung, da die Schrägfläche überproportional mit der Hangneigung zunimmt. Die Schrägfläche des 500 m²-Kreises ist bei einer Hangneigung von beispielsweise 85% um 2,5% grösser als bei einer Hangneigung von 80%. Eine bessere Ausrüstung (Feldcomputer mit Software, Laser-Distanzmessgerät, elektronischer Kompass) würde die Aufnahmen erleichtern und die Vollständigkeit und Genauigkeit der Daten erhöhen.

Wie oben erwähnt bleibt bei der Ansprache von HS, trotz genauer Definition, ein Interpretationsspielraum, was bei einem Parameter mit kleiner Häufigkeit, was auf die meisten HS im Josenwald zutrifft, die Reproduzierbarkeit beeinträchtigt. Unsicherheiten bestehen vor allem bei den HS Kronentotholz und Kronenbruch, welche dann aufgenommen werden, wenn mindestens 10% des Derbholzes bzw. 10% des Kronenvolumens eines Baumes betroffen sind. Die Abschätzung dieser Grenzen ist schwierig und wird von verschiedenen Betrachtern unterschiedlich vorgenommen. Bildtafeln könnten helfen, die Ansprache der HS zu vereinheitlichen.

4.7 Konstanz des Methodenkatalogs

Da am Methodenkatalog während den Feldaufnahmen laufend kleinere Anpassungen vorgenommen wurden und die genaue Definition von Wuchsformen oder HS diskutiert wurde, wurden nicht alle Parameter während der ganzen Aufnahmeperiode genau gleich aufgenommen. Welchen Einfluss Wechsel bei den Aufnahmeteams auf die Datenqualität hatten, ist unklar. Es wurde auf jeden Fall darauf geachtet, die Merkmalsdefinition möglichst konstant zu halten und sich im Zweifelsfalle mit den Kollegen im Gelände oder Büro (telefonisch) abzusprechen. Während der Datenbereinigung und -auswertung fielen aber trotzdem folgende Inkonsistenzen auf:

1. Bei Saft führenden, liegenden Bäumen (18 Stück) wurde in 6 Fällen die Schichtzugehörigkeit, Wuchsform und Baumart nicht bestimmt, da diese zu Beginn der Aufnahmen als tot angesehen wurden. Weiter wurden bei diesen Bäumen die Schichtzugehörigkeit und die Wuchsform so bestimmt, wie sie vorgefunden wurden, und nicht wie sie vor dem Umfallen der Bäume waren (12 Fälle).
2. In 12 von 25 Fällen wurde die Baumhöhe von Probebäumen ab 60 cm BHD nicht gemessen.
3. Auf 25 von 87 zugänglichen SP wurden Totholztransekte von 15 m horizontaler Länge aufgenommen, auf 62 SP solche von 14 m Länge. Die aufgenommene Transektlänge beeinflusst jedoch das Volumen/ha des liegenden Totholzes nicht (Formel 3), sondern lediglich die Schätzgenauigkeit.
4. Die Herleitung des verbliebenen Schaftholzvolumens von Stümpfen (Formel 2) ist unbefriedigend. Es wurde daher beschlossen, bei weiteren Aufnahmen den Prozentsatz des verbliebenen Volumens direkt im Gelände zu bestimmen.

4.8 Ausblick

Im Sommer 2008 finden die Aufnahmen auf den KF des Josenwaldes statt. Nach erfolgter Auswertung wird es möglich sein, die Resultate dieser SP-Erhebung mit denjenigen aus KF in Beziehung zu setzen. Da in den KF alle Bäume aufgenommen werden, wird es zum Beispiel möglich sein, qualitativ bessere Aussagen über die Häufigkeit von seltenen Baumarten zu machen sowie die Resultate der SP-Erhebung zu überprüfen. Es ist jedoch zu beachten, dass die KF ausgewählte Bestände des Reservats sind und nur einen kleinen Teil der ganzen Fläche abdecken.

In je mehr NWR Erhebungen durchgeführt werden, desto wertvoller werden die erhobenen Daten. Die einzelnen NWR können dann miteinander verglichen werden und es werden Aussagen über verschiedene Standorte möglich.

5 LITERATUR

Anonymus. 2003. Stichprobenerhebung. Aufnahmeanleitung Folgeaufnahme Sihlwald. 1. Teil entwickelt von Abt. Wald Kanton Zürich (angepasst). 2. Teil von Grün Stadt Zürich Sihlwald: Spezialaufnahmen basierend auf Weibel 1990. Zürich, Grün Stadt Zürich.

Brang P, Commarmot B, Rohrer L, Bugmann H. 2008a: Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. [published online February 2008] Available from World Wide Web <<http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8555.pdf>>. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch WSL; Zürich, ETH Zürich, Professur für Waldökologie. 58 S.

Brang P, Rohrer L, Temperli C, Stalder A, Streit K, Bugmann H. 2008b. Selektion von Kernflächen in Naturwaldreservaten für das Schweizer Monitoringprogramm. [published online June 2008] Available from World Wide Web www.waldreservate.ch. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch WSL; Zürich, ETH Zürich, Professur für Waldökologie. 47 S.

Brassel P, Brändli U-B (Red.). 1999. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993-1995. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch; Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 442 S.

Cancino J, Gadow K V. 2002. Stem number guide curves for uneven-aged forests, development and limitation. In: Gadow K V, Nagel J, Saborowski J. (Eds.), Continuous Cover Forestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 163-174.

Commarmot B, Bachofen H, Bundziak Y, Bürgi A, Ramp B, Shparyk Y, Sukhariuk D, Viter R, Zingg A. 2005: Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. For Snow Landsc Res 79, 1/2: 45-56.

DeLiocourt F. 1898. De l'aménagement des Sapiniers. Bull Société Forestière de Franche-Comté et Belfort: 396-406.

Hough A F. 1932. Some diameter distributions in forest stands of northwestern Pennsylvania. J Forestry 30: 933-943.

Lachat T, Bütler R. 2007. Gestion des vieux arbres et du bois mort: Îlots de sénescence, arbres-habitat et métapopulations saproxyliques. Mandat de l'Office fédéral de l'environnement, OFEV. Available from World Wide Web http://www.wsl.ch/forschung/forschungunits/walddynamik/diversitaet/totholzmanagement/rapport_bafu_2007.pdf.

Kaufmann E. 2000. Tarife für Schaffholz in Rinde und Rundholzsortimente. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch. 53 S.

Keller W. 1978. Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. Mitt Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch 54, 1: 3-98.

Keller W, Wohlgemuth T, Kuhn N, Schütz M, Wildi O. 1998. Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der «Wald-

gesellschaften und Waldstandorte der Schweiz» von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972). Mitt Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch 73, 2: 91-357.

Keller M (Red.) 2005. Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004-2007. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch. 393 S.

Korpel' S. 1997. Totholz in Naturwäldern und Konsequenzen für Naturschutz und Forstwirtschaft. Forst Holz 52: 619-624.

Rohrer L. 2008. Bericht Nr. 1 Inhalt der Reservatsdatenbanken. Zürich, Professur für Waldökologie ETH. Datei: wr_daten_schlussbericht.pdf. unveröff.

Rötheli E. 2007. Naturwaldreservat Josenwald. Vergleich zwischen der heutigen Bestandesstruktur und historischen Bestandesbeschreibungen. Selbständige Bachelor-Arbeit im Bereich Wald- und Landschaft, Wintersemester 2006/07. ETH Zürich, Zürich, 25 S., unveröff.

Streit K, Commarmot B, Brang P, Rohrer L. 2007. Auswertung von Testaufnahmen der Stichprobeninventur in den Naturwaldreservaten Josen- und Seeliwald. [published online February 2008] Available from World Wide Web www.waldreservate.ch. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch WSL; Zürich, ETH Zürich, Professur für Waldökologie. 36 S.

Streit K, Commarmot B, Brang P, Temperli C. 2008. Stichprobeninventur in schweizerischen Naturwaldreservaten. Methodenanleitung. Birmensdorf, Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch WSL. 10 S.

Waldstandortkartierung des Kantons St. Gallen. 2002, Aktualisiert: März 2007, Kantonsforstamt St. Gallen. www.geoportal.ch. Bezogen: 23.4.2008.

Wohlgemuth T, Moser B, Brändli U-B, Kull P, Schütz M. akzeptiert. Diversity of forest plant species at the community and landscape scales in Switzerland. Plant biosystems

Winter S, Möller G. 2008. Microhabitats in Lowland Beech Forests as monitoring tool for Nature Conservation. For Ecol Manage 255: 1251-1261.

6 ANHANG

6.1 Zusätzliche Tabellen und Grafiken

Tabelle A 1: Stammzahl/ha nach 4 cm-Durchmesserklassen im Buchenwald und im Linden-Eichenwald. Angegeben sind Mittelwerte (*M*) und deren Standardfehler (*SEM*).

Klasse [cm]	Buchenwald		Linden-Eichenwald	
	<i>M</i>	<i>SEM</i>	<i>M</i>	<i>SEM</i>
7-11	187,0	24,8	290,3	34,7
12-15	90,0	17,1	161,1	21,8
16-19	72,9	15,3	113,9	17,8
20-23	62,5	11,9	94,4	13,0
24-27	47,1	9,5	75,0	14,3
28-31	35,2	6,8	41,7	12,8
32-35	45,6	7,9	44,4	7,9
36-39	38,8	4,6	20,3	4,6
40-43	28,9	3,5	22,5	4,3
44-47	16,0	3,1	14,2	3,7
48-51	10,7	2,1	8,6	2,4
52-55	9,3	2,2	8,1	2,6
56-59	8,6	2,6	2,5	1,6
>60	9,4	2,6	5,3	1,9

Tabelle A 2: Waldgesellschaften nach Ellenberg & Klötzli (1972) (EK), Stratumcode (1=BuW, 2=LiEiW), Höhenlage (M.ü.M) und Neigung (%) der aufgenommenen SP.

SP	EK	Stratum	m ü.M.	Neig. (%)	SP	EK	Stratum	m ü.M.	Neig. (%)
B12	12g	1	931	73	L07	9(25C)	1	731	88
C12	15(25C)	1	938	74	M07	9(25C)	1	767	75
D12	15(25C)	1	971	83	N07	9(25)	1	790	86
A11	15	1	961	74	O07	9(25C)	1	813	98
B11	15	1	908	77	C06	40*(15H)	2	659	99
C11	15	1	895	67	D06	15(25C)	1	667	78
D11	15	1	925	72	E06	25C	2	665	69
J11	16(40*)/u	1	942	84	F06	40*(15H)	2	664	84
K11	9	1	907	120	G06	25C	2	660	80
A10	15	1	925	58	I06	40*	2	680	94
D10	15	1	874	74	J06	9(25C)	1	689	74
E10	15	1	891	104	K06	15	1	691	60
F10	40*(15H)	2	906	79	L06	9(25C)	1	695	70
G10	15	1	913	88	M06	9(25C)	1	724	69
H10	15	1	879	62	F05	40*	2	586	87
I10	9	1	883	69	G05	40*	2	594	89
J10	9	1	883	76	H05	15	1	597	73
K10	9	1	853	89	I05	15(40T)	1	623	79
A09	40*(15H)	2	872	103	J05	9(25C)	1	639	69
B09	9(15)	1	829	84	K05	15	1	645	90
C09	40*(15H)	2	800	58	M05	9(25C)	1	685	55
D09	15(25C)	1	809	98	N05	9(25C)	1	710	97
E09	25C	2	832	86	O05	9	1	730	73
F09	40*(15H)	2	844	100	Q05	9(25C)	1	761	68
G09	40*(15H)	2	852	81	R05	25C(14)	2	744	114
I09	9(25C)	1	852	80	T05	25(9)	2	755	77
K09	9	1	814	73	F04	40*(15)	2	514	103
B08	15	1	783	71	G04	40*(15)	2	538	75
C08	15	1	757	78	M04	9(25C)	1	638	95
D08	15(25C)	1	754	104	N04	9(25C)	1	662	118
E08	25C	2	772	76	O04	25C(40*)	2	688	121
F08	15	1	787	80	P04	25C(40*)	2	694	63
G08	40*(15H)	2	794	60	Q04	40*(25Ck)	2	709	62
I08	40*	2	810	64	E03	25C	2	452	65
J08	9(25C)	1	820	69	F03	25C	2	469	76
K08	9	1	781	74	G03	25C	2	486	72
L08	9	1	779	85	N03	25C(9)	2	600	75
M08	15	1	817	67	O03	25C(9)	2	611	114
B07	15	1	739	65	P03	25C(9)	2	619	77
C07	9(15)	1	703	73	H02	25C	2	464	85
E07	25C	2	718	71	I02	25C(40*)	2	499	95
F07	40*(15H)	2	725	91	O02	25C(9)	2	554	64
I07	40*	2	751	131	P02	25C(9)	2	560	75
J07	9(25C)	1	767	107					

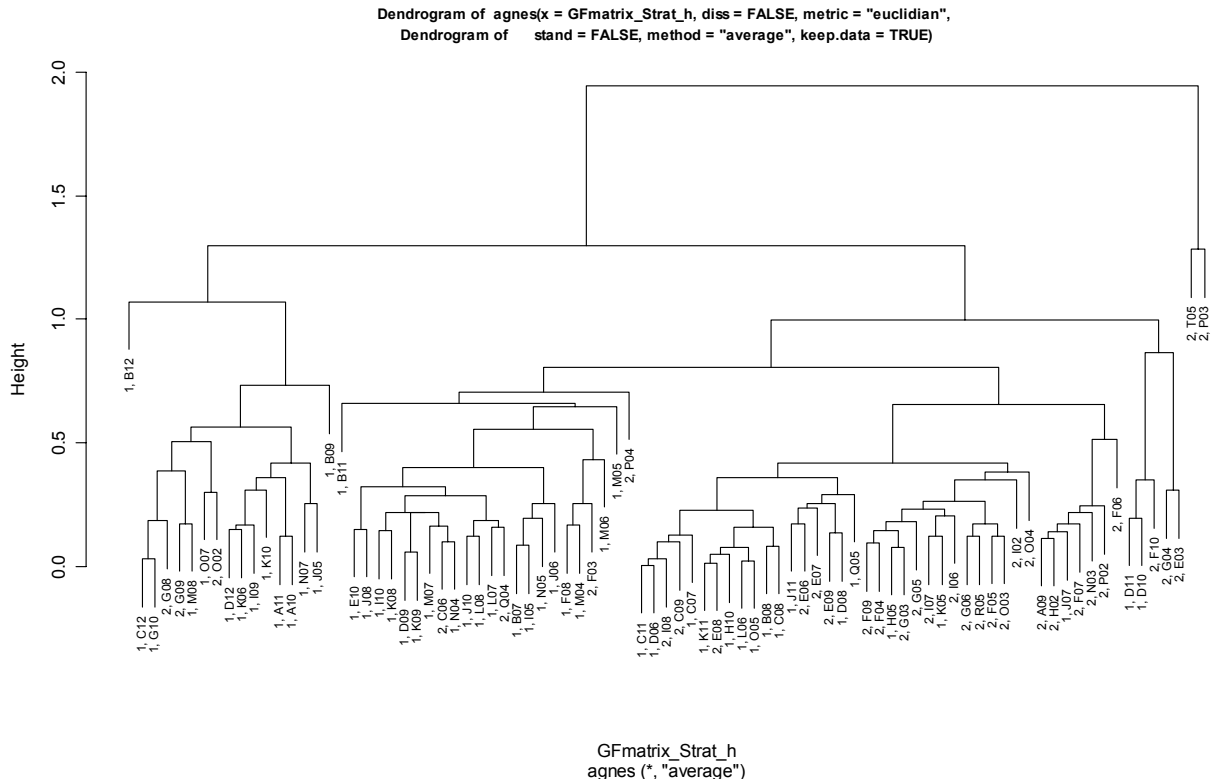


Abbildung 12. Dendrogramm der agglomerativen Clusteranalyse zur Überprüfung der Stratifizierung. Die Äste sind mit dem Stratumcode (1=BuW, 2=LiEiW) und der SP-Bezeichnung beschriftet.

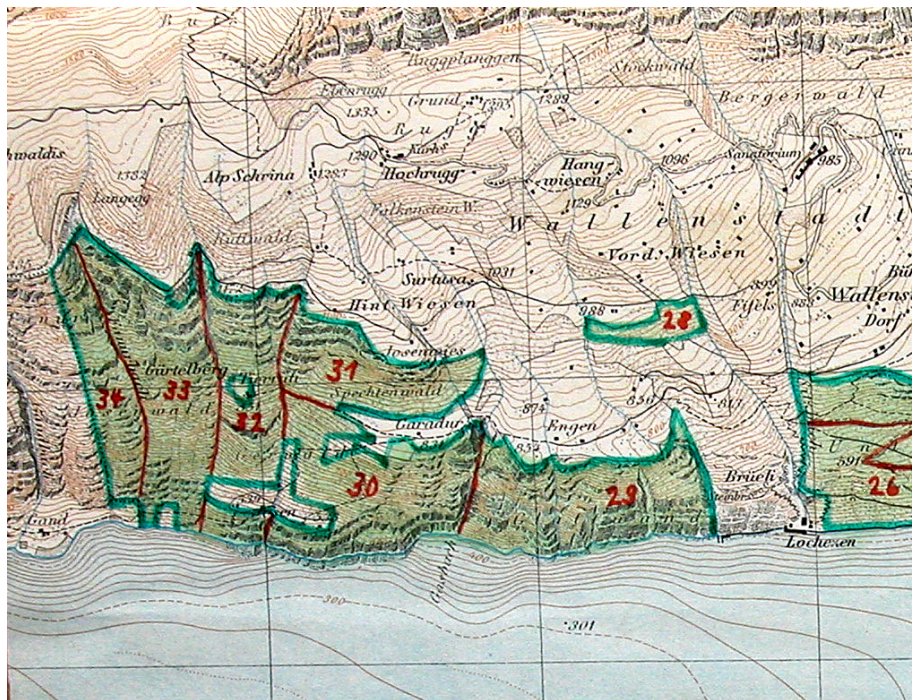


Abbildung 13. Abteilungen gemäss Wirtschaftsplan 1947-1957.

6.2 Hinweise für zukünftige Auswertungen

6.2.1 Datenbankstruktur

Die in der Auswertung verwendeten Daten wurden alle in der MS-Access-Datenbank «SP_inventur_Josenwald_2008.mdb» abgelegt. Attribute, welche die ganze SP betreffen, sind in der Tabelle «Plots» abgelegt. Die Anzahl Wurzelteller auf einer SP ist allerdings in der Tabelle «Rootplate» separat gespeichert. Einzelne Bäume oder Stümpfe betreffende Attribute sind in der Tabelle «Standing_Trees» abgelegt. Die Tabelle «Standing_Trees_mit_HS_Baeumen» enthält zusätzlich jene Bäume, an welchen während den Testaufnahmen in einem 1000 m²-Kreis HS aufgenommen wurden (Streit *et al.* 2007). Die Merkmale des liegenden Totholzes sind in der Tabelle «Dead_Wood» abgelegt. Da viele Merkmale nur für gewisse Fälle aufgenommen/-gemessen wurden, mussten Platzhalter verwendet werden. Diese sind in der Tabelle «Placeholders» aufgelistet und kurz beschrieben.

Die Tabellen und die darin enthaltenen Spalten wurden der Datenbank des Field-Map®-Projektes, in welchem die Daten zukünftiger SP-Aufnahmen abgelegt werden, soweit wie möglich angepasst. Die Field-Map®-Datenbank weist jedoch eine konditionale Struktur auf. So werden zum Beispiel, nachdem für einen Stamm das Attribut TreeDecomposition = 6 vergeben wurde (bedeutet, dass der Baum tot ist), die Merkmale, die nur für tote Bäume aufgenommen werden, in einer separaten Tabelle abgespeichert. Um das Auswertungsskript der vorliegenden Auswertung auf die Daten zukünftiger SP-Aufnahmen anzuwenden, muss daher die Field-Map®-Datenbank in die Struktur der Datei «SP_inventur_Josenwald_2008.mdb» überführt werden.

Weitere Tabellen in «SP_inventur_Josenwald_2008.mdb»:

GWL_Reservate	Gesamtwuchsleistungen (GWL) in kg Trockensubstanz pro Hektare und Jahr von 39 NWR, berechnet von Dionys Hallenbarter gemäss Keller (1978)
Phytosoz_Stratif	Zuweisung des Stratumcodes 1 oder 2 zu den SP
RGB_codes_Species	RGB-Codes der Farben, mit denen Baumarten in den Abbildungen dargestellt werden.
Species_FM	Baumartencodes und -Namen wie sie in der SP-Aufnahme, in der Auswertung und im Field-Map®-Projekt verwendet wurden bzw. werden
Strat_Name	Die Namen der Straten mit Code 1 und 2 (Buchenwald = 1, Linden-Eichenwald = 2)
Tarive_coeff_LFI	Modellkoeffizienten aus Kaufmann (2000), welche zur Schätzung des Schaftholzvolumens (Formel 1) verwendet wurden.

6.2.2 Anwendung des Auswertungsskripts

Damit die auszuwertenden Daten von R und damit vom Auswertungsskript gelesen werden können, müssen diese als *.txt-Datei vorliegen. Daher werden die Tabellen inklusive der Spaltennamen von MS-Access in ein Arbeitsverzeichnis (working directory=WD) exportiert. Als Trennzeichen wird das Semikolon (;) verwendet.

Das Auswertungsskript ist in acht Teile gegliedert. Zu Beginn jedes Skripts wird der Pfad des WD definiert. Er bezeichnet das Verzeichnis, wo die Tabellen abgelegt sind, die für die jeweilige Auswertung benötigt werden. Direkt danach stehen die Befehle, mit denen die Tabellen in R eingelesen werden. Am Ende einer Auswertung stehen Befehle, aufgrund denen R die Resultate als *.csv-Dateien (direkt von MS-Excel¹¹ lesbar) im WD abspeichert. Grafiken werden als *.emf.-Dateien abgespeichert. Da das Auswertungsskript die Länge der Seitenränder der Grafiken nicht spezifiziert, werden diese denjenigen des automatisch erzeugten Grafikfensters angepasst. Es empfiehlt sich daher, manuell das Grafikfensters auf die gewünschte Grösse zu «ziehen» und dann die Befehle der Grafik nochmals in R einzulesen. Grafikparameter, wie Achsenbeschriftungen, -skalen usw. werden innerhalb des Befehls der Grafik spezifiziert und sind auf der Hilfeseite der jeweiligen Grafikfunktion gut erklärt. Die Grafik kann auch über das Menu Datei im Grafikfenster im gewünschten Format abgespeichert werden.

Die Auswertungsskripts wurden mit dem Editor WinEdt 5¹², welcher über das R-Package «RWinEdt» zusammen mit R verwendet werden kann, geschrieben. Sie tragen das Datei-Suffix «*.R», können aber von allen Text-Editoren gelesen werden.

Die Auswertungsskripts:

Vorbereitung.R	Die Stratifizierungs-codes werden den Tabellen «Plots», «Standing_Trees» und «Dead_Wood» hinzugefügt, die Restflächen werden berechnet und den Tabellen «Plots» und «Standing_Trees» hinzugefügt und die Tabellen werden unter anderen Namen wieder abgespeichert.
Lebender_Bestand.R	Die Stammzahlen, Grundflächen und Schaftholz-volumen des lebenden Bestandes werden berechnet. Dabei wird auch d_{dom} (Kapitel 2.5.3) berechnet, welche im Skript «Stehendes_Totholz.R» wieder verwendet wird.
Stehendes_Totholz.R	Das Schaftholz-volumen des stehenden Totholzes wird berechnet.
Liegendes_Totholz.R	Das Volumen des liegenden Totholzes wird berechnet.
Habitatstrukturen.R	Die Häufigkeit von Habitatstrukturen wird berechnet.
Vergleich_Abteilungen_SP.R	Die Stammzahlen der Abteilungen und der SP-Aufnahme werden miteinander verglichen.
Neigung_Zeitbedarf_NA.R	Die durchschnittliche Hangneigung, der Zeitbedarf für einzelne Arbeitsschritte und die Anzahl fehlender Messungen werden ermittelt.

¹¹ Microsoft® Excel 2002 SP3. Copyright© Microsoft Corporation 1985-2001. All rights reserved

¹² WinEdt 5 (v. 5.3). Copyright© 1993-2002 by Aleksander Simonic. All rights reserved

Strat_Grundfl_cluster.R Die Stratifizierung wird aufgrund der Grundflächenanteile der Baumarten mittels Partitionsanalyse überprüft.

Das Skript «Vorbereitung.R» muss zuerst ausgeführt werden, da es Daten generiert, die von den Skripts «Lebender_Bestand.R», «Stehendes_Totholz.R» und «Liegendes_Totholz» benötigt werden. Die einzelnen Rechnungsschritte sind innerhalb der Skripts kurz kommentiert. Die Skripts wurden so allgemein wie möglich gehalten. So können diese auch auf Datensätze mit unterschiedlicher Anzahl Zeilen und anderer Anzahl Straten angewandt werden. Die Spaltennamen sowie die Platzhalter müssen jedoch dieselben sein.

Für die grafische Darstellung der Resultate in diesem Bericht wurden die von R generierten Tabellen in MS-Excel aufbereitet.